

*Facultad de Ingeniería*

# Información Ambiental

Indiana Basterra



*Tecnicatura Universitaria en*

**Gestión Ambiental**



---

## **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE**

**RECTOR**

Arq. Oscar Vicente VALDÉS

**VICERRECTOR**

Dr. Hugo DOMITROVIC

**SECRETARIO GENERAL ACADÉMICO**

Dr. Orlando Ángel MACCIÓ

**SECRETARIO GENERAL DE CIENCIA Y TÉCNICA**

Dr. Ángel José FUSCO

**SECRETARIA GENERAL ADMINISTRATIVA**

Cra. Susana CORREU DE DUSEK

**SECRETARIO GENERAL DE ASUNTOS SOCIALES**

Ing. R. Abel ESQUIVEL

**SECRETARIO GENERAL DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA**

Ing. Hugo Dardo DOMÍNGUEZ

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DECANO**

Dr. Jorge Víctor PILAR

**VICEDECANO**

Dr. Mario Eduardo DE BÓRTOLI

**SECRETARIO ACADÉMICO**

Ing. Arturo Alfredo BORFITZ

**SECRETARIO DE EXTENSIÓN**

Ing. Manuel Eduardo ÁLVAREZ

**SECRETARIO DE ASUNTOS ESTUDIANTILES**

Ing. Gustavo Omar FISCHER

**SECRETARIO ADMINISTRATIVO**

Ing. José ORTIZ

**TECNICATURA UNIVERSITARIA EN GESTIÓN AMBIENTAL****DIRECTORA ACADÉMICA**

Mgter. Arq. Delia KLEES

**TUTOR PERMANENTE**

Prof. Guillermo CUBILLA

**COMISIÓN ACADÉMICA DE LA TECNICATURA****DIRECTORA ACADÉMICA**

Mgter. Arq. Delia KLEES

**TUTOR PERMANENTE**

Prof. Guillermo CUBILLA

**PROFESORES EN REPRESENTACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

Ing. Arturo BORFITZ

Mgter. Ing. Indiana BASTERRA

**COORDINADORA ADMINISTRATIVA DESIGNADA POR LA MUNICIPALIDAD**

GISELA E. LÓPEZ

**UNNE-VIRTUAL****DIRECTORA EJECUTIVA**

María Paula BUONTEMPO

**COORDINADOR GENERAL**

Mario Roberto GABARDINI

**ÁREA DE DISEÑO**

Natalia CAPOVILLA

Ileana DE LEÓN

María GALDEANO

Natalia KLER

Sebastián Marcelo MACCIÓ

Olga MUSIMESSI

Luciana RAMÍREZ FARÍAS

**ÁREA DE CAPACITACIÓN Y SEGUIMIENTO**

Karen CEJAS

Johanna COCHIA

María José PERSOGLIA

María Isabel SÁNCHEZ

Mónica VARGAS

**ÁREA DE TECNOLOGÍA Y COMUNICACIÓN**

Alicia Raquel BRESSAN

**ÁREA INVESTIGACIÓN**

Margarita Cristina ORTIZ

**ÁREA ADMINISTRATIVA**

Vanessa VIGNOLO

Los contenidos desarrollados en este módulo son de exclusiva responsabilidad de su autor.



La aparición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es el resultado de dos tendencias tecnológicas desarrolladas desde la mitad del siglo, con el propósito de agilizar la ejecución de las investigaciones sistémicas, donde la componente espacial pasa a ser un punto relevante en los análisis.

Por un lado, está el desarrollo de los paquetes computacionales tendientes a la manipulación de una gran cantidad de datos, por ejemplo, las bases de datos, las planillas de cálculo, etc. y por otro lado, se desarrolla una tecnología tendiente a las labores gráficas, tanto de diseño como de ingeniería, cuyo objetivo es el producto gráfico de alta calidad. Ej. , AUTOCAD.

Los SIG, son el producto de la suma inteligente entre los paquetes computacionales gráficos y alfanumérico, tendientes a satisfacer las necesidades de un mejor análisis espacial.

Actualmente ciertas técnicas, hasta ahora ajenas a los SIG, empiezan a ser integradas a estos sistemas con el fin de buscar soluciones a determinadas cuestiones de índole espacial o territorial. Entre ellas, la evaluación multicriterio (EMC) y multiobjetivo, que se vislumbran como imprescindibles herramientas en los procesos de planificación y toma de decisiones.

Gestionar el ambiente, implica tomar decisiones sobre sus componentes y procesos. Una buena gestión, implica una directa relación con la disponibilidad y veracidad de información ambiental. Esto es, información que permita conocer, observar y monitorear la superficie terrestre, de manera que conociendo, observando y monitoreando, puedan no solo corregir las cuestiones surgidas del accionar humano, sino prevenir, mediante modelos de comportamiento las consecuencias de determinadas acciones.

La información vinculada al ambiente, proviene de diferentes fuentes. En este contexto, es posible encontrar fotografías aéreas, cartas temáticas, filmaciones, documentos, tradiciones verbales, etc.

En esta materia, se brindarán los conocimientos básicos de cuatro elementos directamente vinculados con la información ambiental orientada a la gestión: las cartas, las imágenes satelitales, los sistemas de información geográfica y el diseño asistido por computadora.

La relevancia de la cartografía está fundamentada en su incumbencia en un área determinada y su mapeo, necesario para la toma de decisiones. Conocer, manejar e interpretar la cartografía se convierte hoy en día en una herramienta esencial en la gestión ambiental.

El advenimiento de la tecnología de la era espacial durante el siglo pasado, trajo consigo la Observación Terrestre desde el espacio aéreo: las imágenes satelitales. La información desde el aire, cambió la perspectiva, el conocimiento y los resultados obtenidos. Las imágenes satelitales, se han convertido hoy en día, en fuente de información indispensable, permanente, continua y necesaria a la hora de conocer el ambiente. Esto sin duda, repercute en la calidad y oportunidad de toma de decisiones a nivel de una gestión ambiental.

El avance de la tecnología computacional, se suma a esta manera de conocer la superficie terrestre y representarla a través de diseños asistidos por computadoras. Por una lado, el desarrollo de los paquetes computacionales tendientes a la manipulación de una gran cantidad de datos, por ejemplo, las bases de datos, las planillas de cálculo, etc. y por otro lado, se desarrolla una tecnología tendiente a las labores gráficas, tanto de diseño como de ingeniería, cuyo objetivo es el producto gráfico de alta calidad. Ej. , AUTOCAD conocidos como técnicas de CAD.

La conjunción de los avances tecnológicos y la accesibilidad a los datos, posibilitan entre otras posibilidades: un mayor conocimiento científico del ambiente, un mejor manejo de los ecosistemas y la aplicabilidad de medidas en tiempo "*cuasi real*".

## OBJETIVOS

- Adquirir habilidad para conocer y procesar información ambiental generada en campo, gabinete y laboratorio.
- Leer, usar e interpretar imágenes satelitales y cartografía ambiental.
- Brindar conocimientos acerca del manejo de los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones.
- Conocer las técnicas de aplicación del software de diseño asistido por computadora (CAD) y Sistemas de Información Geográfica a ser aplicados en la información ambiental.

## CONTENIDOS

### Unidad 1:

Cartografía. Sistemas de representación. Mapas topográficos. Curvas batimétricas. Curvas de nivel. Perfil topográfico. Parámetros morfométricos. Mapas temáticos. Representaciones. Simbología. Proceso de croquis a mano alzada. Escalas. Rotulación. Simbología cartográfica. Sistemas de coordenadas.

### Unidad 2:

Imágenes satelitales: La imagen satelital y sus diferentes usos. Interpretación visual de componentes. El procesamiento digital de imágenes satelitales. Sistemas digitales: Hardware y Software. Tratamiento de la información. Extracción de la información. El rol de la información satelital en las catástrofes y emergencias ambientales. Los recursos satelitales existentes en el área ambiental.

### Unidad 3:

Componentes de un SIG: Hardware, Software, datos, Liveware. Funciones de los SIG: Entrada de información, Gestión de datos, Transformación y análisis de datos y Salida de datos. Estructura de los SIG. Información temática de los datos. Base de datos. Sistema de gestión de bases de datos. Almacenamiento de la base de datos. Extracción de información. Vinculación con variables ambientales.

### Unidad 4:

CAD. Conocimiento de las técnicas de aplicación del software de diseño asistido por computadora (CAD) a ser aplicado en la información ambiental. Ingreso de datos. Coordenadas. Puntos esenciales en una construcción geométrica. Dibujo de líneas, arcos y círculos. Polilíneas y polígonos. Su vinculación con otros tipos de información.

## MODALIDAD DE DICTADO

La modalidad de dictado del Módulo será la siguiente:

- **Encuentros presenciales teórico-prácticos**, de carácter dinámico e interactivo previsto para el desarrollo y discusión de los temas que integran el programa de la materia.
- **Trabajos prácticos** disponibles en el material y el Aula Virtual.



## EVALUACIÓN

Se considerará el 100 % de asistencia y la aprobación de los Ejercicios Prácticos para la regularización de la Materia, así como la aprobación del examen final a realizarse cuando se finalice el dictado del módulo.

Los exámenes recuperatorios se encuadrarán en las previsiones generales de la conducción de la TUGA.

## BIBLIOGRAFÍA

- ASSAD, E. D., SANO EDSON, E. **Sistemas de Información Geográfica: Aplicaciones en la Agricultura**. Brasilia. 1998.
- BOSQUE SENDRA, J. **Sistemas de Información Geográfica**. Madrid, Rialp, S.A. 1992.
- BASTERRA, Nora Indiana. **IDRISI: Traducción de Prácticos de ejercitación**. Apunte para curso - taller dictado en la Facultad de Ingeniería, UNNE. Resistencia, Chaco. 25 pgs. Año 1994.
- BASTERRA, Nora Indiana. **Los Satélites para Recursos Naturales**. Apunte de Cátedra para la Facultad de Ingeniería. Resistencia, Chaco. Año 2002.
- BASTERRA, Nora Indiana. **Percepción remota y el análisis digital de imágenes satelitarias**. Facultad de Ingeniería, Chaco. Año 2003.
- BASTERRA, Nora Indiana. **Prácticas con Idrisi for Windows**. Facultad de Ingeniería, Chaco. Año 2003.
- BARREDO, J.I. **Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio**. Madrid. Ed. RA-MA. 1996.
- BARREDO, J.I. **Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio**, 2ª Edición Actualizada. Madrid. Ed. Alfaomega-Ra-Ma. 2006.
- CROSS, JORDI. **Autocad Práctico**. Inforbook's. S. L.
- LOPEZ FERNANDEZ, J., TAJADURA AZPIRAIN, J.A. **Autocad Avanzado**- Mac Graw Hill. España.
- MORAES NOVO, E.M.L. **Sensoramiento Remoto: Principios y Aplicaciones**. Ed. Editora Edgard Blucher Ltda. Brazil. 1989.
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de teledetección aplicada**. Ed. Rialp. Madrid. 1990.
- RAISZ, E. **Cartografía**.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA el medio Ambiente. **Analyzing Environmental Trends Using Satellite Data: Selected Cases**. UNEP. 2004.

# 1. Cartografía.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento, manejo e interpretación de cartografía se convierte hoy en día en una herramienta esencial en la gestión ambiental, habida cuenta que la administración de información útil para la toma de decisiones que tiene incumbencia en un área determinada y su mapeo, es de vital relevancia.



## CONTENIDOS

### A. Definiciones generales.

1. Principales componentes de una carta.
2. Clasificación de la cartografía según el Instituto Geográfico Militar (IGM).

### B. Sistema de coordenadas geográficas y proyectadas.

1. Sistema de coordenadas geográficas.
2. Sistema de coordenadas proyectadas.
3. Sistema de representación de la Altimetría.
4. Mapas topográficos.
5. Curvas de nivel y perfil topográfico.
6. Batimetrías.
7. Mapas temáticos.
8. Representaciones y simbología cartográfica.
9. Croquis a mano alzada.
10. Escala de una cartografía.

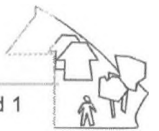
### C. Trabajo Práctico.

### D. Bibliografía.

## OBJETIVOS

- Introducir a los alumnos en la lectura, manejo e interpretación de cartografía, su clasificación y categorización, con miras a obtener información relevante sobre un área de interés o influencia de algún estudio.
- Familiarizar a los técnicos en los sistemas de representación, uso de coordenadas geográficas y proyectadas, utilización de escalas de trabajo, etc.
- Conocer los sistemas oficiales vigentes de proyección para la República Argentina.
- Derivar información sustancial de cartografía de curvas de nivel, mapas topográficos, cartas catastrales, cartas de suelos, etc.





## A DEFINICIONES GENERALES

Se entiende por **cartografía** a la técnica y arte destinados a expresar a la superficie terrestre en forma gráfica en sus más diversos aspectos y en un modo claro y atractivo a través de una carta. A raíz de ello, se considera a la **cartografía** como una disciplina auxiliar de la Geografía.

El elemento principal de la cartografía es la **carta** (Fig. 1), es decir la representación gráfica de la superficie terrestre o una parte de ella, dibujada sobre un plano a una escala determinada, en donde los elementos naturales y artificiales que forman el revestimiento del terreno se indican mediante símbolos, líneas y colores. Asimismo, se define como **mapa** a todo dibujo hecho a escala sobre un plano de un sector de la superficie terrestre.

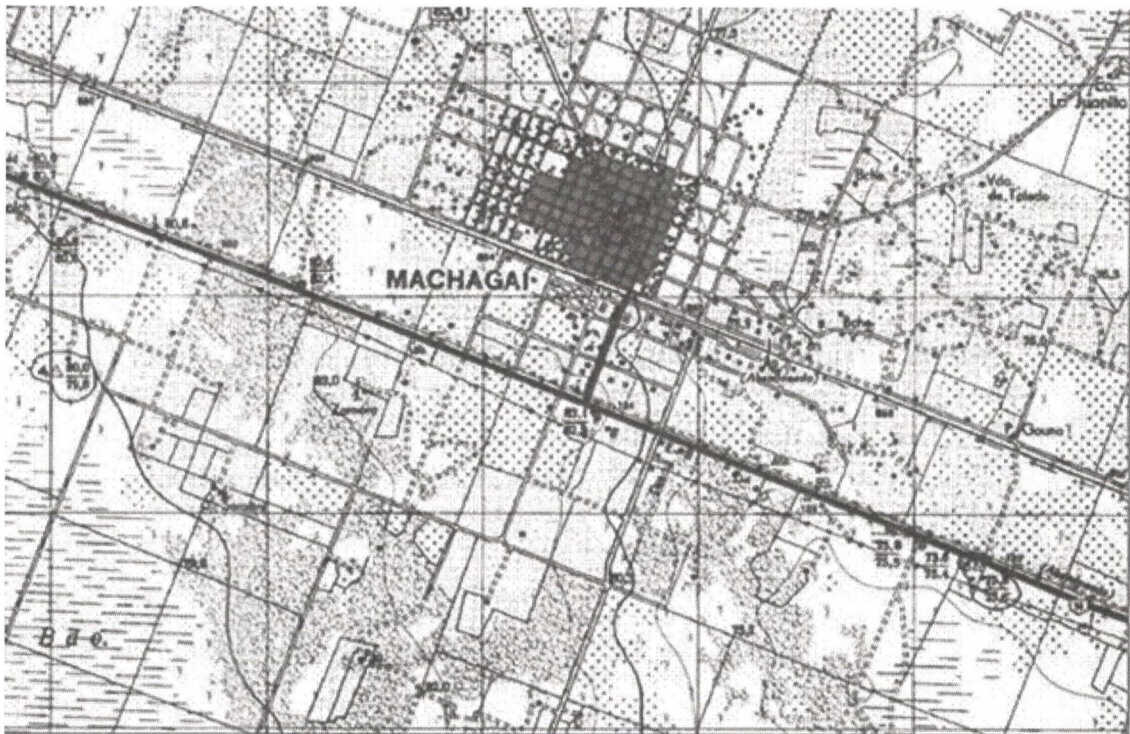


Fig. 1: Aspecto de una porción de una carta topográfica del Instituto Geográfico Militar

*En el CD que encontrará en la parte interna de la contratapa de este material, se organizaron una serie de imágenes ilustrativas de los temas desarrollados en el Módulo. Recorra a él para visualizarlas e imprimirlas en colores si así lo desea.*

Existen diversos tipos de cartas que dependen del área o ciencia específica para la cual han sido confeccionadas. Por ejemplos existen **cartas topográficas** (con información del relieve del terreno), **cartas de recursos hídricos** (con énfasis a la hidrología superficial), **cartas militares**, **cartas de división política**, **cartas náuticas**, **cartas de vegetación**, **cartas de imágenes satelitales**, etc.

*Toda carta cartográfica está compuesta de numerosos elementos.*

## 1. PRINCIPALES COMPONENTES DE UNA CARTA

Toda información cartográfica completa debe contener los siguientes elementos:

Título de la carta	Designación de la cartografía, rótulo, tipo de carta, etc.
Número de la carta	Código de identificación de la carta
Mapa	Zona cartografiada
Escala	Relación entre el dibujo y el objeto real
Norte	Símbolo gráfico que indica la orientación del mapa
Leyenda	Simbología con la descripción de cada elemento en el mapa
Fecha	De levantamiento de la información, de publicación, etc.
Sistema de proyección	Metodología de proyección utilizada en la confección del plano
Coordenadas	Geográficas y/o proyectadas
Esquema ubicación general	En la Pcia. del Chaco, en Argentina, en Sudamérica, etc.
Abreviaturas	Utilizadas en el mapa
Cartografía de base	Mapas previos e información recopilados que sirvieron de base
Copyright	Del creador de la carta
Nº de edición	1ra, 2da, etc., que indican sucesivas actualizaciones

*En toda cartografía, la información de la escala es fundamental ya que proporciona la relación numérica de semejanza entre una distancia horizontal en el plano y la distancia correspondiente sobre el terreno.*

## 2. CLASIFICACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA SEGÚN EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM)

El Instituto Geográfico Militar de la República Argentina reconoce la siguiente clasificación de la cartografía (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación de la cartografía según el IGM

Por su origen	<b>Básica:</b> se obtiene por procedimientos directos de registro y medición.
	<b>Derivada:</b> se forma por procesos de adición, compilación o generalización de la información topográfica contenida en cartografía existente.
	<b>Temática:</b> es la que desarrolla algún aspecto concreto de la información topográfica contenida en mapas base.
Por su área de incumbencia	<b>Local:</b> se circunscribe a un área limitada para satisfacer un requerimiento puntual.
	<b>Regional:</b> su ámbito se circunscribe a las características regionales.



	<b>Nacional:</b> cubre todo el territorio de un país.		
Por su escala	<b>Grande:</b> de 1 : 1.000 a 1 : 20.000		
	<b>Media:</b> de 1 : 25.000 a 1 : 200.000		
	<b>Chica:</b> de 1 : 250.000 a 1.000.000		
Por su contenido y forma	<b>Carta topográfica:</b> permite efectuar mediciones planimétricas y altimétricas del terreno.		
	<b>Carta planimétrica:</b> sin información de altitud.		
	<b>Carta geográfica:</b> con curvas de nivel.		
	<b>Carta en relieve:</b> confeccionadas en un sistema tridimensional		
	<b>Carta catastral:</b> con información pertinente de áreas urbanas y rurales		
	<b>Cartas especiales:</b> de recursos hídricos, vegetación, minería, etc.		
	Cartas militares	Armada	Cartas de rutas oceánicas.
			Cartas para operaciones de submarinos.
			Cartas de estudios de campos magnéticos.
		Ejército	Cartas de transitabilidad.
			Cartas de suelos.
			Cartas de caminos y puentes.
			Cartas de zonas urbanizadas.
		Fuerza Aérea	Cartas aeronáuticas.
Cartas de radionavegación.			
<b>Cartas de imagen:</b> se obtienen a partir de imágenes satelitales.			
<b>Ortocarta:</b> hecha con fotogramas aéreos rectificadas.			
<b>Mosaico aéreo apoyado:</b> de fotogramas aéreos con ubicación planimétrica fijada previamente en el tablero.			

## **B** SISTEMAS DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y PROYECTADAS

La Tierra considerada en sí misma, tiene una forma semejante a una esfera o, más precisamente, a un elipsoide de rotación, correspondiendo su eje menor al Polo Norte - Polo Sur. En ese sentido, es muy fácil trazar sobre una esfera, un sistema de paralelos y meridianos, pero su representación en un plano requiere un estudio especial, ya que la superficie esférica no puede desarrollarse sobre un plano sin que se deforme.

*Son varios los métodos seguidos para vencer esta dificultad.*

Esta singularidad permite diferenciar dos grandes sistemas de coordenadas:

1. **Sistema de Coordenadas Geográficas:** también llamadas geodésicas o cilíndricas (**SCG ó GCS**), que utiliza una superficie esférica en tres dimensiones para definir ubicaciones en la Tierra y está compuesto por tres componentes:

- a) una unidad de medida angular
  - b) un meridiano principal o primario
  - c) un datum (basado en un esferoide)
2. **Sistema de Coordenadas Proyectadas: (SCP o PCS)** que es definido en una superficie plana en dos dimensiones. A diferencia de un GCS, un PCS mantiene constantes longitudes, ángulos y áreas a lo largo de dos dimensiones.

*Describamos cada uno de los sistemas de coordenadas.*

**1. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS**

Un punto es referenciado por sus valores de **LONGITUD** y **LATITUD**. Longitud y Latitud son ángulos medidos desde el centro de la Tierra a un punto sobre la superficie terrestre.

*Normalmente, los ángulos están expresados en grados, minutos y segundos.*

En un sistema esférico, las **líneas horizontales** (líneas **Este-Oeste**), son líneas de **igual Latitud**, o **Paralelos**. Las **líneas verticales** (líneas **Norte-Sur**), son líneas de **igual Longitud**, o **Meridianos**. En la superficie del globo terráqueo, este conjunto de líneas forma la **Red Graticular**. El **Ecuador** es la línea media entre los polos y define el **cero** de las **Latitudes**. El **cero** de los **meridianos** es tomado generalmente a la línea vertical que pasa por **Greenwich** (Reino Unido). Ver Fig. 2.

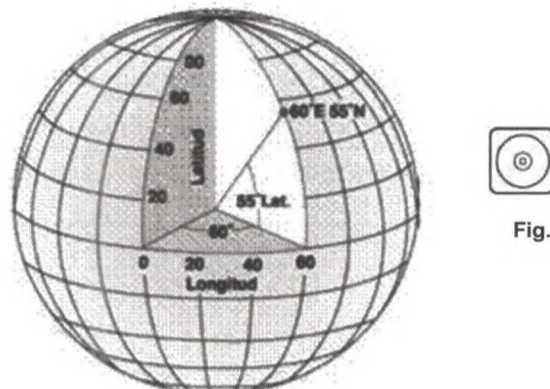


Fig. 2: Coordenadas Geográficas

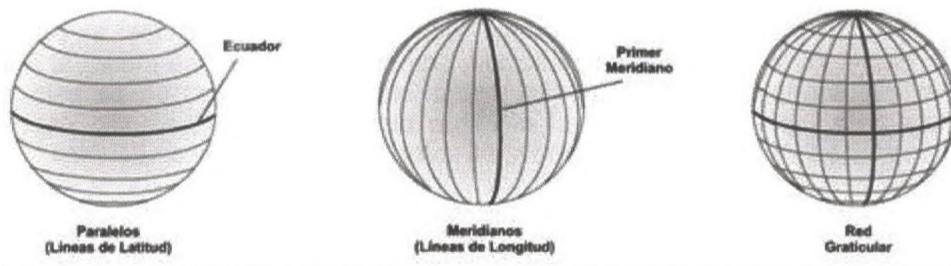


Fig. 3: Sistema de Coordenadas Geográficas





## 2. SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADAS

Un PCS está **siempre** apoyado sobre un GCS que a su vez está sustentado en una esfera o un esferoide. En un PCS, las ubicaciones están identificadas por coordenadas **X**, **Y** en una grilla, con el origen de coordenadas en el centro de la grilla (Fig. 3).

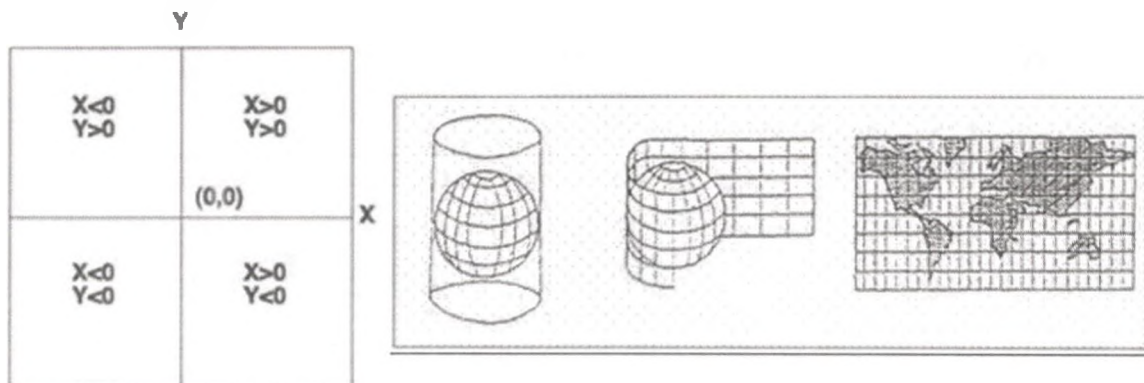


Fig. 4: Sistema de Coordenadas Proyectadas

Al realizar proyecciones de mapa para trabajar en dos dimensiones, algunas de las cuatro características de los elementos en la Tierra deberán ser sacrificadas en la distorsión. Esos cuatro elementos son la **forma**, el **área**, la **distancia** y la **dirección de los datos**.

Aparecen distintas proyecciones que causan distintos tipos de distorsiones. Algunas proyecciones están designadas a minimizar la distorsión de una o dos características de los datos.

Una proyección por ejemplo, puede mantener el área de la figura pero alterar la forma (Fig. 4).

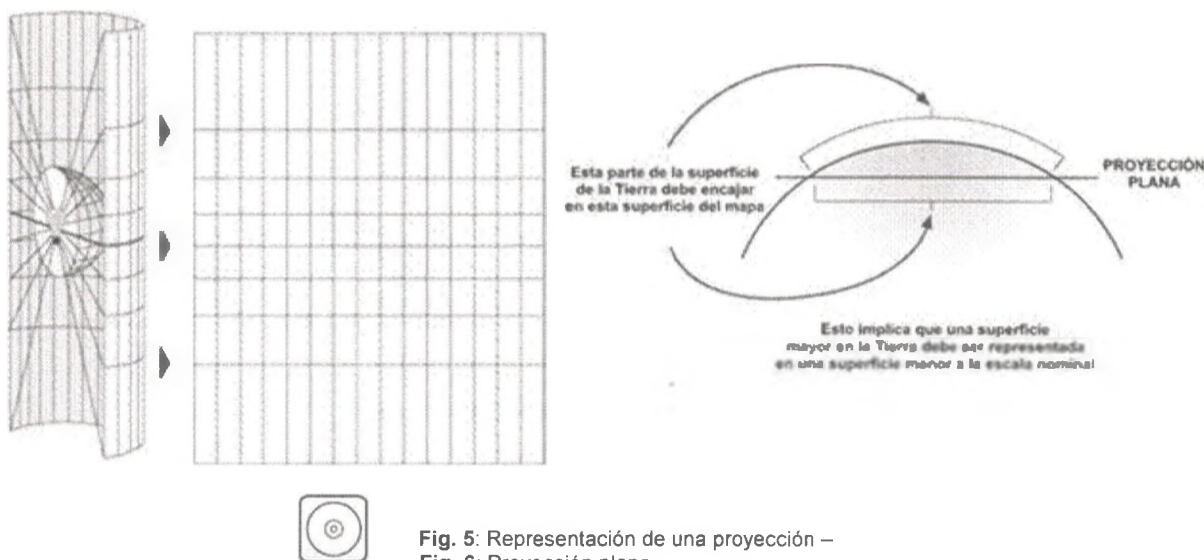


Fig. 5: Representación de una proyección –  
Fig. 6: Proyección plana

Aparecen entonces grupos de proyecciones que tratan de representar una o dos características sin deformación, distorsionando las restantes:

- **Proyecciones Conforme:** preservan formas locales.
- **Proyecciones de Igual Área:** preservan las áreas de las entidades.
- **Proyecciones Equidistantes:** mantienen las distancias entre ciertos puntos.
- **Proyecciones en direcciones verdaderas:** también llamadas azimutales.

Los tipos de proyecciones más comunes son las que se observan en la Fig. 7-9.

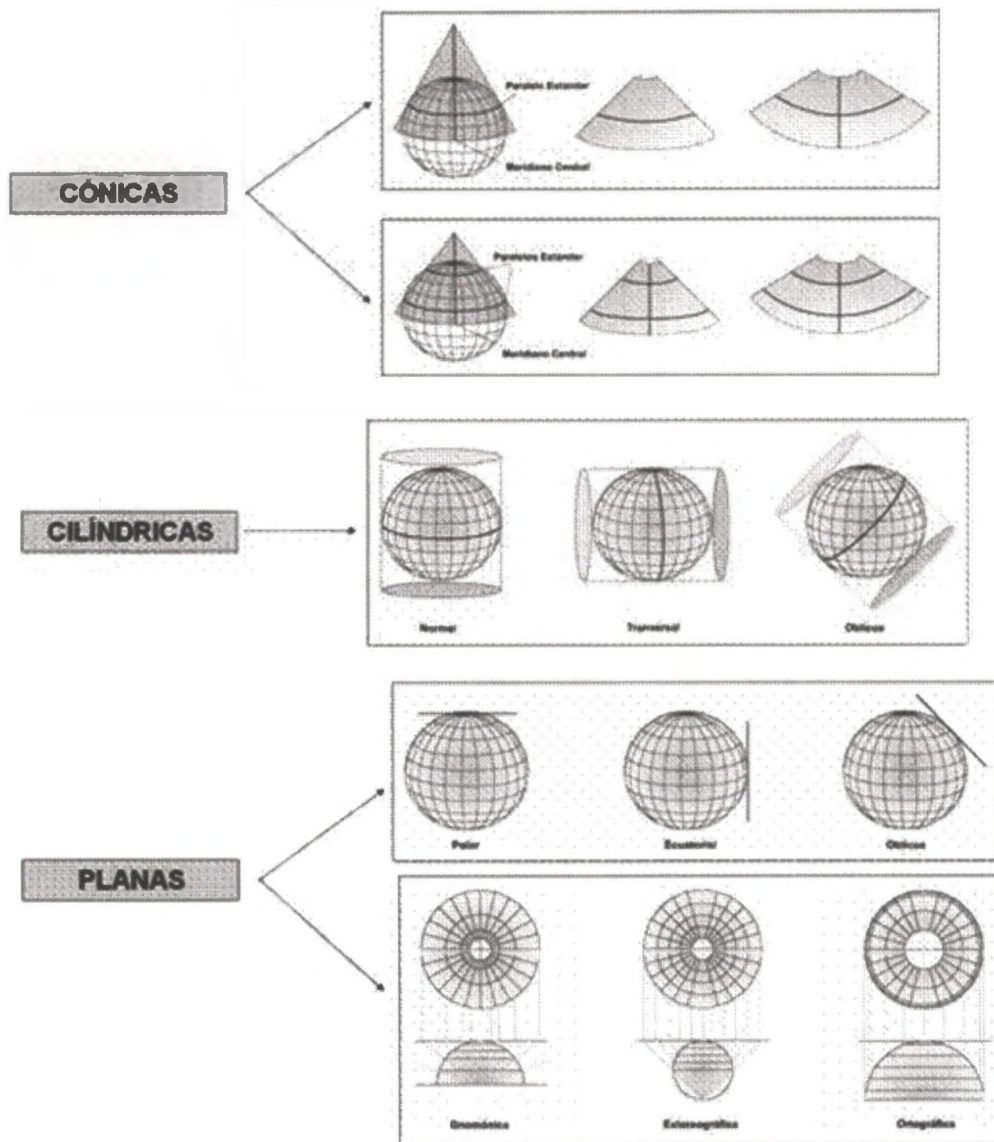


Fig. 7-9: Proyecciones cónicas – Cilíndricas - Planas

El sistema de coordenadas en nuestro país.

El sistema oficial de la República Argentina se basa en la proyección cilíndrica denominada **Mercator**, que se apoya en un cilindro transverso (horizontal). Esta proyección también se la conoce como de **Gauss-Krüger**.

Este sistema de proyección, empleado por el Instituto Geográfico Militar para la confección de todas las cartas topográficas nacionales, divide a la República Argentina (sector continental e Islas Malvinas) en siete fajas meridianas numeradas de OESTE a ESTE.

Cada faja de la grilla Gauss-Krüger mide 3° de ancho (longitud) por 34° de largo (latitud) y tiene como propio origen la intersección del Polo Sur con el meridiano central de cada faja. Al igual



que en la proyección Transversal Mercator y con el objeto de evitar coordenadas negativas, se le asigna al meridiano central de cada faja el valor arbitrario de 500.000 metros y al Polo Sur, el valor de 0 metros (cero) (Fig. 6).

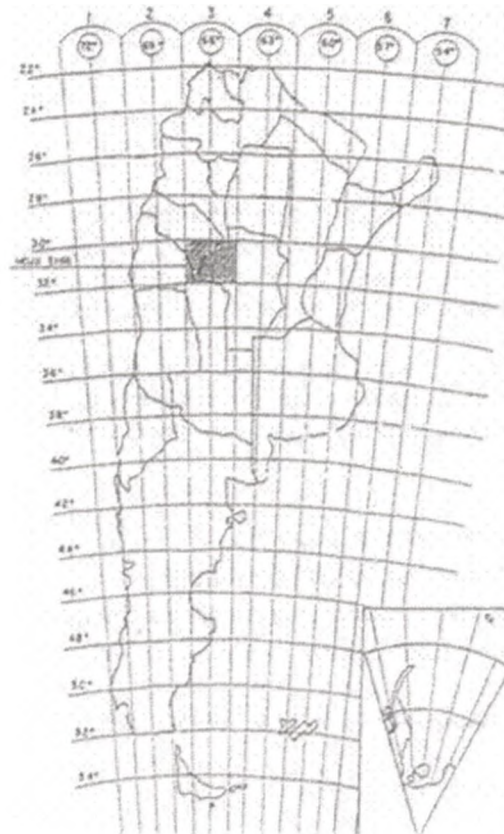


Fig. 10: Fajas del Sistema Oficial de Proyecciones de la República Argentina (Gauss-Krüger)

Toda la cartografía oficial de la República Argentina, tanto la producida por el IGM como por los distintos organismos públicos de la nación y de las provincias han aceptado en gran medida este sistema de proyección para la generación de mapas y cartas.

### 3. SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN DE LA ALTIMETRÍA

*El conocimiento de los símbolos cartográficos, las coordenadas y las escalas pueden proporcionar suficiente información para identificar dos puntos, localizarlos, determinar la distancia entre ambos, etc.*

Sin embargo, las irregularidades de la superficie de la tierra, conocidas como elevaciones y relieve se convierten en una pieza importante de información, con la cual el usuario de la carta debe estar familiarizado.

La **elevación** puede ser definida como la altura (distancia vertical) de un objeto sobre o bajo un plano de comparación. El plano de comparación es una referencia desde la cual se deben llevar a cabo las mediciones. En la mayoría de los casos, el plano de comparación de la cartografía está referido al **nivel (medio) del mar**. El **relieve** puede ser definido como la **configuración del terreno**.



*La elevación (altura) y el relieve (configuración del terreno) de un área influyen considerablemente en la generación de proyectos técnicos de rutas, áreas de reserva ambiental, embalses, etc.*

La cartografía que presenta esta información de suma utilidad es la conocida como **mapas topográficos** o de **curvas de nivel**.

*Caractericemos cada uno de ellos.*

#### 4. MAPAS TOPOGRÁFICOS

La **topografía** es una disciplina científica y arte de representación gráfica exacta sobre un plano de las características físicas, naturales o artificiales de un área o zona de un terreno. Comprende la **planimetría** y **altimetría** de un área llevadas al dibujo que convencionalmente las representa. El **gráfico** obtenido se denomina **carta o mapa topográfico**.

En la búsqueda de una exacta representación de la altimetría, se han determinado varios sistemas de representación con distintas ventajas y desventajas. En general se exige que un sistema, cualquiera que sea éste, cumpla con algunas condiciones:

- precisión,
- de fácil ejecución, interpretación y manejo,
- que exprese directamente las formas del terreno,
- que permita calcular aproximadamente la cota de cualquier punto,
- que destaque las formas del terreno a simple vista, etc.

Algunos de los sistemas de representación de la altimetría son:

- Sistema de curvas de nivel
- Sistema de relieve
- Sistema de cotas
- Sistema de capas batimétricas

#### 5. CURVAS DE NIVEL Y PERFIL TOPOGRÁFICO

Es aquel que efectúa la representación altimétrica seccionando la superficie topográfica en planos paralelos a un plano horizontal llamado *plano de nivel, de base o de comparación*. Estos planos secantes se toman en forma equidistantes y sus intersecciones con la superficie topográfica constituyen las curvas de nivel (Fig. 7a y 7b).

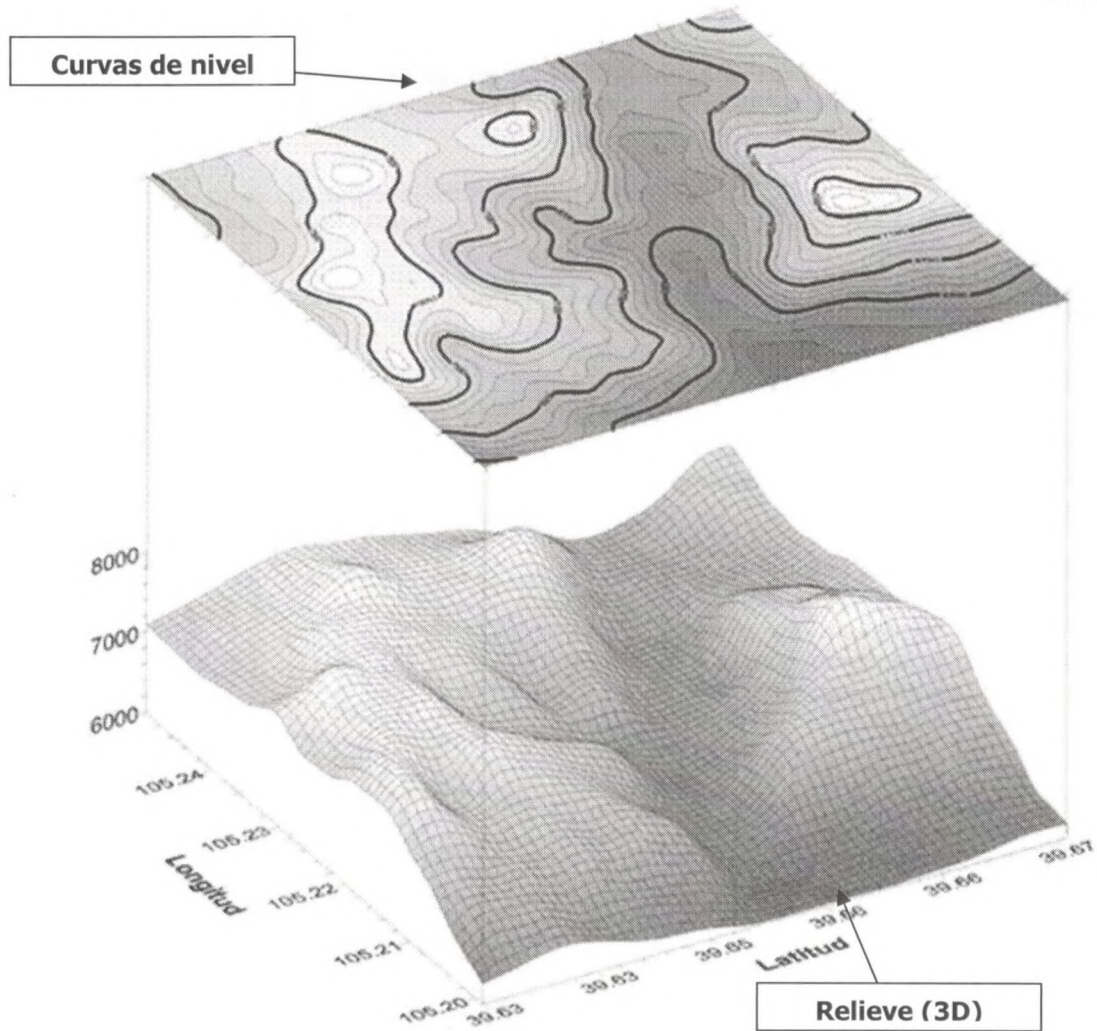


Fig.11: Ejemplo de un plano de curvas de nivel basado en el relieve

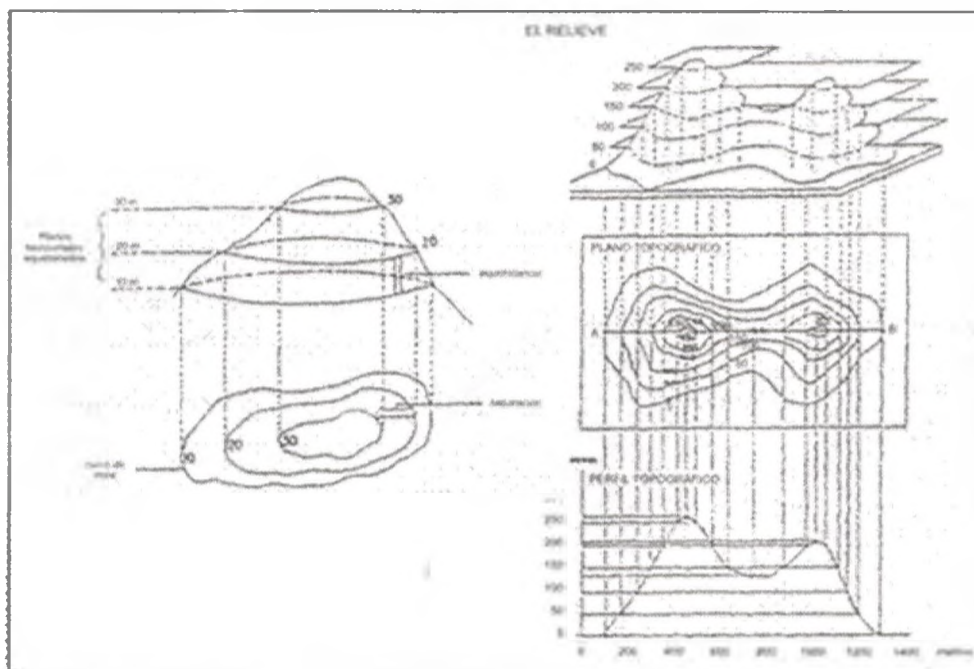


Fig. 12: Estructura del sistema de curvas de nivel

El **perfil topográfico** es la **representación gráfica** en un par de ejes X e Y de la intersección del terreno con un plano vertical cualquiera, que en el caso de la Fig. 7b del Plano Topográfico, es la línea entre los puntos A y B.

*La utilización de los perfiles topográficos es de vital relevancia en la confección de proyectos ejecutivos de distinta índole.*

### 6. BATIMETRÍAS

El sistema de **capas batimétricas** es aquel que efectúa la **representación altimétrica**, proyectando a un plano de comparación las distintas alturas del terreno, empleando el sistema de curvas de nivel.

Este sistema es aplicable solamente al relieve del fondo de los ríos, lagunas y mares. Las cotas batimétricas se expresan en metros y su distribución está de acuerdo con la importancia del lugar y la escala de la carta (Fig. 8).

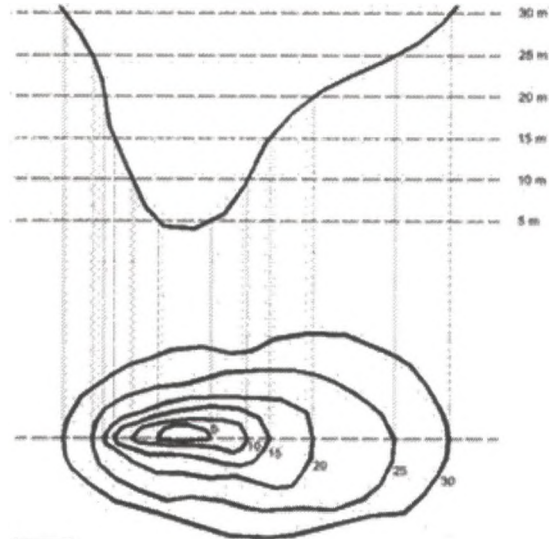


Fig. 13: Ejemplo de una batimetría

### 7. MAPAS TEMÁTICOS

Los **mapas temáticos** son aquellos que están confeccionados con el objeto de diferenciar el **agrupamiento de distintos elementos comunes o similares en capas o temas**, los cuales están asociados a una categoría general.

Uno de los ejemplos más comunes de los mapas temáticos es el que surge de la interpretación de imágenes satelitales de las cuales se obtiene la información temática tal cual lo demuestra la Fig. 9. Son muy utilizados en los Sistemas de Información Geográfica (Fig. 10).

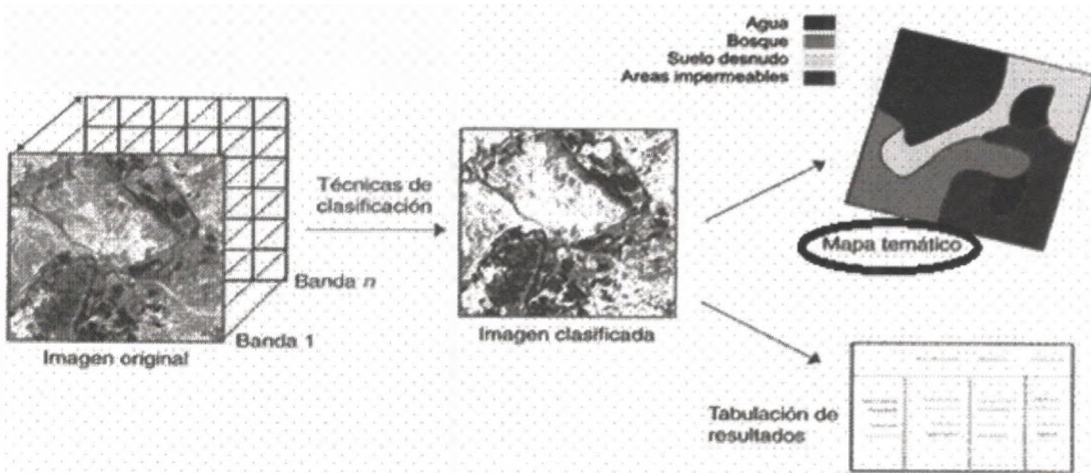


Fig. 14: Técnica de obtención de una MAPA TEMÁTICO



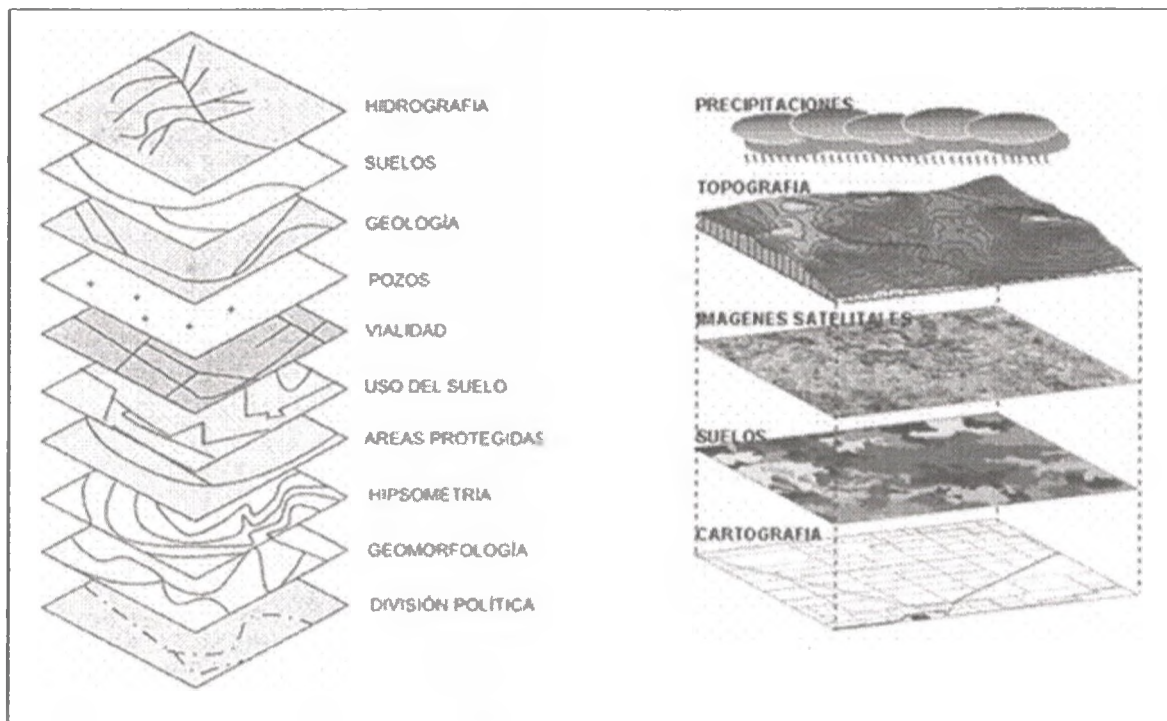


Fig. 15: Disposición de capas temáticas en un Sistema de Información Geográfica

### 8. REPRESENTACIONES Y SIMBOLOGÍA CARTOGRÁFICA

Los elementos más importantes en la cartografía son los **signos cartográficos** y la **simbología** utilizada en la generación del mapa.

Estos elementos ayudan en forma considerable al usuario de la cartografía en la interpretación de los elementos del terreno que han sido mapeados.

*En la Fig. 16 se adjunta como ejemplo, los signos cartográficos utilizados por el IGM en un mapa de una Carta Topográfica en Escala 1: 250.000.*



Fig. 16: Signos cartográficos de una Carta Topográfica del IGM



### 9. CROQUIS A MANO ALZADA

Las técnicas de croquización han sido muy utilizadas en la segunda mitad del siglo XIX y XX aunque hoy en día se ha visto reemplazada por la fotografía ya que ésta, con rapidez y sin esfuerzo alguno, reproduce una vista panorámica mejor que el mejor de los **croquis**. Sin embargo, un buen croquis hecho a mano tiene sobre la fotografía algunas ventajas:

- Estimular la **observación profunda del terreno**, pues muchos detalles importantes que pueden pasar inadvertidos a un fotógrafo, son descubiertos por la atención que el cartógrafo tiene que prestar a su trabajo de croquización.
- Con el croquis puede omitirse parte de los primeros planos, destacando y aún dando más tamaño a **detalles distantes**, mientras que en la fotografía aparecen grandes detalles de cerca, a veces sin la menor importancia, como árboles, casas, etc., y en cambio resultan casi imperceptibles detalles de valor, pero situados a gran distancia.
- En el paisaje, dibujado a mano, se pueden escoger **detalles interesantes**, mientras que la fotografía lo reproduce todo de modo automático, de tal modo que en ciertas ocasiones, como en terrenos con arbolado, la vegetación lo tapa todo.
- Sobre un croquis pueden ponerse **notas aclaratorias**.

*Estas ventajas afirman el concepto que un croquis a mano alzada es en muchas ocasiones, un elemento sustancial para la cartografía y es por ello que se aconseja continuar realizando prácticas de croquizado en las libretas de campo, base en la elaboración de un buen mapa.*

### 10. ESCALA DE UNA CARTOGRAFÍA

Como ya se ha mencionado, se entiende por escala de una cartografía a la relación matemática existente entre la representación dimensional en un dibujo (cartografía) y la realidad dimensional del objeto representado en el dibujo (cartografía) (Fig. 12).

$$\text{Escala} = ( \text{Dibujo} / \text{Objeto} )$$

$$\text{Escala} = 1 / ( \text{Objeto} / \text{Dibujo} )$$

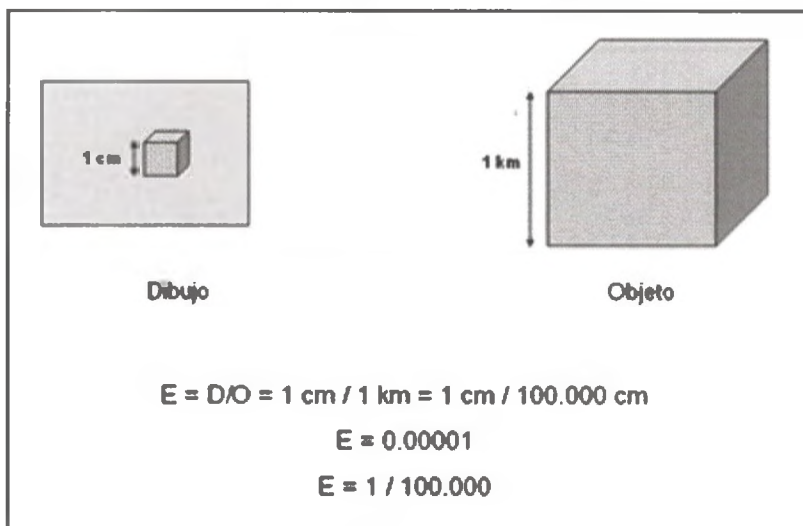


Fig. 17: Escala de una cartografía

*Con frecuencia es común identificar o clasificar a la cartografía según a qué escala ha sido generada.*

En el lenguaje común de los cartógrafos o intérpretes de cartografía, existe una clasificación aceptada que se observa en la Fig. 13.

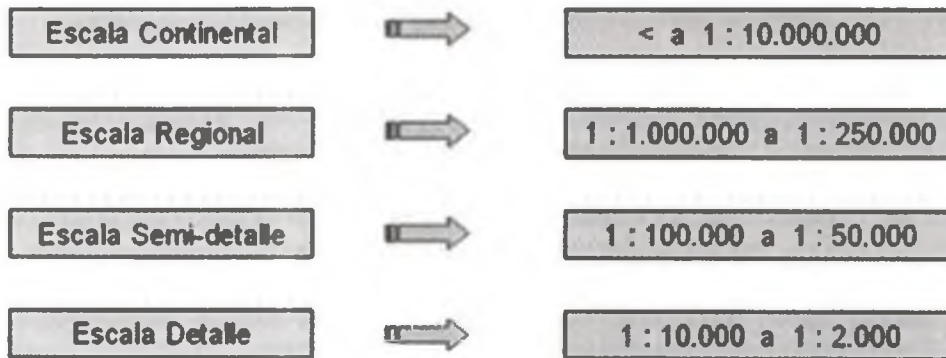


Fig. 18: Niveles de escala de la cartografía

En muchas ocasiones, es común encontrar en la cartografía, la utilización de la escala gráfica que ayuda a una rápida visualización de las medidas en planimetría del mapa

*En la Fig. 14 se adjuntan algunos ejemplos de escalas gráficas.*

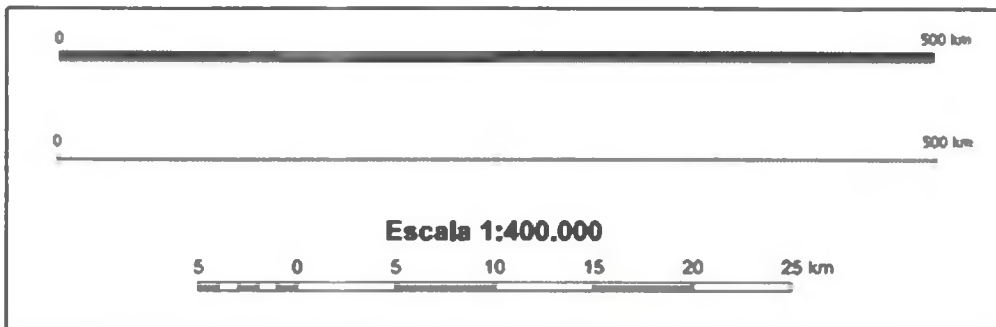


Fig. 19: Escalas gráficas

*Antes de continuar con la Unidad 2, lo invitamos a realizar el siguiente Trabajo Práctico. Recorra al tutor si se le presentan dudas.*





## C TRABAJO PRÁCTICO

Organícese en grupos de 6 a 8 integrantes. Cada grupo recibirá, un documento cartográfico con el cual deberán trabajar, para responder al cuestionario que se adjunta seguidamente.

El objetivo del trabajo es alentar la interpretación del mapa entregado, debatirlo durante el Encuentro, propiciando a su vez el entrenamiento visual y participativo en la lectura y análisis de mapas y cartas.

A partir de la cartografía entregada y del trabajo en grupo, responda el siguiente cuestionario:

1. ¿Cuál es el Título de la cartografía con la cual se ha trabajado? ¿A qué área corresponde?
2. Identificar, si es posible, las fechas de levantamiento y de publicación de dicha cartografía.
3. ¿Cuál es la escala del mapa? ¿A qué tipo de representación escalar corresponde?
4. ¿Posee datos de altimetría?
5. ¿Cuál es el sistema de coordenadas que utiliza?
6. ¿Cuál es la fuente de la información? ¿Tiene Copyright?
7. ¿Qué tipo de temática cubre la cartografía?
8. Indique las características más sobresalientes que posee a su criterio, la carta o mapa con la cual ha trabajado.
9. ¿Cuáles son las falencias que encuentra en la cartografía?
10. Identifique al menos cinco usos posibles de la cartografía de trabajo, desde el punto de vista de la gestión ambiental que a su criterio puede derivarse del mapa cartográfico con que se ha trabajado en clase

*No olvide enviar sus conclusiones al tutor.*

## D BIBLIOGRAFÍA

- CHUVIECO, E. *Fundamentos de Teledetección*. Madrid - España. Ediciones RIALP, S.A., Sebastián Elcano. 1990. ISBN 84-321-2680-2.
- CHUVIECO, E. *Teledetección Ambiental*. Editorial Ariel, S.A. Barcelona - España. 2002. ISBN 84-344-8047-6.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. *Tutoriales y ayuda del Software ArcView 3.2ª*.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR – IGM *Lectura de Cartografía*. IGM. Buenos Aires - Argentina. (1997).
- KENNEDY M., KOPP S. *Understanding Map Projections*. ESRI. New York - EEUU. (2000).
- MOLDES F. *Tecnología de los Sistemas de Información Geográfica*. RA-MA Editorial. Madrid - España. (1995). ISBN 84-7897-164-5.
- PINILLA, C. *Elementos de Teledetección*. RA-MA Editorial. Madrid - España. (1995). ISBN 84-7897-202-1.
- RAISZ, E. *Cartografía*. Ediciones Omega S.A. Madrid - España. (2005). ISBN 84-282-0007-6

## 2. Imágenes satelitales.

### ■ INTRODUCCIÓN

Las imágenes satelitales, se han convertido hoy en día, en fuente de información indispensable, permanente, continua y necesaria a la hora de conocer el ambiente. Esto sin duda, repercute en la calidad y oportunidad de toma de decisiones a nivel de una gestión ambiental.

## CONTENIDOS

### A. Introducción.

1. Teledetección.
2. Interacción de la radiación electromagnética con la superficie terrestre.

### B. Recursos satelitales para recursos naturales.

1. Sensores remotos.
2. Algunos recursos satelitales existentes en el área ambiental.
3. Imagen satelital.
4. Interpretación visual de componentes.
5. El procesamiento digital de imágenes.

### C. Trabajo Práctico.

1. Práctica I.
2. Práctica II.
3. Práctica III.
4. Práctica IV.
5. Práctica V.

## OBJETIVOS

- Conocer las características intrínsecas del proceso de adquisición, generación y manejo de imágenes satelitales a fines de su utilización y aprovechamiento en la gestión ambiental.



## A INTRODUCCIÓN



Fig. 20: El comienzo...

*Una de las necesidades a la hora de manejar el ambiente, es conocer, observar y monitorear la superficie terrestre.*

*Esto implica recurrir a diversas fuentes de información vinculadas al ambiente. En este contexto, es posible encontrar fotografías aéreas, cartas temáticas, filmaciones, documentos, tradiciones verbales, etc.*

El advenimiento de la tecnología de la era espacial durante el siglo pasado, trajo consigo la Observación Terrestre desde el espacio aéreo. Comenzando con las fotografías aéreas y concluyendo (por ahora) en los satélites que circundan la atmósfera, las imágenes de la superficie terrestre, obtenidas desde el aire cambió la perspectiva, el conocimiento y los resultados obtenidos.

De esta manera, las imágenes provenientes de satélites se convierten en una de las herramientas más poderosas para el estudio, conocimiento y monitoreo del ambiente.

Es posible definir alguna de las posibilidades que brindan:

- Mayor conocimiento científico del ambiente.
- Mejor manejo de los ecosistemas.
- Aplicabilidad de medidas en tiempo "cuasi real".

*Para poder entender y analizar una imagen satelital, es necesario conocer, su procedencia, elaboración y tratamiento.*

Las imágenes satelitales se denominan así, pues son **imágenes digitales** provenientes de sensores remotos (instrumentos) instalados a bordo de plataformas, conocidos como satélites.

Permiten captar datos provenientes tanto de la superficie terrestre o como de la atmósfera o el espacio exterior.

Las características funcionales de los satélites permiten conocer al ambiente, a través del mapeo, el seguimiento o monitoreo, que resulta de interpretar las imágenes satelitales que generan.

*Por ello, es necesario conocer primeramente su generación, a partir del proceso para su obtención o "teledetección", el conocimiento de los satélites actuales, sus características y por último, la interpretación visual o digital, que permitirá obtener la información requerida.*



Fig. 21: Obtención de una imagen satelital

## 1. TELEDETECCIÓN

Se puede definir como la **ciencia y arte de obtener información de un objeto analizando datos adquiridos mediante algún dispositivo que no está en contacto físico con dicho objeto**. Es el proceso en el cual la energía es captada a través de los sensores.

Es hoy en día, indudablemente, una de las fuentes más importantes de obtención de información vinculada al ambiente. En la actualidad, el uso de los satélites, ofrece un programa continuo de adquisición de datos para el mundo entero, con una periodicidad que va desde horas a varias semanas y lo que es destacable es el acceso al formato digital que permite una rápida interpretación e integración de los resultados a un Sistema de Información Geográfica (SIG).

La teledetección en términos generales, engloba no solo los procesos que permiten obtener la imagen, sino su posterior tratamiento, en el contexto de una aplicación específica.

La condición de "técnica aplicada", implica una directa dependencia del estado del arte en los componentes del proceso: sensores, plataformas, sistemas de transmisión, desarrollo de software, políticas de divulgación, etc.

*¿Cómo se realiza la teledetección?*

La teledetección se basa en la captación mediante un sensor de la radiación electromagnética que procede de la superficie terrestre. La radiación electromagnética puede describirse como un haz ondulatorio armónico y continuo.





El tipo de radiación puede caracterizarse a partir de dos elementos: la **frecuencia** ( $f$ = número de veces que un ciclo pasa por un punto determinado) y la **longitud de onda** que indica la distancia entre dos picos sucesivos de una onda. Ambos parámetros están inversamente relacionados.

Todo objeto con temperatura superior al cero absoluto, radia energía, mayor cuanto mayor sea su temperatura. Además, al aumentar la temperatura, esa radiación será más intensa en longitudes de onda más corta. El sensor puede limitarse a captar la energía irradiada por la cubierta – ya sea por reflexión de la energía solar, ya por emisión de esa cubierta-, o bien ser capaz de generar un haz energético artificial, que recoja posteriormente, tras su reflexión sobre los objetos estudiados.

Cualquier tipo de energía radiante puede caracterizarse por su longitud de onda o frecuencia. Las distintas longitudes de onda se agrupan normalmente para su estudio en bandas contiguas, en las que la radiación posee un comportamiento similar. Recibe el nombre de **espectro electromagnético** el conjunto de estas bandas o tipos de radiación, según su longitud de onda.

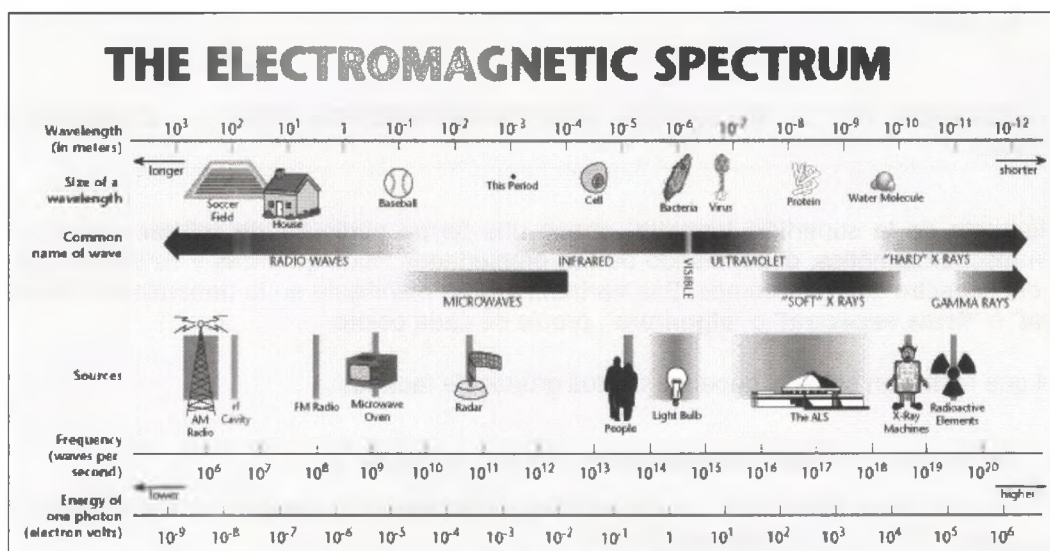


Fig. 22: Espectro electromagnético  
Fuente: NASA 2008

El espectro incluye desde las longitudes de onda ínfimas (rayos X y Gamma), hasta aquellas usadas en telecomunicaciones, con longitudes de onda, mucho mayores. Las unidades en que aparecen expresadas las distintas longitudes de onda, son variables de acuerdo con su tamaño:

- micras o micrómetros,
- metros o centímetros para las más largas.

*Por supuesto, todas ellas pueden expresarse en valores de frecuencia (Hertzios o Gigahertzios GHz).*

Entre las distintas bandas del espectro electromagnético, solo un restringido rango puede usarse en teledetección. Esto se debe principalmente al efecto absorbente de la atmósfera, que filtra cierto tipo de radiaciones. En consecuencia, únicamente en aquellas regiones del espectro donde la transmisividad de la atmósfera es alta, pueden abordarse procesos de teledetección (salvo que lo que se pretenda sea precisamente observar las condiciones de la atmósfera).

Las regiones del espectro con alta transmisividad atmosférica, reciben el nombre de "ventanas atmosféricas". Pueden resumirse en las siguientes:

- **Espectro visible**: ocupa la banda entre 0,4 y 0,7 micrones y su denominación se debe a que es la única radiación que puede captar el ojo humano. Dentro del visible podemos distinguir tres bandas espectrales correspondientes a los tres colores básicos: azul, verde y rojo.
- **Infrarrojo próximo**: se extiende desde 0,7 a 1,3 micrones. En teledetección se utiliza para la observación del estado de la vegetación y de concentraciones de humedad.
- **Infrarrojo lejano o térmico**: entre 10 y 12,5 micrones. Puede detectar procesos de transferencia de calor, ya que en esta banda se sitúa la máxima emitancia para las temperaturas habituales de la superficie terrestre. En consecuencia en esta banda se observa la energía que emiten los objetos, y no la que reflejan de la luz solar, por lo que es posible utilizar esta banda en observaciones nocturnas.
- **Microondas**: comprende las longitudes de onda mayores de 1mm. El interés de esta banda es que resulta prácticamente transparente a la cubierta nubosa, lo que la hace idónea para el estudio donde las nubes se dan de manera casi permanente (por ejemplo, las zonas tropicales). Esta región del espectro puede utilizarse también sin luz solar.

## 2. INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA CON LA SUPERFICIE TERRESTRE

Cada elemento de la superficie terrestre, ofrece una forma particular de reflejar o emitir la radiación electromagnética, dependiendo de sus propiedades físico-químicas y variable, según la zona del espectro que analicemos. Esa **variabilidad** se manifiesta en la denominada "**curva espectral**" o "**firma espectral**" o "**signatura**", propia de cada objeto.

La señal que recibe un satélite, depende de dos grupos de factores:

- los propios del objeto, características físicas y químicas, y
- los que dependen de los condicionamientos ambientales externos al objeto, hora de toma, latitud, estado atmosférico, etc.

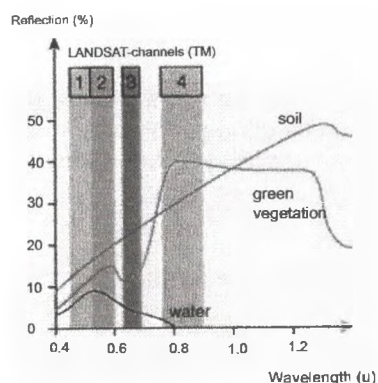


Fig. 23: Curvas espectrales suelo- agua- vegetación

Fuente: Nasa

Tres son los elementos característicos para una evaluación de los recursos naturales: la vegetación, el agua y el suelo:





### La vegetación

Pese al gran número de estudios vinculados a la firma espectral de la vegetación, aún ofrece dificultades por la complejidad de la variable vegetación. Entre otros, variará en función de:

- la propia reflectividad de la hoja (estado fenológico, forma y contenido de humedad),
- características morfológicas de la planta (altura, concentración)
- ubicación de la planta (pendientes, orientación, asociación con otras especies, etc.).

A pesar de lo anterior, existen características generales:

- reducida reflectividad en el visible y alta en el infrarrojo cercano.
- reducción drástica de la reflectividad en el infrarrojo medio (debido al contenido de agua de la planta), que permite conocer el estado de vigor de la planta.

### Los suelos

La firma espectral media del suelo desprovisto de vegetación es una curva ascendente, desde el espectro visible hasta el infrarrojo y se debe a factores como la composición química, la textura, la estructura y el contenido de humedad.

*Los suelos con componentes calizos, tienden a tener una alta reflectividad en todas las bandas visibles, mientras que los del tipo arcillosos suelen tener una mayor reflectividad en la banda roja del espectro, debido al contenido de óxido de hierro.*

En general:

- Mayor reflectividad, cuanto más secos y menor contenido de materia orgánica posean.
- En las longitudes de onda largas, es determinante el contenido de humedad.

### El agua

La mayor reflectividad del agua, se produce en las longitudes de ondas más cortas del espectro (azul y verde). De todas maneras, la reflectividad es baja en cualquier longitud de onda, porque el agua absorbe o transmite la mayor parte de la radiación que recibe, salvo en aguas con oleaje, donde deja de comportarse como una superficie especular para dar una reflectividad difusa por la rugosidad.

La curva espectral está determinada por el contenido de materia en suspensión y la profundidad del agua. En general:

- Aguas poco profundas, tienen gran influencia de la composición de los sedimentos del fondo, aumentando la reflectividad general.
- Si los materiales en suspensión tienen un alto contenido de clorofila, la reflectividad en el azul baja y aumenta en el infrarrojo cercano y verde.
- Si el contenido de arcilla es alto, en el rojo será mayor la reflectividad.

### La atmósfera

La atmósfera es un obstáculo para la observación de la superficie terrestre, ya que se interpone entre el sensor y los objetos, absorbiendo, dispersando o emitiendo señales, tanto provenientes del sol como de los objetos.

Los componentes de la atmósfera (aerosoles, vapor de agua, CO<sub>2</sub> y ozono, principalmente) interactúan generando:

- **Absorción de la energía** en algunas regiones del espectro. Donde la transmisividad es alta, se encuentran las ventanas atmosféricas (visible e infrarrojo cercano, medio térmico y microondas).
- **Dispersión:** afecta en mayor o menor medida a todo el espectro óptico. Difícil de corregir por la variabilidad de las condiciones.
- **Emisión:** los componentes de la atmósfera, también emiten energía añadiendo un componente extraño a la respuesta recibida por el sensor.

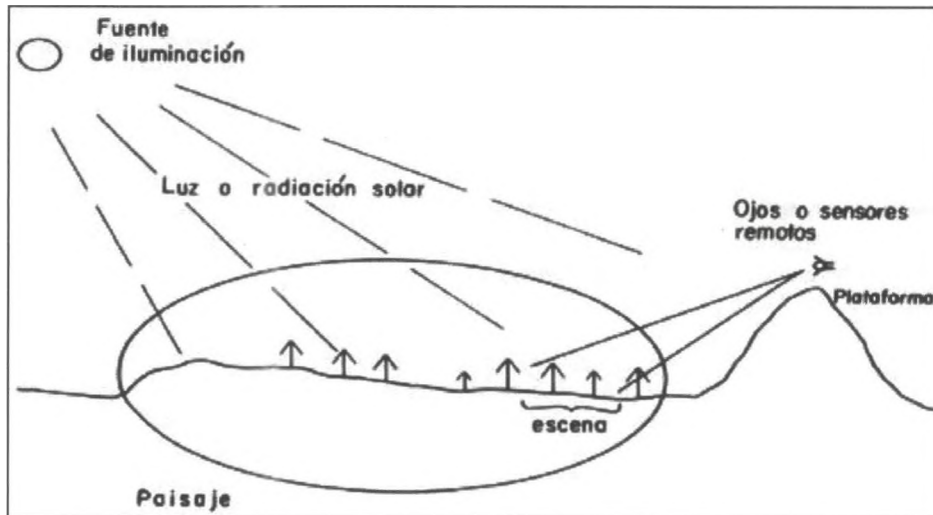


Fig. 24: Interferencia de la atmósfera.

*En conclusión, la atmósfera, genera una interferencia a la respuesta de la superficie terrestre, produciendo un "ruido" en la señal recibida, que se analiza.*

## **B** RECURSOS SATELITALES PARA RECURSOS NATURALES

El término recursos satelitales para recursos naturales, engloba a las plataformas y los sensores. Las plataformas, son los soportes que llevan a cabo el instrumental receptor de las señales, sensores y demás mecanismos que hacen a su funcionamiento.

Los elementos que las componen tienen las funciones de control y seguimiento desde las estaciones terrenas (módulos de propulsión, paneles para obtención de energía, etc.), obtención de datos (sensores) y transmisión de datos (antenas, equipos de comunicación).

Las plataformas están situadas a gran altura sobre la superficie terrestre, el sensor remoto se encuentra instalado a bordo de un vehículo orbital, el cual, por medio de celdas solares, sistemas de control y telecomunicación automatizados, proporciona la posibilidad de una cobertura regular y repetitiva de la superficie terrestre.

Según el lugar que ocupan en el espacio, se puede hablar de:

- **Satélites geostacionarios:** orbitan muy alto y están sincronizados con el movimiento de la Tierra. Son utilizados para estudios atmosféricos.



- **Satélites heliosincrónicos:** que giran alrededor de la tierra, orbitando a mayor velocidad. Generalmente de órbitas polares. Utilizados para estudios de recursos naturales.

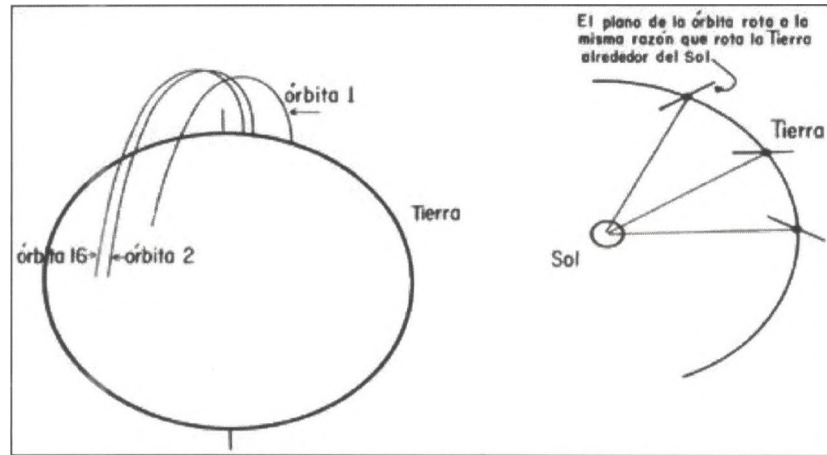


Fig. 25: Satélites heliosincrónicos y geoestacionarios

## 1. LOS SENSORES REMOTOS

Los **sensores remotos** vinculados a las imágenes satelitales, son instrumentos que **captan la energía proveniente de un objeto** (ya sea propia o reflejada), la convierten en una señal y la presentan en forma adecuada para obtener información del ambiente.

Según el procedimiento que utilizan, se denominan **pasivos o activos**.

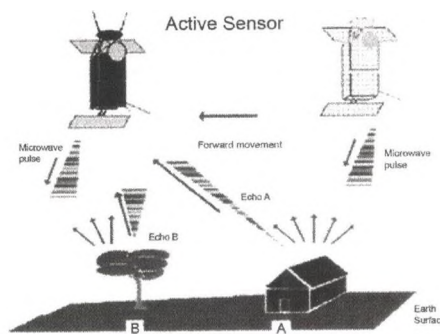
Los **pasivos**, son los que se limitan a recoger la energía reflejada o emitida por la superficie (cámara fotográfica), y los **activos**, recogen energía generada por el mismo sensor (radares y láser).

Según la técnica que emplean existen:

- **Sensores fotográficos:** registran la información en películas sensibles a la luz (fotografías)
- **Sensores óptico- electrónicos:** transforman a bordo la energía recibida en un valor digital, que se transmite directamente en tiempo real. De dos tipos, scanners (Landsat) y de empuje (Spot).
- **Sensores de antena:** para longitudes de onda largas, activos (LIDAR) y pasivos (RADAR).



Fig. 26: Sensores activos y pasivos



Los sensores remotos actuales son capaces de producir imágenes de alta calidad en forma analógica o digital, es decir, pueden proporcionar una **representación continua o discreta** de la escena.

Una **imagen continua** es aquella donde la variación de tonos de gris o color se presenta sin discontinuidades. Una **imagen discreta** es la que está compuesta por elementos definidos y diferenciados como puntos o cuadrados.

*Es necesario aclarar que una escena siempre es continua, y la imagen respectiva, no lo es. Una imagen continua es una idealización de lo que realmente sucede, pues una fotografía a simple vista podrá verse continua, pero al ser ampliada se observa que está conformada por una serie de pequeños puntos de diferentes tonalidades.*

Las características de un sensor, se traducen en lo que se denominan las resoluciones de un sensor. Las mismas son de cuatro tipos:

1. **Espacial:** Es la capacidad de un sensor para distinguir objetos de cierto tamaño.
2. **Espectral:** se refiere al número de bandas espectrales que puede discriminar el sensor y el ancho que éstas poseen.
3. **Radiométrica:** se refiere a la sensibilidad que tiene el sensor de detectar variaciones de la radiancia que recibe. En fotografías, el número de grises y en sensores óptico-electrónicos, la cantidad de valores digitales (256, Landsat; 1024, NOAA-AVHRR).
4. **Temporal:** se refiere a la frecuencia de cobertura de una misma porción de la superficie terrestre. Puede ser variable. (los meteorológicos, cada 30 minutos, los dedicados a recursos naturales, 2 ó 3 semanas).

*Es importante el conocimiento de las resoluciones de un sensor, puesto que es lo que nos condiciona la "información a obtener".*

Ej.

En el caso de estudiar la evolución de una tormenta, será importante contar con un sensor que tenga alta resolución temporal, debido a los rápidos cambios en las condiciones atmosféricas. No así en el caso de un estudio de avance de la frontera agrícola, donde interesa más, conocer las superficies deforestadas pero durante un período de tiempo que puede ser mayor.

*Obviamente que lo ideal parecería ser tener todas las mayores condiciones de mayor resolución juntas. Pero esto no siempre es así, por varios motivos. Entre ellos, la disponibilidad y el costo que son los que condicionan su generación y/o adquisición.*

Una imagen mientras mayor sea su resolución espacial, mayor es su costo. Esto se traduce en que las imágenes que se tienen con mayor frecuencia sean las correspondientes a los satélites geostacionarios, pero que son las que menor resolución espacial poseen.

*Hoy día es posible tener en tiempo real vía Internet las imágenes satelitales correspondientes a los satélites para meteorología, sin costo alguno. No así, las imágenes con mayor resolución espacial.*



*A continuación, se describirán algunos de los satélites de uso más frecuente en el tema ambiental LANDSAT, SAC-C, SPOT, IKONOS y QUICKBIRD. Todos poseen sensores ópticos multiespectrales, son sistemas de tipo pasivos y recogen datos a frecuencias correspondientes al espectro visible, infrarrojo reflejado e infrarrojo térmico.*

## 2. ALGUNOS RECURSOS SATELITALES EXISTENTES EN EL ÁREA AMBIENTAL

*En este tema desarrollaremos los satélites existentes de uso en el área ambiental.*

*Pero es importante no sólo conocer sus características generales sino también apreciar el tipo de imágenes que captura cada uno de ellos. Por lo tanto este tema no se desarrolla en el material impreso sino que lo encontrará en el Cd de imágenes con una breve descripción de los satélites y ejemplos del tipo de imágenes.*

## 3. IMAGEN SATELITAL

Una **imagen satelital**, es una imagen digital, la cual, dada su condición, posee una diferente manera de adquisición de información en comparación con que la fotografía común. Así como en la fotografía la imagen se obtiene a través del registro de los objetos sobre una superficie sensible a la luz, en el caso de los sensores óptico- electrónicos, dicha superficie, no existe. Y lo que realiza el sensor es captar, a intervalos regulares, la radiación que proviene de la superficie. Ese intervalo regular, traducido a la superficie terrestre, es un área determinada, donde el sensor detecta un valor medio de la radiancia de todos los objetos que la conforman. Esa unidad mínima de captación de energía, es lo que se denomina "pixel" o picture element. El **pixel** es la mínima unidad visual que aparece en una imagen digital.

El **valor de la energía** captada, se envía a una serie de mecanismos que lo transforman en un valor numérico. Este valor es denominado, **Nivel de Gris, Valor de Gris, Nivel de Brillo, Nivel Digital (ND)**. Hasta este momento es solo un número, pero que puede traducirse a una intensidad visual mediante la referencia a una escala de grises (de ahí otra de sus denominaciones de nivel de gris). Esta escala de grises, tendrá un valor máximo o mínimo (de cuanto más o menos refleja el objeto o superficie). Este proceso de asignación de tonos de grises, se denomina "reconstrucción" y es el que nos permite "visualizar" la información proveniente de los satélites.

Si se representa en un sistema de coordenadas la escena de la superficie terrestre, donde los ejes X e Y dan la ubicación espacial del pixel, los valores numéricos asignados (proporcional a la reflectancia de esa porción de terreno representada por el pixel) conformarán una matriz.

*De ahí, surge la definición de una imagen digital: es una colección de números organizados en forma matricial.*

Pero una imagen proveniente de los satélites, no solo registra el valor de energía reflejada en una banda o canal, sino que lo hace en más de uno, dependiendo del sensor. De manera que se puede agregar una tercera dimensión, **el eje Z**, correspondiente a los distintos canales del espectro electromagnético que se están captando, que conforman así la estructura de la imagen digital. De ahí su denominación de imagen multiespectral.



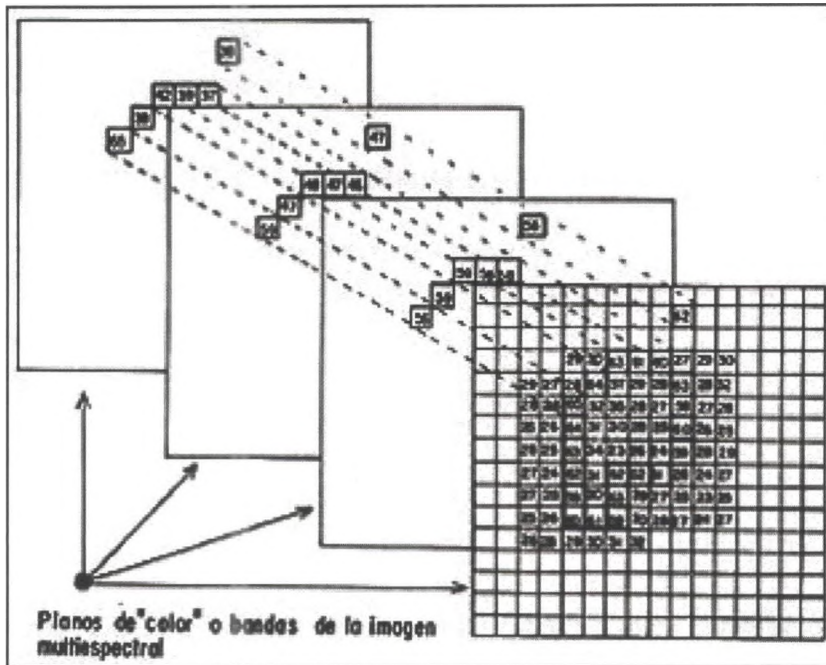


Fig. 44: Planos multispectrales.

Según se observa en la figura, la matriz, se conforma por las dimensiones X e Y (coordenadas geográficas) y la dimensión espectral (valor de gris).

La orientación es aproximadamente Norte- sur, según obtiene los datos el satélite en su órbita. La matriz, conforma filas y columnas y a fines de identificarlas el eje 0;0 se encuentra en la esquina superior izquierda a diferencia del sistema cartesiano de coordenadas.

Una vez comprendido el carácter matricial de los datos de la imagen, es factible sobre la misma aplicar todas las operaciones matemáticas y estadísticas correspondientes. Se podrán calcular valores medios, cambiar su orientación, realizar operaciones entre bandas, etc.

Toda esta información numérica es almacenada en cintas compatibles con computadoras para un posterior grabado en formatos accesibles a los usuarios.

#### 4. INTERPRETACIÓN VISUAL DE COMPONENTES

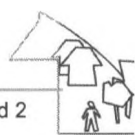
Una imagen satelital, debido a su condición de digital, puede ser procesada digitalmente o interpretada de manera visual, como se haría con una fotografía aérea.

*¿A qué nos referimos cuando hablamos de interpretar?*

**Interpretar**, consiste en detectar, diferenciar e identificar fenómenos en una imagen, con el fin obtener información.

La **interpretación visual**, se realiza sobre una versión analógica de la imagen digital.

Es importante destacar que cuando se interpreta visualmente una imagen, no se está interpretando lo que normalmente vería el ojo humano generalmente. Esto es necesario tener en cuenta al momento de proceder a la interpretación.



- El ojo humano, está acostumbrado primeramente, a mirar desde su perspectiva a nivel del suelo la superficie terrestre, en cambio con una imagen, la observación se realiza desde el espacio.
- El ojo humano solo detecta la región del espectro visible, en cambio con los sensores puede estar observando otras zonas del espectro hasta el momento desconocidas para la visión humana.
- La toma de las imágenes, permite variaciones de escala de los objetos, textura, colores, etc. Esto se traduce en la necesidad de un entrenamiento previo.

Parte de los procedimientos que pueden mejorar la interpretación de una imagen, son:

- conocimiento previo de las condiciones del área en estudio,
- conocimiento de las características del sensor utilizado,
- época del año de toma,
- condiciones de la atmósfera, etc.

Elementos a tener en cuenta para la interpretación visual:

- Escala
- Tono
- Color
- Contraste
- Forma
- Tamaño
- Textura
- Sombra
- Patrón o modelo
- Resolución

### Metodología de interpretación:

*No existen técnicas establecidas, sino pautas para la interpretación visual, que dependerán del propio intérprete o usuario el aplicarlas.*

- Es importante seleccionar el material en función de las necesidades. Por ejemplo, si es necesario realizar un seguimiento de una inundación, los requerimientos serán diferentes a si lo que estamos buscando es detectar un escape tóxico de una industria. Esto es muy importante, puesto que no siempre existe disponibilidad de imágenes en las oportunas escalas y tiempo para las emergencias ambientales.
- Es importante contar con información adicional de la zona.
- Debe comenzarse a delinear grandes unidades, primeramente para ir luego llegando a un mayor grado de detalle. Esas grandes unidades, se denominan clases. Por ejemplo: Lo primero sería separar las unidades en agua, vegetación y usos urbanos. Tres grandes unidades que posteriormente se analizarán cada una independientemente para llegar a un nivel mayor de desagregación.
- Una vez determinadas las clases es preciso asignarles un símbolo o una nomenclatura que permita identificarlas fácilmente y se confecciona una planilla con una descripción de las características de cada una.
- Puede recurrirse a claves para la detección. Las claves son elementos que permiten relacionar con objetos ya preexistentes los que componen la imagen. Pueden ser: puntuales, temáticas, asociativas, etc.



- Es necesario establecer en la imagen puntos de control terrestre. Esto es porque siempre es necesario realizar el control de lo que se está observando en terreno. Por ejemplo, puede suceder que se haya identificado una tipo de bosque que en realidad al ir a terreno, se constata que no era tal.

*Como resultado final, se obtiene un mapa temático con las unidades que se identificaron y un informe adicional explicativo.*

## 5. EL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

*A partir de su condición de digital, la imagen satelital, puede ser analizada "digitalmente", mediante el proceso conocido como "Procesamiento Digital".*

El análisis digital de datos engloba una serie de técnicas de manipulación numérica de datos contenidos en imágenes digitales.

Este análisis requiere para su realización de un software y hardware adecuados. Como se observa en la definición, hasta ahora, solo se mencionan técnicas de aplicación a imágenes. Dependiendo del fin de aplicación de dichas técnicas, serán los diversos softwares a utilizar y actualmente existentes en el mercado.

Por ejemplo, si el propósito de esta manipulación numérica, es el de obtener un producto fotográfico escaneado de mejor calidad proveniente de una cámara digital, se estará ante la necesidad de utilización de un software específico: Corel Photo Paint, Photo Express, etc. Pero cuando, además de mejorar la calidad del producto visual, se pretende extraer otro tipo de información vinculada a diversos datos de los ecosistemas, se utilizan los denominados softwares de procesamiento de imágenes. En este caso, si bien su nombre involucra a los anteriores por definición, se especializan en los datos de imágenes digitales provenientes de satélites.

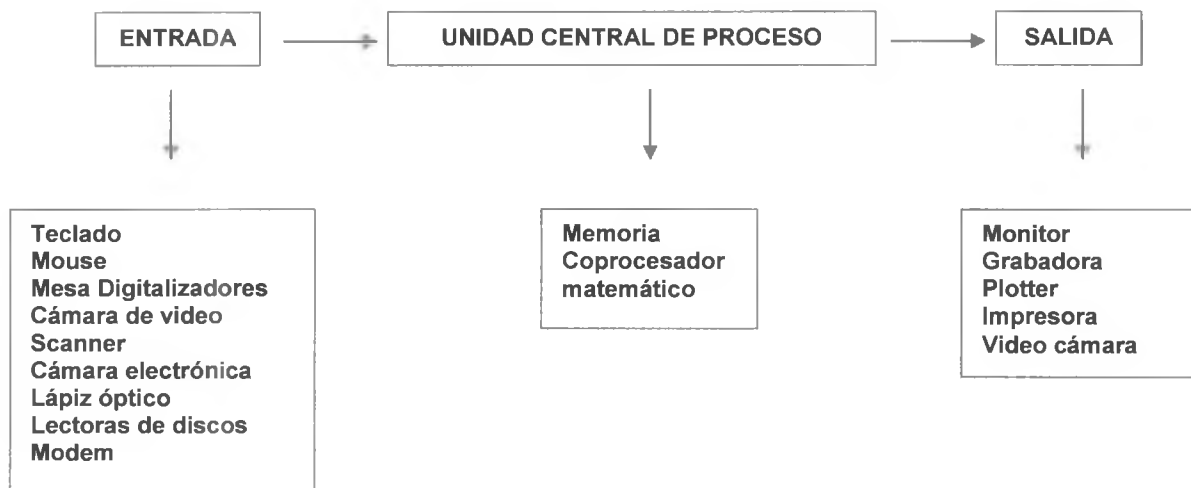
El procesamiento digital de imágenes, es la aplicación de técnicas matemáticas, estadísticas y computacionales, que permiten mejorar, corregir, analizar y extraer información de las imágenes captadas por los sensores a bordo de los satélites.

El procesamiento digital permite realizar operaciones complejas, muy costosas o inaccesibles para el análisis visual. Tiene la ventaja de permitir una rápida comparación de fenómenos multitemporales por la accesibilidad a la información que posee.

### Sistemas Digitales

*Estos conceptos ya los ha visto en Informática, aquí sólo los recordaremos.*

**Hardware:** Las características básicas del hardware necesario para un procesamiento digital de imágenes, puede observarse en el siguiente esquema:



**Software:** Son programas que permiten la manipulación del equipo para solucionar, mediante algoritmos, problemas inherentes al procesamiento de datos. Las características que deben poseer, son las siguientes:

- Velocidad
- confiabilidad (debe advertir datos erróneos)
- interactividad
- versatilidad
- portátil

*Según el programa seleccionado, difiere el tratamiento que se puede hacer de la información.*

### Tratamiento de la información

Se pueden considerar tres grupos de tratamiento de la información proveniente de los satélites:

- **Correcciones:** A los fines de la utilización de una imagen es necesario corregirlos los errores de los datos obtenidos por el sensor. Los defectos pueden provenir por la distorsión de la geometría particular que guarda la plataforma y el sensor con la escena y la fuente de iluminación, por condiciones atmosféricas, etc.
- **Mejoramiento:** Incluye tratamientos de realce de la imagen, mediante la transformación de los datos con el fin de poner en evidencia ciertos patrones en la imagen.
- **Extracción de información:** Incluye la clasificación de los datos relativos a la escena a efectos de obtener información.

Los anteriores procesos, se basan para su realización en la condición matricial de la imagen satelital. Es una matriz almacenada en archivo, conteniendo información y por lo tanto es factible aplicar sobre ella, los métodos de análisis estadísticos aplicables a cualquier matriz.

*Es así, que para el tratamiento digital de las imágenes, se recurre a la estadística, que se convierte en una herramienta principal para el procesamiento de la información.*

**Caracterización estadística de las imágenes**

Para poder cuantificar mejor las características de las imágenes, es necesario conocer algunos parámetros estadísticos, que deben calcularse. Estos cálculos, podemos dividirlos en dos grandes grupos, según que las operaciones a realizarse sean para cada banda de la información, o entre las distintas bandas. Algunos de los parámetros estadísticos a los que recurre el procesamiento digital, son: histograma, entropía, valores máximo-mínimo-media, varianza, desviación Standard, para cada banda y Coeficiente de correlación para el análisis entre bandas.

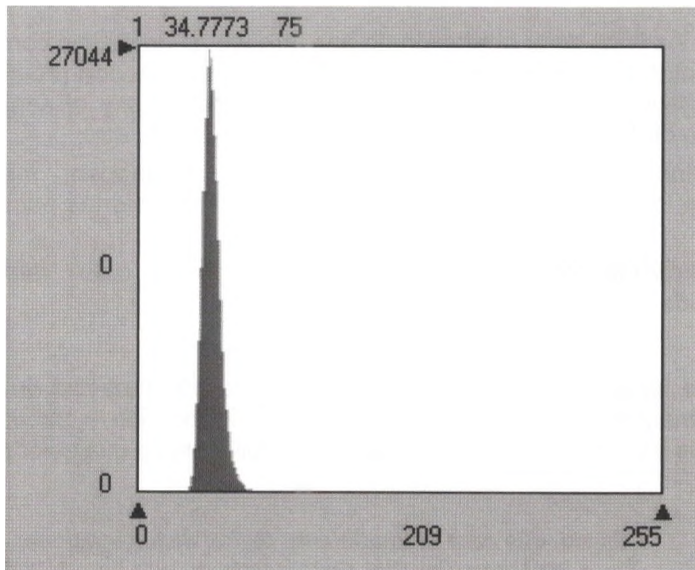
**Histograma de una imagen**

Es la función que representa la frecuencia de ocurrencia de cada uno de los niveles de gris (proporcionales a la radiometría) en una imagen digital. La forma de representación, puede ser en forma numérica o gráfica.

Histogram of rcfrc

Class	Lower Limit	Upper Limit	Frequency	Prop.	Cum. Freq.	Cum. Prop.
0	0.0000	0.9999	819	0.0014	819	0.0014
1	1.0000	1.9999	92	0.0002	911	0.0016
2	2.0000	2.9999	0	0.0000	911	0.0016
3	3.0000	3.9999	0	0.0000	911	0.0016
4	4.0000	4.9999	0	0.0000	911	0.0016
5	5.0000	5.9999	0	0.0000	911	0.0016
6	6.0000	6.9999	0	0.0000	911	0.0016
7	7.0000	7.9999	893	0.0016	1804	0.0032
8	8.0000	8.9999	0	0.0000	1804	0.0032
9	9.0000	9.9999	0	0.0000	1804	0.0032
10	10.0000	10.9999	0	0.0000	1804	0.0032
11	11.0000	11.9999	0	0.0000	1804	0.0032
12	12.0000	12.9999	0	0.0000	1804	0.0032
13	13.0000	13.9999	19	0.0000	1823	0.0032

Histograma Numérico



Histograma Gráfico



*En el ejemplo anterior, puede observarse, la información que tiene la imagen. La estrechez del histograma, se manifestará en poco contraste en los valores de gris de la imagen.*

### Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación es una medida de la relación existente entre los valores de píxeles existentes entre dos bandas. El intervalo de valores que adopta es:

$$-1 < r < 1$$

### Correcciones

Existen numerosos factores que introducen **errores** en la imagen. Se pueden agrupar en dos grupos, según su condición:

- **Geométricos:** es debido a anomalías propias de la plataforma, por ejemplo, cambios de altitud u orientación orbital, que genera errores en la geometría resultante de la imagen, traslado de datos de una superficie esférica a un plano, etc. También el sensor, puede ser causa de errores geométricos, por ejemplo, distorsión por ángulo de barrido, mala calibración de detectores, etc.
- **Radiométricos:** son producto de las condiciones externas que afectan la adquisición de la información, por ejemplo, la interferencia atmosférica.

### Mejoramiento de imágenes

Mejorar una imagen, consiste en ejecutar un procesamiento numérico para realzar, enfatizar o suprimir, ciertas características de la misma. Por ejemplo, puede desearse un mayor contraste entre los objetos que integran la imagen, necesitar poner énfasis en los límites de distintas coberturas vegetales, etc.

### Mejoramiento del contraste

Este procedimiento, consiste en realzar el contraste visual de la imagen. Esto significa que si tenemos una imagen con histograma estrecho, se busca ensancharlo.

Esto se logra, mediante la aplicación de funciones de transformación, que pueden ser:

- expansión lineal del histograma
- ecualización, donde se busca una distribución más uniforme de los valores de píxeles de la imagen.

### Segmentación

Esta técnica, permite una primera interpretación de la imagen, lo que trae como consecuencia la obtención de un primer mapa temático.

Consiste en establecer rangos en el histograma y asignarles un color a todos los píxeles correspondientes a ese rango.

## Filtraje o convolución

Un filtro espacial, tiene como función, transformar el valor del pixel, para un fin determinado, teniendo en cuenta los valores de los pixeles vecinos al mismo.

Para ello, se coloca sobre el pixel y su entorno, una matriz de coeficientes y se calcula su nuevo valor. Los tipos de filtros, son:

- **Suavización:** Suavizan o reducen los valores de grises. Sirve para resaltar zonas homogéneas. Son denominados pasa bajo.
- **Mejoramiento:** Realzan detalles geométricos y altas frecuencias. Definen contornos. Son denominados pasa alto.
- **Detección de bordes:** Resaltan cambios fuertes en los valores de pixeles. Enfatizan bordes.
- **Detección de líneas:** Resaltan cambios geométricos en una dirección determinada.

## Operaciones entre bandas

Son procesos aplicados a las imágenes, mediante los cuales, obtenemos imágenes resultantes de realizar operaciones matemáticas pixeles a pixeles entre los distintos valores en las distintas bandas.

El resultado es una nueva banda con el mismo tamaño y estructura de la imagen original, pero con sus valores que no responden ya, a la radiancia obtenida por el sensor sino a los provenientes de la operación aplicada.

Una de las operaciones más utilizadas son los denominados índices. El más conocido es el de vegetación, pero existen otro para detección de suelos desnudos (en infrarrojo medio y cercano).

## Índice de vegetación

El notable contraste de reflectividad en la vegetación sana que existe entre la zona del infrarrojo cercano y la zona del rojo, es el fundamento que permite determinar el índice de vegetación.

El índice de vegetación, es un valor que se obtiene de aplicar operaciones entre dos bandas, según se observa en la fórmula, y que permite obtener una probabilidad de encontrar vegetación en la imagen.

$$Iv = \frac{B_{ir} - B_r}{B_{ir} + B_r} \quad 0 < Iv < 1$$

donde:

$B_{ir}$  = valor del pixel en la banda infrarroja

$B_r$  = valor del pixel en banda visible rojo

$Iv = 0$  indica escasa probabilidad de encontrar vegetación

$Iv = 1$  indica mucha probabilidad de encontrar vegetación





## Composición a color

Es un proceso mediante el cual, se asigna a tres bandas de una imagen, uno de los colores primarios del monitor R G B de manera tal, que se los superpone y se visualizan simultáneamente las tres bandas en pantalla. Cada valor de pixel, en cada banda, intervendrá con el porcentaje que le corresponde por su reflectancia original.

Una de las composiciones en color más utilizadas es la denominada Composición Falso Color Standard, que se obtiene desplazando la representación de las bandas hacia el infrarrojo. Es decir, a la banda del verde, se le asigna el color azul, a la banda del rojo, se le asigna el color verde y a la banda del infrarrojo se le asigna el color rojo.

## Extracción de Información

### Clasificación de imágenes multiespectrales

Una de las grandes ventajas que posee el análisis de datos a través del procesamiento digital, es la de extraer información temática útil. Para ello, se recurre a la clasificación de imágenes.

La clasificación es un concepto del procesamiento digital de imágenes, que contempla los procedimientos mediante los cuales una computadora puede agrupar los pixeles de una imagen, en categorías o clases, dentro de un espacio multiespectral.

La clasificación digital, sigue un procedimiento similar a la fotointerpretación visual: se identifican primeramente las coberturas según tono, textura, forma, modelos, etc. Y luego se expande al resto de la fotografía el modelo o patrón determinado. Es decir, se asigna determinada categoría a determinada superficie en función del patrón establecido. Si se traduce esto a un análisis digital, se obtiene el esquema de la clasificación digital, que comprende las siguientes fases:

1. Definición digital de las categorías: fase de entrenamiento.
2. Asignación de los pixeles de toda la imagen a una de esas categorías: fase de asignación
3. Comprobación y verificación de resultados
4. Corrección de errores.

La fase de entrenamiento, es la que define digitalmente las categorías temáticas a efectos de que posteriormente, el software las reconozca automáticamente. Según se realice esta fase de entrenamiento, es que se dividen las clasificaciones en dos métodos: el supervisado y el no supervisado. En el primero, se parte de un conocimiento previo del terreno en cambio en el segundo, es el software quien delimita las clases, en función de su homogeneidad.

### Clasificación Supervisada

En este método, se conoce "a priori" la identidad y localización de algunos tipos de elementos a ser clasificados. Por ejemplo, cobertura de bosques, aspectos urbanos, etc. Esto significa, trabajo de campo, o análisis a través de cartas, fotografías aéreas, experiencias personales, etc.

Los sitios específicos elegidos y conocidos, que representan ejemplos homogéneos, son conocidos como "áreas de entrenamiento" puesto que las características espectrales del mismo, servirán para "entrenar" el algoritmo de clasificación.

Para cada área de entrenamiento, se calculan los parámetros estadísticos (media, desviación standart, covarianza, etc), para luego evaluar cada pixel de la imagen, separarlo y asignarlo a una respectiva clase.

Aspectos principales a tener en cuenta:

1. Adoptar un esquema de clasificación ordenado.
2. Seleccionar áreas de entrenamiento.
3. Extraer estadísticas de los datos espectrales del área de entrenamiento.
4. Analizar las estadísticas para seleccionar los datos que ofrezcan mayor ventaja (bandas) en el proceso de clasificación.
5. Seleccionar el algoritmo de clasificación adecuado:

**Paralelepípedos:** realiza clasificaciones supervisadas de imágenes de satélite mediante la técnica de paralelepípedos, a partir de la información contenida en una serie de archivos de firmas espectrales. Se basa en una serie de umbrales bajos y altos de reflectividad para cada categoría en cada banda, determinadas por la firma espectral. Para asignar un píxel a una clase determinada, éste debe poseer valores de reflectividad dentro del rango de la categoría en cuestión en cada banda considerada. El proceso de paralelepípedos es el más rápido de los clasificadores supervisados. También, potencialmente, el menos preciso

**Mínima Distancia:** La clasificación de Mínima Distancia a las Medias se basa en la reflectividad media en cada banda para una firma espectral. Los píxeles se asignan a la clase con la media más próxima a su valor. Es más lento que el clasificador de paralelepípedos, y más rápido que el clasificador de máxima probabilidad. Se utiliza, generalmente, cuando el número de píxeles que define las firmas espectrales es muy pequeño o cuando los campos de entrenamiento no están bien definidos.

**Máxima verosimilitud:** realiza la clasificación por Máxima Probabilidad, a partir de la información contenida en una serie de archivos de firmas espectrales. Se basa en la función de densidad de probabilidad asociada a la firma de un determinado campo de entrenamiento. Los píxeles se asignan a la clase más probable, tras comparar la probabilidad de que cada píxel pertenezca a cada una de las firmas consideradas.

6. Clasificar la imagen en n clases.
7. Evaluar estadísticamente la clasificación.
8. Comprobación "in situ" de los resultados de la clasificación o corroboración.
9. Corrección de errores

### Clasificación No Supervisada

Este método, se utiliza cuando no se conocen las características del terreno, o cobertura "a priori", o bien, porque las características espectrales de la superficie no están claramente definidas en la imagen.



Aquí, el método consiste en orientar a la computadora para que agrupe automáticamente los píxeles en distintas clases de acuerdo con un cierto criterio estadístico.

La ventaja que tiene, es que al no seleccionar un área de entrenamiento teóricamente "homogénea", como en la supervisada, el agrupamiento determina tipos "puros" de cobertura y por consiguiente, se obtiene una representación más cercana de los agrupamientos espectrales naturales de una zona.

La desventaja, es que pueden obtenerse agrupaciones de las cuales, no se conozca el significado y además, la gran cantidad de datos que se manejan.

Aspectos principales a tener en cuenta:

1. Visualizar la imagen: es decir, la representación pictórica de los datos sin analizar. Luego:
  - Valorar los datos y su calidad.
  - Determinar el porcentaje y cobertura de nubes.
  - Seleccionar ventanas (áreas de la imagen a trabajar)
  - Seleccionar muestras representativas dentro de un área de interés para determinar clases espectrales que se usarán en el entrenamiento al clasificador.
2. Definir clases espectrales o entrenamiento: Proceso mediante el cual se instruye a la computadora sobre cómo y cuando tomar ciertas decisiones. Se basa en parámetros estadísticos y algoritmos de agrupamiento.
3. Clasificar el área de estudio: El clasificador es un algoritmo que toma decisiones para asignar o no, un pixel a determinada clase. En esta etapa, la computadora realiza prácticamente sola el trabajo.
4. Representación pictórica y tabular de la clasificación:
  - Productos gráficos.
  - Tablas estadísticas.
  - Análisis de datos digitales.
5. Evaluación de resultados: Es necesario determinar la exactitud y confiabilidad. El análisis numérico evalúa cuantitativamente el grado de exactitud de una clasificación multiespectral.

Un método no supervisado, puede ser un excelente paso previo para encarar un trabajo de campo que concluye en una clasificación supervisada.

### Clasificación híbrida

Es factible utilizar las clasificaciones supervisadas y no supervisadas en forma simultánea. Este tipo de clasificación. Se denomina Clasificación híbrida.

El método recurre a la asociación de los algoritmos no supervisados y supervisados en el procesamiento de la imagen. Es especialmente recomendado para obtener clasificación de un grado mayor de detalle. Tiene dependencia del conocimiento a priori que existe de la zona. En una primera instancia, se procede a una clasificación no supervisada, obteniéndose grupos primarios a los que se los somete a una nueva clasificación, pero esta vez supervisada, basándose en el conocimiento de campo.

**C** TRABAJO PRÁCTICO

*A continuación le proponemos realizar diferentes prácticas utilizando el software IDRISI.*

*No dude en consultar con el tutor si se le presentan inconvenientes con el manejo del mismo.*

**PRÁCTICA I: EL ENTORNO ENVIRONMENT DE IDRISI PARA WINDOWS**

*En este primer ejercicio, se conocerá el ambiente del software, las opciones de configuración del entorno de trabajo, primer paso necesario para iniciar un proyecto en IDRISI.*

**Práctica I:****a) Configuración del entorno:**

Inicie IDRISI para Windows y despliegue el módulo ENVIRON, según las diferentes maneras existentes. (Recuerde lo visto en Informática). Como directorio de trabajo elegir el directorio c:\IMAGENES CURSO.

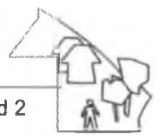
**b) Conocer las imágenes disponibles: LISTADO y DESCRIBIR**

Una vez seleccionado el directorio de trabajo apropiado, pulsar sobre el icono LIST. Seleccione imágenes raster y verifique que la imagen **RCFC** se encuentra en el directorio de trabajo. Para obtener información sobre este archivo, pulsar sobre el icono del módulo DESCRIBE. A continuación, encontrar la imagen en el listado y pulsar sobre la misma, para visualizar su archivo de documentación en el cuadro de texto principal.

Para la edición de los archivos de documentación se utiliza el módulo DOCUMENTAR.

**c) ¿Qué tipo de información brinda el módulo LIST?****d) Cambie algunos parámetros de la imagen en DESCRIBE y observe los efectos.**

*Las dudas que se le presenten durante las diferentes prácticas podrá consultarlas con el docente-tutor durante los encuentros presenciales. Sobre todas aquellas relacionadas con uso de los software.*



## PRÁCTICA II: VISUALIZACIÓN DISPLAY

*En este ejercicio se analizará y obtendrá una visión general de los elementos básicos de la visualización y generación de composiciones cartográficas.*



### Práctica II:

#### a) Despliegue DISPLAY de imágenes.

Para visualizar una imagen, pulsar sobre el icono DISPLAY. Para visualizar una imagen raster necesitamos definir:

- el tipo de archivo
- el nombre de la imagen y la paleta
- si se aplicará stretch a la imagen
- el factor de expansión (se determina uno automáticamente)
- cualquier componente del mapa (leyenda, escala, etc)

Elija la imagen **RCFC**, seleccione la paleta "Color composit 256", seguido del botón Aceptar. Mueva el puntero del mouse sobre la imagen.

**Observe qué sucede en la barra de estado.**

#### b) Cambio de opciones

Una vez que se visualizó la imagen, apareció el segundo elemento del sistema de visualización: COMPOSIT. Éste se utiliza para la generación de composiciones cartográficas, así como para controlar las características visuales de las capas ya visualizadas.

Pruebe cambiando opciones de paleta de colores desde COMPOSIT. Observe las leyendas.

**¿Qué tipos de datos posee cada imagen? ¿En qué difieren las entradas de las leyendas en estos archivos de documentación?**

#### c) Ventana y Zoom

El desplazamiento, el cambio de tamaño, el zoom y la extracción de zonas (Windows) son los modos en que se puede interactuar directamente con el sistema de visualización. La operación Windows permite seleccionar una zona de la imagen para su visualización, mientras que zoom, amplía una porción de la imagen.

**Cambie el tamaño de la ventana de visualización, aplique zoom, mediante los comandos correspondientes. Observe que se puede grabar la nueva ventana. Grabe una zona de la imagen.**

**Con el modo de consulta del cursor, se puede mover el puntero del mouse a cualquier punto de una imagen y obtener el valor del dato asociado en ese punto en la barra de estado. ¿A qué responde el valor?**

#### d) Visualización DISPLAY Vectorial

Para visualizar un archivo vectorial es necesario definir:

- el nombre del archivo vectorial
- el archivo de símbolos a utilizar
- si está conectado a un archivo de valores temáticos
- si se va incluir algún/os componente(s) del mapa (leyenda, escala gráfica, etc).

En DISPLAY indicar que se visualizará un archivo vectorial. El nombre del archivo: **DEPAR2** y el archivo de símbolos será Standard default

**Ahora que se ha utilizado la visualización de un archivo vectorial, ¿Qué diferencias existen con la visualización de una imagen raster?**



## PRÁCTICA III: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS: HISTOGRAMA. OPERACIONES AL MANEJO, MEJORAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DE IMÁGENES: REALCES

*Este práctico permitirá analizar diferentes modos de incrementar el contraste de las imágenes para mejorar su interpretación visual, como asimismo, obtener, mediante transformaciones, nuevas características de la zona de estudio.*



### Práctica III:

Desplegar para el análisis, las siguientes 4 imágenes de Landsat Thematic Mapper (TM):

#### IMAB1 - IMAB2 - IMAB3 - IMAB4

Que corresponden a las bandas de las longitudes de onda azul, verde, rojo e infrarrojo cercano, respectivamente.

#### a) Determinación del histograma de imágenes

A efectos de realzar las imágenes, analizando la necesidad de incrementar el contraste visual de la imagen. Con imágenes de satélite, es preferible utilizar, en la visualización, paletas en escala de grises.

**Visualice la imagen IMAB4 con la paleta Grey 256.**

**Observe el contraste de la imagen. Despliegue el histograma de la imagen.**

**Visualice la imagen IMAB1 con la paleta Grey 256.**

**Observe el contraste de la imagen. Despliegue el histograma de la imagen.**

**¿Cuál es la relación entre el histograma y la apariencia de las imágenes, en cada caso?**

#### b) Realces.

##### Autoescalado

Para incrementar el contraste de la imagen, es necesario cambiar la visualización, de forma que se utilicen todos los colores de la paleta, del negro al blanco. El modo más sencillo de realizar esta operación es autoescalar la imagen. Cuando se utiliza autoescalado, el valor mínimo de la imagen se visualiza con el color más bajo de la paleta y el máximo con el más alto. Los valores restantes se visualizan con el resto de los colores de la paleta. El autoescalado no cambia los valores de datos almacenados en el archivo, sólo cambia el rango de colores con que se visualizan.

**Visualizar la imagen IMAB4 con la paleta Greys 256, pero esta vez utilizar autoescalado. Observar como ha cambiado el contraste. Comparar las diferencias, visualizando con y sin autoescalado, una al lado de la otra.**

Aunque, generalmente, el autoescalado mejora el contraste, a veces el resultado es todavía poco contrastado para el análisis visual. Es posible conseguir mejores contrastes mediante la expansión STRECH de la imagen, pero a diferencia de autoescalar, cambia los valores de la imagen. Se pueden aplicar tres tipos de expansión a una imagen.



## STRECH

Expansión lineal –LINEAR-: funciona como el autoescalado, pero se pueden especificar puntos finales diferentes del mínimo y el máximo, y se puede establecer un nuevo número de intervalos.

Expansión lineal con saturación -LINEAR WITH SATURATION-: el usuario define un porcentaje (p.e., 2,5) de los píxeles de cada extremo (cola) del histograma, a los que se asignará un solo valor de dato.

Ecuación del histograma -HISTOGRAM EQUALIZATION-: asigna el mismo número de píxeles a cada intervalo, con la restricción de que los píxeles originales que pertenecen a una misma categoría no pueden dividirse en más de una categoría en la imagen de salida.

**Ejecutar el módulo STRETCH. Indicar que la imagen de entrada es IMAB4 y que la imagen de salida será LINEAL –LINEAR-. Utilizar el ajuste lineal por defecto y definir nuevos valores mínimos y máximos para el ajuste. Aceptar el resto de los parámetros por defecto. Cuando finalice, utilizar DISPLAY con la imagen LINEAL (LINEAR) y la paleta Gris 256. ¿Cómo aparece la imagen ahora?**

**Ejecutar el módulo STRETCH. Indicar que la imagen de entrada es IMAB4 y que la imagen de salida será SAT. Utilizar la opción de lineal con saturación y especificar el porcentaje de saturación como 2, para el ajuste. Aceptar el resto de los parámetros por defecto. Cuando finalice, utilizar DISPLAY con la imagen SAT y la paleta Grey 256. ¿Cómo aparece la imagen ahora?**

Es importante señalar aquí, que las imágenes generadas con STRETCH son útiles solamente para funciones de visualización. No deberían utilizarse en procesos de análisis — en los análisis se debe utilizar siempre las imágenes originales, no las que han sido procesadas con fines de visualización -.

**Ejecute el módulo STRETCH. Indicar que la imagen de entrada es IMAB4 y que la imagen de salida será ECUAL. Utilice la opción de 256 niveles, para el ajuste. Aceptar el resto de los parámetros por defecto. Cuando finalice, utilizar DISPLAY con la imagen ECUAL y la paleta Grey 256. ¿Cómo aparece la imagen ahora?**

## PRÁCTICA IV: DIGITALIZACIÓN DE VECTORES EN PANTALLA (PUNTOS, LÍNEAS Y POLÍGONOS)

*Para este ejercicio, es necesario desplegar la imagen IMAB2 en tonos de grises.*



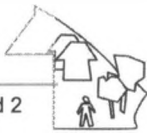
### Práctica IV:

Para comenzar la digitalización, pulsar sobre el icono DIGITIZING de la barra de herramientas. A continuación, introducir el nombre y tipo del archivo a crear. Seleccionar la opción archivo de polígonos y especificar su nombre: **AGUA**. Utilice la opción por defecto para comenzar con un ID de 1.

Digitalizar los polígonos moviendo el cursor al punto donde comienza el polígono y pulsando el botón izquierdo, mover hacia el segundo vértice del polígono y nuevamente pulsar el botón izquierdo, hasta el último vértice donde se pulsa el botón derecho. Si se comete un error, puede borrarse el último elemento digitalizado pulsando el botón de eliminar (el que aparece con una "X"), y continuar con la digitalización. Al finalizar, pulsar sobre el botón derecho del ratón.

Pulsar el icono guardar (el que se representa mediante una flecha curvada hacia abajo). Así se guardarán los polígonos en un archivo.

Realizar tres archivos vectoriales más, digitalizando en pantalla: un archivo llamado **VEGETACIÓN** que contenga polígonos con vegetación, otro llamado **URBANO** que contenga polígonos con asentamientos urbanos y un último archivo, llamado **DESCONOCIDO**, que contenga un polígono con un elemento que desconozca a priori su composición.



**PRÁCTICA V: COMPOSICIÓN COLOR DE IMÁGENES. FIRMA ESPECTRAL.**

*Este práctico permitirá componer imágenes combinando distintas bandas y analizar las diferentes composiciones. Obtener e interpretar una firma espectral y obtener un mapa temático mediante clasificación de las imágenes: supervisada y no supervisada.*

**Práctica V:**



Desplegar para el práctico, las siguientes 6 imágenes de Landsat Thematic Mapper (TM): **IMAB1 - IMAB2 - IMAB3 - IMAB4 - IMAB5 - IMAB7**

Que corresponden a las bandas de las longitudes de onda azul, verde, rojo e infrarrojo cercano, respectivamente.

**a) Composición color de imágenes:**

En este ejercicio se crearán imágenes de composición bandas. Hasta este momento, sólo se han visualizado distintas bandas de satélite por separado. Las composiciones de color permiten observar la información de reflectividad de tres bandas en una sola imagen y además, sirven de base para la realización de clasificaciones.

Este tipo de imágenes se crean con el módulo COMPOSIT. Las composiciones de color son muy útiles para realizar imágenes y la elección de las mismas depende de cada caso en particular.

Ejecutar COMPOSIT desde el menú Analysis/ Image Processing. Especificar IMAB1 como la banda azul, IMAB2 como verde e IMAB3 como la banda del rojo. Seleccionar el tipo de de lineal con saturación del 1% y no omitir los ceros. El resultado será IMAVC. Visualizar esta imagen con la paleta COMPOSIT. ¿Qué tipo de combinación o color se generó?

Generar una imagen utilizando las bandas IMAB2, IMAB3, IMAB5, correspondientes al Verde, Rojo e Infrarrojo Cercano, esta es la llamada composición en falso color típica o Standard. Nombrarla IMAFC.

Generar otras composiciones color con las restantes bandas. (IMAB2, IMAB4, IMAB5) .¿Qué conclusiones se obtienen de la comparación entre las diferentes composiciones?

**b) Firma espectral**

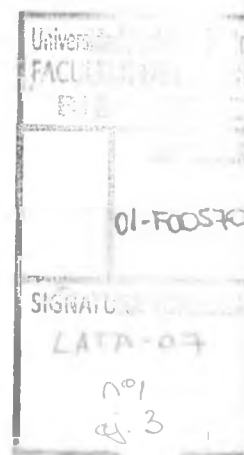
Las firmas espectrales, caracterizan a los elementos que componen la imagen. El módulo MAKESIG genera las firmas espectrales mediante campos de entrenamiento (archivo vectorial), a partir de la información contenida en las distintas bandas de una imagen. El módulo SIGCOMP compara las firmas creadas con MAKESIG y representa gráficamente y de forma simultánea, hasta un máximo de 9 firmas para todas las bandas.

Desplegar las imágenes: **IMAB1 - IMAB2 - IMAB3 - IMAB4 - IMAB5 - IMAB7**

Correspondientes a las bandas 1, 2, 3, 4, 5 y 7 de la imagen. Recordar que la banda IMAB2 fue utilizada en el Práctico IV, para la generación de archivos vectoriales que contenían polígonos que especificaban zonas de agua, vegetación, ocupación urbana y zona desconocida.

Para obtener las firmas espectrales de los anteriores elementos, activar el módulo MAKESIG de Análisis/ Image Processing/ Signature Development. Indicar para cada caso: agua, vegetación, urbano, desconocido, los archivos vectoriales correspondientes que contienen los polígonos que los especifican. En la opción de bandas, colocar las diferentes bandas correspondientes de la imagen.

Una vez terminado el proceso, comparar las firmas espectrales obtenidas, mediante el módulo SIGCOMP de Análisis/ Image Processing/ Signature Development. ¿Qué conclusiones se obtienen?



### **3. Sistema de información geográfica.**

#### **INTRODUCCIÓN**

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.



**CONTENIDOS****A. Introducción al conocimiento de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

1. Orígenes.

**B. Componentes de un SIG.**

1. Hardware.
2. Software.
3. Datos.
4. Liveware.

**C. Funciones de los SIG.**

1. Entrada de información.
2. Gestión de datos.
3. Transformación y análisis de datos.
4. Salida de datos.

**D. Estructura de los SIG.**

1. Objetos espaciales en los SIG.
2. Modelos de datos espaciales: vectorial y raster.
3. Los software existentes.

**E. Información temática de los datos.**

1. Base de datos.
2. Sistema de gestión de bases de datos.
3. Almacenamiento de base de datos.

**F. Extracción de información.**

1. Operaciones y análisis de datos.
2. Ejemplos de extracción de información.

**G. Los SIG en un proceso de planificación ambiental.****H. Trabajo Práctico.****I. Bibliografía.****OBJETIVOS**

- Brindar conocimientos acerca del manejo de los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones.



## **A** INTRODUCCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).

La aparición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es el resultado de dos tendencias tecnológicas desarrolladas desde la mitad del siglo, con el propósito de agilizar la ejecución de las investigaciones sistémicas, donde la componente espacial pasa a ser un punto relevante en los análisis.

**Por un lado**, está el desarrollo de los paquetes computacionales tendientes a la manipulación de una gran cantidad de datos, por ejemplo, las bases de datos, las planillas de cálculo, etc. y **por otro lado**, se desarrolla una tecnología tendiente a las labores gráficas, tanto de diseño como de ingeniería, cuyo objetivo es el producto gráfico de alta calidad. Ej. , AUTOCAD.

**Los SIG, son el producto de la suma inteligente entre los paquetes computacionales gráficos y alfanumérico, tendientes a satisfacer las necesidades de un mejor análisis espacial.**

Actualmente ciertas técnicas, hasta ahora ajenas a los SIG, empiezan a ser integradas a estos sistemas con el fin de buscar soluciones a determinadas cuestiones de índole espacial o territorial. Entre ellas, la **evaluación multicriterio (EMC) y multiobjetivo**, que se vislumbran como imprescindibles herramientas en los procesos de planificación y toma de decisiones.

### 1. LOS ORÍGENES

#### **Cartografía asistida por computadora:**

Desde los años 60-70, que comienza el desarrollo de la cartografía asistida por computadora, primero con información en grillas y luego con el principio vectorial, se han dado razones por las cuales se considera superior a la cartografía asistida por computadora:

- Rapidez en la elaboración de mapas existentes.
- Economía en la elaboración de mapas existentes.
- Confección de mapas específicos de acuerdo a las necesidades de los usuarios.
- Producción de mapas en sitios con personal calificado para la confección temática de los mismos.
- Permiten la experimentación con distintos sistemas de representación gráfica de datos.
- Se facilita la confección y corrección de los mapas en formato digital.
- Se facilita el análisis de datos que demandan interacción estadística y mapeo.
- Se reduce el almacenamiento de datos en formato impreso.
- Facilita las confecciones de mapas dificultosos (tridimensionales, estereoscópicos, etc.)
- Creación de mapas con criterios de selección.

La historia del uso de la computadora para el mapeo y análisis espacial, muestra que existió un desarrollo paralelo en la captura automática de datos, el análisis y la presentación de los mismos, en algunos campos, relacionados entre sí, como ser:

- a) catastro,
- b) topografía,
- c) cartografía temática,
- d) ingeniería civil,
- e) geografía,

- f) ciencias del suelo,
- g) ciencias ambientales,
- h) relevamiento y fotogrametría,
- i) planeamiento urbano y rural, etc.

**¿Qué es un SIG?**

Desde el comienzo de la aparición de los SIG, las definiciones han ido cambiando y variando conceptualmente, según el punto de vista del autor. Pero lo que sí se verifica, es la existencia de elementos en común a través del tiempo, que son los que constituyen la base esencial de los SIG.

Las distintas disciplinas que comienzan a delinear, una primera definición de los SIG, establecen el siguiente concepto: SIG: set de herramientas, que permiten, coleccionar, ordenar, almacenar, recuperar, transformar y desplegar los datos espaciales del mundo real, para un propósito determinado (Burrough, 1986).

Otra definición, es aquella que se refiere a los componentes del SIG, donde se puede contemplar una tecnología: hardware y software, una infraestructura adecuada y los procedimientos empleados.

Un SIG, es un sistema que permite el almacenamiento, manejo, integración, análisis y despliegue de información espacialmente acotada (georreferenciada).

También se define en función de su objetivo: *“modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la Tierra, establecido para satisfacer unas necesidades de información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concreto”* (Rodríguez Pascual, 1993). Es decir, una visión esquemática de una realidad compleja.

Actualmente, la percepción que se posee de los SIG, consiste en una especie de mapeo sofisticado. Ello sería desmerecer la potencialidad del sistema, cuya principal razón de ser radica, en el posterior análisis de la información, con la consiguiente extracción multivariable que permite las inferencias adecuadas al problema tratado.

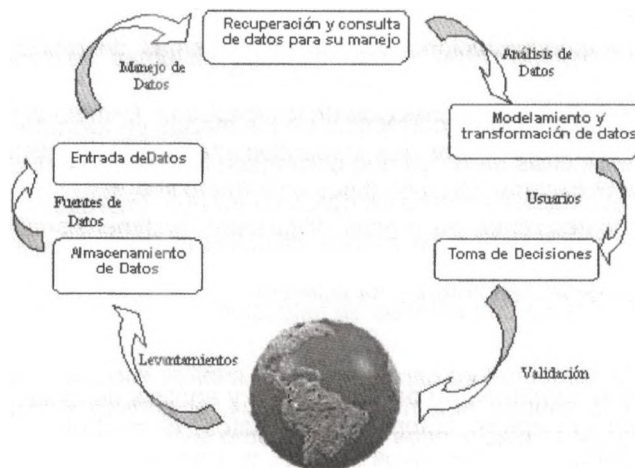
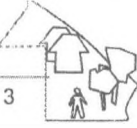


Fig. 45: [www.clas.umss.edu.bo/graficos/sig.gif](http://www.clas.umss.edu.bo/graficos/sig.gif)



## **B** COMPONENTES DE UN SIG

Un SIG, está compuesto por cuatro componentes principales, definidos por Maguire (1991):

- hardware (parte física)
- software (programas de aplicación)
- datos
- liveware (parte viva del sistema).

### 1. Hardware

- **CPU:** Componente físico donde se almacena, maneja y analiza toda la información espacial. Los más usados actualmente son Pc's y Workstation, según la escala de trabajo.
- **Tableta o mesa digitalizadora:** Tabletas electrónicas formadas de una fina malla magnética, que permite la captación de datos de coordenadas (X, Y Z) mediante la pulsación de un mouse electrónico.
- **Scanner:** Componente físico que permite el ingreso de información gráfica existente en formato raster.
- **Lectoras:** Discos, memorias, video, cintas, cartdriges, CD, etc., dispositivos magnéticos que permiten la recuperación o almacenamiento de información.
- **Monitor gráfico:** Debe cumplir requisitos de un despliegue mínimo de 256 colores.
- **Plotter:** Dibujado automático de información gráfica.
- **Impresora:** Existen de diferentes tipos, láser, inyección de tinta, etc.

### 2. Software

Es un paquete de programas que debe contemplar la posibilidad de realizar tareas en los siguientes módulos:

- a) Ingreso y verificación de información
- b) Almacenamiento de la base de datos
- c) Extracción de la información y salida de resultados
- d) Análisis y modelado

### 3. Datos

Es el elemento crucial de un sistema, ya que sobre la base de ellos, se realizarán todas las operaciones y de allí la importancia de su disponibilidad, obtención, adquisición, elaboración y veracidad. En general constituye la faz más costosa de un proyecto.

En un proyecto de planificación, la disponibilidad de los datos y el formato en que se encuentran (si son o no digitales) para su ingreso al sistema, debe ser considerado a la hora de concretar estudios, pues son condicionantes de la potencialidad de un SIG.

En regiones como la nuestra, donde recién comienza una sistematización de la información, es frecuente la no-disponibilidad de datos en formato digital, lo que significa adoptar soluciones al problema. Por un lado, se verá más adelante, tendremos una carga de la información alfanumérica, que es la usualmente empleada en las bases de datos, planillas de cálculo, etc.,

y por otro lado, lo que sí constituye una característica en los SIG, es el ingreso de la información espacial (generalmente en forma de imágenes, planos, mapas, etc.) mediante procesos denominados de digitalización.

#### 4. Liveware

Es considerado el elemento más importante de un SIG. Son las personas encargadas del diseño, implementación y uso del SIG. Son las que encontrarán las soluciones mediante el uso de los SIG, a partir de los datos existentes.

Frecuentemente son el puente entre los tres elementos anteriormente citados y los organismos gestores de planificación.

Para que un SIG sea una herramienta eficiente, debe estar dentro de un contexto organizativo adecuado. Es por ello que al implementar un SIG, para alguna aplicación es fundamental tener claro el objetivo que se persigue, satisfaciendo en forma eficiente y oportuna las demandas de información proyectadas. Para el logro de esta eficiencia se deben estudiar detenidamente dos puntos fundamentales:

- a) la estructura organizativa y funcional, donde se inserta un SIG, con el objeto de agilizar el flujo de información necesaria en la aplicación.
- b) Justificación, en cada proceso, de la aplicación la variable geográfica como un elemento de análisis.

## C FUNCIONES DE LOS SIG

Se pueden concentrar en cuatro conjuntos fundamentales:

1. Entrada de información
2. Gestión de datos
3. Transformación y análisis de datos
4. Salida de datos.

### 1 Entrada de información

Los hechos de la realidad y el espacio, deben sufrir un conjunto de modificaciones y simplificaciones para que puedan ser tratados por un SIG, encargándose de ello, los procedimientos de entrada de información que permiten generar una base de datos en forma digital y geográficamente referenciada.

Los procedimientos que se emplean para su ingreso, dependen de las fuentes de información disponibles. Por otra parte, existen además, dos tipos de fuentes de datos: por un lado, la observación directa de la realidad, y por el otro, el uso de fuentes secundarias como mapas analógicos y fotografías aéreas, información censal o de cualquier otro tipo, pero que se pueda referenciar espacialmente.

*Se pueden distinguir dos tipos de información: la gráfica y la alfanumérica.*





### Información gráfica:

Consiste en cartografía numerizada o de imágenes digitalizadas que se encuentran en soportes informáticos como ficheros específicos o bases de datos. El ingreso al sistema, se origina mediante diferentes métodos y sistemas y a cualquier escala de representación. La fuente original es sin embargo el mapa tradicional, una representación analógica de la realidad, que no está adaptado para ser procesado por la computadora que utiliza los datos en formato digital. Los métodos de captura y almacenamiento de la información geográfica se encargan de esta transformación, y se agrupan en modelos vectoriales (representación vectorial de la realidad) o raster (representación matricial).

Estos datos geográficos configuran la cartografía del sistema y almacenan la información territorial referenciada, permitiendo añadir de forma independiente atributos unidos a ella.

### Información alfanumérica:

Corresponde a atributos de objetos cartografiados susceptibles de georreferenciación. Para la obtención de los datos alfanuméricos o temáticos relacionados con los objetos cartográficos es frecuente acudir a fuentes de información externas como censos, mapas de suelos, boletines meteorológicos, etc.

La particularidad del SIG, es la de hacer compatibles, relacionables y complementarios ambos conjuntos de datos a fin de facilitar el posterior tratamiento de los mismos.

### Métodos de observación directa

La toma directa de datos desde el terreno es el procedimiento más seguro para conseguir generar una base de datos fiable, pero también la más costosa en cuanto a tiempo y dinero. Por ejemplo, se pueden mencionar los tratamientos de información obtenidas de levantamientos topográficos y los de tecnología de punta más usados actualmente con los GPS (Global Positioning System), los cuales obtienen información de coordenadas geométricas con la ayuda de un conjunto de satélites que giran en torno a la Tierra.

### Fuentes secundarias

Constituyen en la actualidad el método más usado para el ingreso de la información.

#### a) Digitalización vectorial:

Obtención de coordenadas (x, y, z), de los límites de los objetos espaciales existentes en el mapa fuente. Los pasos que se siguen en este proceso son los siguientes:

- Preparación de la información fuentes mediante la codificación de los diferentes elementos geográficos: puntos, líneas y polígonos.
- Mediante algún procedimiento, normalmente una mesa o tableta digitalizadora, se obtienen las coordenadas (x, y, z) de cada punto o vértice de segmentos lineales. Un elemento fundamental y primario de este proceso es establecer una relación entre las coordenadas de mesa digitalizadora y las del mundo real (geográficas, UTM, etc.), lo cual se realiza mediante puntos de control que servirán de conectores con la proyección cartográfica seleccionada.

#### b) Digitalización raster manual:

Se realiza superponiendo sobre el mapa fuente, una cuadrícula cuya celda tiene el tamaño base establecido en proyecto a realizar. A continuación, se codifica cada una de las celdas mediante un valor temático de la variable geográfica.

c) **Scanner o barreador automático:**

En este caso un dispositivo físico realiza la tarea de asignar a cada punto o celda del mapa fuente, un valor cuantitativo dependiendo de su contenido gráfico. El scanner proporciona una fotocopia del mapa analógico, en el cual se codifica, en forma manual o automática (clasificación de imágenes) el valor que representa el área. Por lo tanto, la obtención de datos automáticos resulta por el momento laboriosa, sobre todo si sumado a lo ya explicado de que los mapas que serán leídos por el barreador óptico no pueden tener ningún tipo de defecto o mancha, puede todo ello convertirse igualmente en niveles de grises y por lo tanto elementos de error.

d) **Conversión de información existente:**

Otro método de ingreso de información que cada vez se hace más frecuente es la obtención de datos ya ingresados y editados. Las dificultades más frecuentes a este respecto son la conversión de distintos formatos digitales (DXF, ARC-INFO, ASCII, etc.) y la conversión raster-vector y vector-raster. Con el ingreso al mercado de nuevos softwares desarrollados para este propósito, se abre una nueva posibilidad en este campo de ingreso de la información. Empresas dedicadas al desarrollo de software, ya están ofreciendo productos que permiten la vectorización de información escaneada previamente con la corrección posible de errores producto del escaneo. Es evidente que el futuro está en este tipo de conversiones.

## 2. Gestión de datos

Gestión y manipulación para almacenar y recuperar la información de la base de datos. Implica como se organiza la información espacial y temática en la base de datos.

## 3. Transformación y análisis de datos.

Es el aspecto fundamental de la potencialidad de los SIG. En esta etapa, se produce el análisis y manipulación de los datos existentes con el fin de generar una nueva información.

Algunas de las operaciones más comunes son la recuperación, combinación, reclasificación, superposición, correlaciones, etc., de las distintas capas temáticas espaciales, que permiten desarrollar e implementar un modelado espacial que permita la generación de posibles soluciones a problemas inicialmente planteados.

Puede considerarse a un SIG como un "modelo de simulación" a los efectos de la planificación. En él, el planificador, "simula" la respuesta del sistema, ante las diferentes variables intervinientes en el proceso.

## 4. Salida de datos

La salida de datos es la operación que permite presentar el resultado del tratamiento de los mismos en una forma comprensible para el usuario.

Uno de estos procedimientos es la visualización. La misma puede ser temporal (monitores gráficos) o permanente (en papel, etc.). Se incluyen aquí los dispositivos como plotters, impresoras, monitores, etc., que generan imágenes tanto en formato raster como vectorial.

Las posibilidades de un SIG en relación con las funciones de salida pueden resumirse en:

- Selección del área a visualizar que se desea imprimir o editar.
- Cambio de escala



- Cambio de color
- Modificaciones del texto, dimensiones, etc.
- Selección de niveles o capas superpuestas
- Comando para el volcado de datos en soporte magnético bajo distintos formatos.

## D ESTRUCTURA DE LOS SIG

Los datos espaciales en un SIG pueden entenderse como un conjunto de mapas de una porción específica de la superficie, representando cada uno de ellos una variable temática (red vía, hidrografía, ocupación del suelo, etc.).

Cada una de estas variables temáticas, recibe una vez introducida al sistema, el nombre de capa temática o layer.

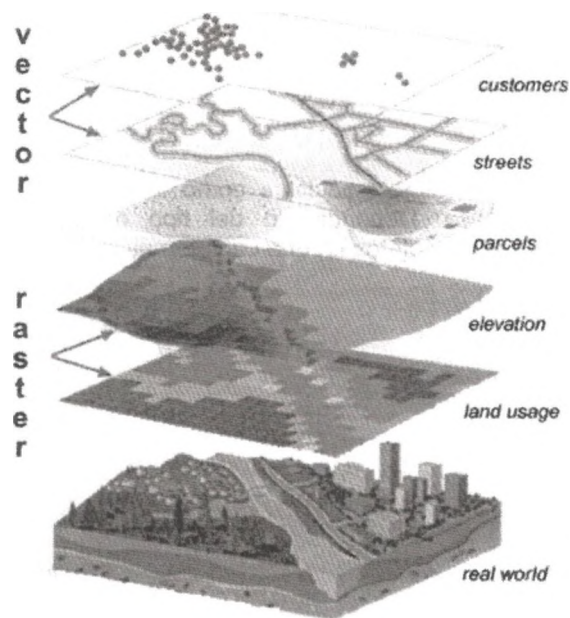


Fig. 46: Fuente ESRI

*¿Qué es una capa temática?*

Una capa temática o “layer” es un “conjunto de elementos geográficos lógicamente relacionados y sus atributos temáticos”. (Aronoff, 1989).

Todos los fenómenos, procesos y elementos del mundo real, pueden ser representados en las capas o estratos por los siguientes objetos espaciales que lo definen:

- **Puntos:** elementos del mundo real que se asocian a una sola localización (pozo, torre, núcleo urbano, etc.)
- **Líneas (arcos):** elementos que requieren de una secuencia de coordenadas espaciales. Ej. camino, línea de alta tensión, etc.
- **Áreas (polígonos):** elementos que son representados por una secuencia de coordenadas que se encierran en un punto. Ej. : zonas urbanas, provincia, etc.

- Celdas (píxeles): elementos que representan un valor temático asociado.

La estructuración de la información del mundo real en capas mediante los objetos espaciales, brinda la posibilidad de obtener información acerca de su:

**Localización:** Posición absoluta de cada objeto con respecto a sistemas de coordenadas (x e y) conocidas.

**Relaciones topológicas:** localización relativa en función de otros objetos espaciales y sus relaciones o la manera en que los objetos se relacionan entre sí.

**Atributos:** Variable de descripción temática ligada a cada objeto que no está relacionada a la posición (color, incidencia de una epidemia, índice de natalidad).

En la estructura de los SIG, una cuestión fundamental de señalar, es que un punto de una determinada capa, tiene exactamente la misma localización (x, y) en cualquiera de las capas que se están analizando. Esto es lo que permite una superposición de las capas entre sí para un posterior análisis.

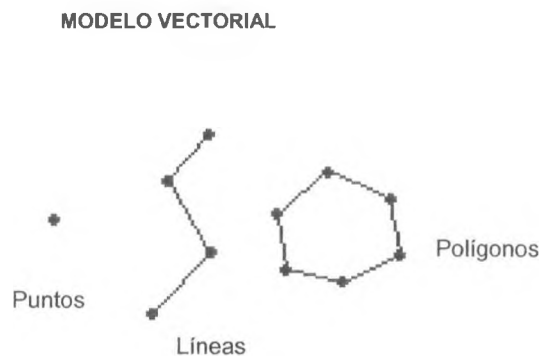
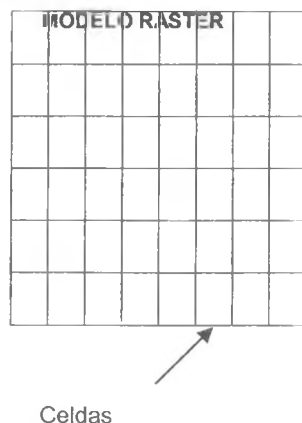
## 1. Objetos espaciales en los SIG

Anteriormente se definió a los objetos espaciales como la representación de los hechos espaciales en una capa temática. Dependiendo del tipo de hecho espacial, será su representación por alguno de los tres objetos en una capa temática del modelo vectorial:

Puntos (0- dimensionales)

Líneas (1- dimensionales)

Áreas (2- dimensionales)



En cuanto a la representación es fundamental tener en cuenta el factor escala, ya que un mismo elemento a diferentes escalas puede ser un punto o un polígono.

A partir de la información geográfica continua proveniente del mundo real, obtenemos mediante un proceso de abstracción y discretización los objetos espaciales.

Las relaciones que pueden establecerse entre los tres objetos espaciales básicos entre pares de objetos fueron definidas por Gatrell (1991):



Objetos	Puntos	Líneas	Áreas
Puntos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- es vecino de</li> <li>- es asignado a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- está cerca de</li> <li>- está en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- es centroide de</li> <li>- está en</li> </ul>
Líneas		<ul style="list-style-type: none"> <li>- cruza</li> <li>- une</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- intersecta</li> <li>- es límite</li> </ul>
Áreas			<ul style="list-style-type: none"> <li>- superpuesto por</li> <li>- es adyacente a</li> </ul>

La tabla anterior muestra las relaciones para un modelo vectorial, para un modelo raster, es posible obtener un resultado similar, mediante la superposición de celdas temáticas.

## 2 Modelos de datos espaciales: vectorial y raster.

La representación de los datos espaciales, se realiza mediante varios tipos de estructuras. Los dos más usuales, son las llamadas raster y vectorial.

**Raster:** El espacio geográfico real es subdividido en pequeñas unidades (celdas o píxeles) en las cuales se miden los valores temáticos existentes de manera homogénea.

**Vectorial:** Se centra en la descripción de las fronteras exteriores de los elementos geográficos existentes en el mundo real, mediante puntos y líneas.

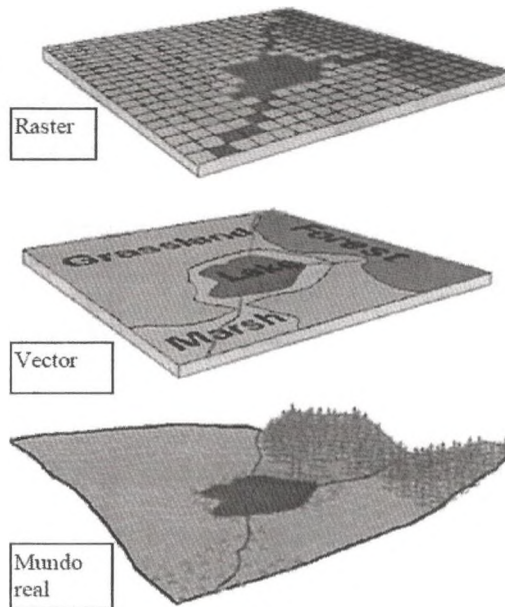


Fig. 47: Fuente: <http://www.geotecnologias.com/Documentos/GIS.pdf>

## 3. Los software existentes

Según basen su manejo de la información en formato raster o vectorial, se dividen en dos grandes grupos. Los que basan su manejo en formato vectorial, (ARC-INFO) o raster (IDRISI). Difieren sensiblemente en sus posibilidades cartográficas, analíticas y en precio. Los primeros, suelen ser más costosos que los segundos.



	Vector	Raster
<b>Ventajas</b>	La información puede ser representada en su forma y resolución espacial original sin necesidad de ser generalizada	Debido a la forma y técnica de almacenamiento, el análisis espacial de la información es generalmente fácil de programar y rápido de ejecutar
	La representación de los mapas vectoriales, es generalmente, de una alta calidad gráfica	La información de tipo discreta (Estaciones Meteorológicas) se acomoda igual de bien que la información de tipo continuo (Información altimétrica) y facilita la integración de ambos tipos de información
	Dado que la mayoría de la información disponible está en forma vectorial, no se requiere procesos de conversión posteriores.	
	Se mantiene una exacta localización geográfica de la información	
<b>Desventajas</b>	Para un análisis efectivo, esta información debe ser convertida en una estructura topológica. Esto implica un procesamiento intensivo y un largo trabajo de limpieza y corrección de la información.	El tamaño de la celda determina la resolución espacial a la cual la información es representada.
	Los algoritmos para las funciones de análisis y manejo de la información son complejos y pueden requerir un procesamiento intensivo por lo tanto el software tiende a ser de un costo más elevado.	Debido a la estructura de celdas, los análisis en redes (network) son de difícil relación
	Es complicado realizar análisis espacial e imposible aplicar técnicas de filtrados en el interior de los polígonos	Dado que la mayoría de la información cartográfica disponible se encuentra en forma vectorial se debe realizar un proceso de conversión vector- raster para trabajar con ellas, esto requiere un procesamiento intensivo y afecta la integridad de la información debido a la generalización que se produce.
		La representación de los mapas no es de una alta calidad gráfica.

## E INFORMACIÓN TEMÁTICA DE LOS DATOS

### 1. Base de datos

*“Una colección de uno o más ficheros de datos, almacenados en una forma estructurada y que contienen información no redundante, de modo que las relaciones que existen entre los distintos ítems o conjuntos de datos puedan ser utilizados por el sistema de gestión para manipular o recuperar los mismos.” (Bosque Sendra, 1992)*



## 2 Sistema de gestión de bases de datos

Es un programa de computación que permite almacenar, editar y recuperar información de una base de datos.

## 3 Almacenamiento de base de datos

El almacenamiento de base de datos en los SIG, se diferencia por los dos modelos de datos existentes, vectorial y raster.

- a) **Vectorial:** Los objetos espaciales están representados de modo explícito, y junto a la descripción digital de sus características espaciales, llevan asociados un conjunto de aspectos temáticos. Generalmente existen dos bases de datos, una que maneja la parte espacial y otra la parte alfanumérica. Ambas están vinculadas por un identificador común referido a un objeto espacial, que aparece en ambas bases (temática y espacial) de manera que los cambios en una, repercutan inmediatamente en la otra. Las más utilizadas son las "relacionales".

### Bases de datos relacionales:

En este tipo de base de datos el concepto clave es la "relación". Una relación equivale a un concepto de doble entrada. Por un lado, tenemos a una serie de filas o registros (que corresponden a diferentes datos geográficos) y por otro a una serie de columnas, que indican las variables temáticas de dichos datos geográficos. Una de las columnas debe contener un elemento crucial de la descripción digital de la información, que es el identificador. Este, es unívoco para cada elemento considerado. Sirve para relacionar la información espacial con la temática por un lado, y por otro, para unir dos o más ficheros de datos temáticos.

En la siguiente tabla, se da un ejemplo de una relación de doble entrada.

Identificador	Nombre	Apellido	Edad
1	Nora	Gómez	25
2	Pepe	López	27
3	Luisa	Lane	30

- b) **Raster:**

Los sistemas raster, no presentan la complejidad de las bases de datos vectoriales, ya que los aspectos espaciales y temáticos se almacenan de modo simultáneo. La forma de organizar estas bases de datos se realiza mediante la construcción de ficheros simples.

Variable A: **Suelos**

1	1	1 arcilla
1	2	2 arena
3	2	3 limo

Variable B: **Vegetación**

2	3	1 bosque
4	5	2 selva
1	5	3 pajonal
		4 camalote
		5 palmar

Base de datos simple:

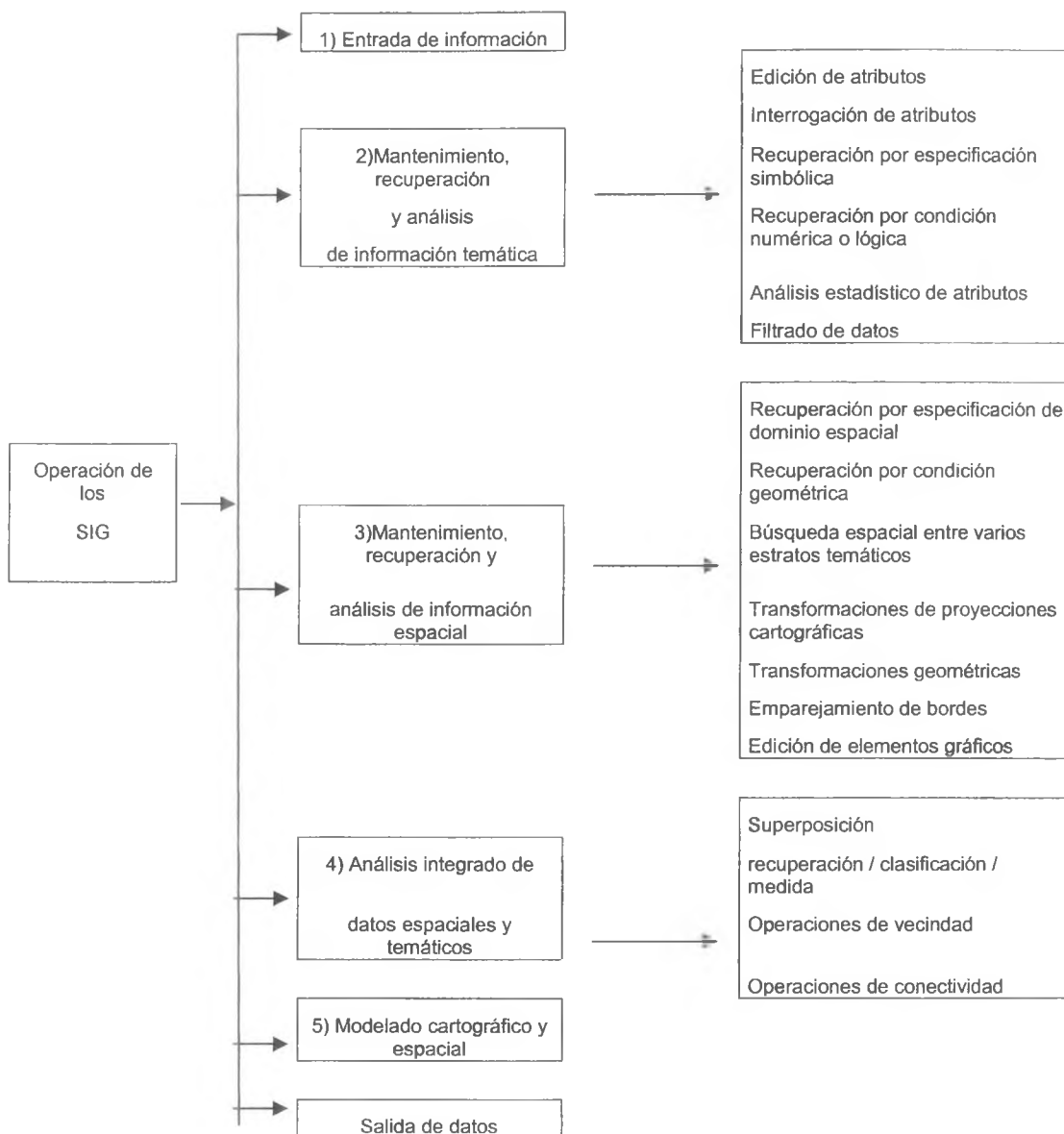
	Variable A	Variable B
1,1	1	2
1,2	1	3
2,1	1	4
2,2	2	5
3,1	3	1
3,3	2	5

## **F** EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN

### **1. Operaciones y análisis de datos**

---

*En la siguiente figura, se observa una clasificación de las operaciones que pueden llevarse a cabo en un SIG, sobre los componentes espaciales y temáticos:*



Las operaciones que puede llevar a cabo un SIG con los datos de la base de datos son diversas, pudiéndose realizar independientemente sobre el componente espacial o el temático, o bien en procesos que involucren a ambos componentes simultáneos. Para ello, se utilizan las relaciones de lógica booleana y aritméticas (en modelos vectoriales) y clasificaciones multivariantes, operaciones estadísticas uni y multivariantes, histogramas, correlaciones, interpolaciones, etc. (modelo raster).

**2. Ejemplos de extracción de información**

- Interrogación de atributos: ¿En qué lugar se encuentra el atributo x?
- Recuperación por especificación de dominio espacial: Dónde se encuentran polígonos de superficie mayor a 100 km<sup>2</sup>.
- Superposición: suma gráfica, topológica y temática de diferentes capas de información espacial, para formar un solo estrato con la información total.

**CONTENIDOS****A. Introducción al conocimiento de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

1. Orígenes.

**B. Componentes de un SIG.**

1. Hardware.
2. Software.
3. Datos.
4. Liveware.

**C. Funciones de los SIG.**

1. Entrada de información.
2. Gestión de datos.
3. Transformación y análisis de datos.
4. Salida de datos.

**D. Estructura de los SIG**

1. Objetos espaciales en los SIG.
2. Modelos de datos espaciales: vectorial y raster.
3. Los software existentes.

**E. Información temática de los datos**

1. Base de datos.
2. Sistema de gestión de bases de datos.
3. Almacenamiento de base de datos.

**F. Extracción de información**

1. Operaciones y análisis de datos.
2. Ejemplos de extracción de información.

**G. Los SIG en un proceso de planificación ambiental.****H. Trabajo Práctico.****I. Bibliografía****OBJETIVOS**

- Brindar conocimientos acerca del manejo de los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones.





## **A** INTRODUCCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).

La aparición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es el resultado de dos tendencias tecnológicas desarrolladas desde la mitad del siglo, con el propósito de agilizar la ejecución de las investigaciones sistémicas, donde la componente espacial pasa a ser un punto relevante en los análisis.

**Por un lado**, está el desarrollo de los paquetes computacionales tendientes a la manipulación de una gran cantidad de datos, por ejemplo, las bases de datos, las planillas de cálculo, etc. y **por otro lado**, se desarrolla una tecnología tendiente a las labores gráficas, tanto de diseño como de ingeniería, cuyo objetivo es el producto gráfico de alta calidad. Ej. , AUTOCAD.

**Los SIG, son el producto de la suma inteligente entre los paquetes computacionales gráficos y alfanumérico, tendientes a satisfacer las necesidades de un mejor análisis espacial.**

Actualmente ciertas técnicas, hasta ahora ajenas a los SIG, empiezan a ser integradas a estos sistemas con el fin de buscar soluciones a determinadas cuestiones de índole espacial o territorial. Entre ellas, la **evaluación multicriterio (EMC) y multiobjetivo**, que se vislumbran como imprescindibles herramientas en los procesos de planificación y toma de decisiones.

### 1. LOS ORÍGENES

#### **Cartografía asistida por computadora:**

Desde los años 60-70, que comienza el desarrollo de la cartografía asistida por computadora, primero con información en grillas y luego con el principio vectorial, se han dado razones por las cuales se considera superior a la cartografía asistida por computadora:

- Rapidez en la elaboración de mapas existentes.
- Economía en la elaboración de mapas existentes.
- Confección de mapas específicos de acuerdo a las necesidades de los usuarios.
- Producción de mapas en sitios con personal calificado para la confección temática de los mismos.
- Permiten la experimentación con distintos sistemas de representación gráfica de datos.
- Se facilita la confección y corrección de los mapas en formato digital.
- Se facilita el análisis de datos que demandan interacción estadística y mapeo.
- Se reduce el almacenamiento de datos en formato impreso.
- Facilita las confecciones de mapas dificultosos (tridimensionales, estereoscópicos, etc.)
- Creación de mapas con criterios de selección.

La historia del uso de la computadora para el mapeo y análisis espacial, muestra que existió un desarrollo paralelo en la captura automática de datos, el análisis y la presentación de los mismos, en algunos campos, relacionados entre sí, como ser:

- a) catastro,
- b) topografía,
- c) cartografía temática,
- d) ingeniería civil,
- e) geografía,

- f) ciencias del suelo,
- g) ciencias ambientales,
- h) relevamiento y fotogrametría,
- i) planeamiento urbano y rural, etc.

**¿Qué es un SIG?**

Desde el comienzo de la aparición de los SIG, las definiciones han ido cambiando y variando conceptualmente, según el punto de vista del autor. Pero lo que sí se verifica, es la existencia de elementos en común a través del tiempo, que son los que constituyen la base esencial de los SIG.

Las distintas disciplinas que comienzan a delinear, una primera definición de los SIG, establecen el siguiente concepto: SIG: set de herramientas, que permiten, coleccionar, ordenar, almacenar, recuperar, transformar y desplegar los datos espaciales del mundo real, para un propósito determinado (Burrough, 1986).

Otra definición, es aquella que se refiere a los componentes del SIG, donde se puede contemplar una tecnología: hardware y software, una infraestructura adecuada y los procedimientos empleados.

Un SIG, es un sistema que permite el almacenamiento, manejo, integración, análisis y despliegue de información espacialmente acotada (georreferenciada).

También se define en función de su objetivo: *“modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la Tierra, establecido para satisfacer unas necesidades de información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concreto”* (Rodríguez Pascual, 1993). Es decir, una visión esquemática de una realidad compleja.

Actualmente, la percepción que se posee de los SIG, consiste en una especie de mapeo sofisticado. Ello sería desmerecer la potencialidad del sistema, cuya principal razón de ser radica, en el posterior análisis de la información, con la consiguiente extracción multivariable que permite las inferencias adecuadas al problema tratado.

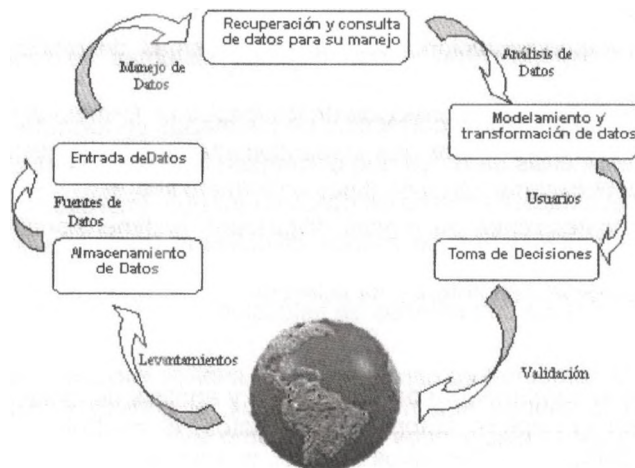


Fig. 45: [www.clas.umss.edu.bo/graficos/sig.gif](http://www.clas.umss.edu.bo/graficos/sig.gif)



## **B** COMPONENTES DE UN SIG

Un SIG, está compuesto por cuatro componentes principales, definidos por Maguire (1991):

- hardware (parte física)
- software (programas de aplicación)
- datos
- liveware (parte viva del sistema).

### 1. Hardware

- **CPU:** Componente físico donde se almacena, maneja y analiza toda la información espacial. Los más usados actualmente son Pc's y Workstation, según la escala de trabajo.
- **Tableta o mesa digitalizadora:** Tabletas electrónicas formadas de una fina malla magnética, que permite la captación de datos de coordenadas (X, Y Z) mediante la pulsación de un mouse electrónico.
- **Scanner:** Componente físico que permite el ingreso de información gráfica existente en formato raster.
- **Lectoras:** Discos, memorias, video, cintas, cartdriges, CD, etc., dispositivos magnéticos que permiten la recuperación o almacenamiento de información.
- **Monitor gráfico:** Debe cumplir requisitos de un despliegue mínimo de 256 colores.
- **Plotter:** Dibujado automático de información gráfica.
- **Impresora:** Existen de diferentes tipos, láser, inyección de tinta, etc.

### 2. Software

Es un paquete de programas que debe contemplar la posibilidad de realizar tareas en los siguientes módulos:

- a) Ingreso y verificación de información
- b) Almacenamiento de la base de datos
- c) Extracción de la información y salida de resultados
- d) Análisis y modelado

### 3. Datos

Es el elemento crucial de un sistema, ya que sobre la base de ellos, se realizarán todas las operaciones y de allí la importancia de su disponibilidad, obtención, adquisición, elaboración y veracidad. En general constituye la faz más costosa de un proyecto.

En un proyecto de planificación, la disponibilidad de los datos y el formato en que se encuentran (si son o no digitales) para su ingreso al sistema, debe ser considerado a la hora de concretar estudios, pues son condicionantes de la potencialidad de un SIG.

En regiones como la nuestra, donde recién comienza una sistematización de la información, es frecuente la no-disponibilidad de datos en formato digital, lo que significa adoptar soluciones al problema. Por un lado, se verá más adelante, tendremos una carga de la información alfanumérica, que es la usualmente empleada en las bases de datos, planillas de cálculo, etc.,

y por otro lado, lo que sí constituye una característica en los SIG, es el ingreso de la información espacial (generalmente en forma de imágenes, planos, mapas, etc.) mediante procesos denominados de digitalización.

#### 4. Liveware

Es considerado el elemento más importante de un SIG. Son las personas encargadas del diseño, implementación y uso del SIG. Son las que encontrarán las soluciones mediante el uso de los SIG, a partir de los datos existentes.

Frecuentemente son el puente entre los tres elementos anteriormente citados y los organismos gestores de planificación.

Para que un SIG sea una herramienta eficiente, debe estar dentro de un contexto organizativo adecuado. Es por ello que al implementar un SIG, para alguna aplicación es fundamental tener claro el objetivo que se persigue, satisfaciendo en forma eficiente y oportuna las demandas de información proyectadas. Para el logro de esta eficiencia se deben estudiar detenidamente dos puntos fundamentales:

- a) la estructura organizativa y funcional, donde se inserta un SIG, con el objeto de agilizar el flujo de información necesaria en la aplicación.
- b) Justificación, en cada proceso, de la aplicación la variable geográfica como un elemento de análisis.

## C FUNCIONES DE LOS SIG

Se pueden concentrar en cuatro conjuntos fundamentales:

1. Entrada de información
2. Gestión de datos
3. Transformación y análisis de datos
4. Salida de datos.

### 1 Entrada de información

Los hechos de la realidad y el espacio, deben sufrir un conjunto de modificaciones y simplificaciones para que puedan ser tratados por un SIG, encargándose de ello, los procedimientos de entrada de información que permiten generar una base de datos en forma digital y geográficamente referenciada.

Los procedimientos que se emplean para su ingreso, dependen de las fuentes de información disponibles. Por otra parte, existen además, dos tipos de fuentes de datos: por un lado, la observación directa de la realidad, y por el otro, el uso de fuentes secundarias como mapas analógicos y fotografías aéreas, información censal o de cualquier otro tipo, pero que se pueda referenciar espacialmente.

*Se pueden distinguir dos tipos de información: la gráfica y la alfanumérica.*



### Información gráfica:

Consiste en cartografía numerizada o de imágenes digitalizadas que se encuentran en soportes informáticos como ficheros específicos o bases de datos. El ingreso al sistema, se origina mediante diferentes métodos y sistemas y a cualquier escala de representación. La fuente original es sin embargo el mapa tradicional, una representación analógica de la realidad, que no está adaptado para ser procesado por la computadora que utiliza los datos en formato digital. Los métodos de captura y almacenamiento de la información geográfica se encargan de esta transformación, y se agrupan en modelos vectoriales (representación vectorial de la realidad) o raster (representación matricial).

Estos datos geográficos configuran la cartografía del sistema y almacenan la información territorial referenciada, permitiendo añadir de forma independiente atributos unidos a ella.

### Información alfanumérica:

Corresponde a atributos de objetos cartografiados susceptibles de georreferenciación. Para la obtención de los datos alfanuméricos o temáticos relacionados con los objetos cartográficos es frecuente acudir a fuentes de información externas como censos, mapas de suelos, boletines meteorológicos, etc.

La particularidad del SIG, es la de hacer compatibles, relacionables y complementarios ambos conjuntos de datos a fin de facilitar el posterior tratamiento de los mismos.

### Métodos de observación directa

La toma directa de datos desde el terreno es el procedimiento más seguro para conseguir generar una base de datos fiable, pero también la más costosa en cuanto a tiempo y dinero. Por ejemplo, se pueden mencionar los tratamientos de información obtenidas de levantamientos topográficos y los de tecnología de punta más usados actualmente con los GPS (Global Positioning System), los cuales obtienen información de coordenadas geométricas con la ayuda de un conjunto de satélites que giran en torno a la Tierra.

### Fuentes secundarias

Constituyen en la actualidad el método más usado para el ingreso de la información.

#### a) Digitalización vectorial:

Obtención de coordenadas (x, y, z), de los límites de los objetos espaciales existentes en el mapa fuente. Los pasos que se siguen en este proceso son los siguientes:

- Preparación de la información fuentes mediante la codificación de los diferentes elementos geográficos: puntos, líneas y polígonos.
- Mediante algún procedimiento, normalmente una mesa o tableta digitalizadora, se obtienen las coordenadas (x, y, z) de cada punto o vértice de segmentos lineales. Un elemento fundamental y primario de este proceso es establecer una relación entre las coordenadas de mesa digitalizadora y las del mundo real (geográficas, UTM, etc.), lo cual se realiza mediante puntos de control que servirán de conectores con la proyección cartográfica seleccionada.

#### b) Digitalización raster manual:

Se realiza superponiendo sobre el mapa fuente, una cuadrícula cuya celda tiene el tamaño base establecido en proyecto a realizar. A continuación, se codifica cada una de las celdas mediante un valor temático de la variable geográfica.



c) **Scanner o barreador automático:**

En este caso un dispositivo físico realiza la tarea de asignar a cada punto o celda del mapa fuente, un valor cuantitativo dependiendo de su contenido gráfico. El scanner proporciona una fotocopia del mapa analógico, en el cual se codifica, en forma manual o automática (clasificación de imágenes) el valor que representa el área. Por lo tanto, la obtención de datos automáticos resulta por el momento laboriosa, sobre todo si sumado a lo ya explicado de que los mapas que serán leídos por el barreador óptico no pueden tener ningún tipo de defecto o mancha, puede todo ello convertirse igualmente en niveles de grises y por lo tanto elementos de error.

d) **Conversión de información existente:**

Otro método de ingreso de información que cada vez se hace más frecuente es la obtención de datos ya ingresados y editados. Las dificultades más frecuentes a este respecto son la conversión de distintos formatos digitales (DXF, ARC-INFO, ASCII, etc.) y la conversión raster-vector y vector- raster. Con el ingreso al mercado de nuevos softwares desarrollados para este propósito, se abre una nueva posibilidad en este campo de ingreso de la información. Empresas dedicadas al desarrollo de software, ya están ofreciendo productos que permiten la vectorización de información escaneada previamente con la corrección posible de errores producto del escaneo. Es evidente que el futuro está en este tipo de conversiones.

## 2. Gestión de datos

Gestión y manipulación para almacenar y recuperar la información de la base de datos. Implica como se organiza la información espacial y temática en la base de datos.

## 3. Transformación y análisis de datos.

Es el aspecto fundamental de la potencialidad de los SIG. En esta etapa, se produce el análisis y manipulación de los datos existentes con el fin de generar una nueva información.

Algunas de las operaciones más comunes son la recuperación, combinación, reclasificación, superposición, correlaciones, etc., de las distintas capas temáticas espaciales, que permiten desarrollar e implementar un modelado espacial que permita la generación de posibles soluciones a problemas inicialmente planteados.

Puede considerarse a un SIG como un "modelo de simulación" a los efectos de la planificación. En él, el planificador, "simula" la respuesta del sistema, ante las diferentes variables intervinientes en el proceso.

## 4. Salida de datos

La salida de datos es la operación que permite presentar el resultado del tratamiento de los mismos en una forma comprensible para el usuario.

Uno de estos procedimientos es la visualización. La misma puede ser temporal (monitores gráficos) o permanente (en papel, etc.). Se incluyen aquí los dispositivos como plotters, impresoras, monitores, etc., que generan imágenes tanto en formato raster como vectorial.

Las posibilidades de un SIG en relación con las funciones de salida pueden resumirse en:

- Selección del área a visualizar que se desea imprimir o editar.
- Cambio de escala



- Cambio de color
- Modificaciones del texto, dimensiones, etc.
- Selección de niveles o capas superpuestas
- Comando para el volcado de datos en soporte magnético bajo distintos formatos.

## D ESTRUCTURA DE LOS SIG

Los datos espaciales en un SIG pueden entenderse como un conjunto de mapas de una porción específica de la superficie, representando cada uno de ellos una variable temática (red vía, hidrografía, ocupación del suelo, etc.).

Cada una de estas variables temáticas, recibe una vez introducida al sistema, el nombre de capa temática o layer.

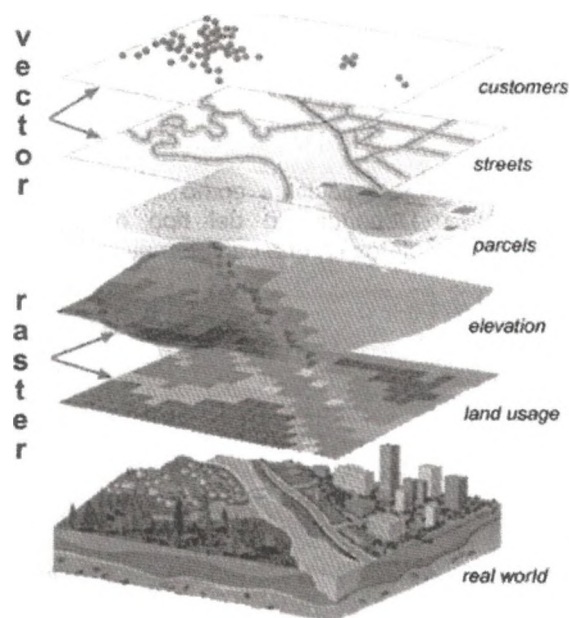


Fig. 46: Fuente ESRI

*¿Qué es una capa temática?*

Una capa temática o "layer" es un "conjunto de elementos geográficos lógicamente relacionados y sus atributos temáticos". (Aronoff, 1989).

Todos los fenómenos, procesos y elementos del mundo real, pueden ser representados en las capas o estratos por los siguientes objetos espaciales que lo definen:

- **Puntos:** elementos del mundo real que se asocian a una sola localización (pozo, torre, núcleo urbano, etc.)
- **Líneas (arcos):** elementos que requieren de una secuencia de coordenadas espaciales. Ej. camino, línea de alta tensión, etc.
- **Áreas (polígonos):** elementos que son representados por una secuencia de coordenadas que se encierran en un punto. Ej. : zonas urbanas, provincia, etc.

- Celdas (píxeles): elementos que representan un valor temático asociado.

La estructuración de la información del mundo real en capas mediante los objetos espaciales, brinda la posibilidad de obtener información acerca de su:

**Localización:** Posición absoluta de cada objeto con respecto a sistemas de coordenadas (x e y) conocidas.

**Relaciones topológicas:** localización relativa en función de otros objetos espaciales y sus relaciones o la manera en que los objetos se relacionan entre sí.

**Atributos:** Variable de descripción temática ligada a cada objeto que no está relacionada a la posición (color, incidencia de una epidemia, índice de natalidad).

En la estructura de los SIG, una cuestión fundamental de señalar, es que un punto de una determinada capa, tiene exactamente la misma localización (x, y) en cualquiera de las capas que se están analizando. Esto es lo que permite una superposición de las capas entre sí para un posterior análisis.

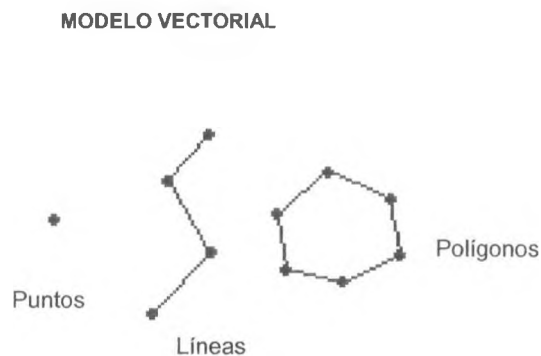
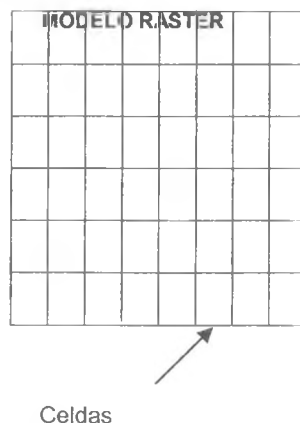
## 1. Objetos espaciales en los SIG

Anteriormente se definió a los objetos espaciales como la representación de los hechos espaciales en una capa temática. Dependiendo del tipo de hecho espacial, será su representación por alguno de los tres objetos en una capa temática del modelo vectorial:

Puntos (0- dimensionales)

Líneas (1- dimensionales)

Áreas (2- dimensionales)



En cuanto a la representación es fundamental tener en cuenta el factor escala, ya que un mismo elemento a diferentes escalas puede ser un punto o un polígono.

A partir de la información geográfica continua proveniente del mundo real, obtenemos mediante un proceso de abstracción y discretización los objetos espaciales.

Las relaciones que pueden establecerse entre los tres objetos espaciales básicos entre pares de objetos fueron definidas por Gatrell (1991):



Objetos	Puntos	Líneas	Áreas
Puntos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- es vecino de</li> <li>- es asignado a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- está cerca de</li> <li>- está en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- es centroide de</li> <li>- está en</li> </ul>
Líneas		<ul style="list-style-type: none"> <li>- cruza</li> <li>- une</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- intersecta</li> <li>- es límite</li> </ul>
Áreas			<ul style="list-style-type: none"> <li>- superpuesto por</li> <li>- es adyacente a</li> </ul>

La tabla anterior muestra las relaciones para un modelo vectorial, para un modelo raster, es posible obtener un resultado similar, mediante la superposición de celdas temáticas.

## 2 Modelos de datos espaciales: vectorial y raster.

La representación de los datos espaciales, se realiza mediante varios tipos de estructuras. Los dos más usuales, son las llamadas raster y vectorial.

**Raster:** El espacio geográfico real es subdividido en pequeñas unidades (celdas o píxeles) en las cuales se miden los valores temáticos existentes de manera homogénea.

**Vectorial:** Se centra en la descripción de las fronteras exteriores de los elementos geográficos existentes en el mundo real, mediante puntos y líneas.

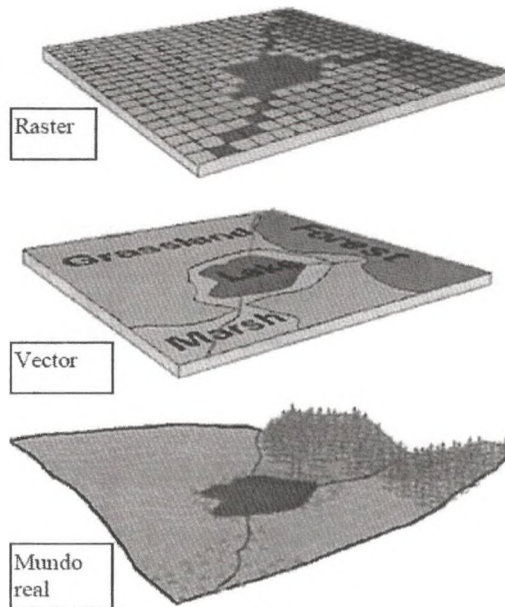


Fig. 47: Fuente: <http://www.geotecnologias.com/Documentos/GIS.pdf>

## 3. Los software existentes

Según basen su manejo de la información en formato raster o vectorial, se dividen en dos grandes grupos. Los que basan su manejo en formato vectorial, (ARC-INFO) o raster (IDRISI). Difieren sensiblemente en sus posibilidades cartográficas, analíticas y en precio. Los primeros, suelen ser más costosos que los segundos.

	Vector	Raster
<b>Ventajas</b>	La información puede ser representada en su forma y resolución espacial original sin necesidad de ser generalizada	Debido a la forma y técnica de almacenamiento, el análisis espacial de la información es generalmente fácil de programar y rápido de ejecutar
	La representación de los mapas vectoriales, es generalmente, de una alta calidad gráfica	La información de tipo discreta (Estaciones Meteorológicas) se acomoda igual de bien que la información de tipo continuo (Información altimétrica) y facilita la integración de ambos tipos de información
	Dado que la mayoría de la información disponible está en forma vectorial, no se requiere procesos de conversión posteriores.	
	Se mantiene una exacta localización geográfica de la información	
<b>Desventajas</b>	Para un análisis efectivo, esta información debe ser convertida en una estructura topológica. Esto implica un procesamiento intensivo y un largo trabajo de limpieza y corrección de la información.	El tamaño de la celda determina la resolución espacial a la cual la información es representada.
	Los algoritmos para las funciones de análisis y manejo de la información son complejos y pueden requerir un procesamiento intensivo por lo tanto el software tiende a ser de un costo más elevado.	Debido a la estructura de celdas, los análisis en redes (network) son de difícil relación
	Es complicado realizar análisis espacial e imposible aplicar técnicas de filtrados en el interior de los polígonos	Dado que la mayoría de la información cartográfica disponible se encuentra en forma vectorial se debe realizar un proceso de conversión vector- raster para trabajar con ellas, esto requiere un procesamiento intensivo y afecta la integridad de la información debido a la generalización que se produce.
		La representación de los mapas no es de una alta calidad gráfica.

## E INFORMACIÓN TEMÁTICA DE LOS DATOS

### 1. Base de datos

*“Una colección de uno o más ficheros de datos, almacenados en una forma estructurada y que contienen información no redundante, de modo que las relaciones que existen entre los distintos ítems o conjuntos de datos puedan ser utilizados por el sistema de gestión para manipular o recuperar los mismos.” (Bosque Sendra, 1992)*





## 2 Sistema de gestión de bases de datos

Es un programa de computación que permite almacenar, editar y recuperar información de una base de datos.

## 3 Almacenamiento de base de datos

El almacenamiento de base de datos en los SIG, se diferencia por los dos modelos de datos existentes, vectorial y raster.

- a) **Vectorial:** Los objetos espaciales están representados de modo explícito, y junto a la descripción digital de sus características espaciales, llevan asociados un conjunto de aspectos temáticos. Generalmente existen dos bases de datos, una que maneja la parte espacial y otra la parte alfanumérica. Ambas están vinculadas por un identificador común referido a un objeto espacial, que aparece en ambas bases (temática y espacial) de manera que los cambios en una, repercutan inmediatamente en la otra. Las más utilizadas son las "relacionales".

### Bases de datos relacionales:

En este tipo de base de datos el concepto clave es la "relación". Una relación equivale a un concepto de doble entrada. Por un lado, tenemos a una serie de filas o registros (que corresponden a diferentes datos geográficos) y por otro a una serie de columnas, que indican las variables temáticas de dichos datos geográficos. Una de las columnas debe contener un elemento crucial de la descripción digital de la información, que es el identificador. Este, es unívoco para cada elemento considerado. Sirve para relacionar la información espacial con la temática por un lado, y por otro, para unir dos o más ficheros de datos temáticos.

En la siguiente tabla, se da un ejemplo de una relación de doble entrada.

Identificador	Nombre	Apellido	Edad
1	Nora	Gómez	25
2	Pepe	López	27
3	Luisa	Lane	30

- b) **Raster:**

Los sistemas raster, no presentan la complejidad de las bases de datos vectoriales, ya que los aspectos espaciales y temáticos se almacenan de modo simultáneo. La forma de organizar estas bases de datos se realiza mediante la construcción de ficheros simples.

Variable A: **Suelos**

1	1	1 arcilla
1	2	2 arena
3	2	3 limo

Variable B: **Vegetación**

2	3	1 bosque
4	5	2 selva
1	5	3 pajonal
		4 camalote
		5 palmar

Base de datos simple:

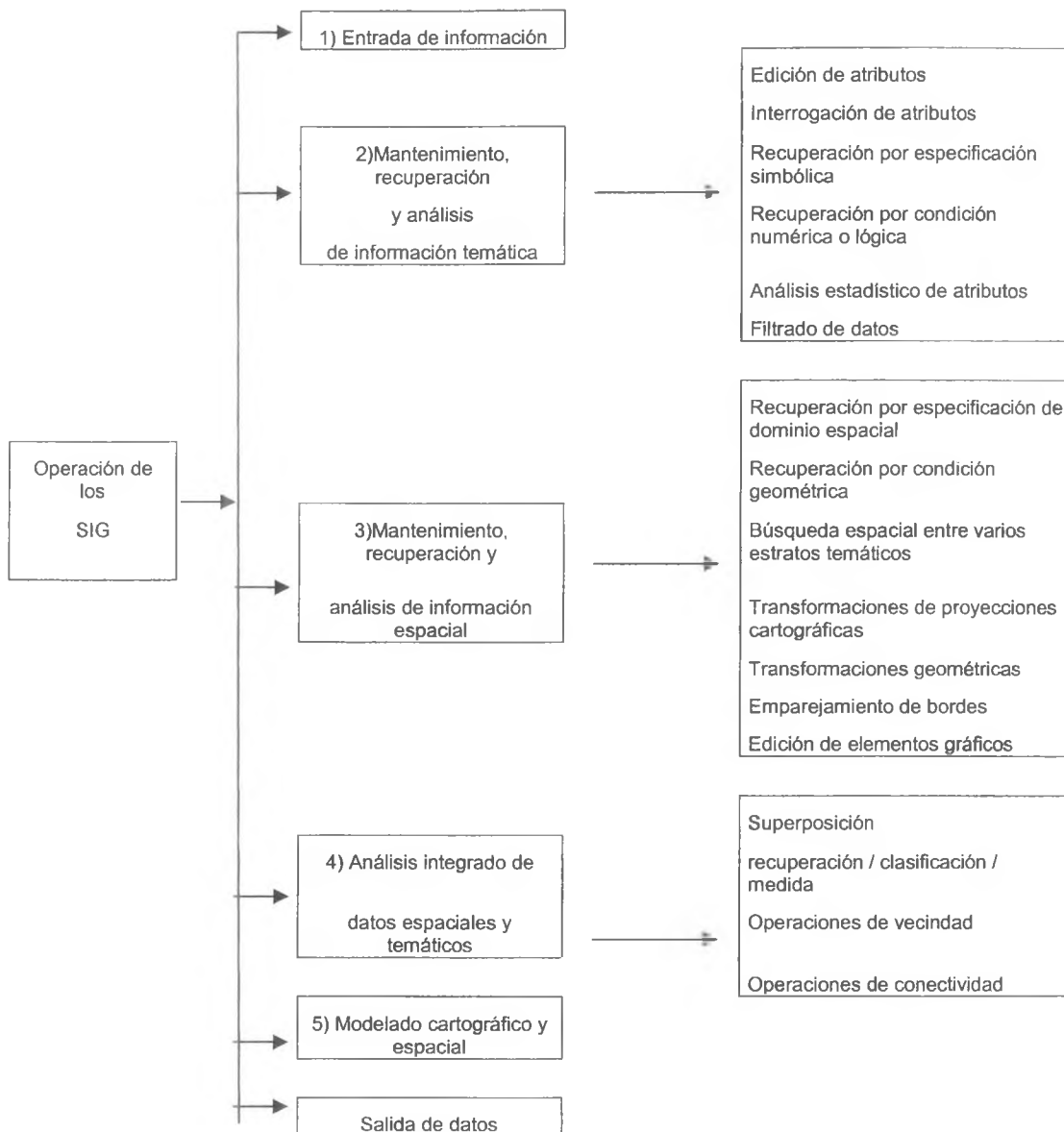
	Variable A	Variable B
1,1	1	2
1,2	1	3
2,1	1	4
2,2	2	5
3,1	3	1
3,3	2	5

## **F** EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN

### **1. Operaciones y análisis de datos**

---

*En la siguiente figura, se observa una clasificación de las operaciones que pueden llevarse a cabo en un SIG, sobre los componentes espaciales y temáticos:*



Las operaciones que puede llevar a cabo un SIG con los datos de la base de datos son diversas, pudiéndose realizar independientemente sobre el componente espacial o el temático, o bien en procesos que involucren a ambos componentes simultáneos. Para ello, se utilizan las relaciones de lógica booleana y aritméticas (en modelos vectoriales) y clasificaciones multivariantes, operaciones estadísticas uni y multivariantes, histogramas, correlaciones, interpolaciones, etc. (modelo raster).

**2. Ejemplos de extracción de información**

- Interrogación de atributos: ¿En qué lugar se encuentra el atributo x?
- Recuperación por especificación de dominio espacial: Dónde se encuentran polígonos de superficie mayor a 100 km<sup>2</sup>.
- Superposición: suma gráfica, topológica y temática de diferentes capas de información espacial, para formar un solo estrato con la información total.

## **G** LOS SIG EN UN PROCESO DE PLANIFICACIÓN AMBIENTAL

**Análisis espacial:** "Análisis de la información espacial y no espacial de elementos en sistemas espaciales o espacio- temporales, como una herramienta para su descripción, explicación y predicción" (Fischer y Nijkamp, 1992). O "aplicación de métodos estadísticos para la solución de cuestiones en investigación geográfica" (Gatrell, 1987).

**Modelado espacial:** "Unión entre métodos basados en modelos y las operaciones de los SIG para proporcionar herramientas adecuadas para asistir a la planificación (Birkin et al. , 1987).

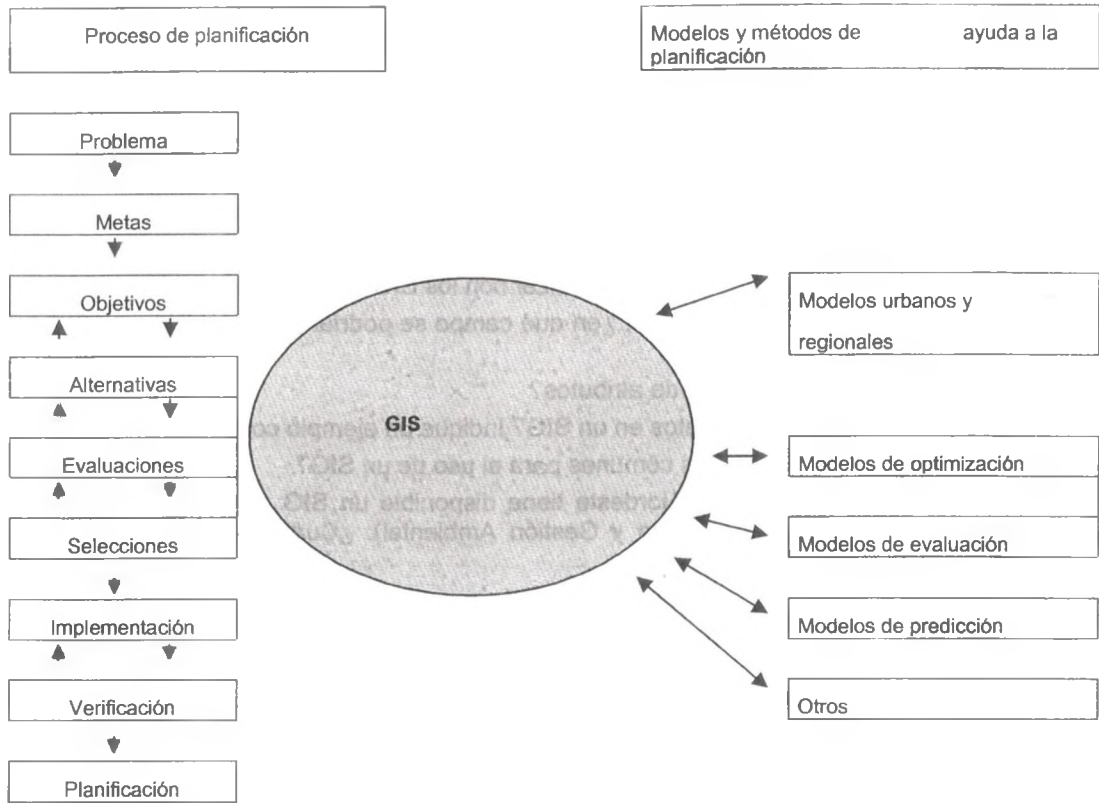
Pueden ser utilizados principalmente para tres propósitos:

- Predicción y generación de escenarios
- Análisis de impactos de políticas
- Generación y/o diseño de políticas

En 1854, se puede inferir, que comienza el proceso de lo que más tarde se conocería como los Sistemas de Información Geográfica. En la ciudad de Londres, Inglaterra, se produce la gran epidemia de cólera con una masiva mortandad de habitantes. El Dr. John Snow proporcionaría, aplicaría por primera vez, el concepto en el que hoy se basa el funcionamiento de los SIG, cuando realiza un mapeo cartografiando los casos de cólera en un mapa del distrito de SoHo en Londres. Este precario mapa, que relacionaba los casos con las condiciones sanitarias de la ciudad, permitió a Snow localizar con precisión un pozo de agua contaminado como fuente causante del brote. Este ejemplo, permite observar, la importancia de la utilización en los procesos donde se encuentran involucradas variables ambientales a fines de: conocer y prever consecuencias sobre escenarios futuros ante cambios de las condiciones del ambiente.

La integración de los SIG con los modelados espaciales, permite la descripción, explicación, predicción o planificación de procesos de naturaleza ambiental. Por lo tanto, se convierten en una herramienta de gran valor en un proceso de planificación y gestión ambiental.

*En el siguiente esquema, se muestran las relaciones de los SIG con las diferentes etapas de planificación para una gestión ambiental:*



Hoy en día, la disponibilidad de software de bajo costo, permite su uso y aplicación masiva. Específicamente en temas ambientales, los SIG pueden llegar a ser una herramienta sumamente valiosa para las aplicaciones de inventario, evaluación y monitoreo del ambiente. Especialmente en lo que se refiere a la temporalidad de los datos.

Su capacidad de integrar datos provenientes de diferentes fuentes, como ser imágenes satelitales, bases de datos, observaciones de campaña, etc., en un espacio geográfico, permite modelar, es decir, además de conocer el ecosistema y describirlo a través de sus variables, inferir sobre comportamientos ante variaciones de las condiciones actuales de manera rápida y eficiente.

Una nueva ventaja que se suma a lo anteriormente explicitado, es la disponibilidad actual de los datos. Hasta hace no mucho tiempo, era muy difícil obtener información que generalmente se encontraba en organismos gubernamentales. Internet, vino, también a contribuir a la apertura de disponibilidad de la información ambiental.

Pero es necesario conocer las limitaciones y problemas de los SIG, asociados, principalmente a la calidad de la información. Como ejemplo, puede citarse, la fiabilidad de la información. Así como existe mucha, no toda la información es fiable. Otro problema es el relacionado a la escala. A veces hay datos pero que no se condicen entre sí. Como cualquier información ambiental, es fundamental e imprescindible la constatación de la misma en terreno.



## H TRABAJO PRÁCTICO

Responda al siguiente cuestionario:

1. ¿Qué son los sistemas de información geográfica (SIG)? ¿Para qué sirven?
2. ¿Por qué son tan populares?
3. ¿A qué se denomina información en formato vectorial y formato raster?
4. ¿Qué es un sistema de coordenadas geográficas y proyectadas?
5. ¿Qué tipo de operaciones es posible realizar con los SIG?
6. Desde el punto de vista ambiental, ¿en qué campo se podrían utilizar las herramientas SIG?
7. ¿Qué es una base de datos o de atributos?
8. ¿Es posible operar con los datos en un SIG? Indique un ejemplo concreto.
9. ¿Cuáles son los software más comunes para el uso de un SIG?
10. La Universidad Nacional del Nordeste tiene disponible un SIG ambiental en Internet (SIGEA: Sistema de Información y Gestión Ambiental). ¿Cuáles son las principales características de este sistema?

*Una vez completado el cuestionario, envíe sus respuestas al tutor.*

## I BIBLIOGRAFIA

- BARREDO CANO, José Ignacio. *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid, RA-MA, 1996.
- BOSQUE, J., ESCOBAR, J, GARCÍA, E., SALADO, M. *Sistemas de información geográfica, prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI*. Madrid, RA-MA, 1994.
- FLOREZ CATÓN, M; CASANOVA ROQUE, J. *Los sistemas de información geográfica en la empresa del año 2000*. Universidad de Valladolid. 1996.
- FARÍAS, M., GHÍO, G, PATILLO, C., PONCE, R. *Curso básico sistema de análisis espacial IDRISI*. Pontificia Universidad Católica de Chile. 1993.
- LOWRRY, J. *La utilización de programas y datos SIG de bajo costo para el inventario, evaluación y el monitoreo de humedales. Informes técnicos RAMSAR. 02*. Gland. Suiza. 2007 en [http://www.ramsar.org/lib/lib\\_rtr02\\_s.pdf](http://www.ramsar.org/lib/lib_rtr02_s.pdf).

## 4. Diseño asistido por computadora (CAD).

### ■ INTRODUCCIÓN

Los sistemas CAD (Diseño Asistido por Computadora) son herramientas de dibujo a través de un ordenador que se han desarrollado en el siglo pasado con enorme éxito con el objetivo de facilitar el graficado de todo tipo de objetos pero en forma digital, de manera de poder operar a través de una computadora con ellos.

## CONTENIDOS

### A. Diseño Asistido por Computadora (CAD).

1. Generalidades y utilidad de los sistemas CAD.
2. CAD en Información Ambiental.
3. Puntos esenciales en una construcción geométrica.
4. Sistema de coordenadas e ingreso de Datos.
5. Dibujos de puntos, líneas, arcos, círculos y polígonos.
6. Vinculación con otros programas.

### B. Trabajo Práctico.

### C. Bibliografía.

## OBJETIVOS

- Conocer las técnicas de aplicación del software de diseño asistido por computadora (CAD) y Sistemas de Información Geográfica a ser aplicados en la información ambiental.



## A DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)

### 1 GENERALIDADES Y UTILIDADES DE LOS SISTEMAS CAD

Existen varios software que permiten dibujar a través de una PC, aunque el más conocido por su simplicidad, potencia y funcionalidad es el **AutoCAD®**, de la empresa **AutoDESK®**, aunque también existen otros programas muy buenos y de acceso libre.

*¿Cómo opera este software?*

La pantalla de trabajo en un CAD básicamente contiene un área donde se realizan los dibujos o trazos que componen el objeto que el usuario desea digitalizar, y una serie de herramientas en forma de menús que se adicionan a los costados de la pantalla principal y a los cuales se puede acceder en cualquier circunstancia que el operador considere conveniente.

El uso de CAD en la generación de cartografía ha sido muy beneficioso ya que se puede utilizar esta herramienta en la confección de mapas y cartas, derivar información pertinente, imprimir los resultados, publicar en Internet, etc. con extrema facilidad y exactitud, una vez que se obtenga cierta familiaridad con los comandos del software.

### 2 CAD EN INFORMACIÓN AMBIENTAL

El avance en la generación de mapas cartográficos a través de los CAD y los SIG (Sistemas de Información Geográfica), merece especial énfasis teniendo en cuenta que hoy en día, el 100% de los trabajos de mapeo se realizan con estas herramientas.

Las variables ambientales que tienen injerencia en el espacio de dos dimensiones pueden ser digitalizadas sin problemas por un CAD y a partir de allí, es posible procesar dicha información con el objeto de derivar otros resultados de interés para el usuario.

Es común encontrar mapas de isohietas, cartas de suelo, mapas de vegetación, áreas contaminadas, zonas de riesgo ambiental, etc., tanto en Internet como en la bibliografía en general que fueron generados a través de estos sistemas. De allí su importancia en el conocimiento y manejo de estos mecanismos que sin dudas, colaboran en el desarrollo de información, en este caso, de interés para y con el medio ambiente.

### 3 PUNTOS ESENCIALES EN UNA CONSTRUCCIÓN GEOMÉTRICA

Un CAD se basa esencialmente en la utilización de **información vectorial**. Esto significa que las entidades que se dibujan en estos sistemas se generan a partir de primordialmente, puntos, líneas y polígonos cuyas coordenadas de vértices están perfectamente referenciados a un sistema de coordenadas X e Y (Fig. 30).

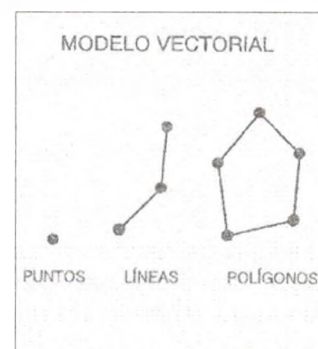


Fig. 48: Puntos, líneas y polígonos

En cartografía y a través de estas topologías, la representación de los elementos del terreno pueden ser digitalizados como lo muestra la Fig. 31.

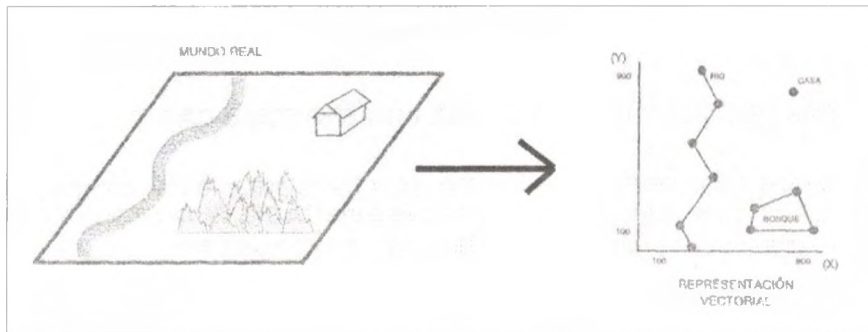


Fig. 49: Representación de las entidades con puntos, líneas y polígonos

#### 4. SISTEMA DE COORDENADAS E INGRESO DE DATOS

Tomando como ejemplo el software AutoCAD® por las razones ya comentadas, seguidamente se observa en la Fig. 32, la pantalla de inicio de programa, en su versión Map en Inglés 2004.

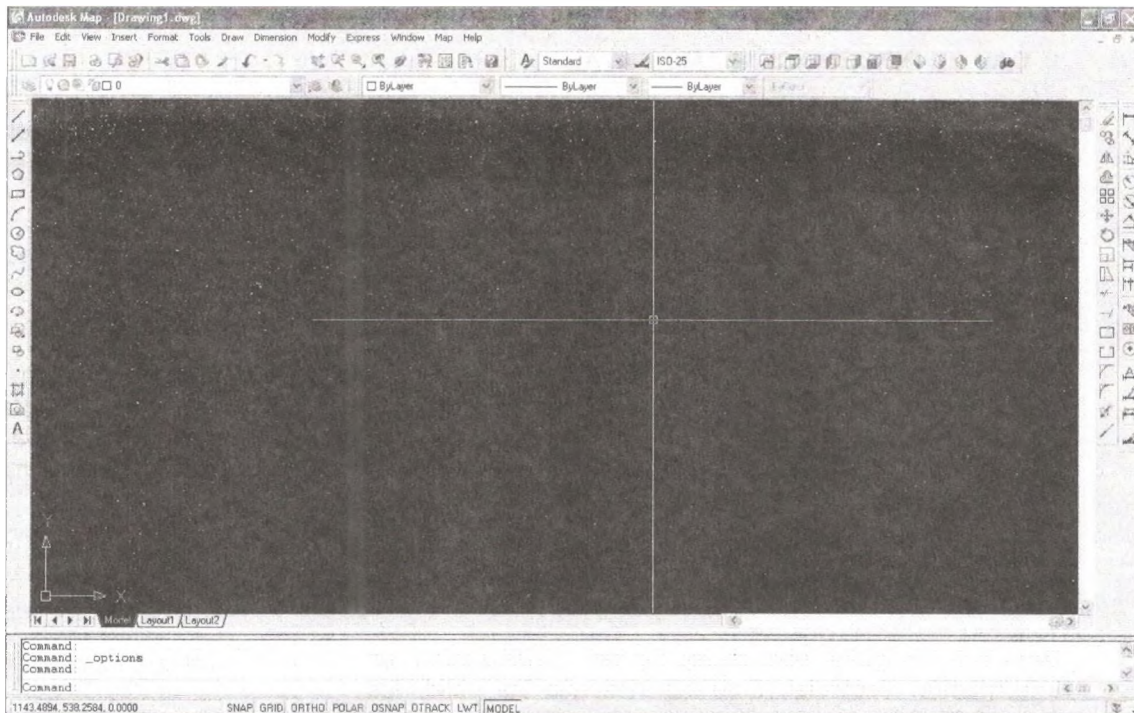


Fig. 50: Pantalla de inicio AutoCAD® Map 2004

El área de dibujo está compuesta por un sector de pantalla (en negro) en donde se insertarán o dibujarán las entidades, a través de puntos, líneas y polígonos, mediante comandos o utilizando las herramientas de los menús, tanto superior como laterales.

*En el sector inferior izquierdo de la Fig. 3. puede observarse que figuran las siguientes informaciones:*

**1143.4894    538.2584    0.0000**





Estos tres números no son otra cosa que las coordenadas X, Y y Z respectivamente de la ubicación actual del cursor dentro del área de dibujo, representado por dos líneas blancas que se cruzan perpendicularmente.

*De esta manera, los objetos quedan perfectamente ubicados en la grilla de dibujo del AutoCAD®.*

En la Fig. 33, se observa la digitalización (dibujo) de un polígono irregular cuyas coordenadas han sido incorporadas al CAD desde un teclado numérico.

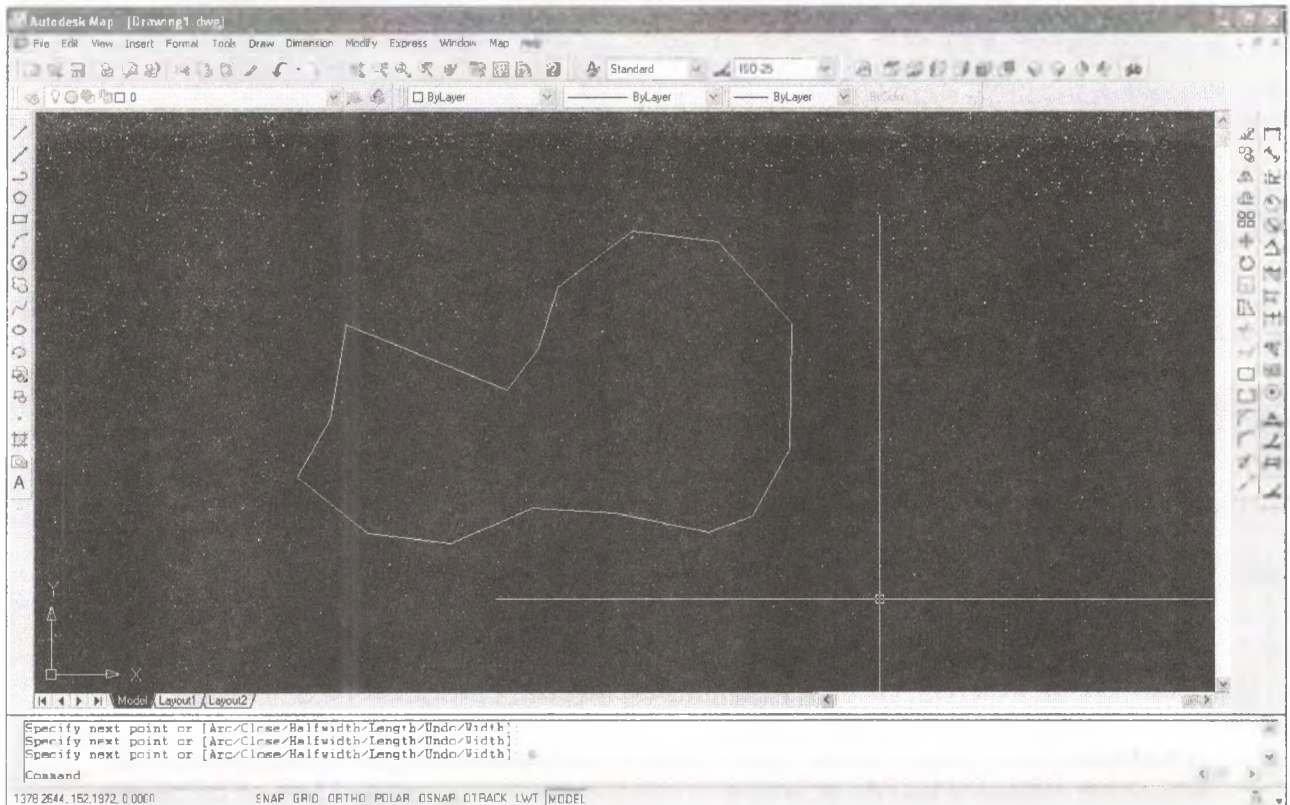


Fig. 51: Digitalización de un polígono

*Con el objetivo de utilizar el CAD como herramienta de dibujo de cartografía, es posible utilizar el sistema de coordenadas del AutoCAD® como un apoyo geo-referenciado para los distintos elementos del terreno que se desean digitalizar.*

En la Fig. 34, puede apreciarse la digitalización de la Provincia del Chaco con los Departamentos, utilizando el sistema de coordenadas proyectadas de la Zona o Faja 5 del IGM.



Fig. 52: Digitalización de la Pcia. del Chaco con los nombres de los departamentos

### 5. DIBUJOS DE PUNTOS, LÍNEAS, POLILÍNEAS, ARCOS, CÍRCULOS Y POLÍGONOS

La generación de las entidades se puede realizar a través de varios caminos, aunque el más utilizado una vez que el usuario se familiariza con el software, es usando el área de comandos, que se sitúa en la parte inferior de la pantalla y es el lugar donde interactúa el programa con el usuario, a través de la inserción de COMANDOS (command en inglés).

En el caso que se desee incorporar un punto de coordenadas conocidas en el dibujo de la Provincia del Chaco (por ejemplo la ubicación de la localidad de Machagai), se debe operar de la siguiente manera en la línea de comando (Fig. 35).

**Datos:** ubicación de la ciudad de Machagai

**Coordenada X:** 5495220 metros

**Coordenada Y:** 7022430 metros





Command: **Point**  
Specify a point: 5495220,7022430

Fig. 53: Incorporación de un punto (Machagai) con el comando POINT

*De esta manera y con este ejemplo muy sencillo, queda puntualizada la localidad de Machagai a través de la generación de un punto con el comando POINT, y con el ingreso de las coordenadas X e Y separadas por una coma.*

Del mismo modo, cualquier otra entidad (líneas, arcos, círculos, polígonos, etc.), pueden ser incorporados al CAD, conociendo los comandos para cada tipo de entidad. Algunos de estos comandos son:

<b>Point</b>	genera un punto
<b>Line</b>	genera una línea con coordenadas de los vértices
<b>Arc</b>	genera un arco
<b>Circle</b>	genera un círculo (varios métodos)
<b>Pline</b>	genera una polilínea y/o un polígono irregular
<b>Polygon</b>	genera un polígono regular

El modo alternativo para dibujar es a través del menú superior, bajo la lengüeta DRAW y buscando el comando necesario en el menú desplegable.

## 6. VINCULACIÓN CON OTROS PROGRAMAS

De esta manera relativamente sencilla se genera todo tipo de entidad y con las cuales es posible operar ya sea para generar algunas entidades en colores diferentes, agregado de texto, impresión en distintas escalas, generación de distintos tipos y grosores de líneas, sombreados, etc.

Una de las ventajas que ofrece la digitalización de cartografía en CAD es su posibilidad de interactuar con otros programas como por ejemplo los sistemas de información geográfica, los navegadores satelitales, planillas de cálculo (Microsoft Excel®, por ejemplo) y una amplia gama de software disponible en el mercado.

*Esta virtud convierte a los sistemas CAD en poderosas herramientas de diseño de cartografía.*

*Le proponemos un cuestionario acerca del CAD.*

## B TRABAJO PRÁCTICO

Responda el siguiente cuestionario:

1. ¿Qué son los programas CAD? En qué se utilizan?
2. ¿Cuáles son los comandos más útiles en la representación de puntos, líneas, arcos, polígonos?
3. Indique las características más sobresalientes de los sistemas CAD.
4. ¿En qué áreas de la temática del medio ambiente puede ser utilizado un software CAD?

## C BIBLIOGRAFÍA

- AUTODESK®. *AutoCAD® Map 2004 - Manual del Usuario y ayuda del Software.*



## ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b>	3
<b>UNIDAD 1: CARTOGRAFÍA</b>	7
<b>A. Definiciones generales.</b>	9
1. Principales componentes de una carta.	10
2. Clasificación de la cartografía según el IGM	10
<b>B. Sistemas de coordenadas geográficas y proyectadas.</b>	11
1. Sistema de coordenadas geográficas	12
2. Sistema de coordenadas proyectadas	13
3. Sistemas de representación de la Altimetría	15
4. Mapas topográficos	16
5. Curvas de nivel y perfil topográfico	16
6. Batimetrías	18
7. Mapas temáticos	18
8. Representaciones y simbología cartográfica	19
9. Croquis a mano alzada	21
10. Escala de una cartografía	21
<b>C. Trabajo Práctico.</b>	23
<b>D. Bibliografía.</b>	23
<b>UNIDAD 2: IMÁGENES SATELITALES.</b>	25
<b>A. Introducción.</b>	27
1. Teledetección	28
2. Interacción de la radiación electromagnética con la superficie terrestre	30
<b>B. Recursos satelitales para recursos naturales.</b>	32
1. Los sensores remotos.	33
2. Algunos recursos satelitales existentes en el área ambiental	35
3. Imagen satelital	35
4. Interpretación visual de componentes	36
5. El procesamiento digital de imágenes	38
<b>C. Trabajo Práctico.</b>	46
1. Práctica I.	46
2. Práctica II.	47
3. Práctica III.	48
4. Práctica IV.	50
5. Práctica V.	51



<b>UNIDAD 3: Sistema de Información Geográfica.</b>	53
<b>A. Introducción al conocimientos de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)</b>	55
1. Los orígenes	55
<b>B. Componentes de un SIG.</b>	57
1. Hardware	57
2. Software	57
3. Datos	57
4. Liveware	58
<b>C. Funciones de los SIG</b>	58
1. Entrada de información	58
2. Gestión de datos	60
3. Transformación y análisis de datos	60
4. Salida de datos	60
<b>D. Estructura de los SIG</b>	61
1. Objetos espaciales en los SIG	62
2. Modelos de datos espaciales: vectorial y raster.	63
3. Los software existentes	63
<b>E. Información temática de los datos</b>	64
1. Base de datos	64
2. Sistema de gestión de bases de datos	65
3. Almacenamiento de base de datos	65
<b>F. Extracción de información</b>	66
1. Operaciones y análisis de datos	66
2. Ejemplos de extracción de información	67
<b>G. Los SIG en un proceso de planificación ambiental</b>	68
<b>H. Trabajo Práctico</b>	70
<b>I. Bibliografía</b>	70
<b>UNIDAD 4: Diseño Asistido por Computadora (CAD)</b>	71
<b>A. Diseño Asistido por Computadora (CAD)</b>	73
1. Generalidades y utilidad de los sistemas CAD	73
2. CAD en Información Ambiental.	73
3. Puntos esenciales en una construcción geométrica	73
4. Sistema de coordenadas e ingreso de datos	74
5. Dibujos de puntos, líneas, polilíneas, arcos, círculos y polígonos	76
6. Vinculación con otros programas	78
<b>B. Trabajo Práctico</b>	78
<b>C. Bibliografía</b>	78





**Síntesis del currículum de Indiana Bastera  
docente responsable del Módulo Información Ambiental.**

Ingeniera especializada en el campo ambiental, obteniendo el título de Magister en Gestión Ambiental y Ecología.

Actualmente es Directora del Centro de Gestión Ambiental y Ecología – CEGAE- de la Universidad Nacional del Nordeste.

En la docencia, es Profesora Adjunta de la Cátedra Fotointerpretación de la Facultad de Ingeniería de la UNNE, habiendo dictado cursos de posgrado en la temática ambiental y de sensores remotos. Fue Directora de la Tecnicatura Universitaria en Información Ambiental de la misma.

Se encuentra actualmente coordinando el Proyecto SIG Chaco, llevado a cabo por profesionales de la UNNE, el Gobierno de la Provincia del Chaco y el Instituto Geográfico Militar.

Desde el CEGAE, ha realizado y participado en trabajos interdisciplinarios vinculados al ambiente, realizando trabajos de consultoría para empresas privadas y estatales, como asimismo dictado de cursos de perfeccionamiento y posgrado vinculados a la Evaluación de Impacto Ambiental para organismos del estado: Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Resistencia, Facultad de Arquitectura y Facultad de Ingeniería de la UNNE, Dirección Provincial de Vialidad de la Provincia de Corrientes y Dirección Nacional de Vialidad. Desarrolló trabajos en el acuerdo CECOAL- UNNE, para la elaboración Diagnósticos Ambientales.

Actualmente es Responsable del área "Estudios Ambientales y Forestación" en Convenio Facultad de Ingeniería- Dirección Nacional del Vialidad para Asistencia Técnica Especializada para la Revisión del PROYECTO EJECUTIVO DE LA VINCULACIÓN VIAL RECONQUISTA-GOYA.

A nivel personal, ha realizado trabajos de consultorías para empresas de estudios de Ingeniería en evaluación de impacto ambiental y es actualmente, consultora para inspección de obra de la Administración General de Vialidad Provincial del Ministerio de Economía y Obras Públicas de la Provincia de Santa Cruz, para la Supervisión del Plan de Restauración y remediación de canteras de la Ruta Nacional N° 3. Santa Cruz, desde 2006 hasta la fecha y consultora para la Evaluación de Impacto Ambiental en el Proyecto de la Ruta Provincial N° 9 de la Provincia del Chaco.

**Síntesis del currículum de Miguel Valiente  
docente responsable del Módulo Información Ambiental.**

**Ingeniero hidráulico**, egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Provincia del Chaco, República Argentina.

**Master of Science en Gestión de Recursos Hídricos y del Medio Ambiente**, egresado del International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering de la ciudad de Delft, Reino de Los Países Bajos.

Especialista en Hidráulica, Hidrología, Gestión de Recursos Hídricos, Sistemas de Información Geográfica.

Posee destreza en dirección, coordinación y planificación de manejo de agua a nivel de cuenca, con apoyo en sistemas de información geográfica dirigida al manejo de recursos hídricos. Experiencia en la coordinación de equipos técnicos interdisciplinarios de zonificación de riesgo hídrico agropecuario a escala de semi-detalle en áreas rurales de llanura. Coordinación de tareas de saneamiento y mantenimiento de obras de drenaje superficial en áreas de llanura, trabajos de relevamiento de campo, talleres con productores agropecuarios, anteproyecto de obras de drenaje, etc.

Consultor con experiencia en diseño de proyectos ejecutivos de defensa contra inundaciones, planes operativos hidráulicos, drenaje urbano, saneamiento rural, redes hidrológicas, sistemas de información y gestión del medio ambiente, entre otros.

Programador de herramientas en Microsoft Visual Basic® para aplicaciones y Microsoft Visual Basic Script® aplicado a recursos hídricos y sistemas de información geográfica.

Docente Universitario por Concurso Público e Investigador