



Caracterización del Uso de la Tierra en Honduras  
Integrando SIG/Sensores Remotos y Modelos a  
diversas escalas

Paloma Urbano, Julie Cox, William Bell

1996

# **CARACTERIZACION DEL USO DE LA TIERRA EN HONDURAS INTEGRANDO SIG/SENSORES REMOTOS Y MODELOS A DIVERSAS ESCALAS**

P. Urbano, J.Cox, W.B.Bell, Unidad de Sistemas de informacion Geografica del Centro Internacional de Agricultura Tropical.

## **1.- INTRODUCCION**

En 1993, El Programa de Laderas del Ciat comienza a trabajar en el Proyecto "Mejora de la sostenibilidad agrícola y ganadera en las laderas de Centro América" bajo la financiación del Swiss Development Corporation(SDC). Este proyecto pretende aunar los esfuerzos de organizaciones internacionales, nacionales y no gubernamentales interesadas en encontrar nuevas alternativas al desarrollo en zonas de laderas. Un equipo de investigadores del Ciat se desplaza a Tegucigalpa para empezar a coordinar comites locales de agricultores, e iniciar investigaciones agronómicas y socioeconómicas. Paralelamente, se decide que integrar los Sistemas de Información Geográfica e imágenes de satélite para analizar el uso de la tierra, generara numerosos beneficios para el proyecto. De esta forma, en 1995 se inicia la creación del SIG de Honduras.

El objetivo principal de este proyecto es crear un Sistema de Información Geográfica para Honduras enfocado en la caracterización del uso de la tierra. Un sistema que integre información biofísica y socioeconómica a distintas escalas con el fin de realizar análisis a varios niveles, desde el nivel nacional hasta el nivel local. Así, se integra información generada desde imágenes de satélite junto con información censal e información digital ya existente. Toda la información es sometida a procesos de estandarización y homogeneización con el fin de conseguir un sistema de alta calidad y fácil utilización.

En la actualidad, el proyecto se encuentra en una fase intermedia. Se cuenta con un Sistema de Información Geográfica para Honduras que integra gran parte de la información digital que se va a utilizar para el análisis. Toda la información está recogida en una interface de fácil uso para el usuario no experto en SIG. Así, podemos decir que tenemos un SIG de Honduras con información digital de alta calidad y fácil manipulacióm sobre la que se van a aplicar modelos a diversas escalas.

## **2.- OBJETIVOS**

- Generar un Sistema de Información Geográfica integral para Honduras que reúna información espacial de diversa índole. Esto conlleva cubrir los siguientes subobjetivos:

- Integrar información de distintas fuentes sometiéndola a procesos de homogeneización y corrección con el fin de cubrir los estadaress de calidad predefinidos.

- Generar capas de información producto del análisis de las imágenes de satélite, tales como cobertura vegetal y uso de la tierra.

- Crear un sistema para no expertos en SIG que ayude a la toma de decisión mediante una presentación sencilla y adecuada de la información.

### 3.- METODOLOGIA

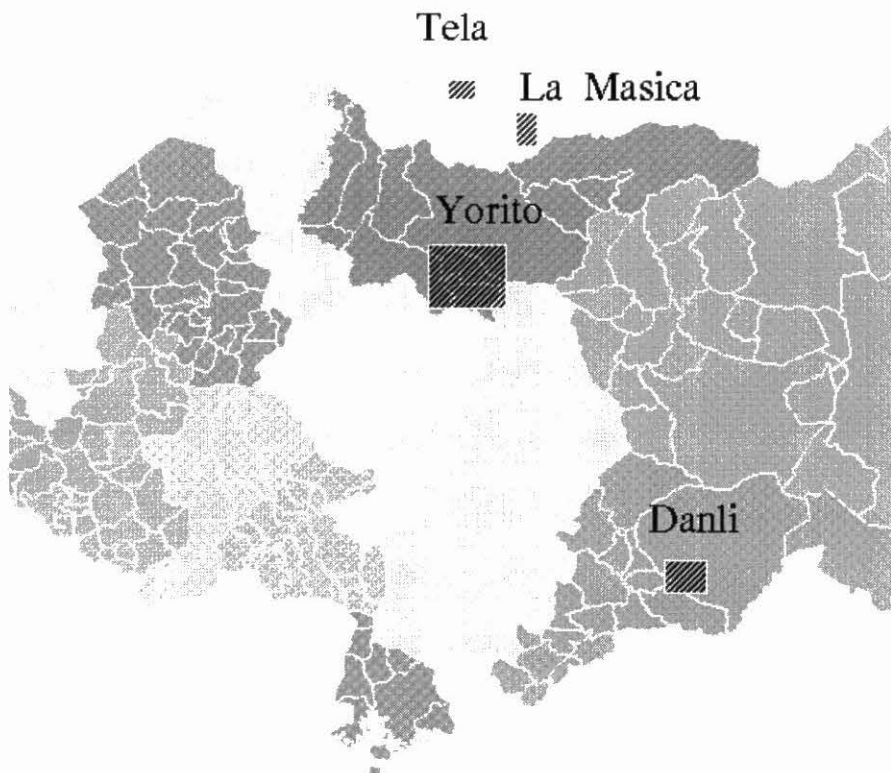
#### 3.1.- Etapa Preliminar

Una vez definidos los objetivos del proyecto, se procedió a buscar información existente tanto en papel como en formato digital. Igualmente, se establecieron conexiones con organismos interesados en el tema o involucrados en el proyecto, y se realizó una planificación inicial del mismo. Estas tareas iniciales se fueron reforzando y modificando a lo largo del desarrollo del proyecto para evitar la creación de información digital ya existente o modelos de datos inadecuados para el fin que se pretende conseguir.

Después de un estudio inicial de las condiciones físicas y socioeconómicas a escala nacional, se seleccionaron tres sitios en los que se llevara acabo un análisis más en detalle. Estos sitios son representativos de las condiciones ecológicas y socioeconómicas de las regiones de laderas de Honduras considerando el gradiente climático de Norte a Sur. Por lo tanto, una de las prioridades del proyecto es demostrar la representatividad de estos sitios en el marco nacional mediante la integración de las imágenes Landsat TM y la información biofísica y socioeconómica.

En el mapa 1 se puede apreciar la localización de los sitios de trabajo.

MAPA1.- MAPA DE SITIOS



### 3.2.- Recopilacion e integracion de la informacion

#### 3.2.1.- Recogida de informacion digital o en papel

Como es bien sabido por los usuarios de Sig, uno de los problemas mas importantes a solventar a la hora de generar un sistema, es la adquisición de información tanto en papel como en formato digital. En este caso, se procedió a hacer uso de todas las fuentes de información posibles; imágenes de satélites, mapas en papel o información digital (ver cuadro 1). Tal y como ha indicado Frank, A.(1993), el coste de generar información digital no se concentra en la creación del mismo sino en la corrección de los errores encontrados en la información original. Toda la información de Honduras tuvo que ser sometida a varios procesos de corrección antes y después de ser digitalizada, consiguiendo mejorar la calidad de la información respecto de los originales. Igualmente, con el fin de buscar una mejora sustancial, se establecieron unos estandares de calidad donde la precisión de la información se sobrepondría al costo de la misma. De esta forma, se consiguió una información de elevada calidad gracias a un alto costo de esfuerzo y tiempo. Un ejemplo claro lo encontramos en la información digital de las aldeas de Honduras. La información se sometió a tres procesos de corrección y tan solo del primero ('Corrección del posicionamiento cartográfico incorrecto'), se consiguió una reducción del 2% del error respecto de los datos originales. Por el contrario, el tiempo invertido en todo el proceso fue de 2 personas durante más de 2 meses de trabajo para una sólo capa de información de más de 3000 puntos.

#### 3.2.2.- Integracion de la informacion

Una de las utilidades más importantes de los SIG es la capacidad de integración de información de distintas fuentes y distintos modelos de datos (raster y vector). Dicha capacidad potencia el uso del sistema en el proceso de toma de decisión (Flowerdew,R,1991). En esta aplicación toda la información generada o integrada fue sometida a un proceso de homogeneización que incluye tareas de proyección de toda la información a un mismo sistema y ajuste de los limites entre las capas de información en la medida de lo posible.

*CUADRO 1.- INFORMACION DEL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA DE HONDURAS*

<b>PROCEDENCIA DE LA INFORMACION</b>	<b>INFORMACION</b>	<b>COMENTARIOS</b>
<b>Organizacion de los Estados Americanos</b>	Usos recomendados de la Tierra	1 :500.000
	Usos en conflicto	1:500.000
	Capacidades de Uso	1:500.000
	Tipos de Suelo segun Simmons	1:500.000
	Cobertura Forestal	1:500.000
	Erosion	1:500.000
	Zonas Climaticas	1:500.000
	ClasificacionClimatica	1:500.000
	Temperatura	1:500.000

	Evapotranspiracion	1:500.000
	Dias de lluvia	1:500.000
	Cuencas Hidrograficas Priorizadas en el estudio	1:250.000
<b>Digitalizada de Mapas en papel en CIAT</b>	Division Administrativa-nivel departamento y municipio	Varia la escala, entre 1:250.000 y 1:300.000 Hardcopies de 1986
	Curvas de Nivel	1:500.000
	Puntos Altitudinales	1:500.000
	Rios	1:500.000
	Tipos de Suelo	1:250.000 1:500.000
	Geologia	1:250.000
<b>Datos Censales 1988</b>	Aldeas	Censo de Poblacion
<b>Datos Censales 1974</b>	Municipio	Censo Agropecuario
<b>Datos Censales 1993</b>	Municipio	Censo Agropecuario
<b>Organizacion de Estados Americanos</b>	Datos de aldeas, carreteras, rios y curvas de nivel para Marale, Victoria, Rio Aguan, Yoro, Yorito, Subirana, La Masica, Jimia, San Francisco, Tela, El Paraiso, Danli, Montana de la Flor, Mangulile, Jocon, Montana de la Arenal, Coordillera Nombre de Dios, Pico Bonito, La Ceiba, Rio de Apali, Montanuelos, El Negrito, Las Flores, Mezapa, Ocote Paulino, Laguna de los Micos.	1:50.000

Fuente: Creacion Propia

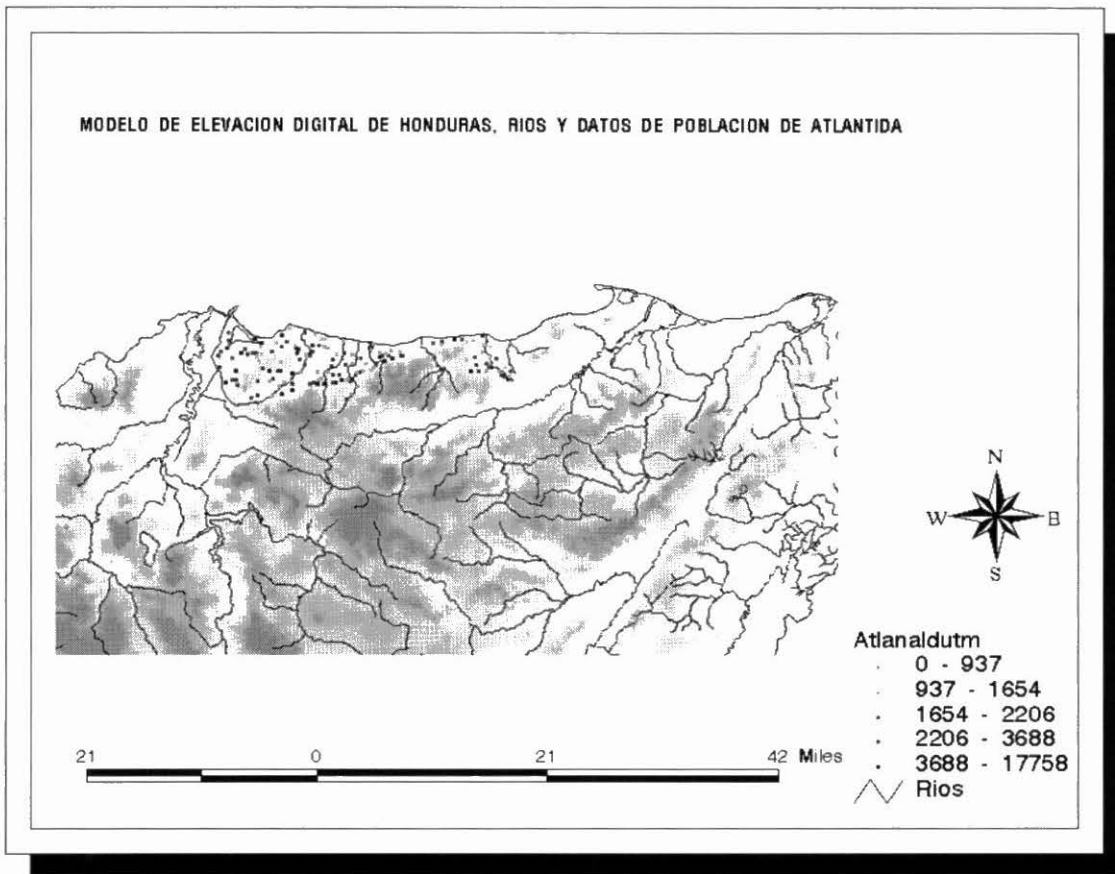
La idea es aplicar estudios a distintas escalas sobre la informacion. De esta forma la informacion se agrupo en distintos niveles dependiendo de la escala de trabajo y se definio que informacion pudiera ser utilizada a distintas escalas de trabajo.

**CUADRO 2.- AGRUPACION DE INFORMACION DEPENDIENDO DE LA ESCALA DE TRABAJO**

ESCALA DE TRABAJO	ESCALA DE LA INFORMACION	TIPO DE INFORMACION
ESCALA NACIONAL	1:500.000 1:250.000	Division Administrativa- Depart./Municipio Clima Uso de la Tierra Tipo de suelo etc.
ESCALA REGIONAL	1:50.000 1:25.000	Carreteras, rios, datos climaticos, usos de la tierra, datos censales, etc.
ESCALA LOCAL	1:25.000 o menor	Datos censales, carreteras, topografia, etc

Fuente: Creacion Propia

Se puede apreciar una parte del Modelo de Elevacion del Terreno en combinacion con los rios y un dato de poblacion en el siguiente mapa.



*MAPA 2.- MAPA DE LA PARTE NORTE DE HONDURAS*

3.2.3.- Informacion obtenida de imagenes de satelite

Una parte importante de la informacion se obtuvo de imagenes de satelite con lo que merece la pena profundizar un poco mas en el proceso de realizacion y los resultados obtenidos.

Las imagenes de satelite se utilizaron esencialmente para los estudios en detalle. Para ello se seleccionaron cuatro imagenes de satelite que cubrieran el centro oeste de Honduras, aproximadamente 370 km de Este a Oeste y 277 Km de Norte a Sur (cuadro 3).

*CUADRO 3 .- IMAGENES UTILIZADAS*

AREA	REFERENCIA	FECHA
CEIBA	Path 18/Row 49	5 MARZO DE 1994 18 MARZO DE 1987
TRUJILLO	Path 17/Row 49	8 MARZO 1986
YORO	Path 18/ Row 50	8 MARZO DE 1995 5 MARZO DE 1994 15 MARZO DE 1986
DANLI	Path 17/ Row 50	22 DE ENERO DE 1987

Fuente: Creacion Propia

### MAPA 3.- LOCALIZACION DE IMAGENES LANDSAT - TM



### MAPA 3.- IMAGENES DE SATELITE LANDSAT-TM USADAS PARA HONDURAS

Las imágenes más recientes fueron utilizadas para realizar la clasificación del uso de la tierra. El resto de las imágenes se utilizaran para la realización de estudios multitemporales de los cambios de uso.

Después de realizar un reconocimiento de las zonas de estudio en campo entre Mayo y Junio de 1995, las imágenes fueron corregidas geográficamente. Para ello, se recogieron coordenadas geográficas con un GPS portatil con 4 canales y precisión de 30 metros. Una vez que las imagenes fueron georeferenciadas se procedió a la realización de una clasificación supervisada para el sitio de estudio comprendido en el area de Danli.

#### 3.2.4.- Información obtenida de los Gps y fotografía aérea

Se adquirio fotografía aérea de los sitios de trabajo con el fin de generar información topográfica. Las fotografías recogidas son las siguientes;

AREA DE ESTUDIO	ESCALA	ANO
Yoro	1:20.000	1993
	1:40.000	1977
Danli	1:20.000	1980
	1:40.000	1981
Tela	1:20.000	1987
	1:40.000	1992
Pico Bonito	1:40.000	1992
Yaruca	1:40.000	1992

La Masica	1:20.000	1987
-----------	----------	------

Fuente: Creacion propia.

En estos momentos se han scaneado parte de las fotos de interés y se está trabajando en la creación de modelos estereoscópicos, ortofotos y un modelo de elevación digital para la cuenca de Yorito. Entre Agosto y Septiembre de 1995 se llevó acabo un intenso trabajo de recogida de puntos de control para las 37 fotografías a escala 1:20.000 que cubrían el ambito de Yorito. Se estableció una estación permanente de recepción en el centro de la zona (Río Arriba) y se recogieron 70 puntos usando un gps diferencial en modo estático. La media de los satélites recibidos al medir los puntos era de unos 6 con un GDOP (Geometric Dilution of Precision) de 2/3. Después de recogidos estos datos, fueron procesados en Ciat utilizando el software Ski y georeferenciandolo a WGS84. Las fotografías seran manipuladas usando Erdas / Orthomax para producir un DEM con una resolucion de 3 metros por pixel.

### 3.3.- Análisis de la información

La información por el momento ha sido levemente analizada, ya que como se ha mencionado anteriormente este es un proyecto aun en curso. Sin embargo, se pueden ver algunos de los estudios realizados.

#### 3.4.1.- Modelo de Elevación Digital

Tomando como base la información topográfica básica, curvas de nivel, puntos altitudinales y los ríos, se generó el Modelo de Elevación Digital. Para el mismo, se utilizo el método de interpolación basado en el programa ANUDEM de Hutchinson, M.(1988,89) que incluye ArcInfo. Este modelo genera una ajustada representación de la superficie mediante el uso de la red hidrográfica, eliminando en gran medida los posibles vacíos de la superficie. Aquellos huecos que permanecieron en el modelo serían corregidos utilizando un programa que rellena dichos vacios asignandoles el valor más bajo dentro de los valores existentes en todo el modelo.

#### 3.4.2.- Mapa de datos climáticos

Haciendo uso del Modelo de Elevación digital se van a generar capas de información climática. Para ello se interpolará información de aproximadamente 400 estaciones meteorológicas. El resultado final es información de temperaturas medias anuales, temperaturas diurnas y lluvias mensuales para los doce meses del año.

#### 3.4.3.- Mapa de clasificación supervisada de Usos de la Tierra para Danli.

El primer intento de realizar una clasificación supervisada de una de las imágenes de satélite fue realizada en la zona de Danli. Se generó una clasificación de 11 tipos de usos para toda la imagen de Danli y de 7 usos para el sitio de estudio de Danli. Los usos distinguibles de la imagen son los siguientes:

USO DE LA TIERRA	DANLI	SUBSITIO DE DANLI
Pastos	x	x
Rastrojos	x	x
Bosque latifolio y arboles comerciales	x	x



Bosque Mixto	x	
Bosque de coníferas	x	x
Pendientes pronunciadas	x	x
Cultivos variadas	x	x
No vegetacion, infraestructura, nubes	x	
Erosion, sedimentos colluviales	x	
Agua	x	
Sin clasificar	x	x

Fuente: Realizacion propia.

El resultado de la clasificación parece bastante satisfactoria, por el contrario, se va a realizar un análisis matricial de precisión que añada valor a la clasificación. A contunacion podemos observar parte de la imagen ya clasificada.

Classification of a subset image from Danli85 TM Image  
centred on Rio Cuseateca



LEGEND

Class\_Names

■	Unclassified
■	Deciduous Forest/Woodland
■	Conifer F/W
■	Scarp F/W/B/crop/bare
■	Cultivation
■	Settle
■	Pasture

Dentro de los análisis programados para un futuro cabe incluir, análisis multitemporales de cambios de uso entre los 80 y los 90, análisis de tendencias de usos futuros, y la aplicación de modelos de integración de datos

socioeconómicos y biofísicos a distintas escalas que ayuden a entender las situaciones del medio humano y ambiental actual.

## **4.- INTERFACE**

Uno de los puntos claves para el éxito de un sistema de información es que pueda llegar al usuario final mediante una interface sencilla. Siendo esta la parte visible de la aplicación para el público, tiene la gran responsabilidad de mostrar el valor real del sistema y de la información que integra. Tal y como McGranaghan(1992) señala, la interface en este caso pretende aislar al usuario del proceso computacional, preparando la información espacial para un usuario no experto en SIG.

### **4.1.- Beneficios de la creación de un interface**

Los beneficios de la interface son muy numerosos, tales como:

- Acercar sistemas herméticos y complejos a un público no experto,
- Mostrar información de alta calidad al planificador decisor u otro público interesado,
- Minimizar costos al usuario en términos de tiempo y esfuerzo de aprendizaje y mantenimiento de la información,
- Servir como elemento intermedio entre el experto sig y el usuario.

### **4.2.- Creación de la Interface**

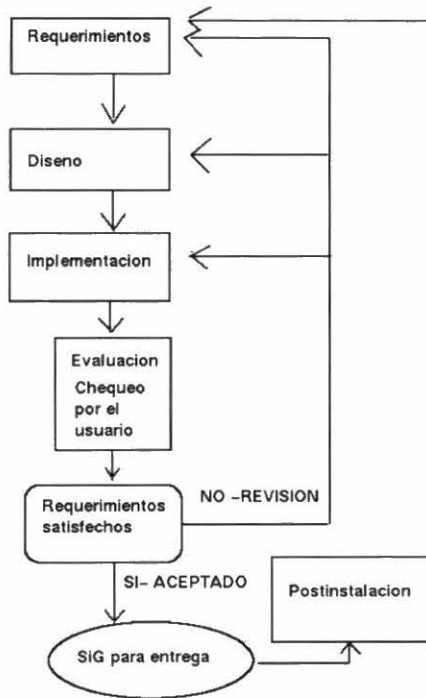
Medyckyj-Scott, D.(1993) señala que un sistema bien diseñado no sólo debe incluir una interface bien estructurada sino que además debe mejorar todos los aspectos del software y hardware que contribuyan a la creación de un sistema eficiente y confiable. Así, la interface es una parte importante del sistema pero debe ir acompañada de una selección del hardware y software que se ajuste a las necesidades del usuario. Se estudiaron con cuidado todos los requerimientos con el fin de generar un sistema con estas características.

El proceso de creación de la interface tiene en cuenta 4 componentes esenciales:

- el sistema,
- el usuario,
- las funciones que el sistema debe incluir,
- el ambiente físico y social en el que el sistema se va a introducir.

Con el fin de cubrir las inquietudes dictadas por estos 4 componentes se siguieron las indicaciones definidas por la metodología de Medyckyj-Scott, D.(1993) :

FIGURA 1: ETAPAS EN EL DISEÑO DE UN SIG



Fuente: Medyckyj-Scott(1993)

La interface esta aun sin terminar, se han completado las etapas iniciales y ya se puede navegar por gran parte del sistema. Las fases cubiertas son las siguientes

#### 4.2.1.- Definición de requerimientos

Los requerimientos claves para la interface combinan una gran variedad de elementos como aparece a continuación:

- **El propósito** de la interface es llevar información de distintas escalas a un usuario planificador decisor, al igual que integrar información de muy diversa índole que pueda ser accesada fácilmente.
- **Los requerimientos técnicos** combinan la posibilidad de un hardware sencillo como es un Pc con 8 Mg de Ram y alta memoria con un software como Arcview2 apto de ser customizable y con un poderoso lenguaje de programación orientado a objetos.
- **Los usuarios** de la interface son variados, desde el científico investigador que quiera acceder información a distinta escala o realizar sencillas operaciones de análisis espacial hasta los planificadores locales y las instituciones o asociaciones de campesinos interesados en usar la información para sustentar propuestas locales.

- **Las tareas** requeridas al interface son las siguientes;

- mapear información,
- mostrar información alfanumérica,
- generar estadísticas básicas,
- crear salidas en papel,
- hacer preguntas a la información,
- crear unión - intersección, sobreposición y combinación de información.

- **El ambiente de uso** son las agencias de desarrollo local, instituciones locales y el CIAT.

- **Los goles** esperados son esencialmente una mejor gestión de información y usarlo como una herramienta de apoyo a la toma de decisión.

#### 4.2.2.- Diseño de la Interface

Una vez definidos los requerimientos se procedió al diseño. Se decidió el uso de el español como lenguaje principal de la interface, que fuera un sistema de navegación sencilla y que presentara herramientas útiles manteniendo simplicidad y utilidad. Para ello se mantuvo el ambiente de windows que incluye el software y se eliminaron utilidades redundantes e incluyeron otras de interés.

Igualmente se esta preparando documentación de uso y ayuda a instalación. Tal y como indico Turk, A.(1993) la respuesta cognitiva de una decisión tomada usando un SIG involucra una responsabilidad de un 50% por parte del sistema y un 50% por parte de usuario. Por ello pensamos que es necesario prestar importancia al conocimiento ergonómico o óptima representación de la información con un diseño apropiado.

#### 4.2.3.- Implementación

Tras estas dos fases iniciales se realizo la implementación inicial. Esta fase esta aun sin concluir . Sin embargo se encuentra en un estado avanzado tal y como se ve en la figura 2.

Una vez que se termine la implementación se procederá con las fases de evaluación y reestructuración con el fin de conseguir una interface que se ajuste perfectamente a las necesidades de todos los usuarios.

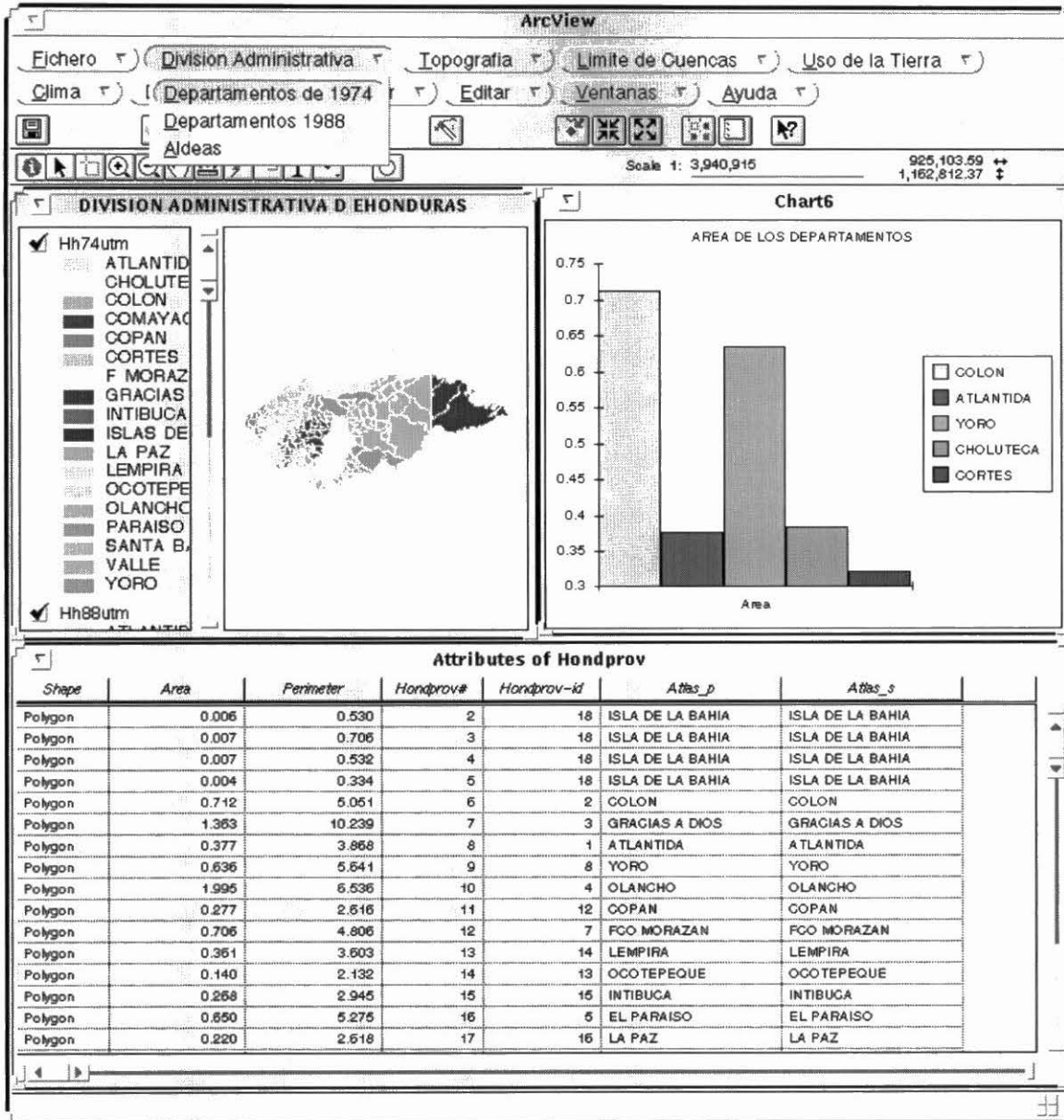


FIGURA 2.- MUESTRA DE LA INTERFAZ DE HONDURAS

## 5.- CONCLUSIONES

El Sistema de Información de Honduras es un reto interesante en el campo de los Sig debido al esfuerzo integrador y de mejora de la calidad de la información que esta realizando. Al ser un proyecto aun en curso no se han conseguido todavía grandes resultados analíticos. Por el contrario, desde nuestro punto de vista ya contamos con el resultado de poseer un Sig a distinta escala para este país al que cualquier usuario sin conocimiento de SIG puede acceder. El futuro para el proyecto se presenta brillante en cuanto a los modelos analíticos que se quieren realizar y el interés que ya las instituciones locales han mostrado por conseguir una información mejorada y de fácil acceso. Queremos que este proyecto sea incitador para que otros organismos e instituciones que trabajen en el mundo sig se den cuenta de la importancia de llevar información a los no experto en sig y para ello la necesidad de generar sistemas sencillos y útiles.

## REFERENCIAS

- Flowerdew,R.(1991) 'Spatial Data Integration' en Maguire,D.J., Goodchild,M. y Rhind,D.W. Geographical Information Systems,LogmanGroup, England.
  
- Frank, A.U. (1993) 'The use of Geographical Information System: The User Interface is the System' en Human Factors in Geographical Information Systems, Medychyj-Scott y Hearnshaw H. (1993). Belhaven Press.
  
- Gould, M. (1993), 'Two views of the user interface' en Human Factors in Geographical Information Systems, Medychyj-Scott y Hearnshaw H. (1993). Belhaven Press.
  
- McGranaghram,M. (1992), 'User Interfaces for Gis: Opinions, observations, and questions en Mark, D. y Frank, A.(eds), User interfaces for Geographical InformationSystems: Report on the specialist meeting, Technical Paper 92-3, National Center for Geographical Information and Analysis, Santa Barbara,Ca.
  
- Medychyj-Scott, D.J. (1993) 'Designing Geographical Information Systems for use en Medychyj-Scott y Hearnshaw H.(eds), Human Factors in Geographical Information Systems,), Belhaven Press, Great Britain.
  
- Turk, A. (1993) 'The relevance of Human Factors to Geographical Informations Systems' en Human Factors in Geographical Information Systems, Medychyj-Scott y Hearnshaw H. (1993). Belhaven Press.