

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL ANÁLISIS ESPACIAL DE LA PESQUERÍA ARTESANAL ASENTADA EN LA PENÍNSULA DE ARAYA, ESTADO SUCRE – VENEZUELA.

*José Luis Silva Aristeguet**

*Yusvania del Valle Jiménez Otamendi***

*Freddy de Jesús Arocha Pietri****

Resumen

Se desarrolló un Sistema de Información Geográfica (SIG) automatizado para el análisis espacial de las capturas, del esfuerzo pesquero, de la abundancia estimada de especies mediante el índice de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) y de su relación con algunos factores ambientales (profundidad, tipo de fondo y temperatura superficial del mar) de la pesquería artesanal asentada en la península de Araya, Estado Sucre, República de Venezuela. Este programa automatizado, denominado SIGPAR, fue desarrollado utilizando el lenguaje Microsoft® Visual Basic 6 y la respectiva librería del software SIG Idrisi®, a cuyo menú principal fue agregado un nuevo módulo que facilita la interacción con los usuarios.

Palabras claves: Sistema de Información Geográfica (SIG); pesquería artesanal; Península de Araya, Venezuela.

Abstract

A Geographic Information System (GIS) application software was developed for the spatial analysis of fishing catches, the estimated abundance of species by the Catch per Unit Effort (CPUE)

* Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV), Dpto. de Biología Pesquera. Cumaná, Venezuela.

Autor de correspondencia: José Silva, jsilva@sucre.udo.edu.ve

** Instituto Socialista de la Pesca y la Acuicultura (INSOPESCA). Cumaná, Venezuela

*** Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV), Dpto. de Biología Pesquera. Cumaná, Venezuela.

Fecha recepción: 07 de octubre 2009

Fecha aceptación: 01 de febrero 2010

index, and its relationship with various environmental factors (depth, type of bottom, and surface temperature of the sea) of the artisanal fishery based in the Peninsula of Araya, State of Sucre, in Venezuela. This application, named SIGPAR, was developed using Microsoft® Visual Basic 6 and IDRISI®. A menu button was added to the GIS software IDRISI® for convenience of users.

Key Words: Geographic Information System (GIS), Artisanal Fisheries, Araya, Venezuela.

1. Introducción

La pesquería es un sistema o cadena de actividades interrelacionadas, las cuales incluyen la captura, procesamiento, mercadeo y demanda del consumidor por el pescado. Algunos aspectos del sistema pueden ser controlados por los individuos (por ejemplo, la decisión de un pescador respecto a si desea o no pescar); otros aspectos del sistema (tales como el tamaño de la flota, el clima y las fluctuaciones naturales en la abundancia del recurso) están más allá del control de los individuos y algunas veces hasta el control del conjunto de los participantes. La acción colectiva es requerida cuando las acciones individuales no producen los resultados deseados (Stevenson *et al*, 1982). El manejo de un recurso pesquero es un proceso complejo que requiere la interacción de su biología y ecología con los factores socio-económicos e institucionales que afectan al comportamiento de los usuarios (pescadores) y de los responsables de su administración. Aún cuando los planes de manejo han mejorado ostensiblemente a través del tiempo, gracias a la obtención de series de tiempo prolongadas que han aportado información científica de primera categoría y a la elaboración de modelos sofisticados, muchos recursos pesqueros críticos han sido inevitablemente sobreexplotados, llegando incluso a niveles cercanos a su colapso (Seijo *et al*, 1997).

Las administraciones pesqueras tienen la necesidad de conocer, de manera sistemática, los posibles impactos bioeconómicos resultantes de estrategias alternativas para el manejo sostenible de recursos pesqueros. Requiere determinar cuáles instrumentos de política pesquera deben utilizarse para satisfacer criterios ecológicos y económicos. Sin embargo, el manejo de pesquerías es significativamente más complicado por el hecho de que usualmente existe más de un criterio para evaluar su desempeño. El problema no solamente consiste en maximizar la renta económica neta generada por la pesca (dadas ciertas preferencias ínter temporales en el uso del recurso), sino también sostener la biomasa de especies objetivo

e incidentales por encima de cierto nivel, y quizá también maximizar la contribución a la producción alimentaria doméstica, generar divisas para aliviar deudas externas y generar empleos costeros. En este tipo de problemas autoridades encargadas tienen que sopesar los diferentes criterios, con el afán de lograr mejoras sustantivas en otro que se considere crítico en el momento de tomar la decisión de manejo del recurso. Un enfoque que contribuye a la solución del problema antes mencionado consiste en la aplicación de ciencias de sistemas (Seijo *et al.*, 1997). Para administrar satisfactoriamente una pesquería, así como para establecer su planificación, comercialización y otros aspectos del desarrollo pesquero, se necesita información de capturas de peces y sobre el esfuerzo inherente a la obtención de las mismas (Bazigos, 1975). Estas evaluaciones pueden ser preliminares y envolver simplemente una estimación de las tendencias temporales en los datos de captura, esfuerzo y Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE). A este nivel, se puede llegar a conclusiones muy útiles a partir de muchos años de datos. Las series temporales de datos sobre las estadísticas de captura y esfuerzo son analizadas para generar estimaciones del Rendimiento Máximo Sostenible y de la correspondiente cantidad de esfuerzo (Stevenson *et al.*, 1982).

En todo tipo de estudio o proyecto en el que el componente espacial o espacio-temporal sea importante, como es el caso del manejo de recursos naturales, el empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) puede ser de mucha utilidad (Murai, 1999). Entre las potencialidades de los SIG puede destacarse su capacidad para integrar y analizar información de muy diversa índole (económica, social, ambiental, política, etc.) en un mismo sistema, a partir de fuentes muy diversas (imágenes de satélite, fotos aéreas, mapas en papel, planos digitales, bases de datos, GPS, tablas estadísticas, etc.), lo cual lo convierte en una herramienta sumamente útil para el desarrollo de proyectos multi-disciplinarios y muy espacialmente en el caso particular de estudios en ambientes marinos-costeros, caracterizados por ser muy dinámicos y por poseer fronteras difusas o inexistentes (Meaden & Do Chi, 1996).

En este trabajo se presenta el análisis y diseño de un Sistema de Información Geográfica (SIG) automatizado (utilizando los *software* Microsoft® Visual Basic 6 e Idrisi® 32) para la evaluación de la pesca en pequeña escala o pesca artesanal costanera, el cual utilizará la información

recolectada mediante entrevistas efectuadas en los puertos de desembarque de pescado. El sistema propuesto permitirá integrar todos los datos recolectados en un único sistema y facilitar el análisis de la distribución espacial de las capturas, del esfuerzo pesquero, de la abundancia estimada de especies mediante el índice de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) y de su relación con algunos factores ambientales (profundidad, tipo de fondo y temperatura superficial del mar) de la pesquería artesanal asentada en la península de Araya - Estado Sucre. También permitirá procesar información socioeconómica básica de la actividad pesquera, así como crear y gestionar inventarios de especies, zonas de pesca, y localidades involucradas en la pesquería. Las salidas del sistema son presentadas al usuario en forma de mapas o tablas.

En esta fase inicial de la implantación del sistema, la principal limitación presentada es la extensión geográfica de la zona a estudiar, sin embargo será relativamente fácil utilizar este sistema para analizar la información de un área mayor, de la cual se disponga de la información pesquera de otras localidades y zonas de pesca así como de los mapas relativos a factores ambientales de esas zonas. Por ahora, solo fueron considerados los factores ambientales: batimetría, temperatura superficial del mar y tipos de fondo. En un futuro podrían incluirse otros factores ambientales, tales como la clorofila-a, por ejemplo.

2. Área de estudio

El área del presente estudio comprende el sector del Mar Caribe venezolano que se encuentra al norte de la Península de Araya (Estado Sucre), alrededores de la Isla de Margarita (Estado Nueva Esparta) y al oeste del Archipiélago de Los Testigos. Dicha área es presentada en la figura 1 y se encuentra delimitada de acuerdo al sistema de referencia Universal Transversal de Mercator (UTM), zona 20 Norte, por las coordenadas: 345.000 Este, 497.000 Este, 1.150.000 Norte y 1.270.000 Norte. Estas coordenadas equivalen aproximadamente en el sistema de referencia geográfico (no proyectado) a: 64° 25' Oeste, 63° 21', Oeste 10°37' Norte y 11° 29' Norte, respectivamente.

Figura N° 1

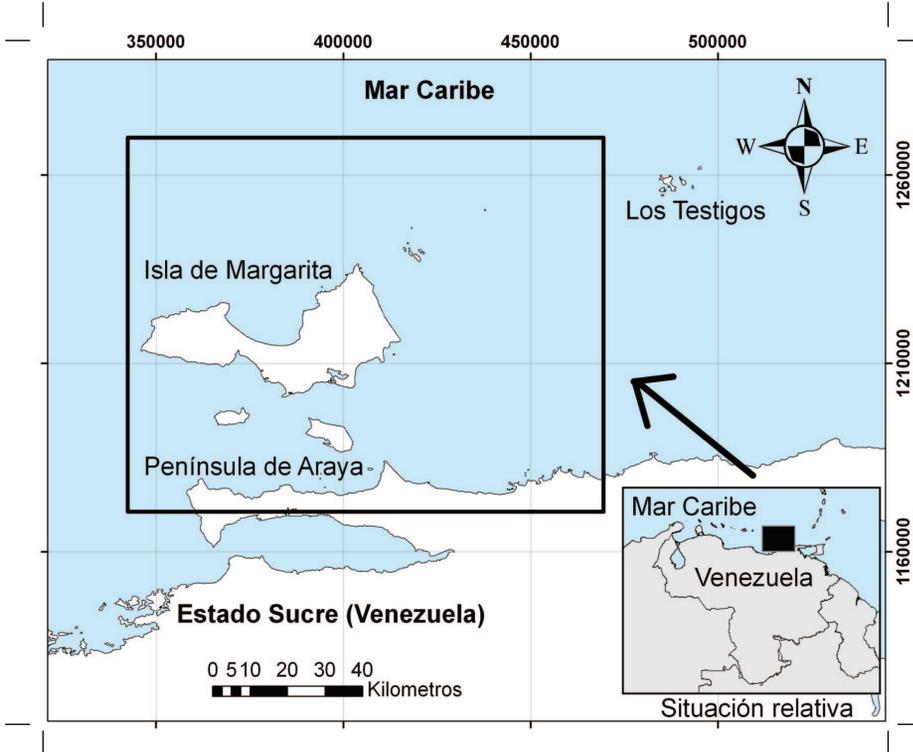


Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio respecto a Venezuela (coordenadas UTM-20N)

3. Marco teórico-conceptual

3.1. La pesca costanera artesanal

La pesquería en pequeña escala (artesanal) puede desarrollarse individualmente o en grupo, en embarcaciones de pequeño tamaño, por medio de artes manuales de pesca, sin disposición de bodegas para la conservación de las capturas, lo que genera una comercialización del producto para consumo inmediato en un área geográfica limitada. Las pesquerías artesanales costaneras (o de pequeña escala) se caracterizan por una variedad de tipos de artes de pesca y embarcaciones. Las técnicas de pesca generalmente demandan una labor intensiva; los tipos de arte usados son diversos y relativamente baratos de operar. El pescador de pequeña escala y su familia se encuentran generalmente entre los más pobres de los pobres. Su ingreso es extremadamente variable y, en general, ellos tienen

poco control sobre los precios que les son pagados por el pescado (Stevenson *et al*, 1982).

3.2. Evaluación de pesquerías

Cuando el ser humano quiere predecir el efecto de su injerencia en un sistema, se debe construir un modelo matemático del mismo. El número de factores que influyen en tal sistema es enorme y al principio es necesario simplificar el modelo prescindiendo de muchos y concentrándose en los de mayor interés. Aún si el modelo es muy sencillo puede ser útil al investigador porque le ayuda a comprender mejor la dinámica del sistema (Holden & Raitt, 1975). Una *pesquería* tipo consta de tres elementos básicos:

- Las entradas (el esfuerzo de pesca, por ejemplo, el número de días de pesca)
- Las salidas (los *desembarques*), y
- Los procesos que relacionan las entradas con las salidas (los procesos biológicos y las operaciones de pesca)

La evaluación de las poblaciones de peces tiene como objetivo describir esos procesos, denominados “modelos”, las relaciones entre las entradas y las salidas, y los medios utilizados para ello. Un modelo es una descripción simplificada de las relaciones entre los datos de entrada y de salida. Consiste en una serie de instrucciones sobre cómo realizar los cálculos y se elabora sobre la base de lo que se puede observar o medir, por ejemplo el esfuerzo de pesca y los desembarques. Los procesos reales por los que un cierto número de días de pesca con un número determinado de embarcaciones da lugar a un cierto número de ejemplares desembarcados son extremadamente complicados. Sin embargo, los principios básicos suelen conocerse bien, y procesando los datos de entrada con ayuda de los modelos es posible predecir las salidas (figura 2): ENTRADAS (observación) → PROCESOS (modelo) → SALIDAS (observación).

Un modelo es bueno si permite predecir la salida con una precisión razonable. Sin embargo, como es una simplificación de la realidad, rara vez, y sólo por casualidad, será exacto (Sparre & Venema, 1995). La finalidad básica de la evaluación de poblaciones es asesorar sobre la explotación óptima

de recursos acuáticos vivos tales como los peces y camarones. Los recursos vivos son limitados pero renovables y la evaluación de las poblaciones de peces se puede definir como la búsqueda del nivel de explotación que permita obtener, a largo plazo, el rendimiento máximo en peso de una *pesquería*.

Figura N° 2

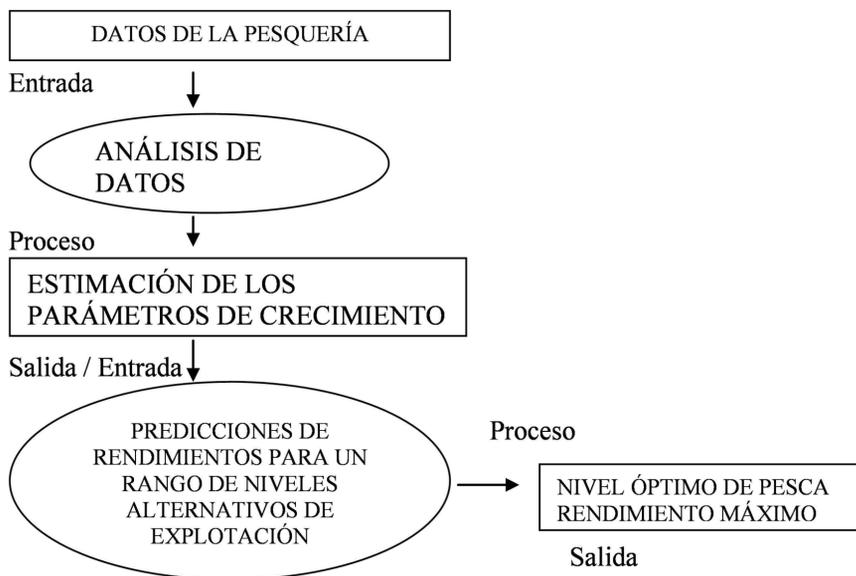


Figura 2. Diagrama general para la evaluación de poblaciones de peces

Una de las formas de aprovechar la información existente es haciendo uso de modelos matemáticos que, de acuerdo a ciertas premisas, nos permiten llegar a conclusiones sobre las posibles condiciones de manejo óptimo. En casos como el de las *pesquerías* costaneras artesanales, donde la serie anual disponible de *captura* total desembarcada es mucho más factible de obtener que la de composición por talla, es mejor recurrir a modelos muy simples, aunque no por ello menos eficaces (Novoa *et al*, 1980).

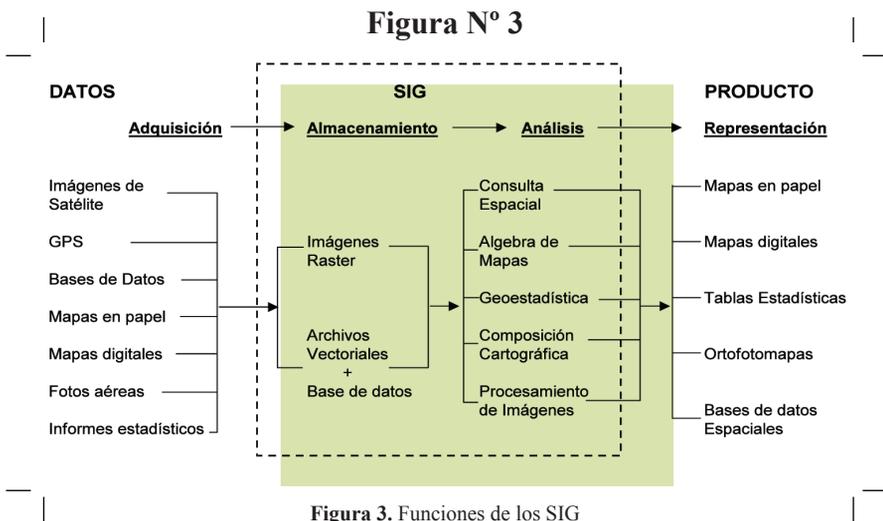
3.3. Sistema de Información Geográfica (SIG)

Existen casi tantas definiciones de SIG como autores han escrito sobre el tema, sin embargo estas pueden agruparse en dos grandes categorías: a)

aquellas que definen a los SIG como una ciencia, y b) aquellas que definen a los SIG como una tecnología. Ambas categorías no son opuestas sino más bien complementarias. En el primer caso, los SIG son vistos como un campo de estudio compuesto por tecnología, datos, métodos, organización y cuerpo de ideas propios. Por otra parte, una definición bastante aceptada dentro de la categoría tecnológica es la que propone que un SIG es un Sistema Informático diseñado para la adquisición, almacenamiento, análisis y representación de datos espaciales (Araneus, 2003).

Un SIG descompone la realidad en distintos temas, es decir, en distintas capas o estratos de información de la zona que se desea estudiar, el analista puede trabajar sobre cualquiera de esas capas según las necesidades del momento. Pero la gran ventaja de los SIG es que pueden relacionar y combinar las distintas capas entre sí, para contestar a preguntas complejas o para obtener nueva información, lo que concede a estos sistemas unas sorprendentes capacidades de análisis (Eastman, 1997).

La definición tecnológica de los SIG presentada al comienzo de esta sección, resume los principales tipos de funciones que estos permiten realizar. Dado que un SIG es un sistema, este permite desarrollar procesos (almacenamiento y análisis), requiere de entradas (datos) y genera salidas (productos). La figura 3 describe estos tipos o categorías de funcionalidades de los SIG.



3.4. Modelos de datos SIG

En un SIG los datos pueden almacenarse mediante dos modelos: el modelo raster y el modelo vectorial (Murai, 1999) y (Eastman, 1997):

- En el *modelo vectorial*, el límite o el contorno de un objeto se define por una serie de puntos que, cuando se unen mediante líneas rectas, forman la representación gráfica de ese objeto, mientras que los atributos de los objetos se almacenan con un programa tradicional de gestión de bases de datos.
- En el *modelo RASTER*, la representación gráfica de los objetos y de sus atributos temáticos se realiza en un mismo archivo de datos. De hecho, no se definen los objetos, sino que se subdivide el área de estudio en una malla de celdas, en las que se registra el atributo temático o característica de la superficie terrestre en ese punto.

3.5. Análisis espacial

Análisis espacial corresponde a los procesos por los cuales se extraen o se crea nueva información de un grupo de elementos geográficos (González, 1994). Dentro de los múltiples procesos (módulos) de análisis espacial que permite efectuar el software IDRISI (Eastman, 1997), los más utilizados en el SIG automatizado, desarrollado en el presente trabajo son:

- Reclass*: reclasifica valores de píxel, valores de atributos en archivos de valores o identificadores de vector por intervalos iguales o esquemas definidos por usuarios.
- Overlay*: realiza operaciones matemáticas y lógicas entre dos capas raster en una base píxel-a-píxel. Produce una nueva imagen con los datos de dos imágenes de la entrada, al aplicar una de las nueve funciones posibles a las dos imágenes de la entrada, llamándolas primera y segunda imagen durante el funcionamiento del programa.
- Crosstab*: determina todas las combinaciones de valores únicos en dos imágenes cualitativas y calcula las estadísticas de similitud.

- Assign:* asigna nuevos valores de datos a una imagen existente según los valores contenidos en un archivo de atributos.
- Extract:* extrae un sumario de estadísticas de una imagen basado en las áreas definidas por una segunda imagen, los resultados son colocados en una tabla o en un archivo de atributo de valores.
- Area:* calcula el área cubierta por cada valor de una imagen, este proceso mide el área asociada a cada categoría en una imagen raster con datos de tipo entero. El resultado puede obtenerse en forma de tabla, como una imagen en la que cada píxel tomará el valor del área que ocupa la categoría a la que pertenece o mediante un archivo de atributos en el que aparecerá listada cada categoría y el área que ocupa.
- Interpol:* interpola una superficie llena de puntos de datos. El procedimiento de la interpolación puede ser un promedio pesado según la distancia o un modelo potencial, en ambos casos el exponente asociado con el peso de distancia lo define el usuario.
- Makesig:* genera las firmas espectrales de una serie de campos de entrenamiento (archivos de firma) a partir de la información contenida en las distintas bandas de una imagen de satélite.
- Mindist:* realiza una clasificación por mínima distancia a las medias de imágenes de satélite, a partir de información contenida en una serie de archivos de firma. Los píxeles se asignan a la clase con la media más próxima a su valor. Para tener en cuenta las diferencias en la variabilidad de las firmas el proceso normaliza las distancias espectrales.

4. Marco metodológico

4.1. Análisis y diseño del sistema

4.1.1. Selección de software

El software seleccionado para desarrollar el sistema fue Idrisi® 32. De la evaluación de dicho software se encontró que el mismo es fácil de usar, proporciona capacidades a nivel profesional, está basado en Windows, es económico para todos los niveles de usuarios y corre en las plataformas de las computadoras comunes (Whitten *et al* 2003). En definitiva se consideró que el software sugerido cumplía con los requisitos de funcionalidad, facilidad de uso, soporte técnico y calidad, demandados y planteados por el Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV) y por el SIG propiamente dicho.

4.1.2. Modelado de los datos y del proceso

Para llevar a cabo el modelado de datos se requirió determinar las entidades espaciales que interactúan en el sistema con sus respectivos atributos y la forma en que éstas se relacionan. Además, fue necesario determinar como se representa cada entidad junto con la posibilidad de insertarla en la base de datos temática, así como los procesos a participar. Los datos fueron modelados usando modelo conceptual o modelo entidad relación, y la secuencia de pasos involucrados en cada una de las funcionalidades del SIG automatizado fue representada mediante modelos cartográficos, que incluyen una representación gráfica de los datos y los procesos utilizados. La figura 4 constituye un ejemplo de modelo conceptual (entidad relación), mientras que la figura 5 representa uno de los modelos cartográficos que describen los procesos necesarios a ser implantados en la programación del SIG automatizado.

Figura N° 4

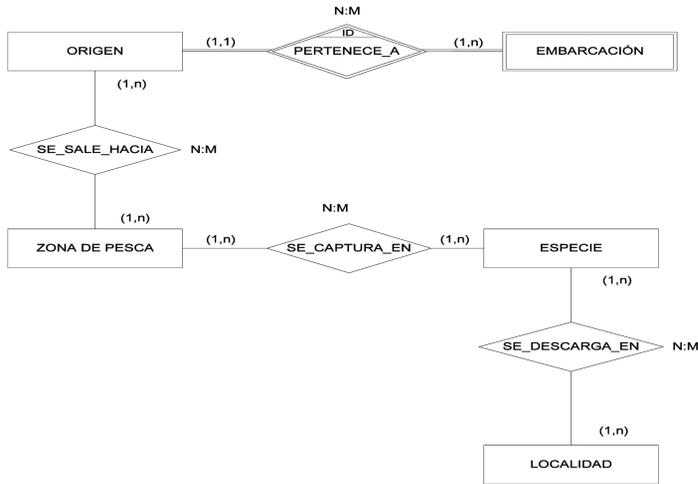


Figura 4. Ejemplo de modelo entidad relación utilizado en el diseño del SIG

Figura N° 5

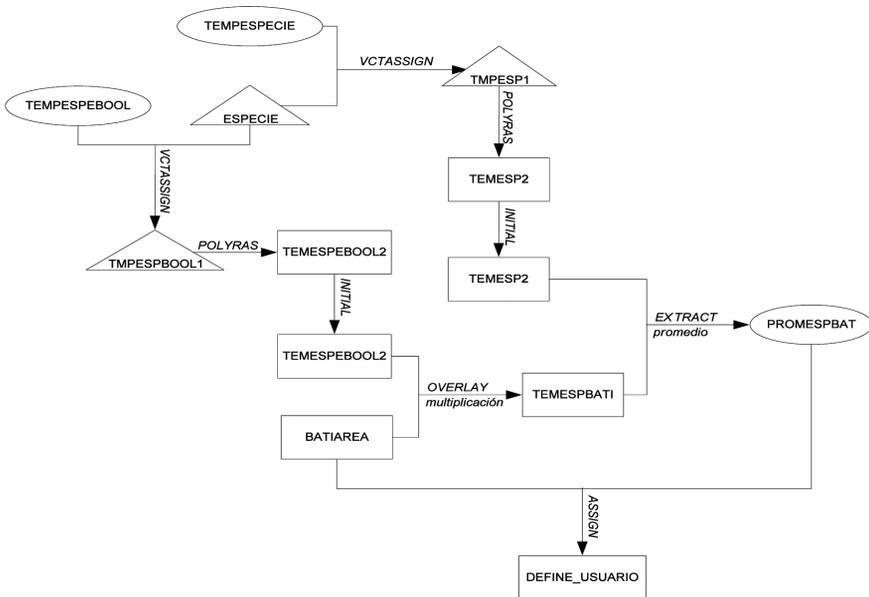


Figura 5. Ejemplo de modelo cartográfico utilizado en el diseño del SIG (abundancia promedio de especies según rango batimétrico)

4.2. Implementación

Finalizada la fase de diseño, se procedió a crear la base de datos y desarrollar la codificación de la aplicación.

4.2.1. Diseño de la base de datos

Esta base de datos cartográfica del SIG se construyó a partir de mapas e imágenes que conforman los datos de inicio. Para cargar estos datos al sistema se convirtieron a formato digital disponiendo de los programas de digitalización y conversión de formato Cartalinx® versión 1.2 y Golden® Didger® versión 3. Al crear la base de datos se tomó en cuenta que la cartográfica y la temática se almacenan en ficheros unificados, cuya estructura más simple es una matriz cuyos valores son los atributos de cada uno de los píxeles. La información se almacenó en capas en función de los atributos y no del tipo de elemento, ya que todas las capas contienen el mismo tipo de objeto cartográfico que son las celdas, de modo que la información temática viene dada por el valor que se le asigna a cada una.

Para la administración de la base de datos se utilizó el manejador de base de datos (DBMS) Microsoft® Access 2000, el cual incluye lenguaje de definición, manipulación y consulta (DDL: Data Definition Language, DML: Data Manipulation Language y SQL: Structure Query Language) en conjunto con Idrisi® versión 3.2. El diseño final de la base de datos fue estructurado utilizando el modelo relacional (figura 6), el cual facilitó la organización de esta base de datos en tablas relativas a cada una de las entidades identificadas en el modelo.

La descripción específica de cada entidad corresponde a la estructura física de la respectiva tabla. En la tabla 1 se presenta la descripción de cada una de las entidades de la base de datos.

Figura N° 6

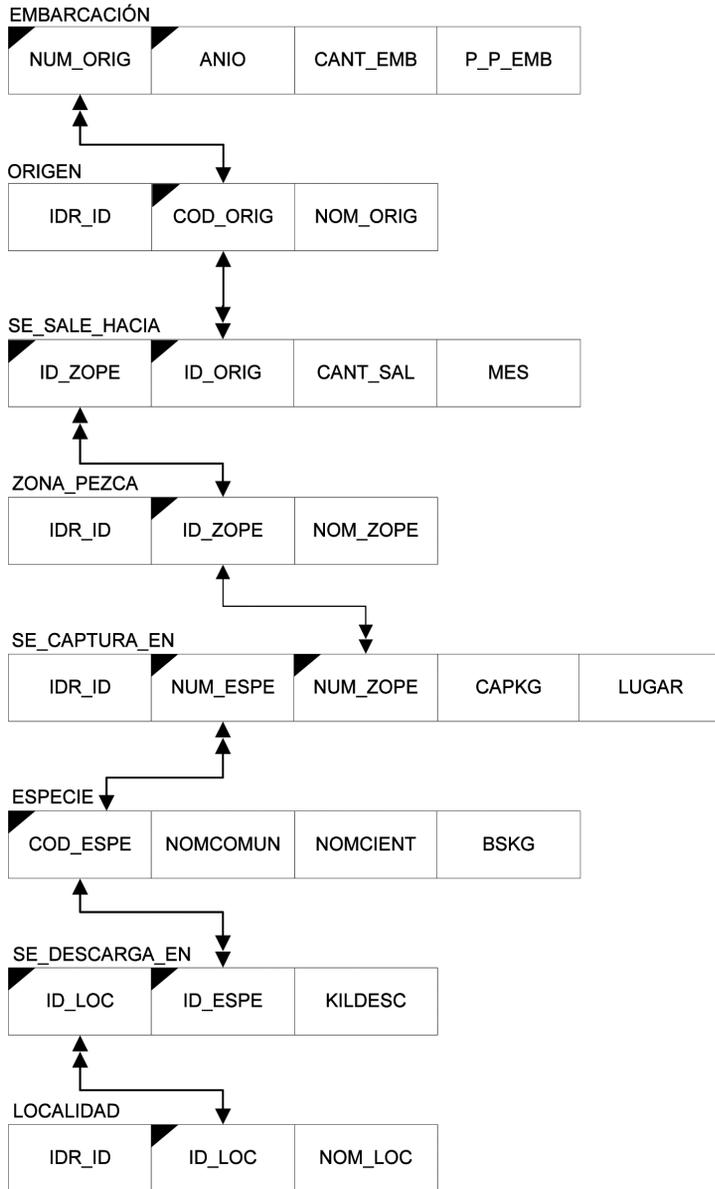


Figura 6. Modelo relacional de la base de datos

Tabla 1. Descripción de entidades de la base de datos

Tabla (Entidad)	Campo	Tipo	Longitud	Descripción
LOCALIDAD	lrd_id	Entero largo	-	Campo de enlace con el mapa
	ld_loc	Entero	-	Identificador de la localidad
	Nom_loc	Texto	25	Nombre de la localidad
SE_DESCARGA_EN	ld_loc	Entero	-	Identificador de la localidad
	ld_espe	Entero	-	Identificador de la especie
	Kildesc	Entero largo	-	Kilos descargados por especie
ZONA_DE_PESCA	lrd_id	Entero largo	-	Campo de enlace con el mapa
	ld_zope	Entero	-	Identificador de la zona de pesca
	Nom_zope	Texto	30	Nombre de la zona de pesca
ESPECIE	Cod_espe	Entero	-	Identificador de la especie
	Nomcomun	Texto	30	Nombre común de la especie
	Nomcient	Texto	60	Nombre científico de la especie
	Bskg	Entero largo	-	Precio en bolívares por kilogramo
SE_CAPTURAN_EN	lrd_id	Entero largo	-	Campo de enlace con el mapa
	Num_espe	Entero	-	Identificador de especie
	Num_zope	Entero	-	Identificador de la zona de pesca
	kilcap	Entero largo	-	Kilos capturados por especie
	Lugar	Texto	40	Lugar aproximado donde se realiza la captura
SE_SALE_HACIA	ld_espe	Entero	-	Identificador de la zona de pesca
	ld_orig	Entero	-	Identificador de la localidad origen
	Salidas	Entero largo	-	Número de salidas hacia una zona
	Mes	Texto	20	Mes en el que se realizaron las salidas
ORIGEN	lrd_id	Entero largo	-	Campo de enlace con el mapa
	ld_orig	Entero	-	Identificador de localidad origen
	Nom_orig	Entero	-	Nombre de localidad origen
EMBARCACION	Cant_emb	Doble	-	Cantidad de embarcaciones
	Año	Entero	-	Año de procedencia de los datos
	P_p_emb	Entero	-	Pescadores por embarcación

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Codificación de la aplicación

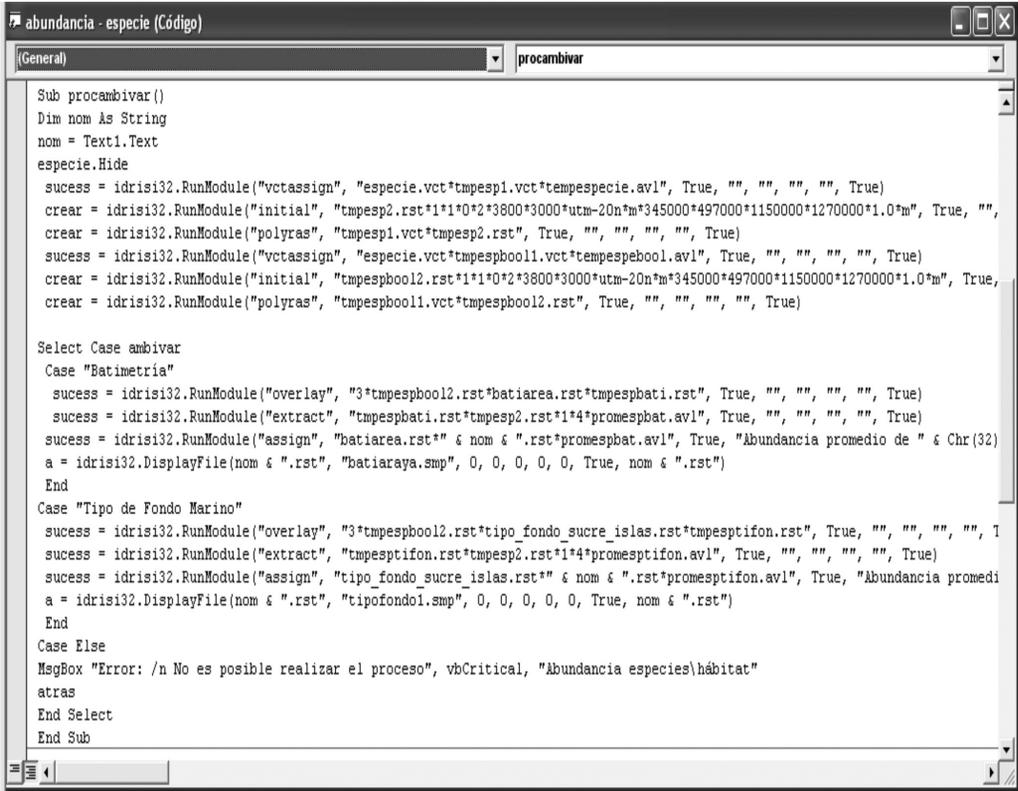
El desarrollo se llevó a cabo con la herramienta SIG Idrisi® versión 32 (Idrisi32) y con el software orientado a eventos Microsoft® Visual Basic versión 6.0. Los procesos de análisis espacial, obtención de mapas y los menús se construyeron en Idrisi32, en el ambiente de programación gráfico de Visual Basic se trazaron las pantallas y en su diseñador de lenguaje la codificación, las cuales fueron integradas a un módulo en Idrisi32 presentado por medio de un menú integrado dentro del software.

La codificación se realizó por módulos, cada uno de los cuales formaba un proyecto independiente en Visual Basic, de manera que para ser integrados al SIG se convirtieron en archivos ejecutables independientes.

José Luis Silva Aristegüeta, Yusvania del Valle Jiménez Otamendi, Freddy de Jesús Arocha Pietri Sistema de información geográfica para el análisis espacial de la pesquería artesanal asentada en la península de Araya, estado Sucre–Venezuela

La figura 7 muestra un ejemplo del código usado para la caracterización de especies.

Figura N° 7



```
Sub procambivar ()
Dim nom As String
nom = Text1.Text
especie.Hide
sucess = idrisi32.RunModule("vctassign", "especie.vct*tmpesp1.vct*tmpespecie.av1", True, "", "", "", "", True)
crear = idrisi32.RunModule("initial", "tmpesp2.rst*1*1*0*2*3800*3000*utm-20n*m*345000*497000*1150000*1270000*1.0*m", True, "",
crear = idrisi32.RunModule("polyras", "tmpesp1.vct*tmpesp2.rst", True, "", "", "", "", True)
sucess = idrisi32.RunModule("vctassign", "especie.vct*tmpespool1.vct*tmpespepool.av1", True, "", "", "", "", True)
crear = idrisi32.RunModule("initial", "tmpespool2.rst*1*1*0*2*3800*3000*utm-20n*m*345000*497000*1150000*1270000*1.0*m", True,
crear = idrisi32.RunModule("polyras", "tmpespool1.vct*tmpespool2.rst", True, "", "", "", "", True)

Select Case ambivar
Case "Batimetría"
sucess = idrisi32.RunModule("overlay", "3*tmpespool2.rst*batiarea.rst*tmpespbati.rst", True, "", "", "", "", True)
sucess = idrisi32.RunModule("extract", "tmpespbati.rst*tmpesp2.rst*1*4*promespbat.av1", True, "", "", "", "", True)
sucess = idrisi32.RunModule("assign", "batiarea.rst*" & nom & ".rst*promespbat.av1", True, "Abundancia promedio de " & Chr(32)
a = idrisi32.DisplayFile(nom & ".rst", "batiaraya.smp", 0, 0, 0, 0, 0, True, nom & ".rst")
End
Case "Tipo de Fondo Marino"
sucess = idrisi32.RunModule("overlay", "3*tmpespool2.rst*tipo_fondo_sucres_islas.rst*tmpesptifon.rst", True, "", "", "", "", True)
sucess = idrisi32.RunModule("extract", "tmpesptifon.rst*tmpesp2.rst*1*4*promesptifon.av1", True, "", "", "", "", True)
sucess = idrisi32.RunModule("assign", "tipo_fondo_sucres_islas.rst*" & nom & ".rst*promesptifon.av1", True, "Abundancia promedi
a = idrisi32.DisplayFile(nom & ".rst", "tipofondol.smp", 0, 0, 0, 0, 0, True, nom & ".rst")
End
Case Else
MsgBox "Error: /n No es posible realizar el proceso", vbCritical, "Abundancia especies\hábitat"
atras
End Select
End Sub
```

Figura 7. Código del botón “aceptar” del módulo abundancia especies/hábitat

El módulo SIGPAR (Sistema de Información Geográfica de Pesca Artesanal) se agregó de los menús principales de Idrisi32, que a su vez está compuesto por cinco (5) submenús los cuales representan programas independientes, inclusive los ítems de los submenús caracterización ambiental, caracterización pesquera, análisis socioeconómico y manejo de datos, representan codificaciones autónomas.

La interfaz del SIG fue diseñada con miras a formar parte del software Idrisi32, lo que conllevó a realizar un diseño consistente y acorde con él. De igual modo que al codificar, fue necesaria la realización de proyectos independientes pero guardando características similares, para hacer posible su posterior integración. No obstante, las ventanas presentadas al usuario tienen leves variaciones respecto a las originales de Idrisi32, pero manteniendo la esencia.

5. Resultados

En atención a los objetivos planteados, fue desarrollado un SIG automatizado denominado SIGPAR compuesto por cinco módulos: área de estudio, caracterización ambiental, caracterización pesquera, análisis socioeconómico y manejo de datos. Estos módulos a su vez están compuestos o subdivididos en sus propios módulos de acuerdo a las funcionalidades que ofrece el sistema al usuario. La estructura de todos los módulos del sistema es presentada en la figura 8.

Figura N° 8.

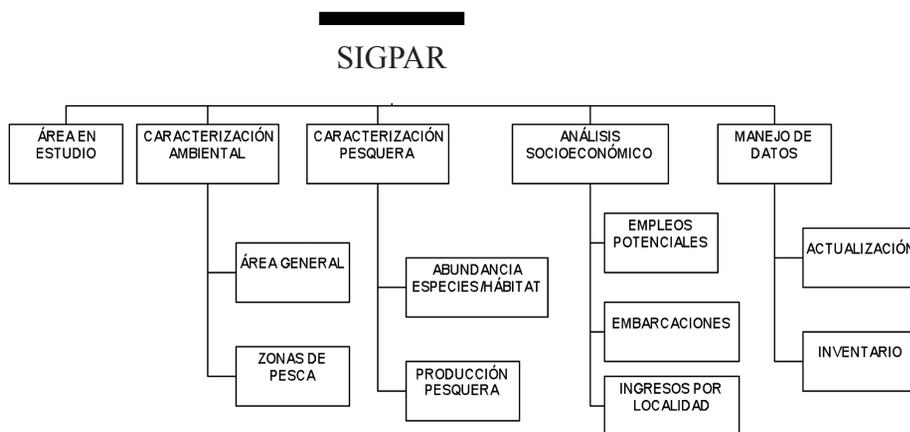


Figura 8. Estructura de módulos de SIGPAR.

En las siguientes secciones se describen las funciones que permiten efectuar al usuario cada uno de los módulos del sistema.

5.1. Módulo “Área de estudio”

Al activar el módulo “área de estudio”, el sistema despliega una pantalla que ofrece al usuario una lista de ocho mapas para que el usuario seleccione cuál de estos desea visualizar en pantalla. Estos mapas son:

1. **SITUACIÓN RELATIVA A VENEZUELA:** resalta la zona de estudio en el mapa de Venezuela.
2. **CROQUIS:** croquis de la zona estudio.
3. **PARROQUIAS:** división política a nivel de las parroquias incluidas en el área de estudio.
4. **LOCALIDADES DE DESEMBARCO:** localidades donde los pescadores de la zona de estudio desembarcan el pescado para su comercialización.
5. **POSICIÓN GEOGRÁFICA:** mapa de la zona de estudio con una grilla de líneas de referencia en el sistema de coordenadas UTM.
6. **DIVISIÓN POLÍTICA:** división política a nivel de los municipios incluidos en el área de estudio.
7. **LOCALIDADES DE ORIGEN:** Presenta todas las localidades dedicadas a la pesca artesanal en la zona de estudio.
8. **ZONAS DE PESCA:** mapa de polígonos de las zonas de pesca delimitadas por los investigadores del IOV (ver figura 9).

Figura N° 9

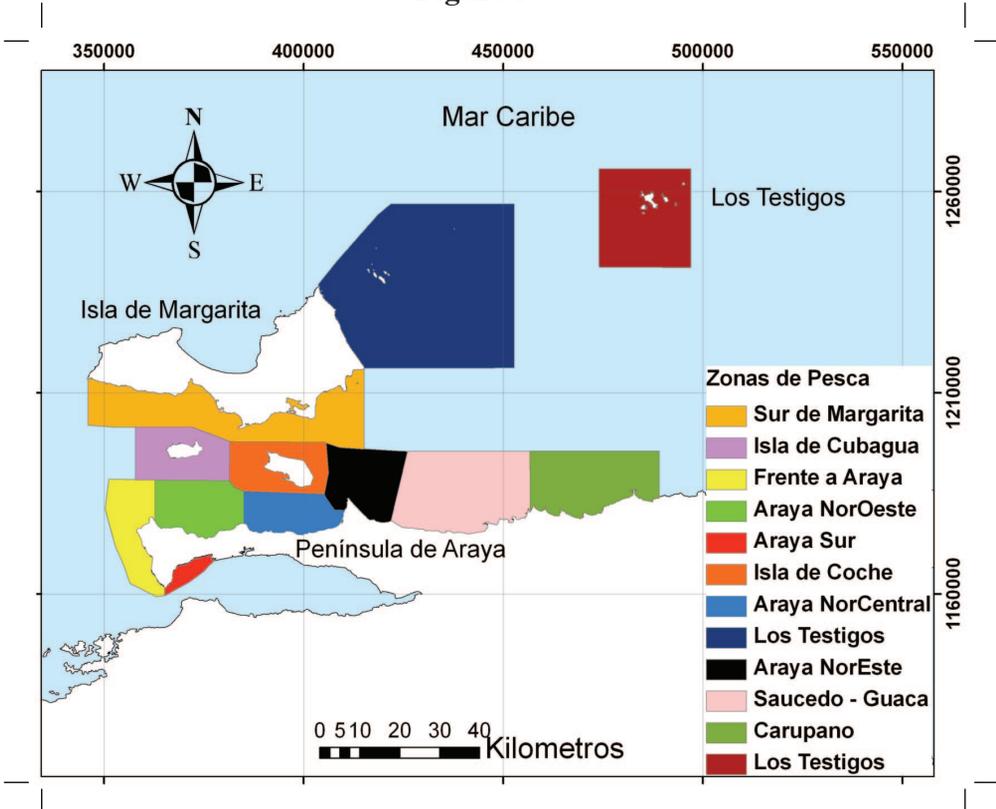


Figura N° 9. Mapa de las zonas de pesca en el área de estudio (coordenadas UTM-20N).

5.2. Módulo “Caracterización ambiental”

Este módulo está subdividido a su vez en dos módulos: 1) área general y 2) zonas de pesca.

5.2.1. Módulo “Área general”

Ofrece al usuario salidas en forma de mapas de toda el área de estudio en cuanto a los parámetros ambientales: tipos de suelo marino, Temperatura Superficial del Mar (TSM), batimetría clasificada por rangos (ver figura 10) y batimetría general. Con respecto a la TSM, el módulo permite al usuario visualizar mapas de: promedio anual, promedio del primer semestre del año, promedio del segundo semestre del año o promedio para un mes en particular.

Figura N° 10

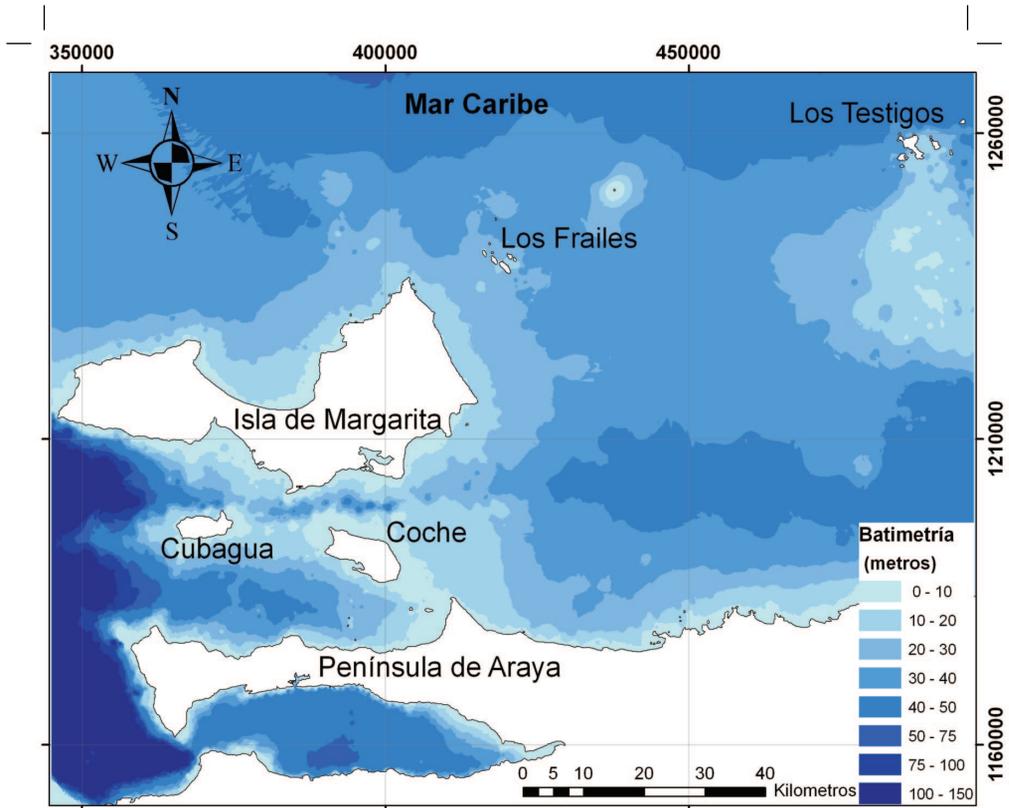


Figura N° 10. Mapa de la batimetría clasificada por rangos de la zona de estudio Coordenadas UTM-20N).

5.2.2. Módulo “Zonas de pesca”

Permite al usuario generar salidas en forma de tablas o de mapas que caracterizan a cada una de las zonas de pesca en cuanto a los parámetros ambientales: tipo de suelo marino, temperatura superficial del mar y batimetría. En la tabla 2 se describen todas las salidas que ofrece este módulo al usuario, en la tabla 3 se presenta un ejemplo de salida tabular de todas las estadísticas relativas a la (TSM) para el mes de febrero de todos los años que están almacenados en el sistema, mientras que la tabla 4 muestra el área (en kilómetros cuadrados) de cada tipo de fondo contenido en cada una de las zonas de pesca.

Tabla 2. Descripción de salidas en forma de tablas y mapas que ofrece el módulo “zona de pesca” al usuario de SIGPAR

PARÁMETRO AMBIENTAL	ESTADÍSTICA A PRESENTAR	TIPO DE SALIDA	
		TABLA	MAPA
Batimetría	Profundidad máxima	X	X
	Profundidad mínima	X	X
	Desviación estandar de la profundidad	X	X
	Todas las estadísticas *	X	
Temperatura superficial del mar (TSM)	TSM promedio por mes	X	X
	TSM máxima por mes	X	X
	Todas las estadísticas por mes *	X	
Tipo de fondo marino	Área en Km2 por tipo para cada zona de pesca	X	X
	Área % por tipo de fondo para cada zona de pesca	X	X
	Área en Km2 por tipo para toda la zona de estudio	X	X
	Área en % por tipo para toda la zona de estudio	X	X

Tabla 3. Estadísticas de Temperatura Superficial del Mar (TSM) para el mes de febrero

Zona de Pesca	Mínimo	Máximo	Total	Promedio	Rango	Desv. St. Poblacion	Desv. St. Muestra
1	23	25	696323	23.640231	2	0.565473	0.565483
2	23	24	3636630	23.105852	1	0.307648	0.307649
3	23	24	3908961	23.004037	1	0.06341	0.06341
4	23	24	3160872	23.026174	1	0.159653	0.159653
5	23	25	4217610	23.031946	2	0.185793	0.185793
6	23	24	8906425	23.050112	1	0.218176	0.218176
7	23	24	6639440	23.443936	1	0.496847	0.496848
8	23	25	4392812	23.21083	2	0.498605	0.498607
9	23	25	4278149	23.266363	2	0.472974	0.472975
10	23	26	9816950	23.596963	3	0.586089	0.58609
11	23	25	25911834	24.172321	2	0.567891	0.567891
12	24	26	8771858	25.013924	2	0.150216	0.150216

Tabla 4. Área en kilómetros cuadrados de cada tipo de fondo por zona de pesca

Tipo de Fondo	Zona de Pesca													Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0	498	0	21	16	36	24	50	64	86	24	161	11	3	994
1	4087	0	0	0	0	0	1	0	58	26	2	4	10	4190
2	993	0	10	73	1	20	86	154	31	21	11	24	6	1429
3	1671	0	76	18	113	0	446	127	3	16	161	0	14	2646
4	2751	43	69	131	54	227	24	75	108	114	249	1252	273	5373
5	1919	0	74	27	16	21	10	32	17	76	80	159	23	2454
6	201	0	0	7	0	0	0	0	0	16	0	262	231	717
7	350	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	354
8	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55
Total	12526	47	251	271	219	293	617	452	302	294	665	1712	560	18210

5.3. Módulo “Caracterización pesquera”

Este módulo está subdividido a su vez en dos módulos: 1) abundancia especies / hábitat y 2) producción pesquera.

5.3.1. Módulo “Abundancia especies / hábitat”

Ofrece al usuario la posibilidad de generar mapas o tablas de abundancia (CPUE) de una especie en relación a un factor ambiental: rangos de profundidad (ver figura 11), tipos de fondo marino (ver tabla 5) ó rangos de temperatura superficial del mar. En el caso de mapas ó tablas de temperatura superficial del mar, el sistema ofrece la opción adicional de generar la salida para un mes en particular o para todo el año globalmente.

Figura N° 11

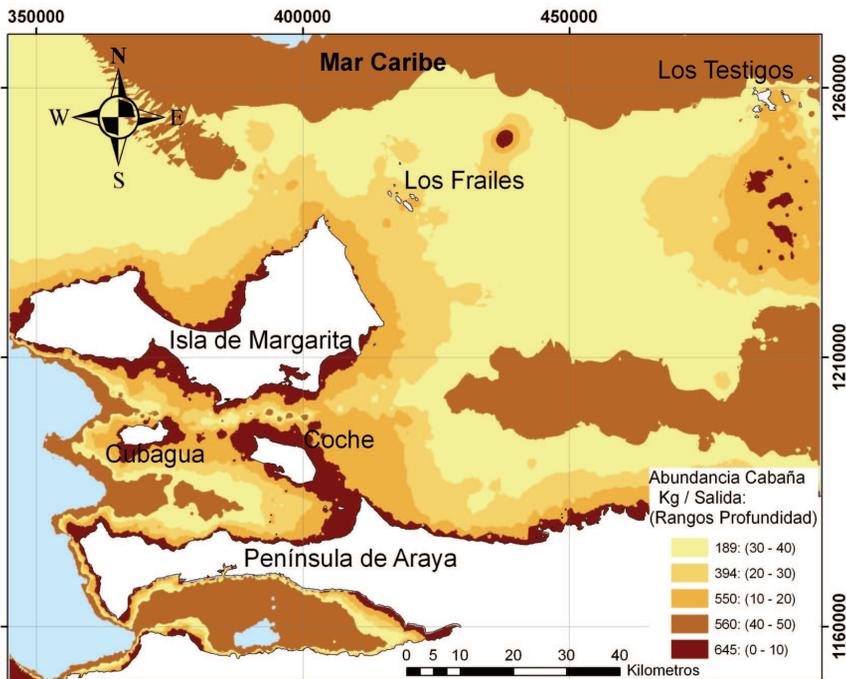


Figura N° 11. Mapa de abundancia de la especie “Cabaña” en relación a rangos de profundidad

Tabla 5. Abundancia (CPUE en Kg. por salida) de la especie “Cataco” por tipo de fondo marino.

Tipo de Fondo	2	3	4	5	6
CPUE	505.89	703.78	325.58	2083.98	64.00

5.3.2. Módulo “Producción pesquera”

Permite generar tablas o mapas de captura, esfuerzo o captura por unidad de esfuerzo (CPUE), tanto para el total de especies capturadas en conjunto como para una especie en particular.

5.4. Módulo “Análisis socioeconómico”

Este módulo está subdividido a su vez en tres módulos: 1) empleos potenciales, 2) embarcaciones e 3) ingresos por localidad.

5.4.1. Módulo “Empleos potenciales”

Genera tablas o mapas del número de empleos potenciales que puede generar la pesquería artesanal en cada una de las localidades de la zona de estudio. Se estima que cada embarcación de pesca artesanal genera en promedio seis empleos en promedio, incluyendo empleos directos e indirectos.

5.4.2. Módulo “Embarcaciones”

Este módulo permite al usuario generar mapas y tablas del número de embarcaciones dedicadas a la pesca artesanal por cada una de las localidades ubicadas en la zona de estudio.

5.4.3. Módulo “Ingresos por localidad”

Genera mapas ó tablas de ingresos económicos por localidad para un año, ya sea para todas las especies en conjunto ó para una especie en particular.

5.5. Módulo “Manejo de Datos”

Este módulo está subdividido a su vez en dos módulos: 1) actualización, e 2) inventario.

5.5.1. Módulo “Actualización”

Permite al usuario agregar, eliminar ó modificar registros de: especies, desembarcos, capturas, localidades ó salidas de pesca.

5.5.2. Módulo “Inventario”

Sirve para ver en pantalla o imprimir los inventarios de: especies, localidades de origen, localidades de desembarco y las zonas de pesca.

6. Discusión de resultados

Mediante el análisis y diseño detallado fue posible determinar el software adecuado para la elaboración del SIG y estipular las entidades espaciales junto con los atributos a contener dentro de la base de datos temática con el propósito de facilitar la implementación o construcción del SIG.

Las entradas, controles y salidas están diseñadas de manera que el usuario final introduzca la información mínima necesaria para desplegar las consultas que presenta el SIG, disminuyendo la posibilidad de ingresar datos erróneos, de esta manera, se garantiza la consistencia e integridad de la información referente a las entidades espaciales.

La interfaz gráfica que posee el SIG permite que los usuarios finales se adapten de manera acelerada al manejo de la aplicación, debido a su diseño acorde al software en el que va a estar integrado. Con este tipo de aplicaciones se puede lograr apoyo tecnológico a la labor del IOV de realizar investigaciones ambientales en el área pesquera y prestar una orientación adecuada a las instituciones que tienen la responsabilidad de gestionar la pesquería en Venezuela.

La aplicación desarrollada está dirigida a la unidad SIG del IOV, puede ser utilizada por todos aquellos investigadores pertenecientes al instituto que conozcan el manejo del software idrisi32® y manipulen datos pesqueros de la zona en estudio.

El SIG obtenido ayudará a lograr una plataforma inicial para la solución global del problema de planeación de recursos pesqueros en el estado Sucre y para apoyar la realización del análisis de la distribución espacial de la pesquería artesanal en la costa norte de la península de Araya.

La futura ampliación del sistema no solo se refiere a cubrir un área geográfica más extensa, sino también a incluir nuevos datos tales como

clorofila o salinidad. También se debe consultar periódicamente a los investigadores de la Institución sobre nuevos análisis que consideren deban ser agregados al sistema y / o mejoras a las interfaces del mismo.

Bibliografía

- Araneus. (2003). "¿Qué es un SIG?". [Homepage]. Consultado el día 2 de mayo del 2009 en la World Wide Web: <http://araneus.humbolt.org.co/sig/queesunsig.html>
- Bazigos, G.P. (1975). Esquema de encuestas sobre estadísticas de pesca. Aguas continentales. Doc. Téc. FAO Pesca (133) 139.
- Eastman, J. (1997). Idrisi para Windows version 2.0. Guía del usuario. Clark University. Worcester. 130.
- González, R. (1994). Diccionario de términos SIG. [Homepage]. Consultado el día 22 de marzo de 2009 en la World Wide Web: http://www.fcnyu.unlp.edu.ar/catedras/geofoto/geo_html/informacion/pdf/diccionario_sig.pdf
- Holden, M.J., & Raitt, D.F.S (Eds.). (1975). Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2 – Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Doc. Téc. FAO Pesca (115). Roma, 211.
- Meaden, G.J., & Do Chi, T. (1996). Geographical information systems: applications to machine fisheries. FAO Fisheries Technical Paper (356). Roma, FAO. 335.
- Murai, S. (1999). Libro de trabajo SIG. Volumen 1: Curso básico. *Revista SELPER*, vol. 15, N° 1, 8 – 66.
- Novoa, D., Rabinovich, J., & Urbaneja, A. (1980). Las pesquerías de arrastre en la región nor-oriental de Venezuela. Bol. Soc. En *Venezolana de ciencias naturales*, tomo 35, boletín 138, pp. 1– 137.
- Riveros, E. (2003, agosto 16). Pescadores emboscados por piratas y arrastres. *Diario Región*, 3.
- Seijo, J.C., Defeo, O., & Salas, S. (1997). Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo. FAO Documento Técnico de Pesca (368). Roma, FAO. 176.
- Sparre, P. & Venema, S.C. (1995). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documentos Técnicos de Pesca (306). Roma, FAO. 440.

José Luis Silva Aristeguieta, Yusvania del Valle Jiménez Otamendi, Freddy de Jesús Arocha Pietri Sistema de información geográfica para el análisis espacial de la pesquería artesanal asentada en la península de Araya, estado Sucre–Venezuela

Stevenson, D.; R. Pollnac, & Logan, P. (1982). Guía para la administración de la pesca en pequeña escala: Información del sector pesquero. IC-MRD. Kingston. 196.

Whitten, J., Bentley, L., & Barlow, V. (2003). Análisis y diseño de sistemas de información (3ª ed). México. McGraw – Hill. 907.