



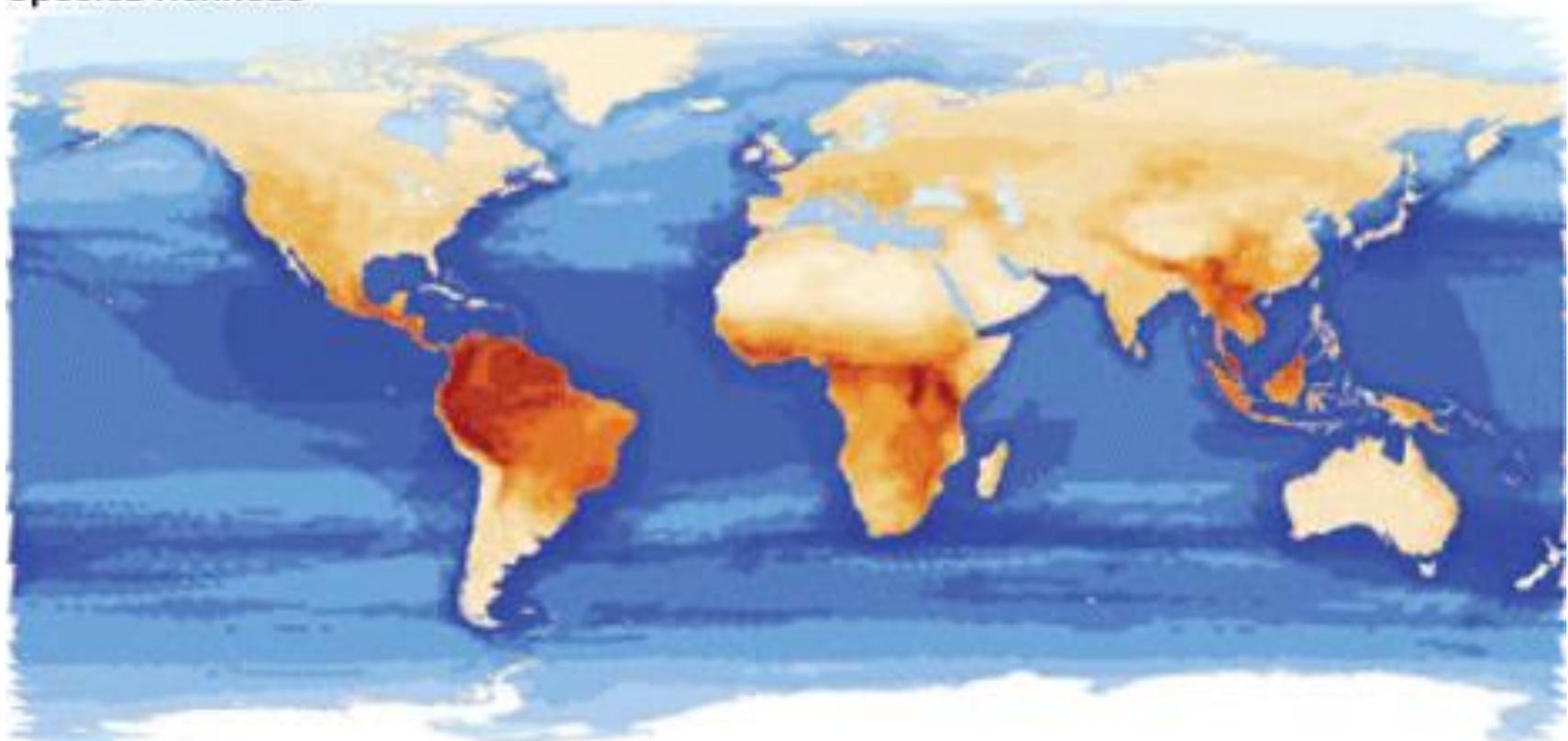
# Los Sistemas de Información Geográfica como Herramienta para la Toma de Decisiones en Conservación

**Enrique Martínez Meyer**

Instituto de Biología  
Universidad Nacional Autónoma de México

# Buena parte de la información biológica tiene un componente geográfico

## GLOBAL DIVERSITY OF MAMMALS Species richness



Number of land mammals



1 37 75 131 184 274

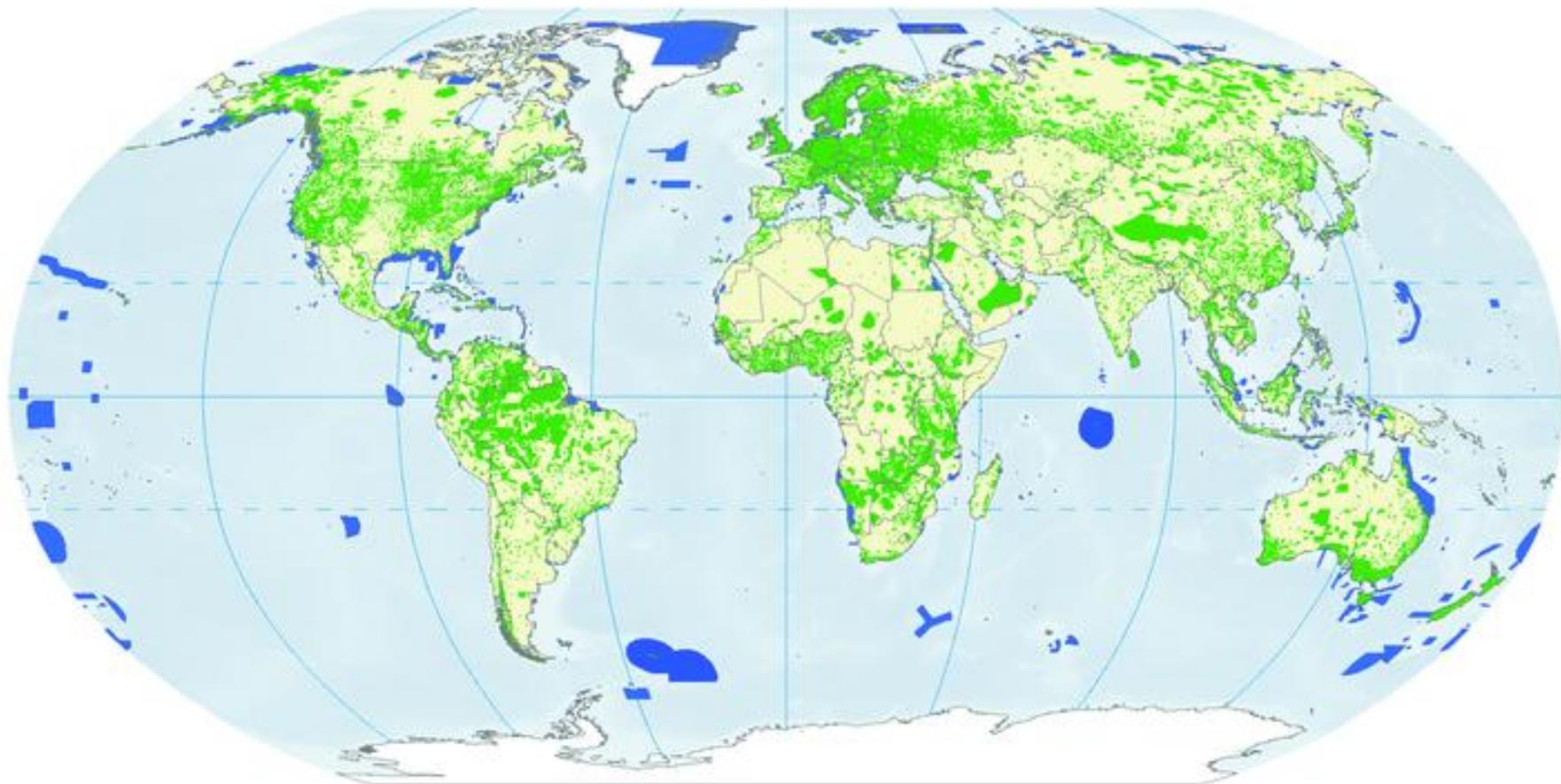
Number of sea mammals



1 10 19 25 30 41

SOURCE: IUCN

# Y nuestras decisiones para protegerla también



Overview of protected areas as included in the World Database on Protected Areas



Protected areas — fully or partially marine



Protected areas — terrestrial

## ¿Qué es la Información Geográfica?

Información geográfica o espacial:

- Datos que tienen una referencia explícita de algún lugar sobre la la Tierra
- El conocimiento de qué está dónde y frecuentemente cuándo



## ¿Qué son los Sistemas de Información Geográfica?

Se define como un sistema compuesto por equipo, programas y procedimientos que permiten la **captura, administración, análisis, modelamiento y presentación de datos u objetos referenciados espacialmente.**

### Características

- Es un instrumento de análisis espacial. Por lo tanto tiene la capacidad de dar respuestas a preguntas como: ¿dónde?, ¿qué?, ¿quién?, ¿cuándo?
- Usa la localización explícita sobre la superficie de la Tierra para relacionar datos.
- Almacena datos y crea mapas.
- Tiene la capacidad de generar información nueva a través del análisis.



## El campo ha evolucionado en diversos sentidos

En inglés, *GIS* tiene diferentes significados:

*Geographic Information Systems* – Se refiere a la tecnología para la adquisición y manejo de información espacial

*Geographic Information Science* – Se refiere a la comprensión de los conceptos y la teoría detrás de la tecnología para la representación de los datos y los procesos en espacio-tiempo

*Geographic Information Studies* – Se refiere al entendimiento del marco social, legal y ético en la aplicación de la ciencia y la tecnología de información geográfica

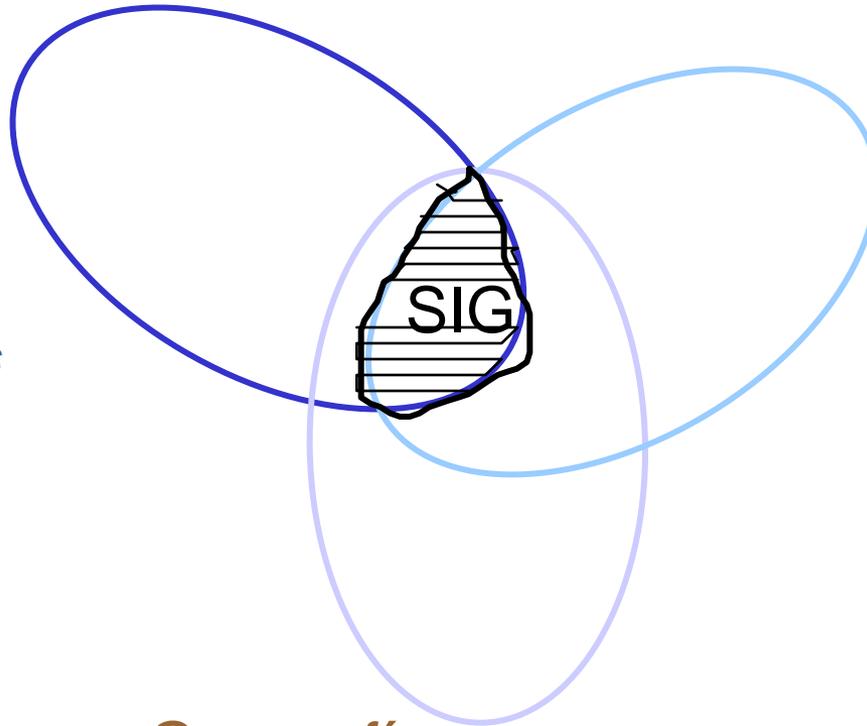
## Base del conocimiento de los SIG

La convergencia de disciplinas tradicionales y tecnológicas

Ciencias de la  
Computación  
e Informática:

*Visualización*

*Sistemas de bases  
de datos*



Áreas de  
aplicación:

*Ordenamiento*

*Geología*

*Ecología*

*Ingeniería civil*

*Análisis de*

*mercado*

*Criminalística*

Geografía:

*Cartografía*

*Geodesia*

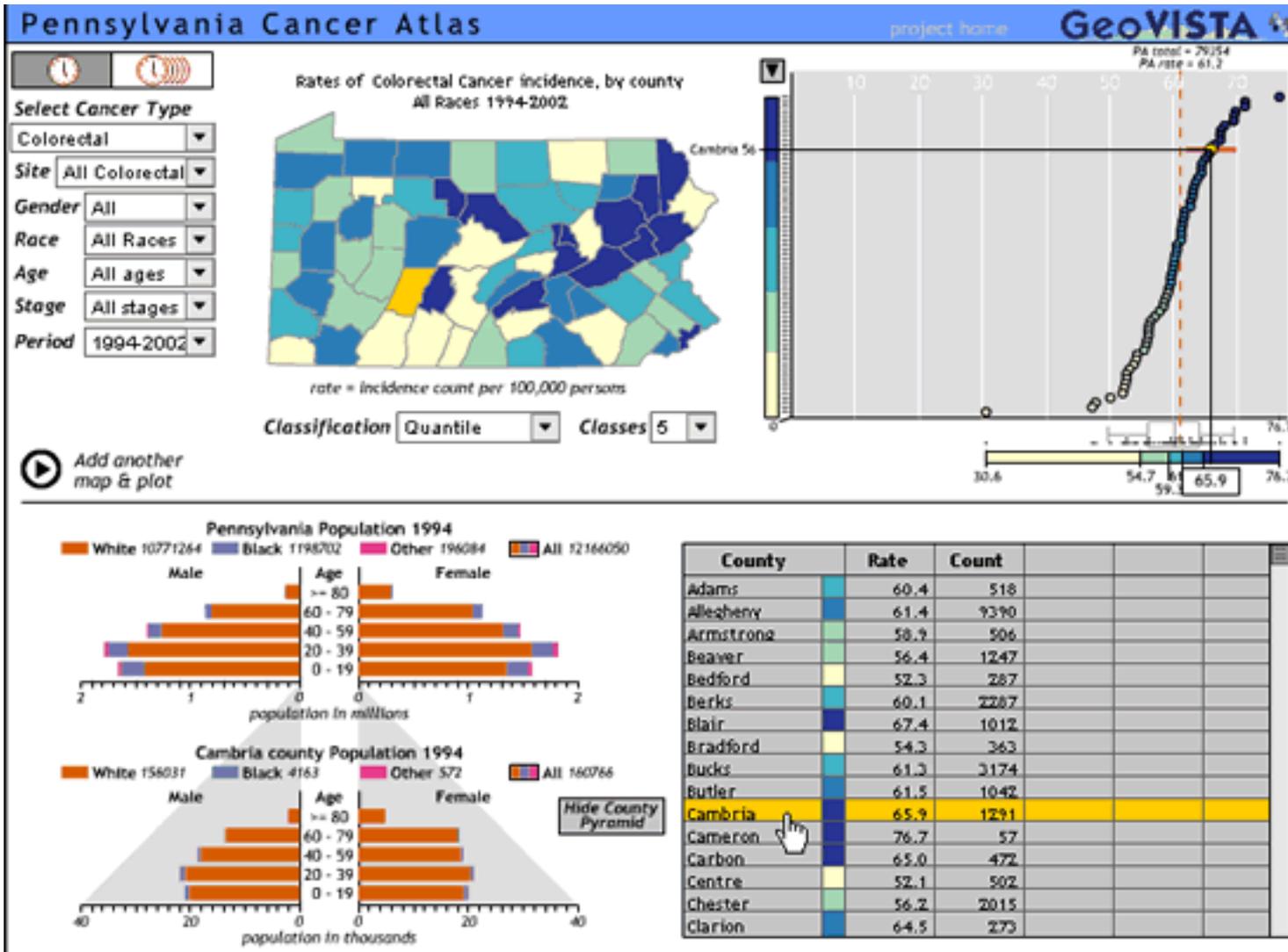
*Fotogrametría*

*Estadística espacial*

- Datos espaciales (*dónde*)
  - Especifica la posición geográfica
- Atributos (*describen qué, cuánto, cuándo*)
  - Especifica las características del elemento geográfico en esa posición
  - Almacenado en una base de datos tabular

En los SIG tradicionalmente se mantienen separados los datos espaciales y sus atributos, posteriormente se ‘unen’ para el análisis y la devolución de datos

## ¿Cómo se ve un SIG?



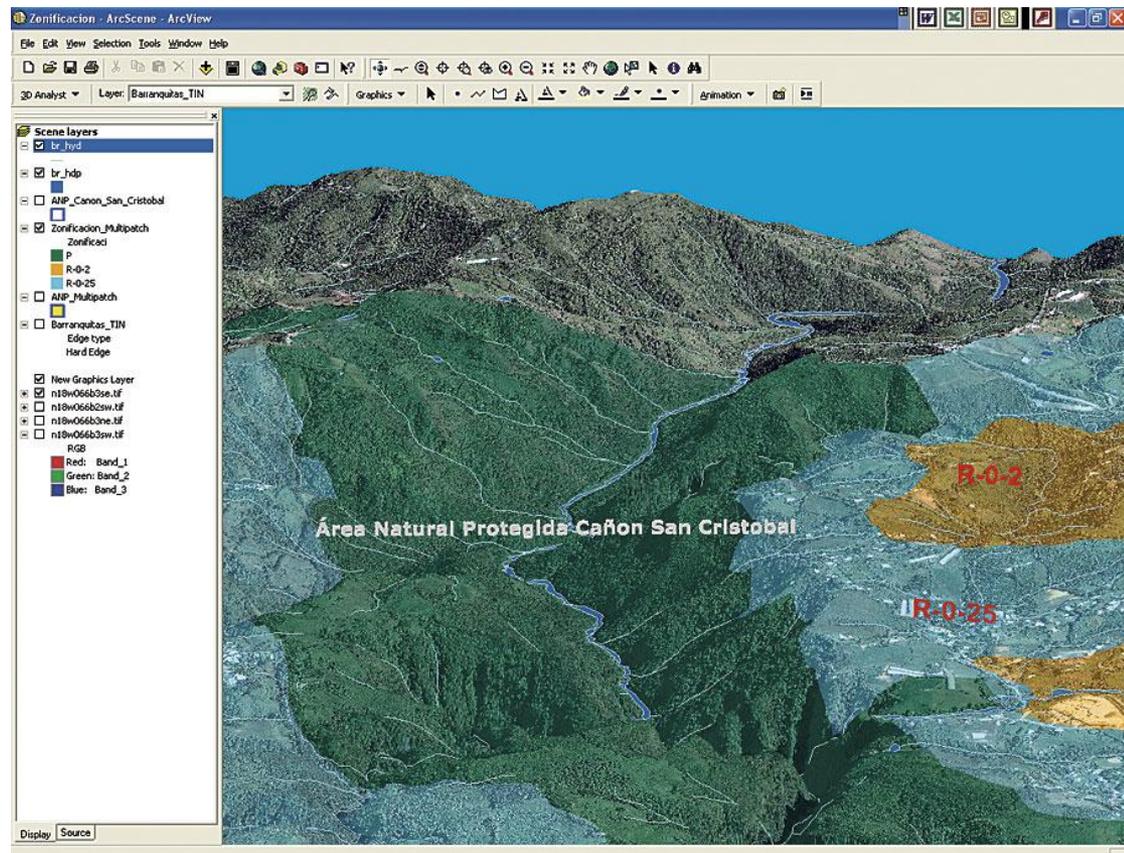
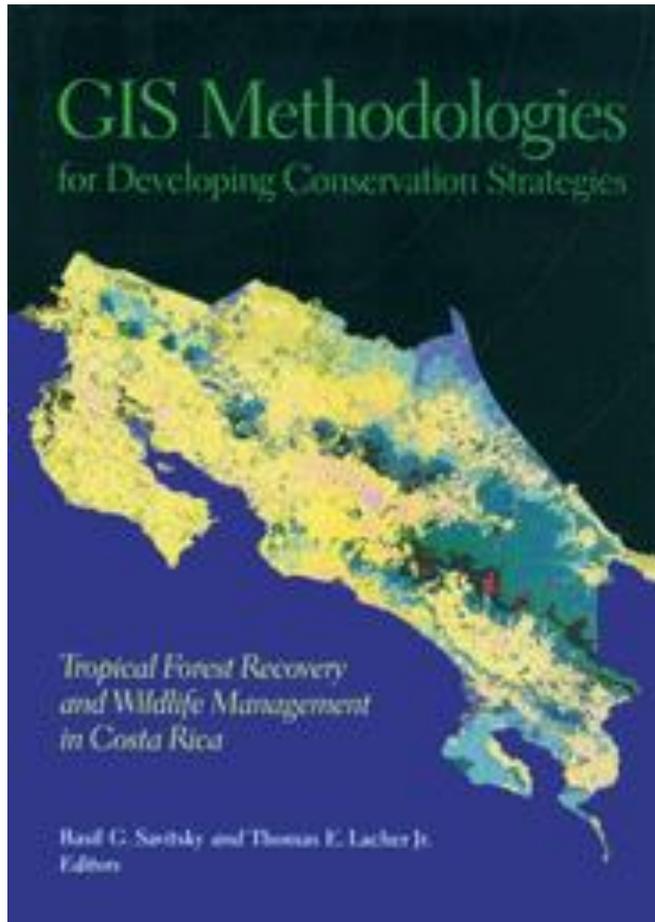
Interfase gráfica sirve para ver mapas

Interfase tabular sirve para ver los atributos de los elementos de los mapas

Ambas interfases están ligadas para crear "Mapas vivos"

# SIG: Conceptos

Un SIG no se limita a presentar o producir mapas, permite integrar y analizar datos para producir información



## ¿Qué se puede hacer con un SIG?

Preguntas a los mapas:

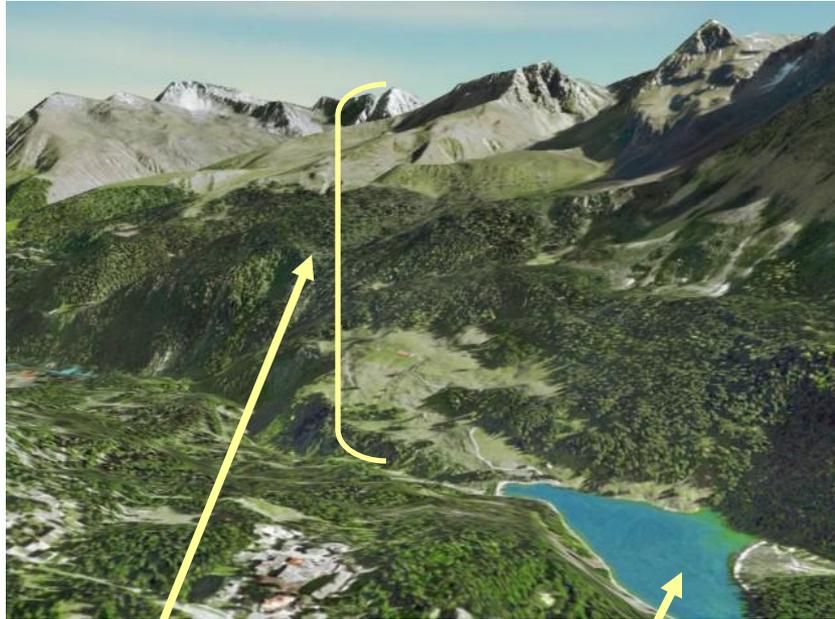
- ¿Dónde está  $x$ ?
  - ¿Quién está junto/cerca de  $x$ ?
- Detectar patrones espaciales

Mediante el análisis de los datos uno puede explorar preguntas como:

- ¿Por qué  $x$  está allí?
- Buscar relaciones geográficas entre elementos
- ¿Cómo sería  $x$  si  $y$  fuera de ésta manera?
- Simular escenarios

## Tipos de datos

### Espaciales (geográficos)



Espacialmente Continuos  
(topografía, nubosidad,  
uso de suelo)

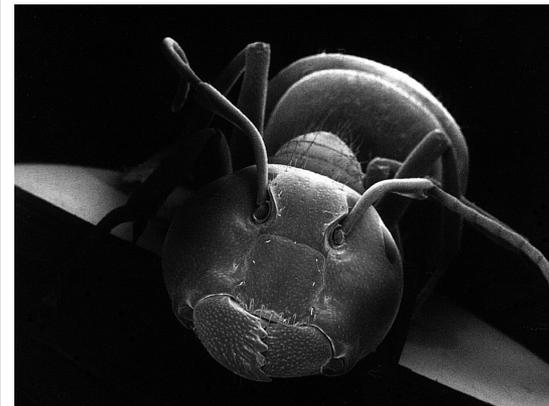
Espacialmente Discretos  
(lagos, vías de  
comunicación, localidades  
de colecta)

### No espaciales

S4 Processed Data

Sample #	Date	Time	dec S	Vnorth	Veast	Speed	Dir	Vref	Hx	Hy
	MM/DD/YYYY	hh:mm:ss	s	cm/sec	cm/sec	cm/sec	deg	Volts		
1	05/17/1986	09:00:00	0.0	-23.90	-30.60	42.71	226.8			
2	05/17/1986	09:10:00	0.0	-33.80	-18.60	38.58	208.6			
3	05/17/1986	09:20:00	0.0	-34.60	-4.80	34.53	187.9			
4	05/17/1986	09:30:00	0.0	-16.60	-38.60	42.02	246.7			
5	05/17/1986	09:40:00	0.0	24.20	-33.60	41.41	305.8			
6	05/17/1986	09:50:00	0.0	8.60	-34.80	35.85	261.1			
7	05/17/1986	10:00:00	0.0	36.60	17.40	40.53	25.4			
8	05/17/1986	10:10:00	0.0	36.40	-3.40	36.63	345.1			
9	05/17/1986	10:20:00	0.0	44.20	-22.60	49.64	332.9			
10	05/17/1986	10:30:00	0.0	39.00	2.60	39.09	3.8			
11	05/17/1986	10:40:00	0.0	38.60	2.40	38.67	3.6			
12	05/17/1986	10:50:00	0.0	38.60	-2.80	38.70	4.1			
13	05/17/1986	11:00:00	0.0	-26.40	-24.60	34.75	220.6			
14	05/17/1986	11:10:00	0.0	-27.20	-26.60	37.35	223.3			
15	05/17/1986	11:20:00	0.0	13.20	-31.80	34.43	292.5			
16	05/17/1986	11:30:00	0.0	-3.40	-34.60	35.85	105.2			
17	05/17/1986	11:40:00	0.0	14.80	28.00	31.67	62.1			
18	05/17/1986	11:50:00	0.0	27.60	19.60	33.85	35.4			
19	05/17/1986	12:00:00	0.0	30.00	-4.60	30.35	381.3			
20	05/17/1986	12:10:00	0.0	12.80	26.80	28.69	63.6			
21	05/17/1986	12:20:00	0.0	0.00	27.60	27.60	90.0			
22	05/17/1986	12:30:00	0.0	4.60	-32.00	32.33	278.2			
23	05/17/1986	12:40:00	0.0	19.00	3.00	20.63	8.6			
24	05/17/1986	12:50:00	0.0	15.60	4.40	16.21	15.8			
25	05/17/1986	13:00:00	0.0	13.20	3.20	19.46	9.5			
26	05/17/1986	13:10:00	0.0	20.40	5.40	21.10	14.8			
27	05/17/1986	13:20:00	0.0	18.80	6.20	19.80	18.3			
28	05/17/1986	13:30:00	0.0	68.60	6.60	68.78	10.1			

Tabulares

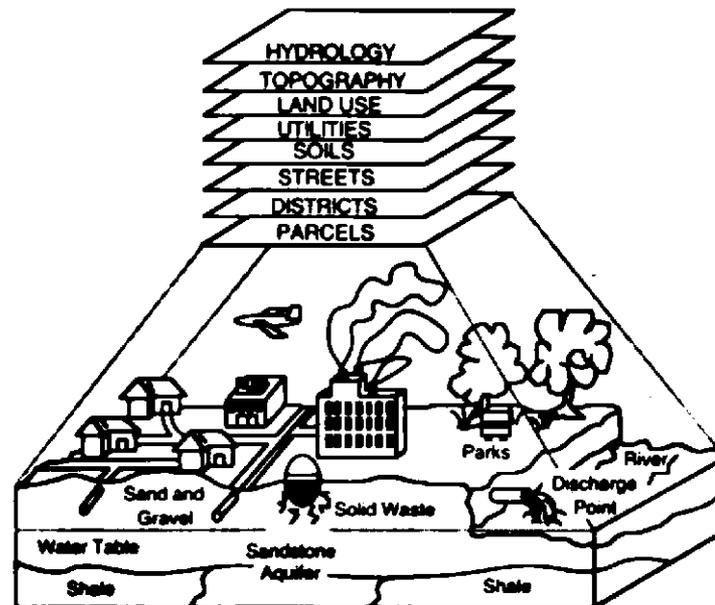


Imágenes

## Representación de datos espaciales en un SIG

### Los Modelos de Datos

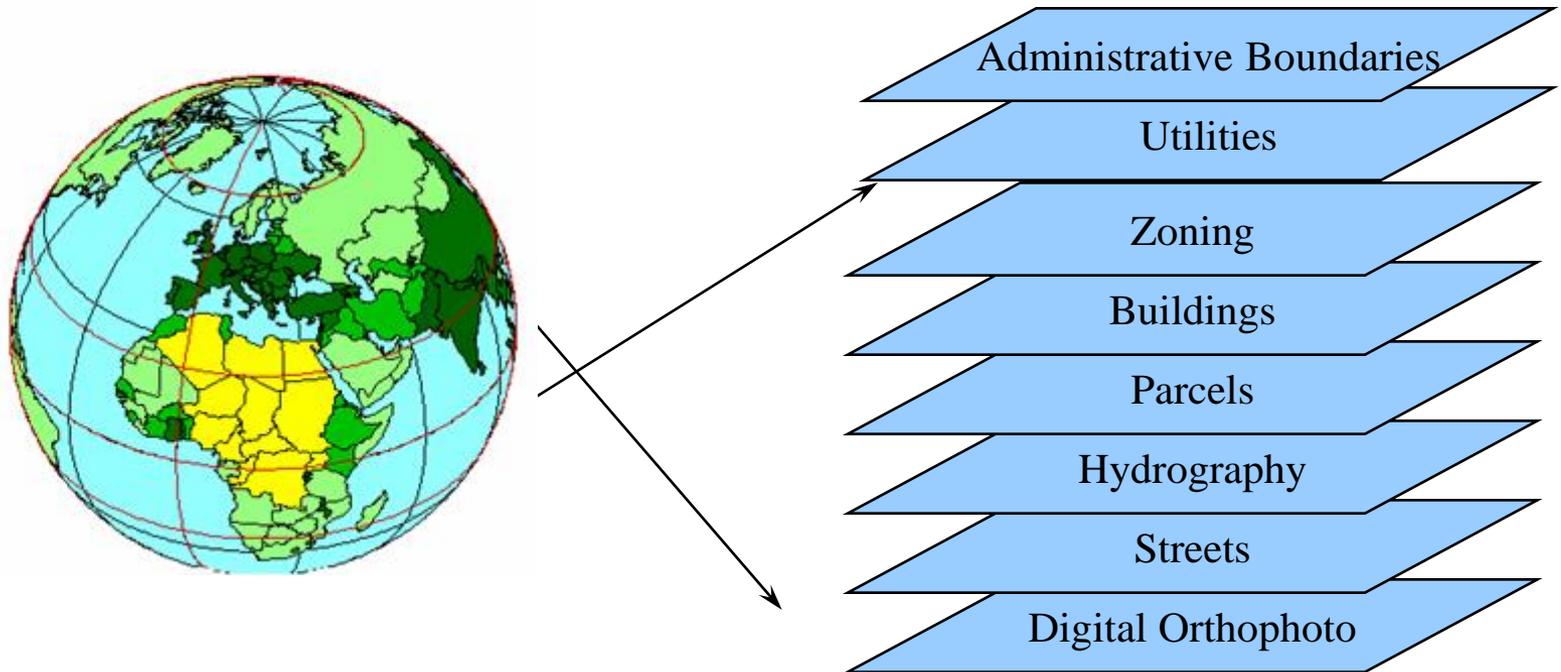
Permiten representar digitalmente y almacenar en una base de datos los elementos geográficos del mundo real para que puedan ser presentados de manera abstracta en formato análogo (mapa) y sean susceptibles de manipulación



*A number of related data layers can represent the many geographies of the real world.*

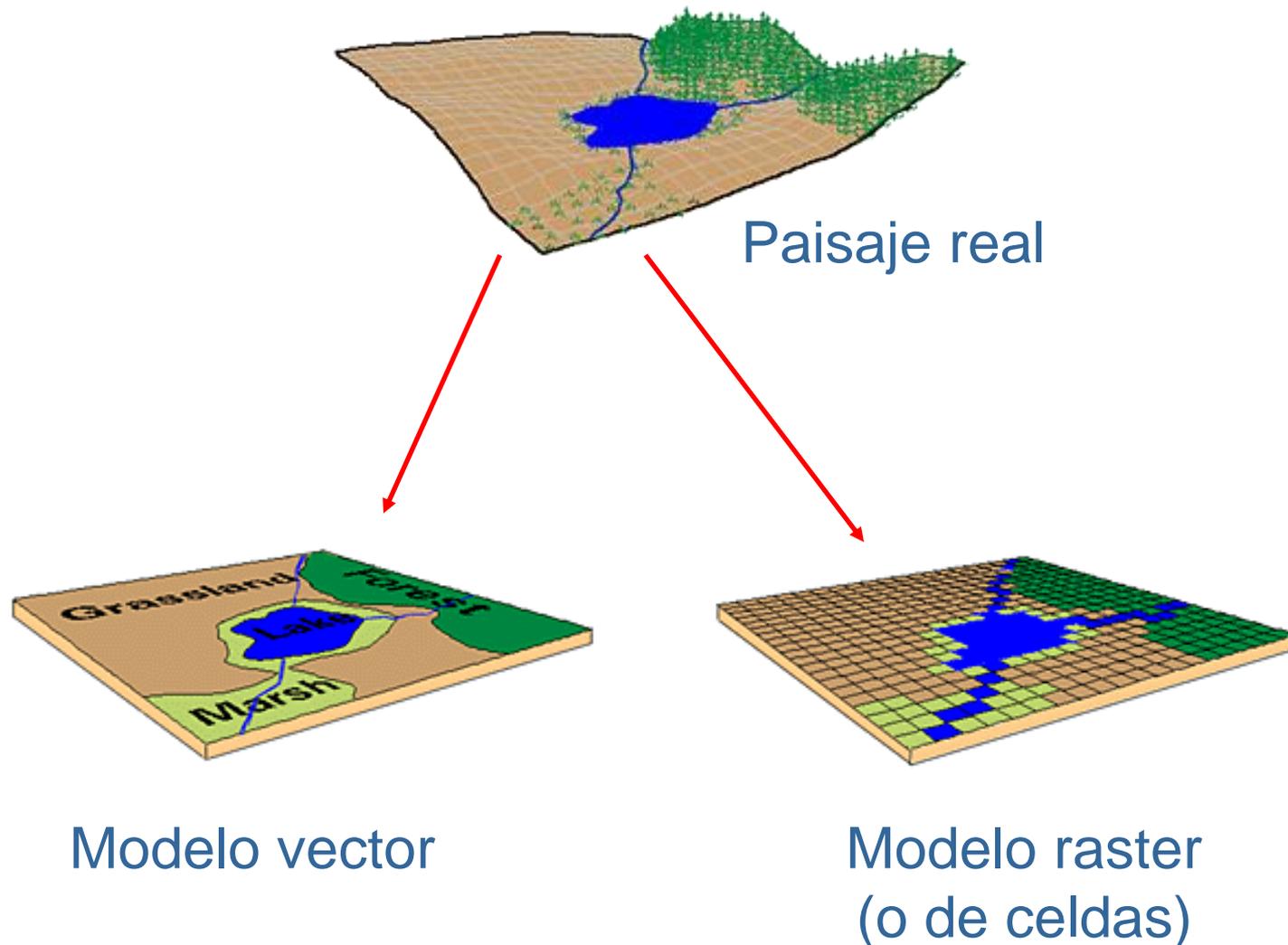
## Representación de datos espaciales en un SIG

### Los Modelos de Datos: Implementación

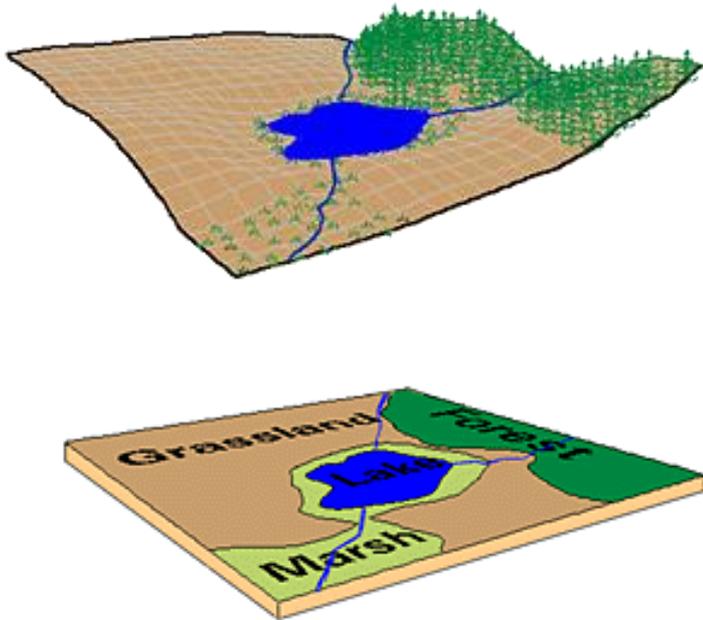


- Los datos están organizados por capas (coberturas o temas) en donde cada capa representa un elemento común.
- Las capas se integran usando sitios explícitos sobre la superficie de la Tierra, por tanto, la posición geográfica es el centro de organización de la información.

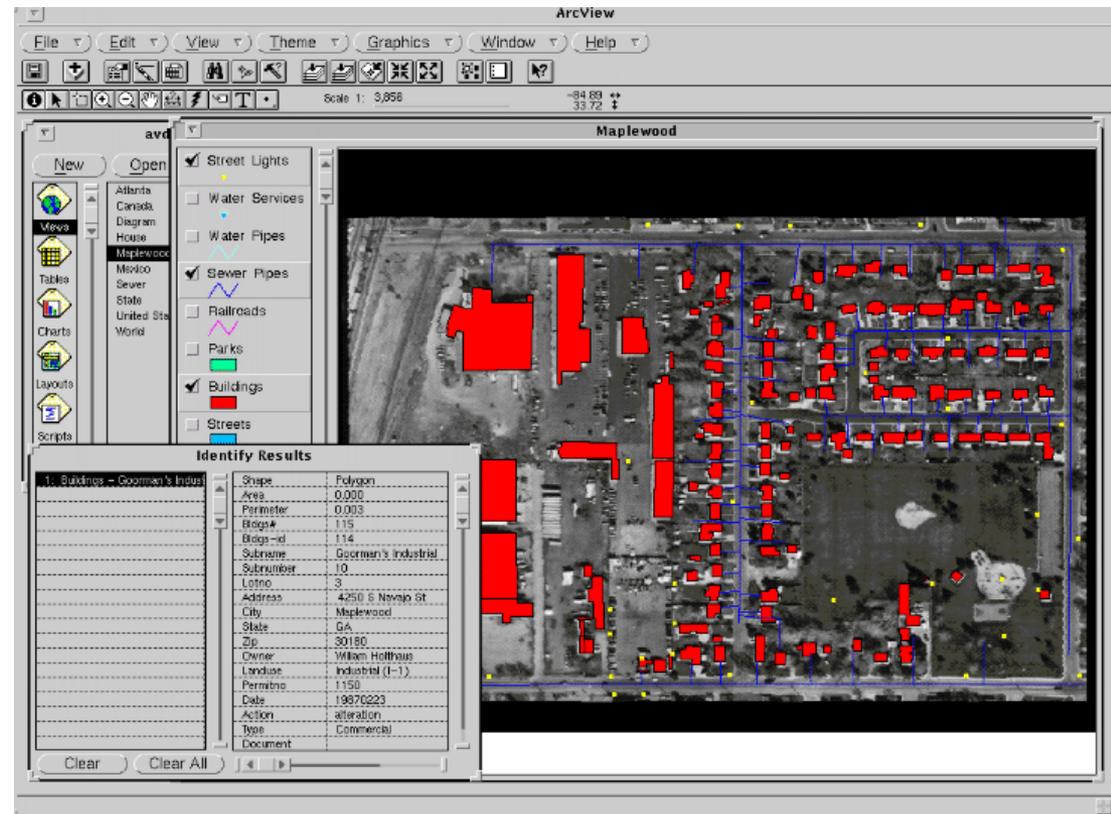
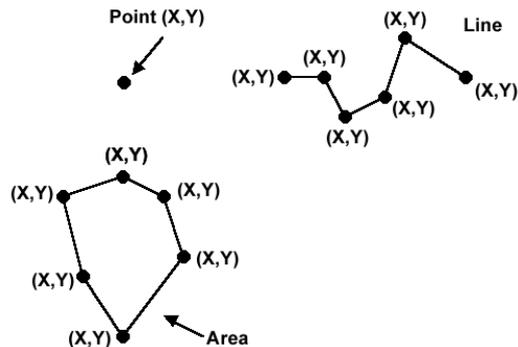
# Representación de datos espaciales en un SIG



## El Modelo Vector

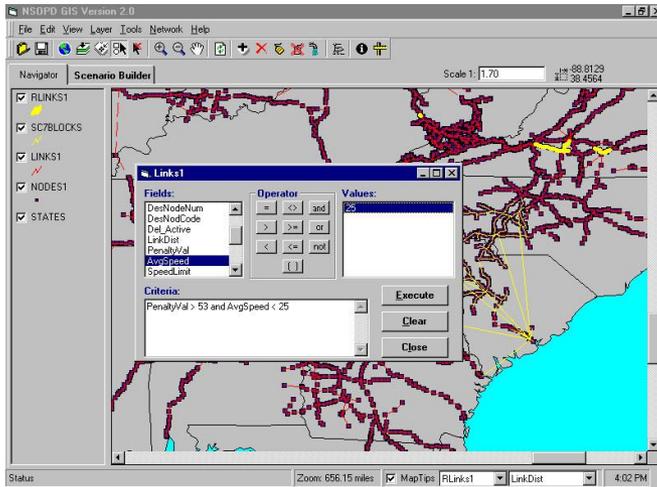


### Basic vector graphic data representation

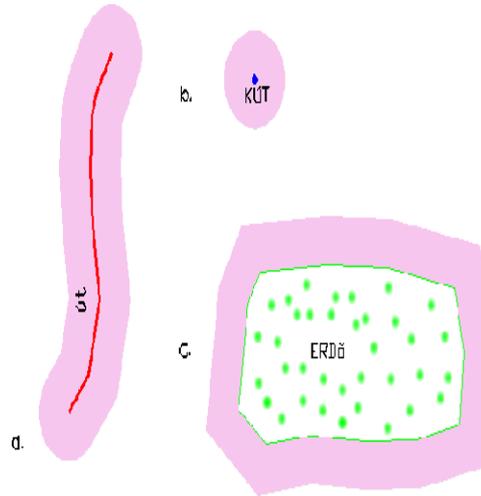


Representa los elementos del paisaje mediante puntos, líneas y polígonos. Cada elemento tiene atributos asociados en una tabla que los describen. Se enfoca en elementos espacialmente discretos. Demandante computacionalmente

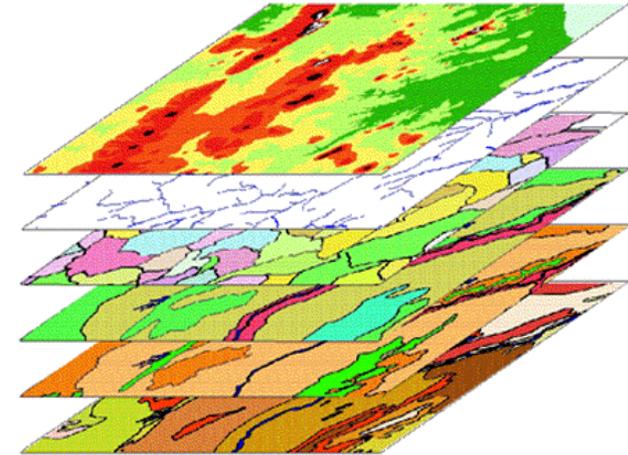
## El Modelo Vector: Funcionalidad



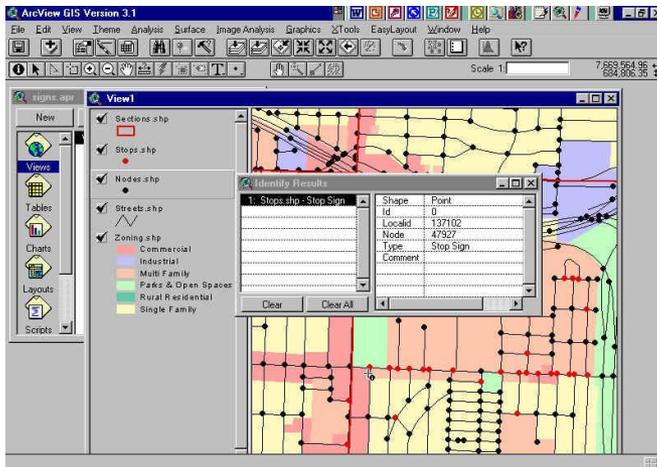
Búsquedas simples y complejas



Anillos de amortiguamiento



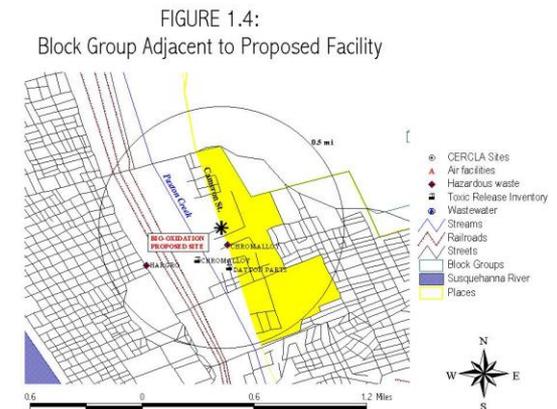
Sobreposición espacial



Análisis de redes

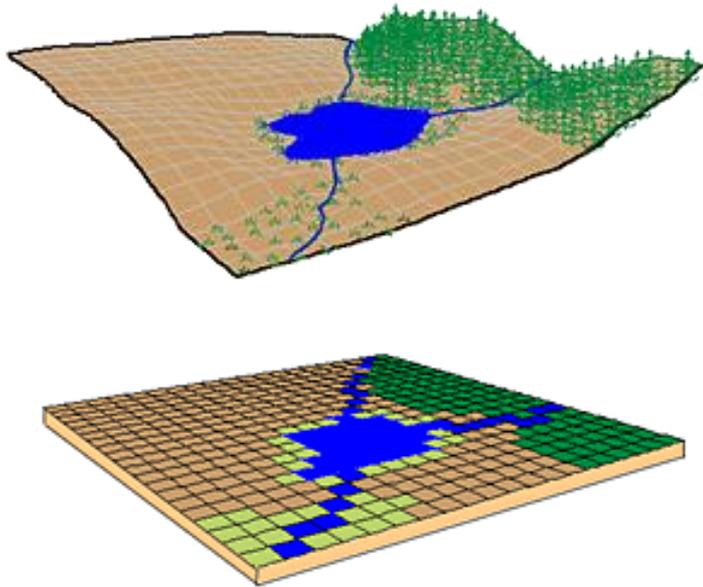


Localización de direcciones

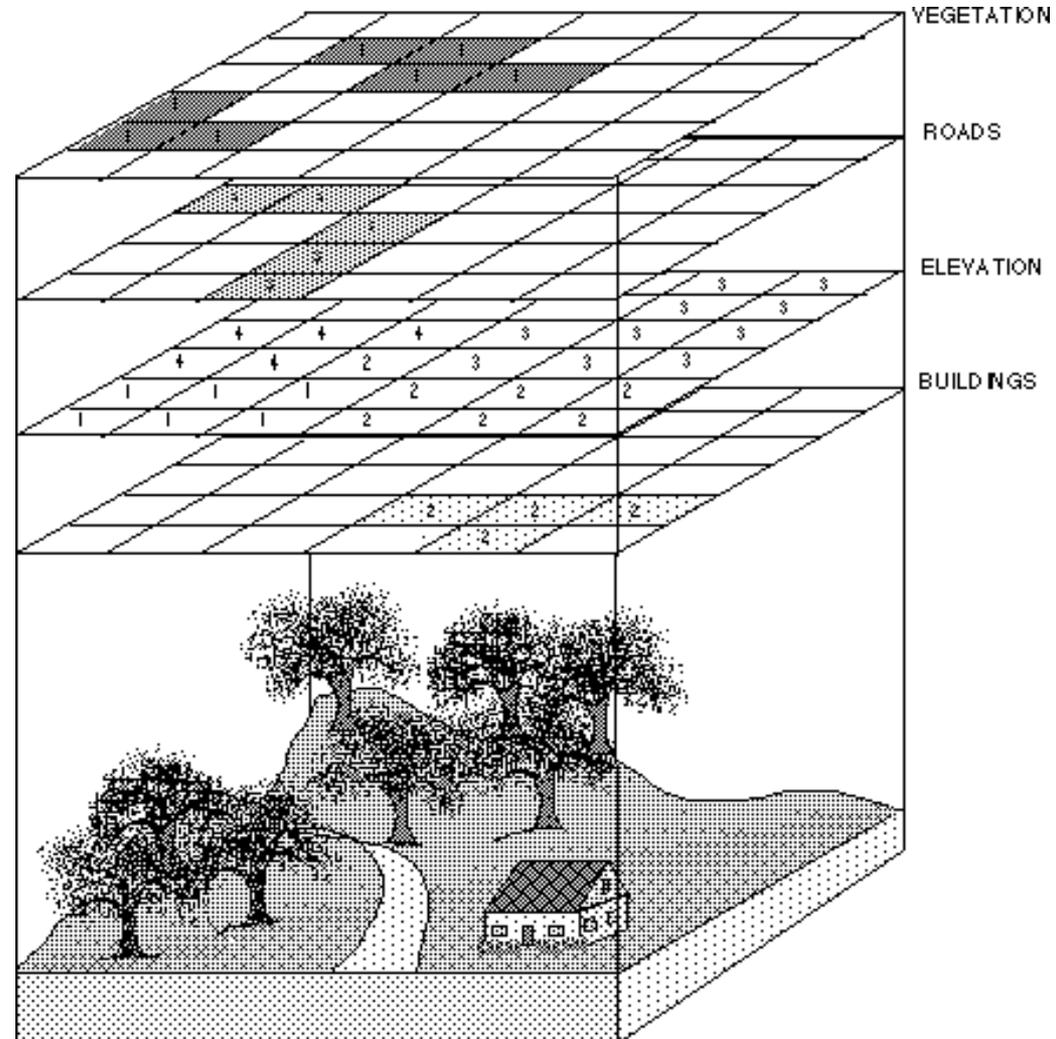


Análisis de proximidad

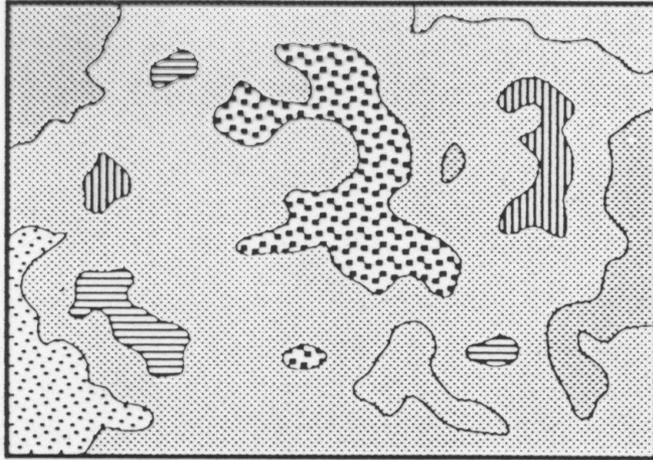
## El Modelo Raster



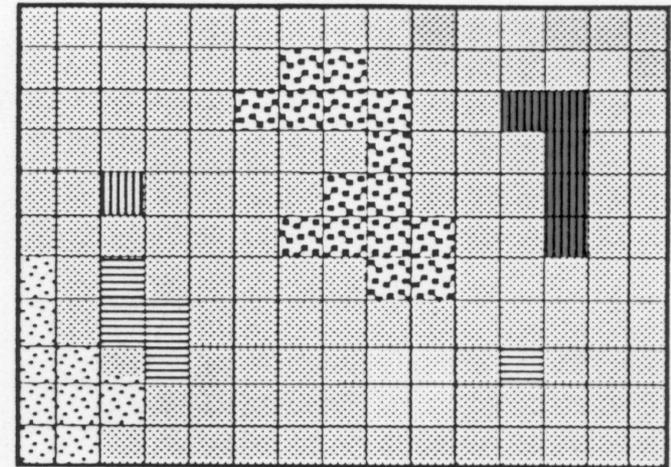
Divide el área de estudio en una gráticula y representa los elementos del paisaje asignándole un valor a cada celda. Se enfoca en elementos espacialmente continuos. Eficiente computacionalmente



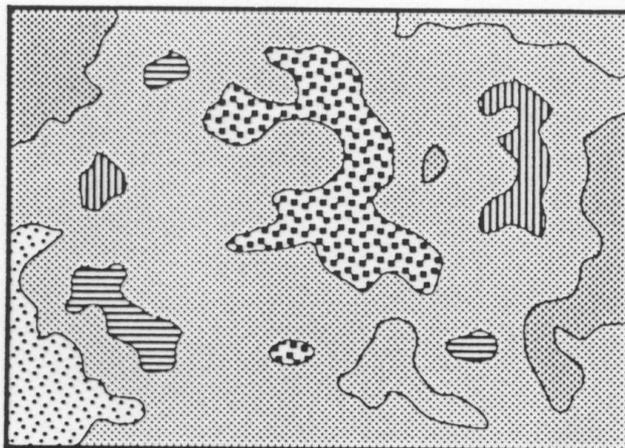
# El Modelo Raster: Resolución



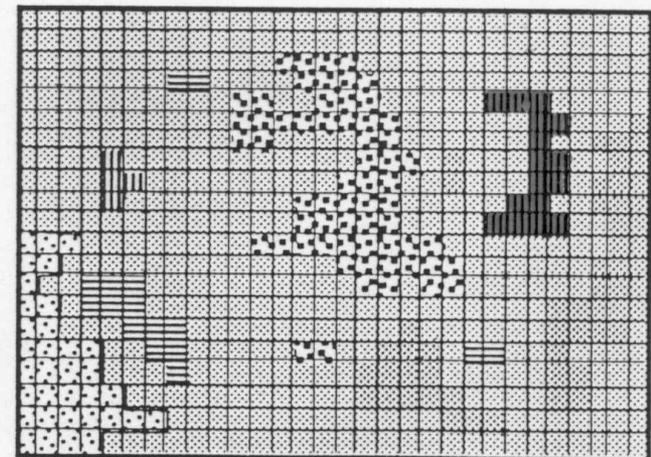
Input vegetation map



Coarse resolution grid

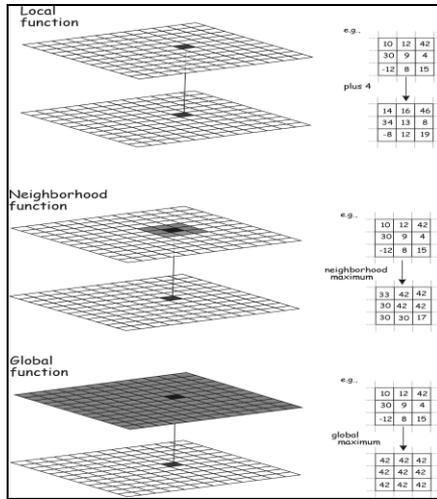


Input vegetation map

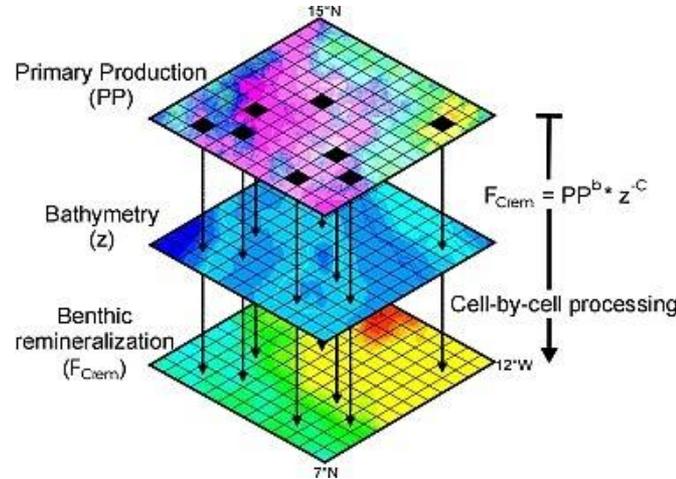


Fine resolution grid

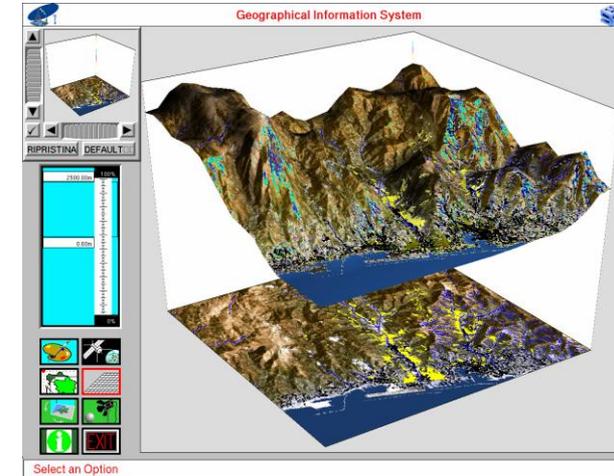
## El Modelo Raster: Funcionalidad



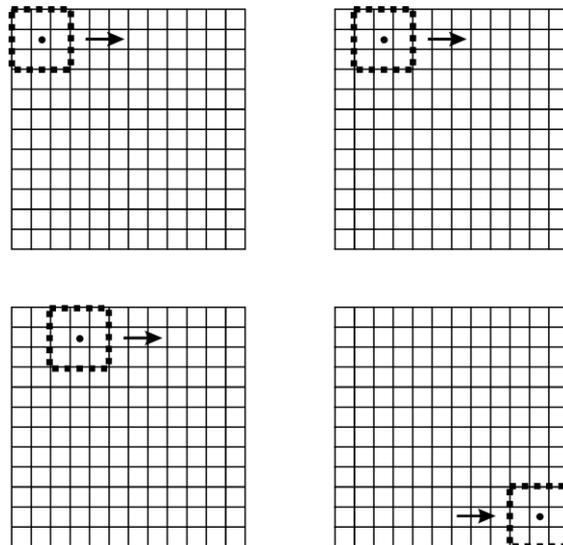
Álgebra de mapas



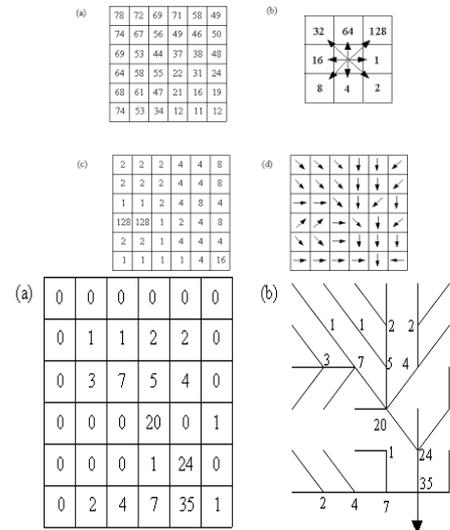
Sobreposición espacial



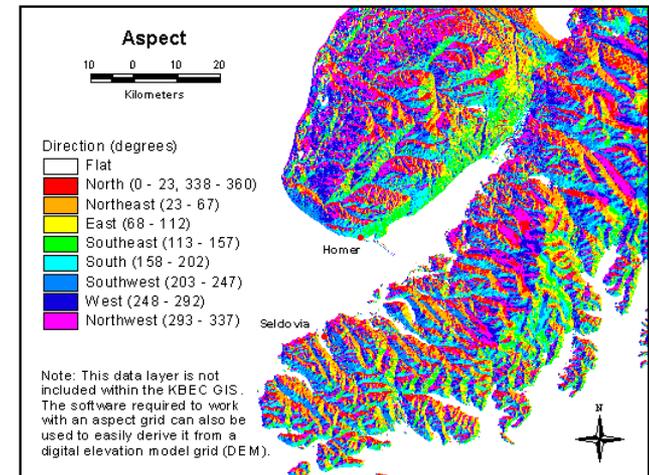
Análisis en 3D



Análisis de vecindad

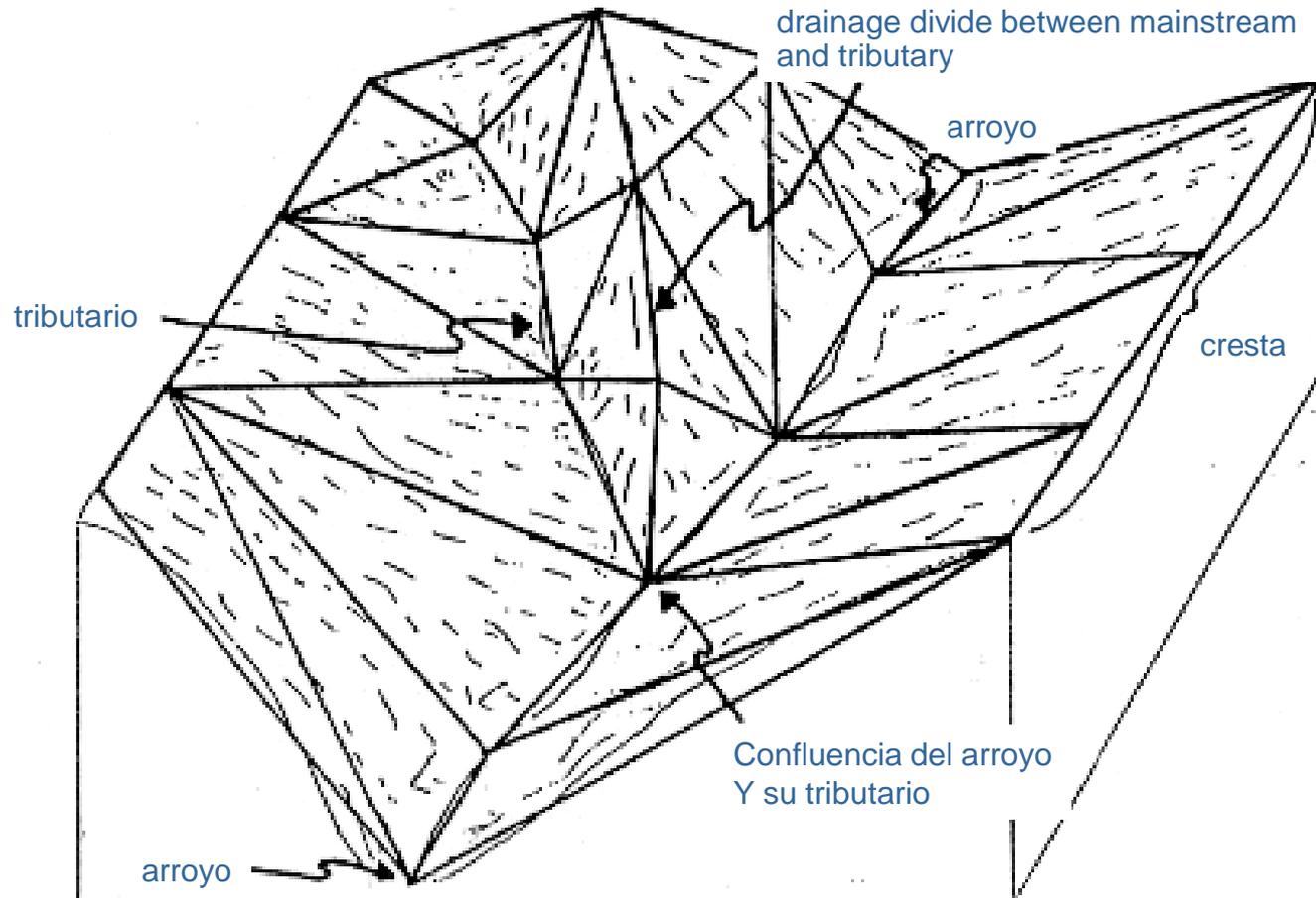


Análisis de flujos



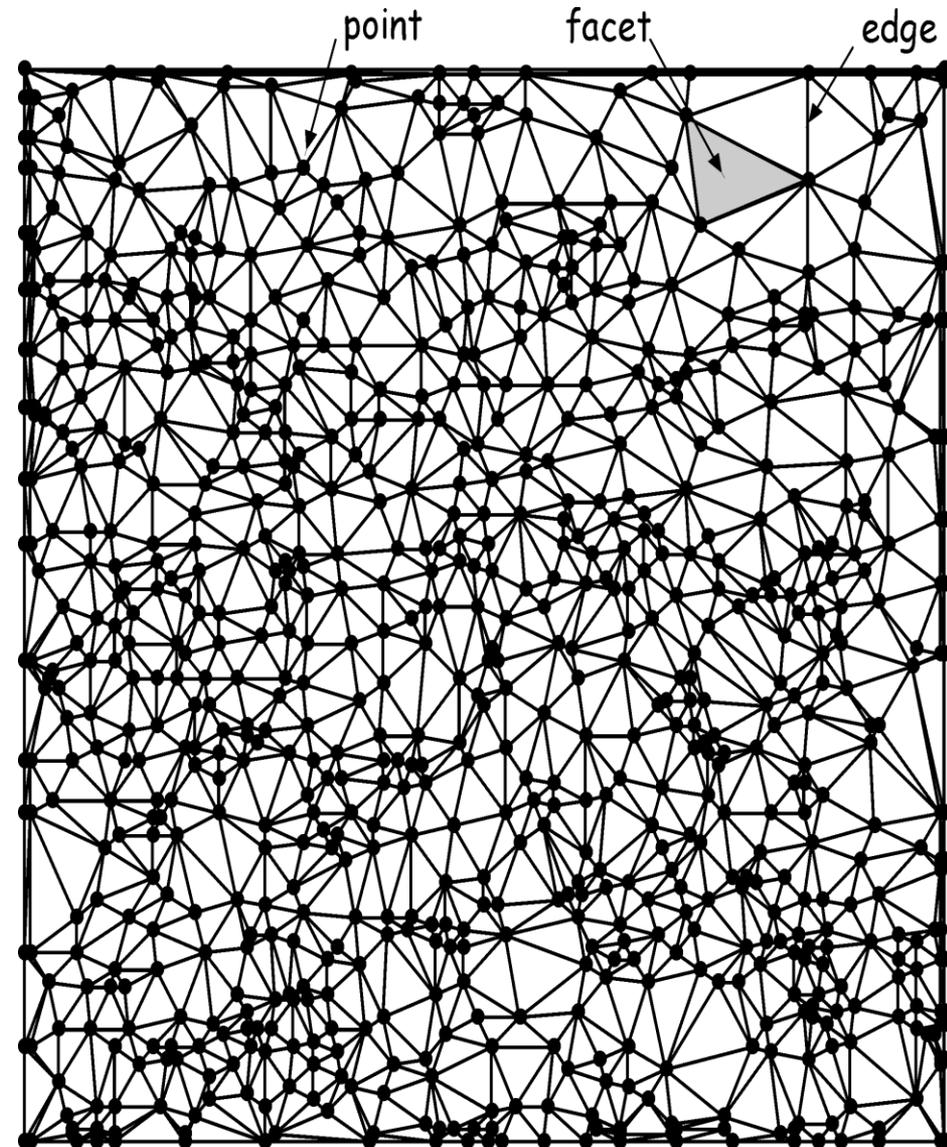
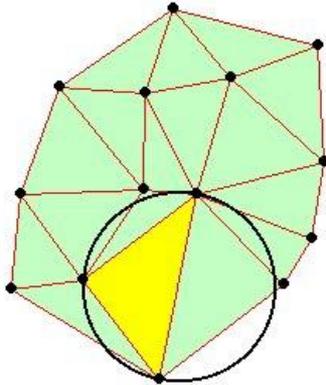
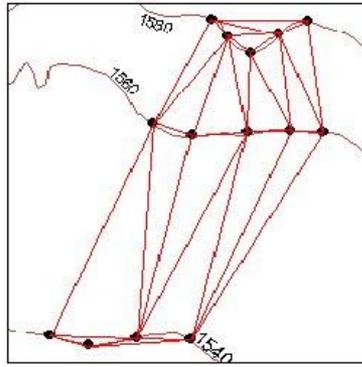
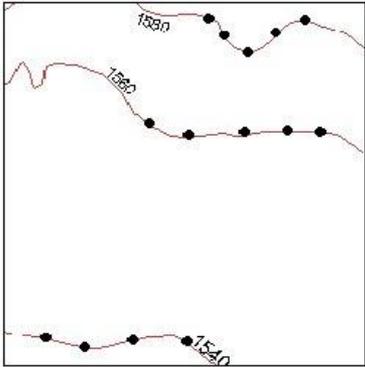
Análisis topográficos

# Representación de datos espaciales en un SIG



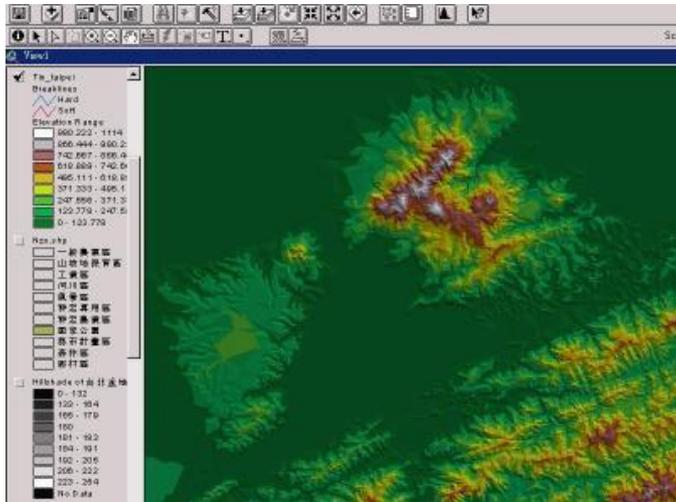
**Modelo Triangulated Irregular Network (TIN)**

## El Modelo TIN

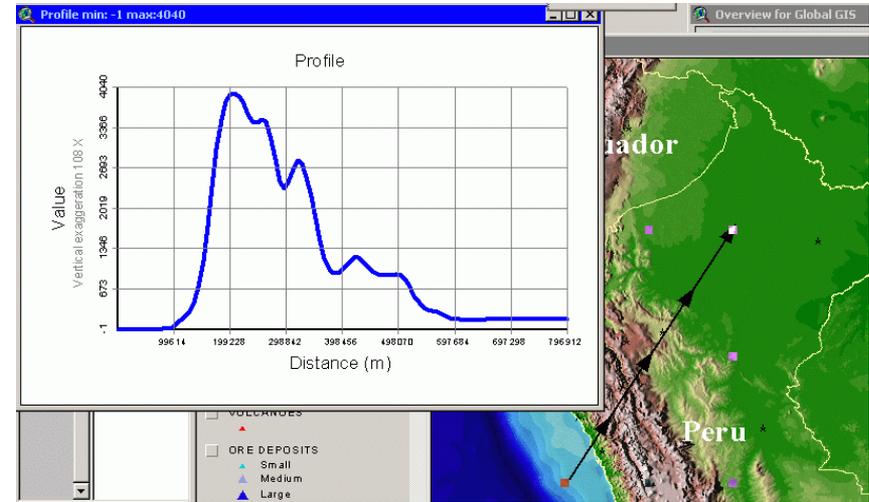


A partir de puntos de muestreo construye triángulos irregulares. Representa los elementos del paisaje mediante puntos, líneas y triángulos. Se enfoca en elementos espacialmente continuos, particularmente topografía. Demandante computacionalmente

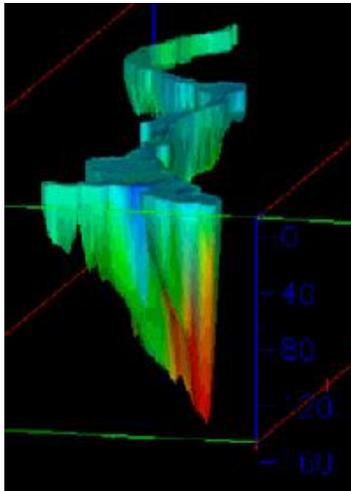
## El Modelo TIN: Funcionalidad



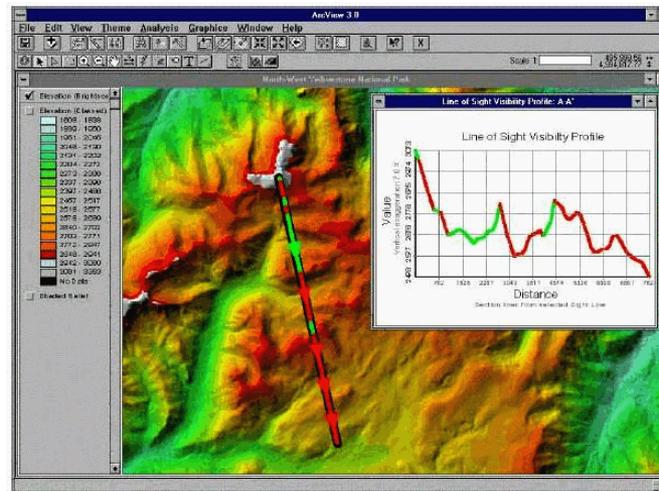
Análisis topográficos



Perfiles topográficos



Cálculo de volúmenes



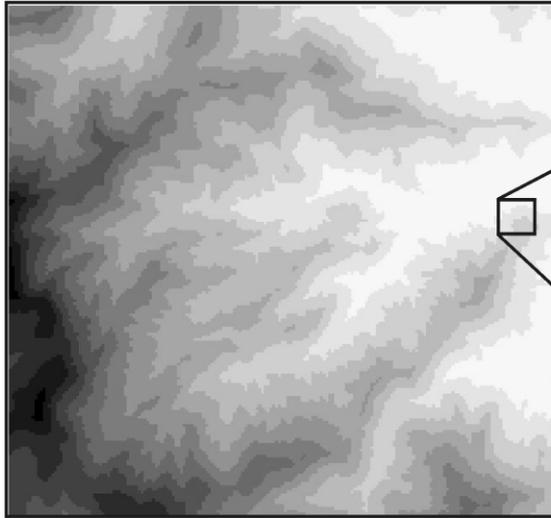
Análisis de visibilidad



Análisis en 3D

## Representación de datos espaciales en un SIG

Raster DEM

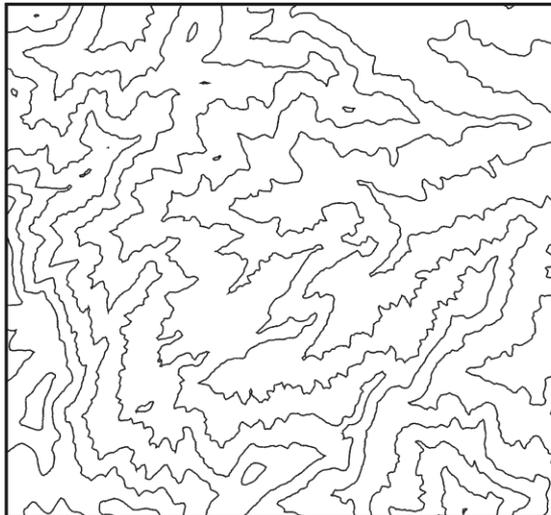


Detailed view of raster cells

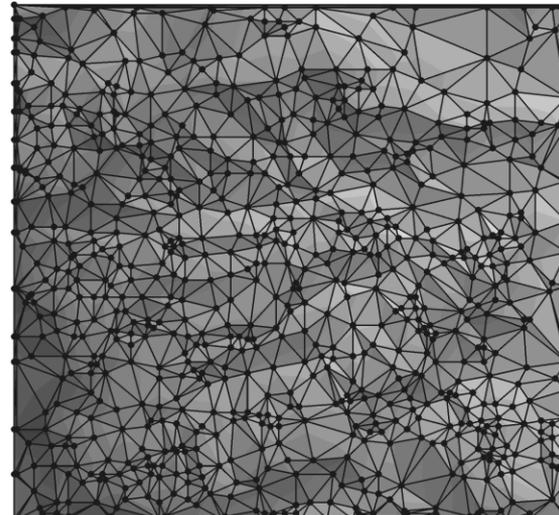
645	650	654	658	653	648
664	666	670	672	668	659
678	682	684	693	689	680
703	708	714	721	719	716
728	732	738	744	745	732
730	739	744	749	748	735

Todos los elementos geográficos pueden ser representados con cualquiera de los tres modelos.

Vector contours

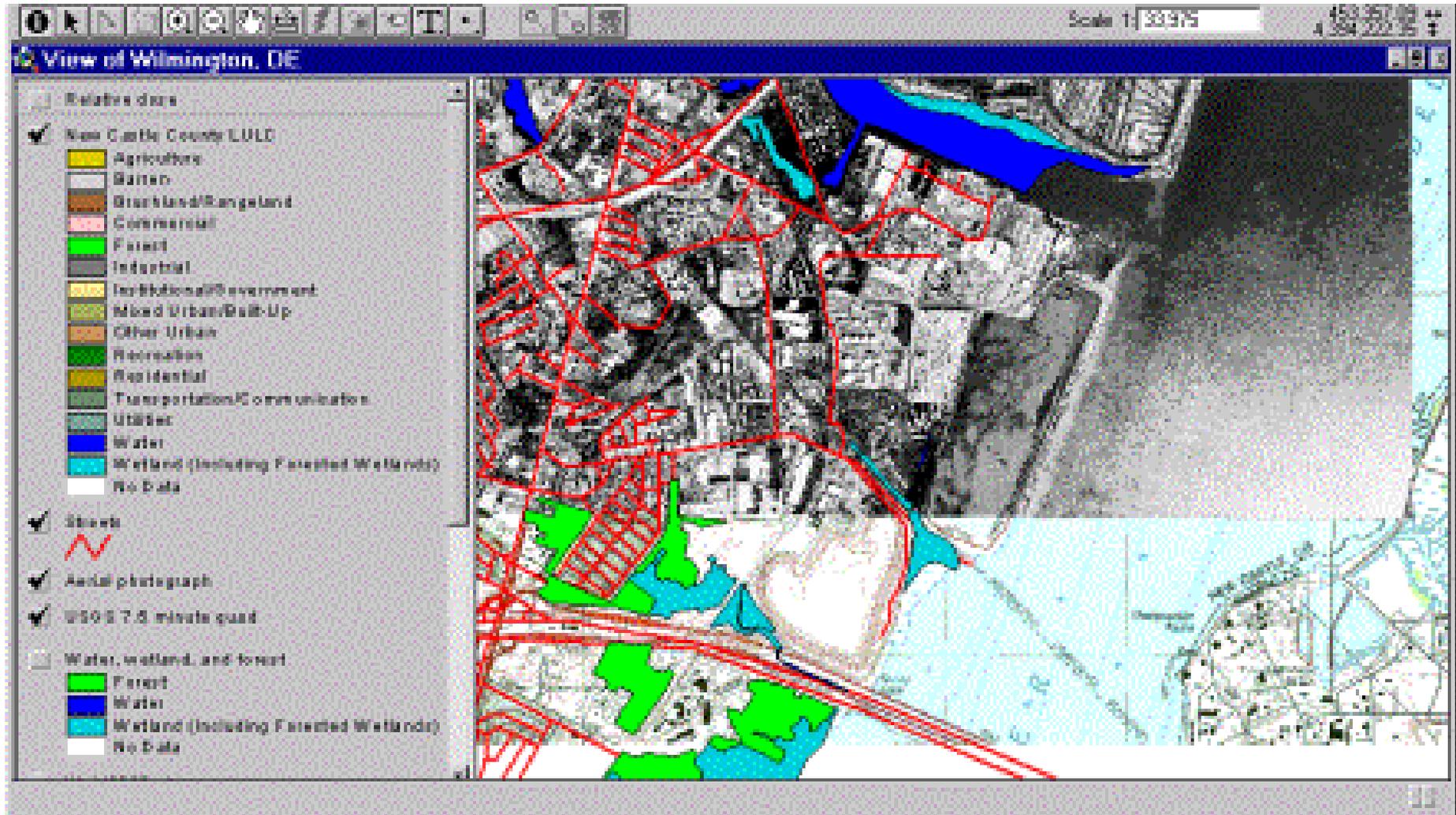


TIN



Sin embargo, un tipo de modelo es mejor que los otros para representar ciertos elementos o para realizar ciertas funciones.

## Integración de modelos vector y raster



## Datos No Espaciales

ArcView GIS 3.2 + Grid Converter + Grid Machine

File Edit Table Field Window Help

0 of 2403 selected

viv90\_riesgo.dbf

Id_texto	Id	Estado	Nombre	C90m01	C90m02	C90m03	C90m04	C90m05	C90m06	C90m07	C90m08	C90m09	C90m10	C90m11	C90m12	C90m13	C90m14
11014	11014	11	Dolores Hidalgo	17997	104712	17271	102378	1210	218	7541	2095	46	6	13	21		
11015	11015	11	Guanajuato	22432	119170	20390	112844	1239	726	3359	2417	294	1	8	5		
11016	11016	11	Huanjmaro	3185	18360	3172	18321	78	34	1465	1095	3	0	7	0		
11017	11017	11	Irapuato	65753	362915	63851	356223	1521	246	5007	14031	348	14	38	65		
11018	11018	11	Jaral del Progreso	5271	29764	5257	29673	298	44	1992	1384	7	96	13	2		
11019	11019	11	Jeritcuaro	9691	51954	9646	51790	110	49	2239	5425	5	2	15	39		
11020	11020	11	Lecn	146796	867920	145100	860751	3329	616	7988	17718	1022	8	32	80		
11021	11021	11	Morolecn	9777	48191	8627	44649	41	106	484	2350	4	1	6	3		
11022	11022	11	Ocampo	3423	19727	3403	19657	88	592	181	60	3	3	0	2		
11023	11023	11	Piñjano	24224	137842	24170	137585	233	159	7863	10361	22	6	23	42		
11024	11024	11	Pueblo Nuevo	1930	10597	1929	10588	24	23	413	805	4	1	2	0		
11025	11025	11	Purjsima del Rincn	5238	30433	5228	30404	105	26	794	1236	6	6	5	2		
11026	11026	11	Romita	7398	44545	7372	44454	208	45	828	4191	6	2	9	10		
11027	11027	11	Salamanca	37836	204311	37700	203514	1230	155	7241	4609	251	24	37	73		
11028	11028	11	Salvatierra	18524	97599	18424	97042	320	123	1626	9633	38	32	18	15		
11029	11029	11	San Diego de la Unicin	5400	31360	5308	31084	396	251	2675	239	6	0	1	7		
11030	11030	11	San Felipe	14215	87216	14155	86912	661	1556	3718	402	11	10	2	31		
11031	11031	11	San Francisco del Rincn	14112	83601	14086	83229	408	86	1506	3193	112	3	7	11		
11032	11032	11	San Jos lrbide	7517	42681	7495	42618	252	33	1793	1305	4	2	4	8		
11033	11033	11	San Luis de la Paz	12945	78504	12890	78273	902	396	5054	672	17	23	13	35		
11034	11034	11	Santa Catarina	761	3982	761	3982	77	273	205	8	4	88	2	6		
11035	11035	11	Santa Cruz de Juventino Rosa	9172	56166	9156	56022	799	42	3881	1557	26	8	16	9		
11036	11036	11	Santiago Maravat	1830	9483	1722	9160	10	15	208	1091	0	1	2	0		
11037	11037	11	Silao	17784	115130	17458	114035	941	120	2710	5795	99	7	8	5		
11038	11038	11	Tarandacuao	2332	12402	2321	12357	8	11	74	1376	2	1	1	4		
11039	11039	11	Tarimoro	7149	38594	7142	38546	57	18	670	4016	2	1	7	1		
11040	11040	11	Tierra Blanca	2206	13121	2202	13106	242	140	655	507	11	55	1	11		
11041	11041	11	Uriangato	8752	46710	8294	45336	55	47	298	2715	12	0	3	3		
11042	11042	11	Valle de Santiago	23288	132023	21541	126740	541	95	8345	4939	17	11	30	4		
11043	11043	11	Victoria	3258	18324	3252	18305	261	359	1686	396	6	85	23	49		
11044	11044	11	Villagr n	6379	38680	6339	38545	624	34	2199	278	40	60	11	5		
11045	11045	11	Xich	2018	11614	2018	11614	136	688	950	35	7	33	16	308		
11046	11046	11	Yuriria	15089	77247	13706	72980	181	79	2300	6739	13	6	23	7		
12001	12001	12	Acapulco de Ju rez	123656	593212	122622	587296	39709	1144	15918	9470	3675	2830	6051	4203		
12002	12002	12	Ahuacutzingo	3252	16568	3201	16385	190	1094	546	1229	2	260	477	54		
12003	12003	12	Ajuchit n del Progreso	6174	36728	5870	35804	746	47	96	4162	88	162	246	89		
12004	12004	12	Alcozauca de Guerrero	2385	15058	2373	15022	129	465	37	1682	6	460	77	152		
12005	12005	12	Alpoyeca	894	5202	885	5085	81	68	144	410	2	120	5	1		
12006	12006	12	Apaxtla	2828	14819	2601	14135	206	197	323	1160	31	73	259	43		
12007	12007	12	Arcelia	5771	30667	5673	30335	688	23	380	3739	123	118	117	81		
12008	12008	12	Atenango del Rjo	1559	8015	1546	7826	34	848	209	240	2	85	508	44		
12009	12009	12	Atlamajalcingo del Monte	812	4244	775	4130	159	93	22	395	11	83	44	55		
12010	12010	12	Atlixac	2961	16820	2954	16786	732	621	198	1173	24	317	312	216		
12011	12011	12	Atoyac de Alvarez	11634	58568	11523	58182	3369	494	1430	4564	71	221	1648	488		
12012	12012	12	Ayutla de los Libres	7179	40002	7092	39702	560	299	49	5279	52	116	1013	313		
12013	12013	12	Azoyt	6086	32601	6010	32335	775	219	117	4194	22	272	1316	432		
12014	12014	12	Benito Ju rez	3560	15720	3516	15539	533	130	400	1422	20	285	103	89		
12015	12015	12	Buenavista de Cujllar	2230	10713	2227	10692	146	125	494	695	21	70	65	8		
12016	12016	12	Coahuayutla de Jos Marja Iza	2549	13465	2481	13226	128	242	86	1959	4	67	307	34		
12017	12017	12	Cocula	3409	16415	3395	16368	330	276	1047	1301	14	87	204	32		
12018	12018	12	Copala	2154	11409	2092	11223	237	47	24	1350	12	117	339	120		
12019	12019	12	Copallio	1804	11112	1785	11034	56	1089	367	150	3	124	851	10		
12020	12020	12	Copanotoyac	2498	13880	2491	13859	269	328	76	1746	12	324	72	153		

## Integración de Datos No Espaciales

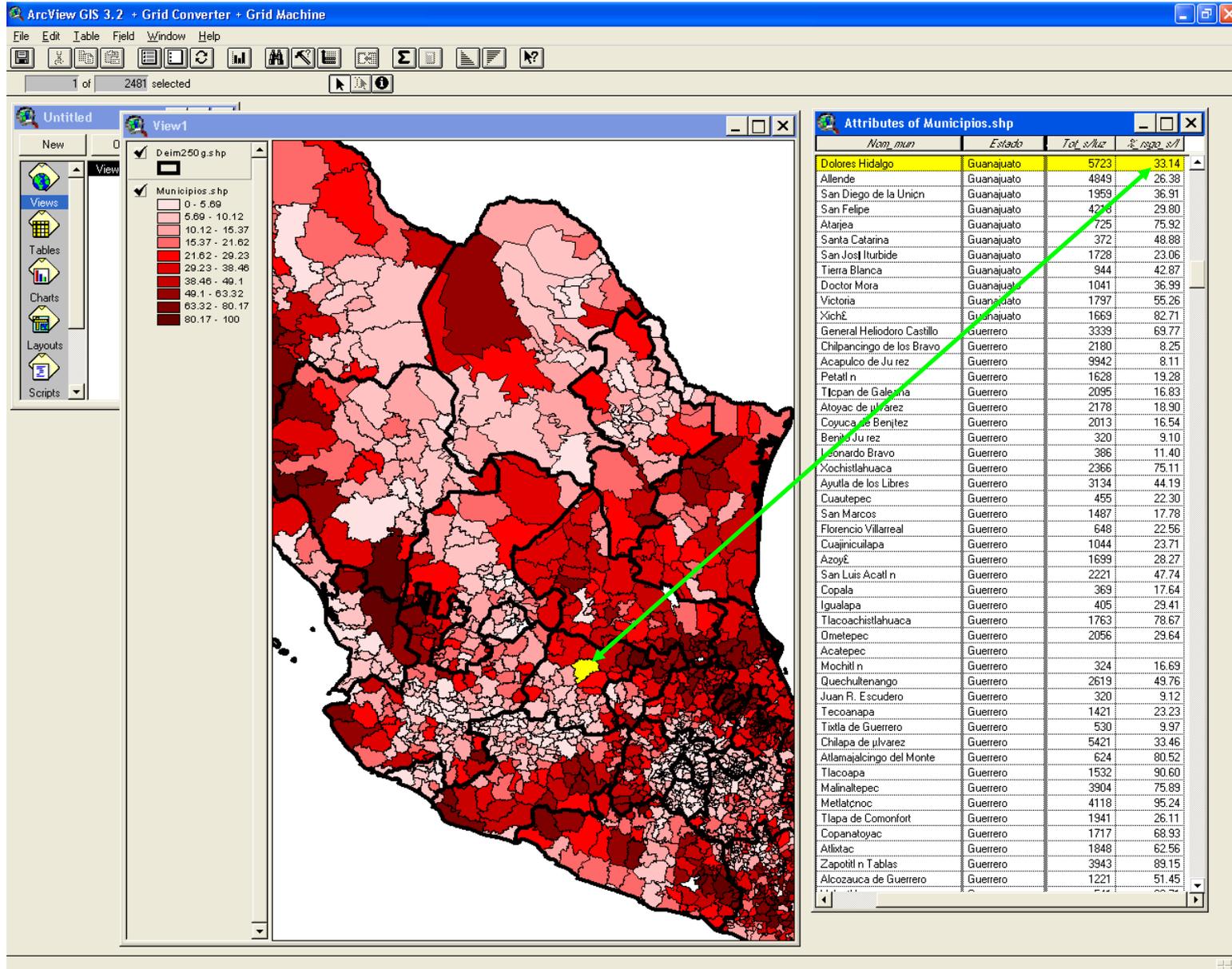
The screenshot displays the ArcView GIS 3.2 interface with the following components:

- Table of Contents:** Shows 'Attributes of Municipios.shp' and 'viv90\_riesgo.dbf'.
- Attributes of Municipios.shp Table:**

Clave	Nombre	Estado
11014	Dolores Hidalgo	Guanajuato
11003	Allende	Guanajuato
11029	San Diego de la Unión	Guanajuato
11030	San Felipe	Guanajuato
11006	Atarjea	Guanajuato
11034	Santa Catarina	Guanajuato
11032	San José Iturbide	Guanajuato
11040	Tierra Blanca	Guanajuato
11013	Doctor Mora	Guanajuato
11043	Victoria	Guanajuato
11045	Xichil	Guanajuato
12032	General Heliodoro Castillo	Gerrero
12029	Chilpancingo de los Bravo	Gerrero
12001	Acapulco de Juárez	Gerrero
12048	Petalán	Gerrero
- viv90\_riesgo.dbf Table:**

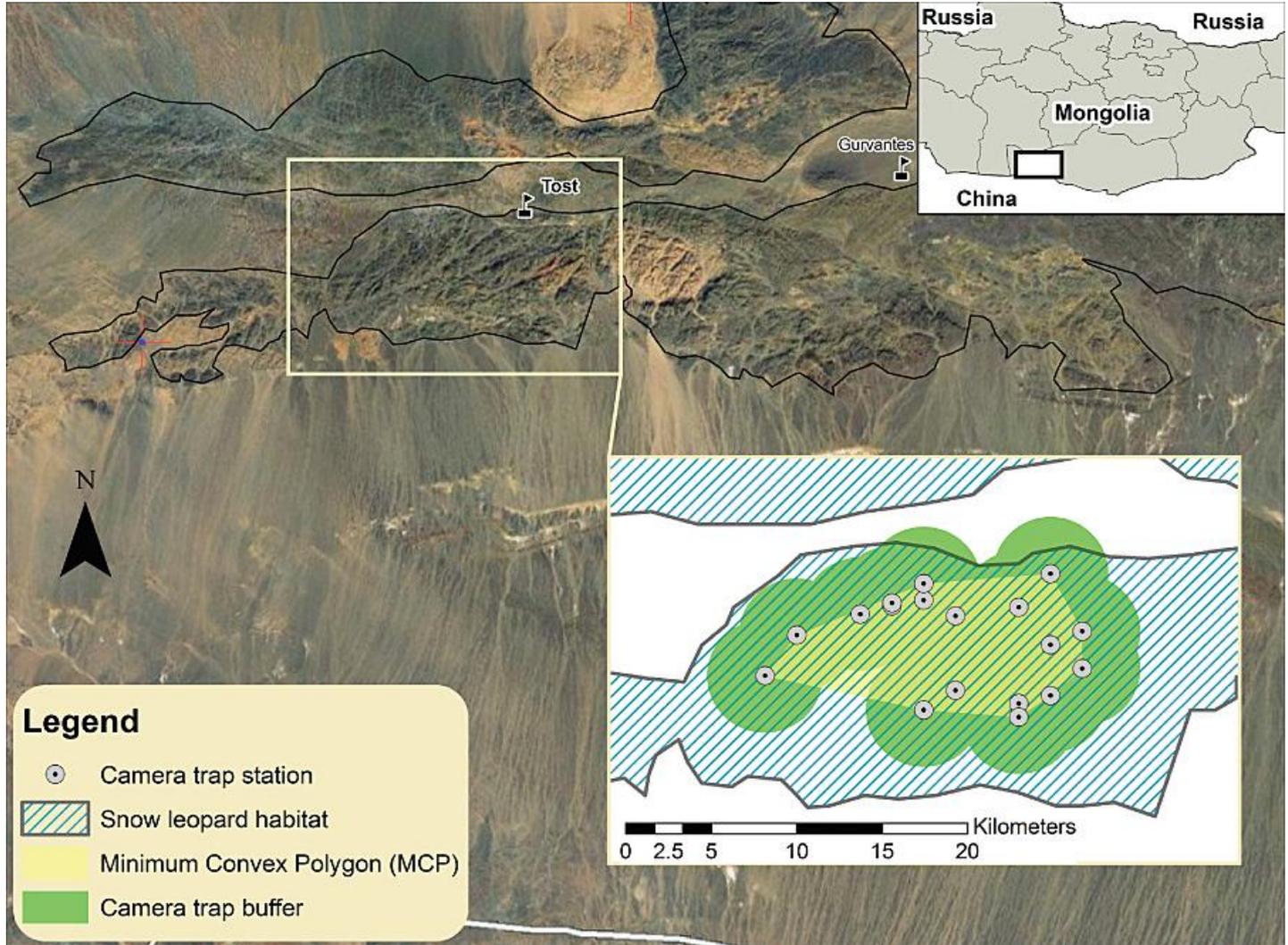
ID. MUN	Nombre	Tot. Puz	Riesgo A
11014	Dolores Hidalgo	5723	33.14
11015	Guanajuato	2242	11.00
11016	Huanquimaro	166	5.23
11017	Irapuato	3927	6.15
11018	Jaral del Progreso	321	6.11
11019	Jerécuaro	3039	31.51
11020	León	8792	6.06
11021	Moroleón	232	2.69
11022	Ocampo	884	25.98
11023	Pinjama	2053	8.49
11024	Pueblo Nuevo	152	7.88
11025	Purísima del Rincón	630	12.05
11026	Romita	1011	13.71
11027	Salamanca	3511	9.31
11028	Salvatierra	1005	5.45
- Map View (View1):** Shows a map of Mexico with a yellow highlight on the Dolores Hidalgo municipality in the state of Guanajuato. A red arrow points from this highlight to the corresponding row in the 'Attributes of Municipios.shp' table.

## Mapeo de Datos No Espaciales



# SIG: Aplicaciones en Conservación

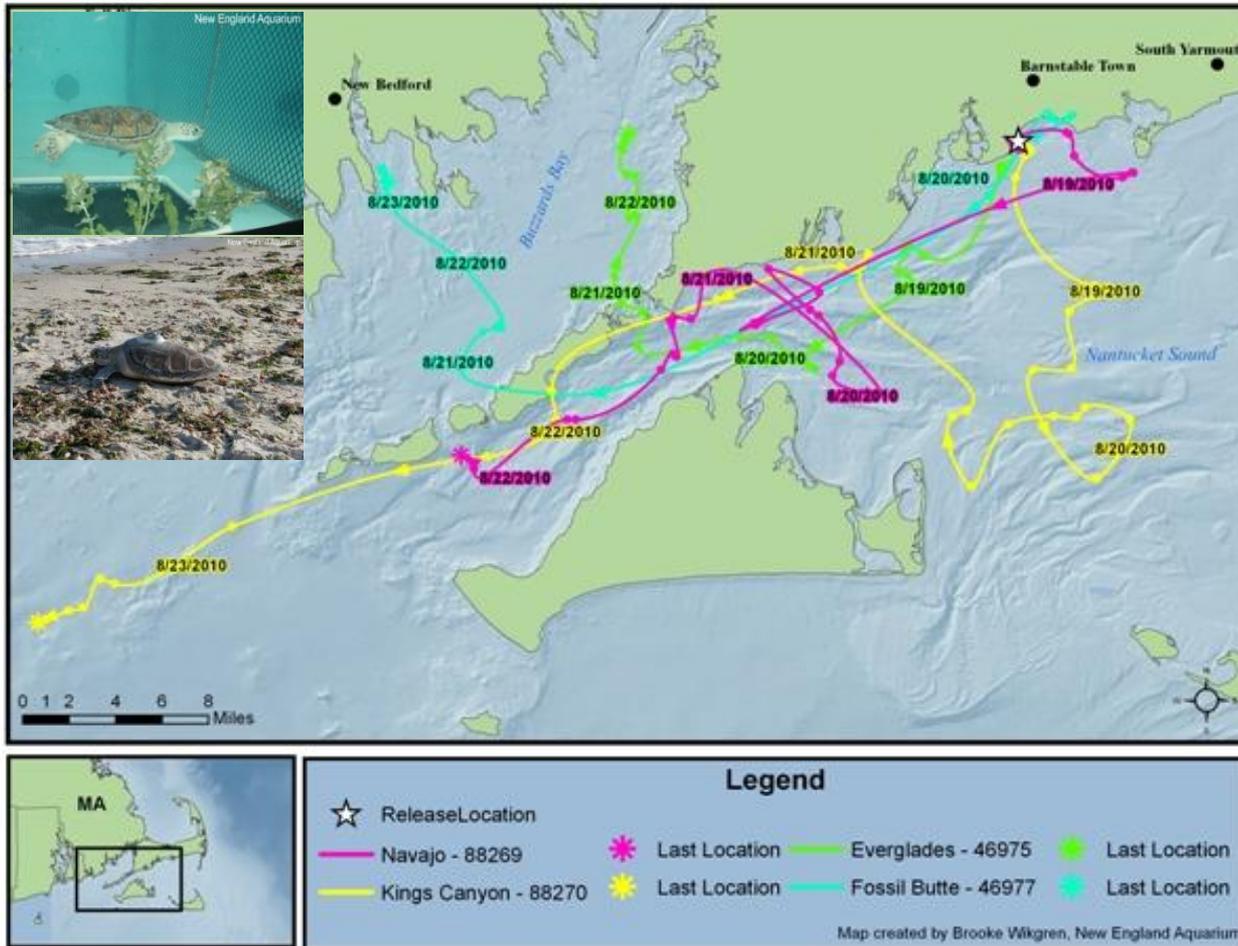
## Monitoreo de poblaciones de especies vulnerables



Dr. Rodney Jackson,  
director, Snow Leopard  
Conservancy  
[www.SnowLeopard  
Conservancy.org](http://www.SnowLeopardConservancy.org)

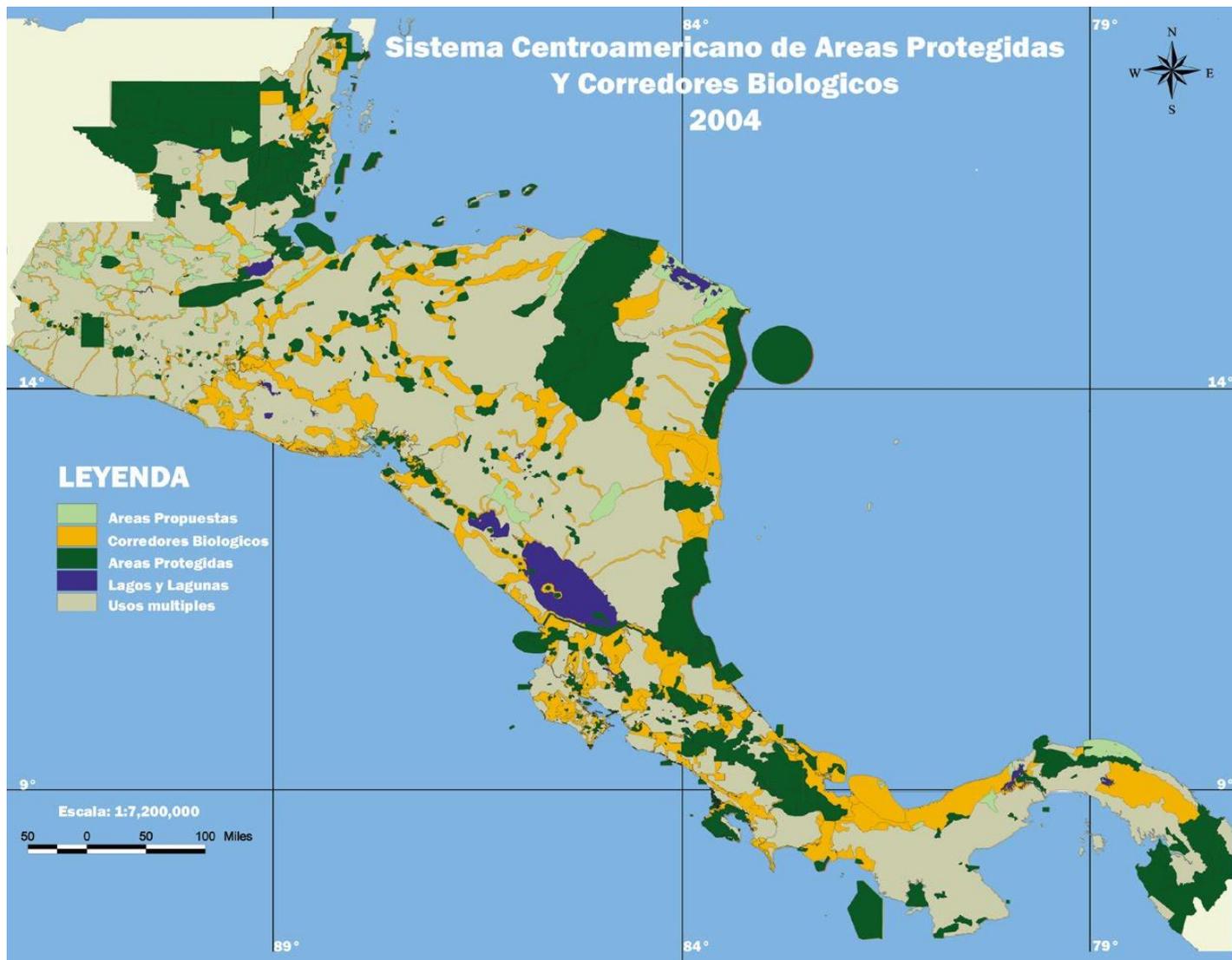
# SIG: Aplicaciones en Conservación

## Restauración (Reintroducción de individuos rehabilitados)



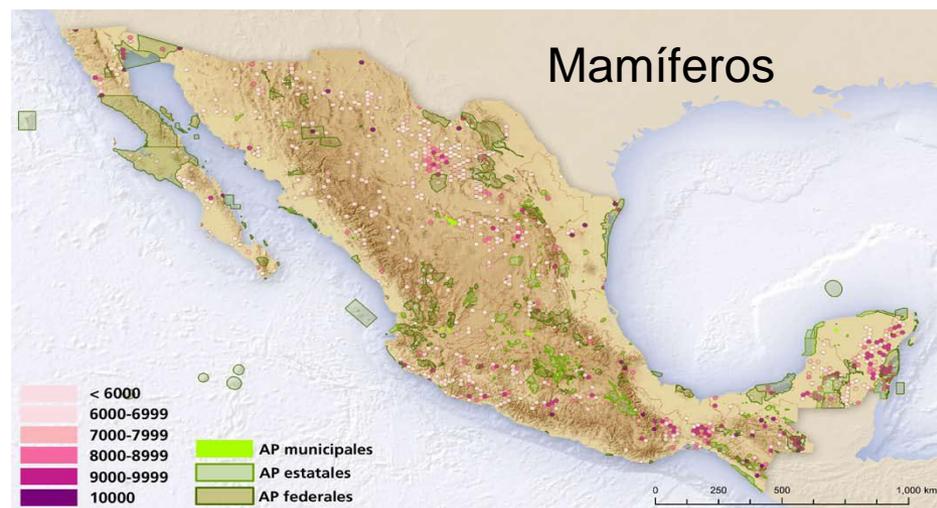
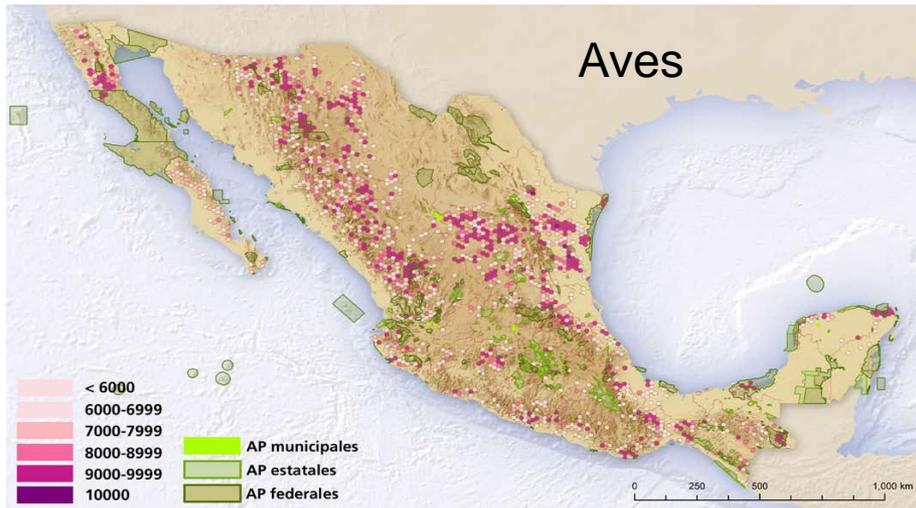
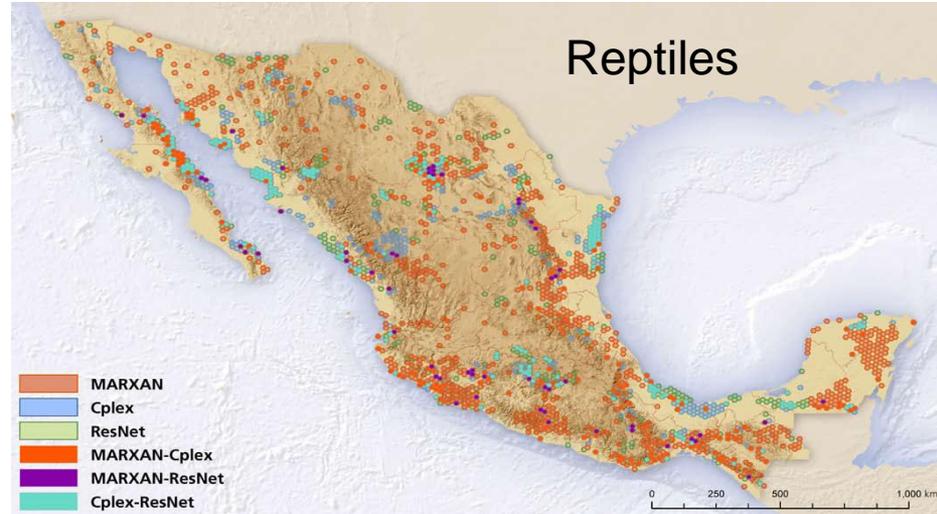
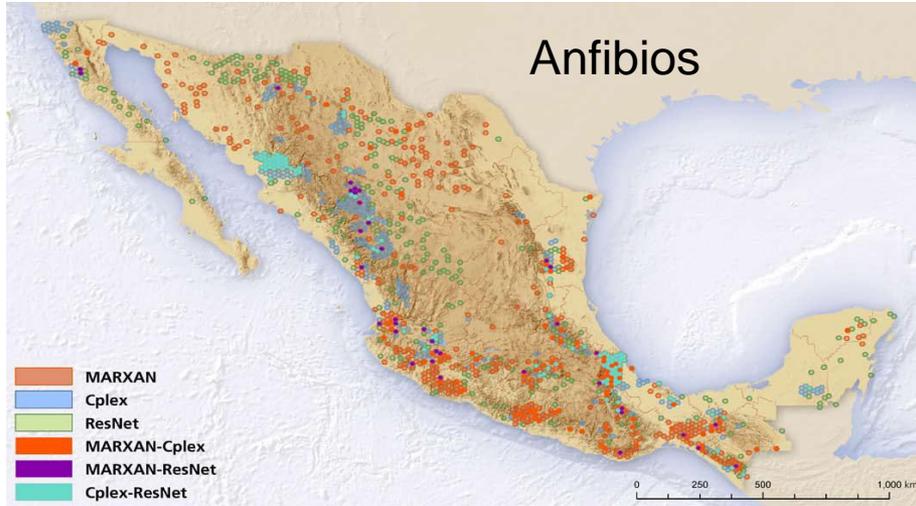
# SIG: Aplicaciones en Conservación

## Diseño de conectores y corredores



# SIG: Aplicaciones en Conservación

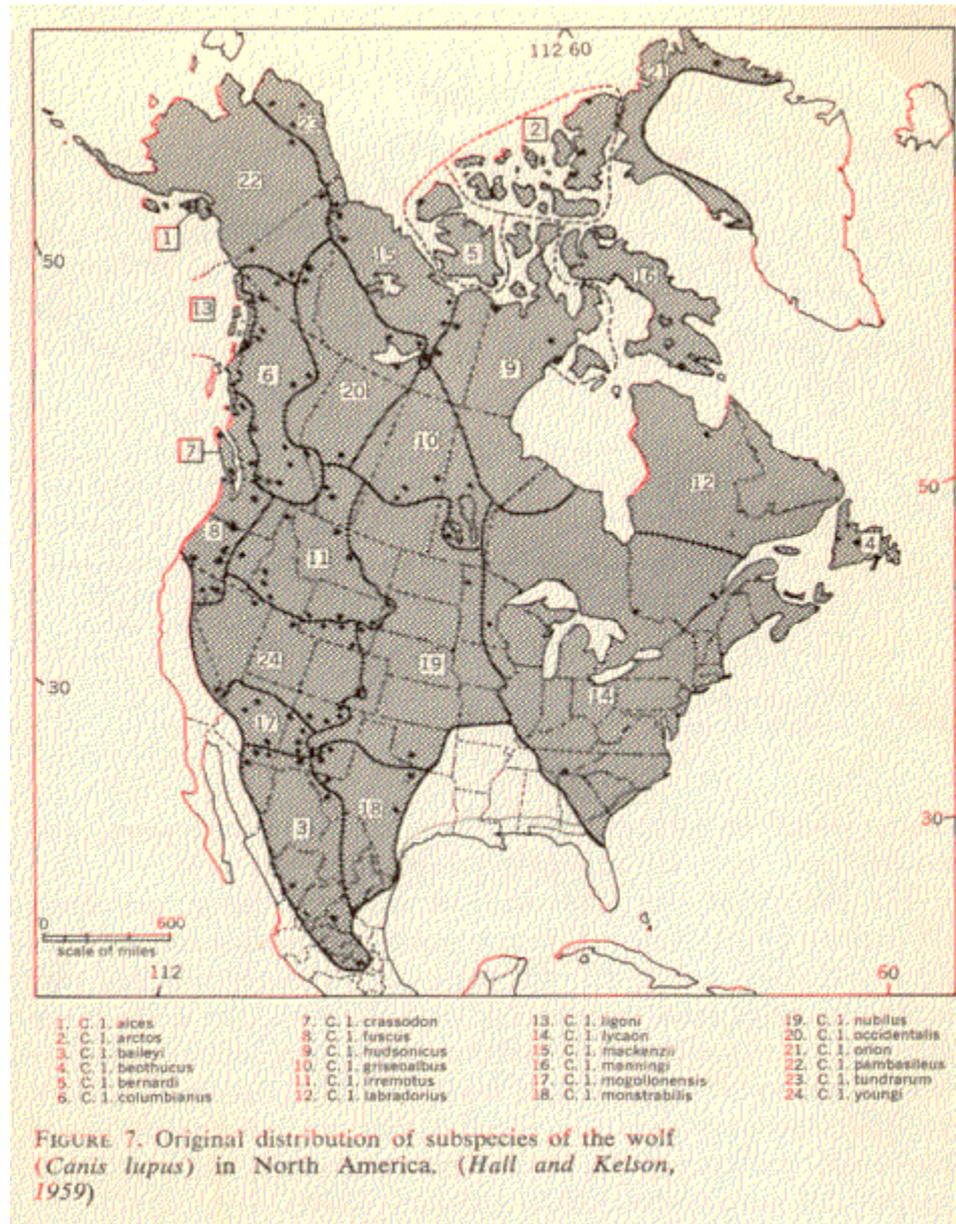
## Planeación sistemática para la conservación



**Estudio de caso:**  
**Recuperación del Lobo Mexicano**

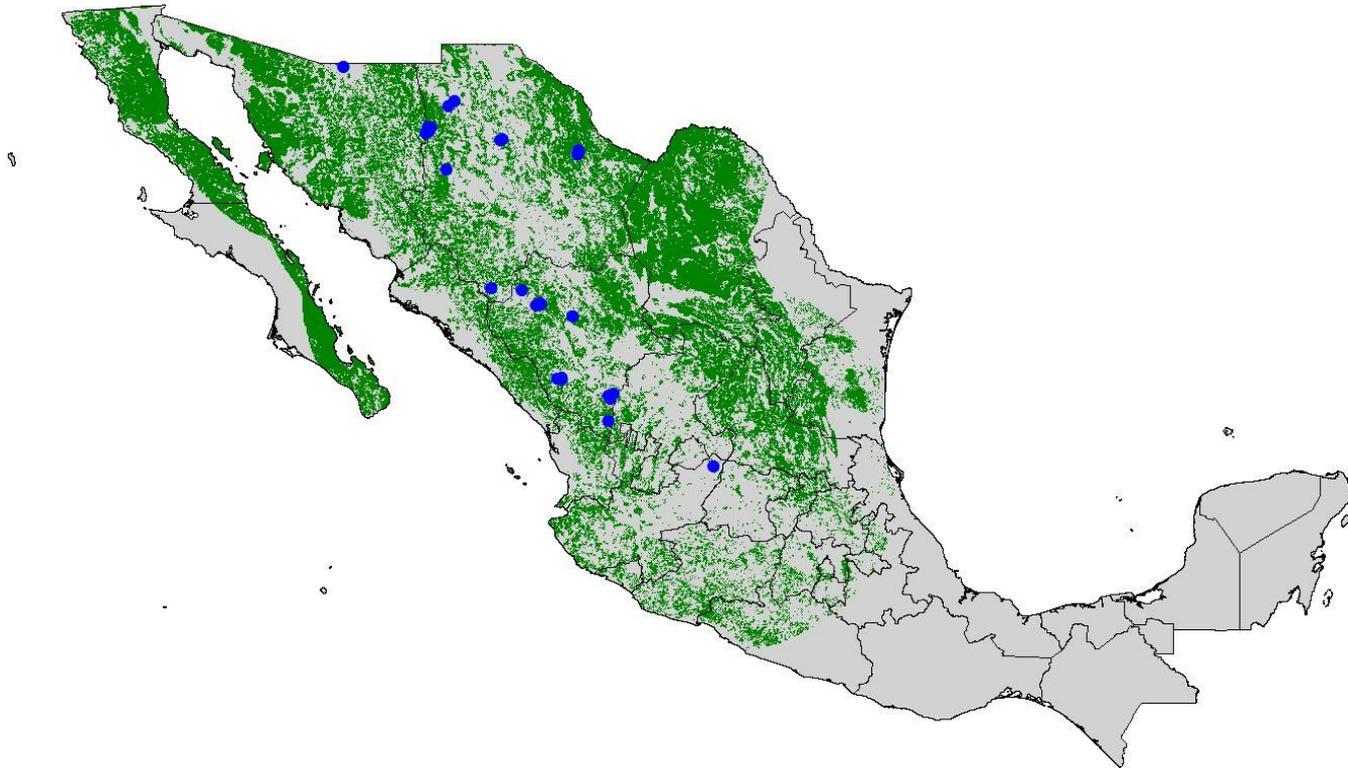


# Recuperación del Lobo Mexicano



Distribución  
histórica

# Recuperación del Lobo Mexicano



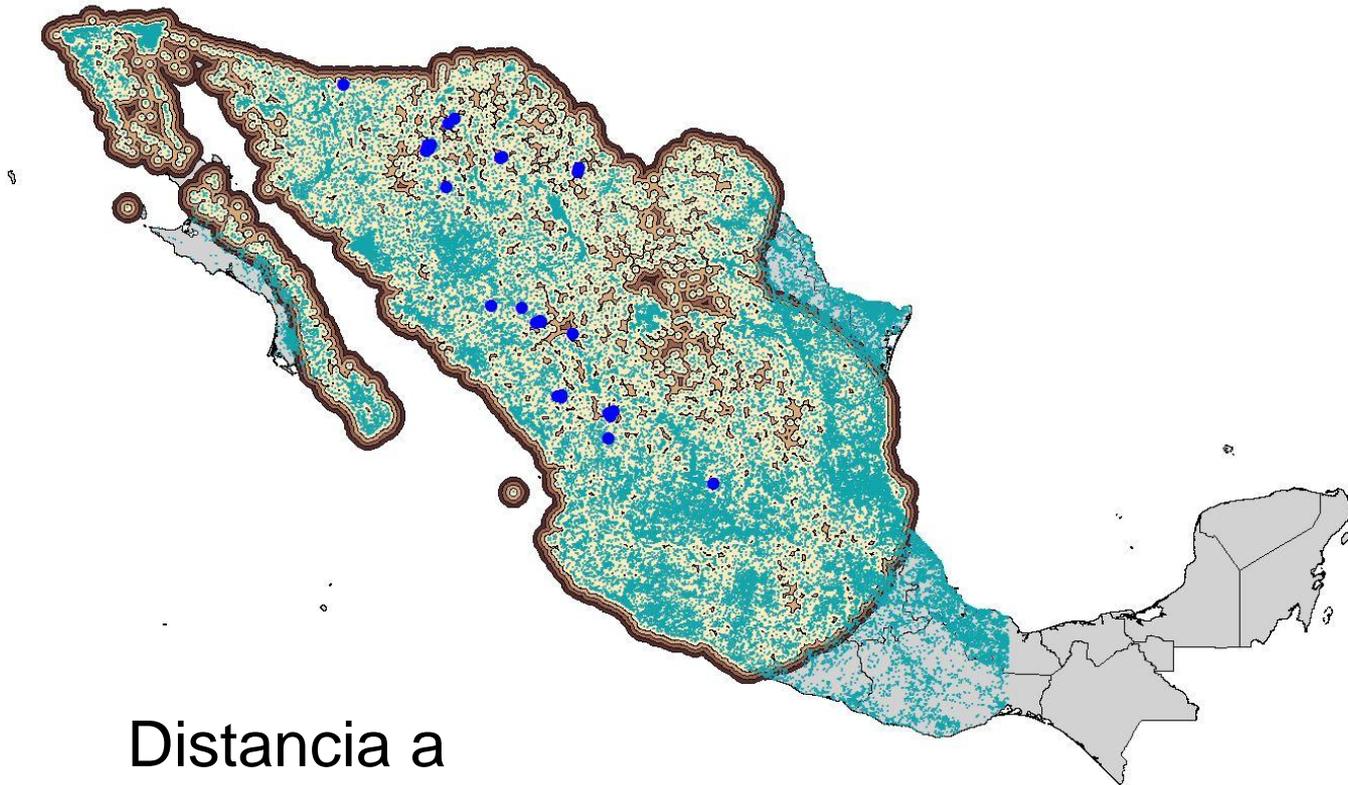
Vegetación  
primaria

<b>Tipo de Hábitat</b>	<b>Calidad de Hábitat</b>
Bosque de Pino	1
Bosque de Pino con Vegetación Secundaria arbustiva	2
Bosque de Pino-Encino (incluye encino-pino)	1
Bosque de Pino-Encino (incluye encino-pino) con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	2
Bosque de Encino	3
Bosque de Encino con vegetación secundaria arbustiva	4
Bosque de Oyamel (incluye Ayarín y Cedro)	3
Bosque de Oyamel (incluye Ayarín y Cedro) con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	4
Mezquital (incluye huizachal)	3
Mezquital (incluye huizachal) con vegetación secundaria	4
Matorral Desértico Micrófilo	5
Matorral Desértico Micrófilo con vegetación secundaria	6
Matorral Subtropical	5
Matorral Subtropical con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	6
Pastizal Natural (incluye pastizal huizachal)	6

Pobladors (No. de habitantes)	Radio de riesgo (km)		
	Escenario pesimista Marcela Araiza	Escenario intermedio STCNRLM	Escenario optimista Patricia Mtz.
1-20	5	2.5	1.0
21-100	6	3.0	1.5
101-500	7	3.5	2.0
501-1500	8	4.0	2.5
1501-3000	9	4.5	3.0
3001-7500	10	5.0	3.5
7501-15000	11	5.5	4.0
15001-25000	12	6.0	4.5

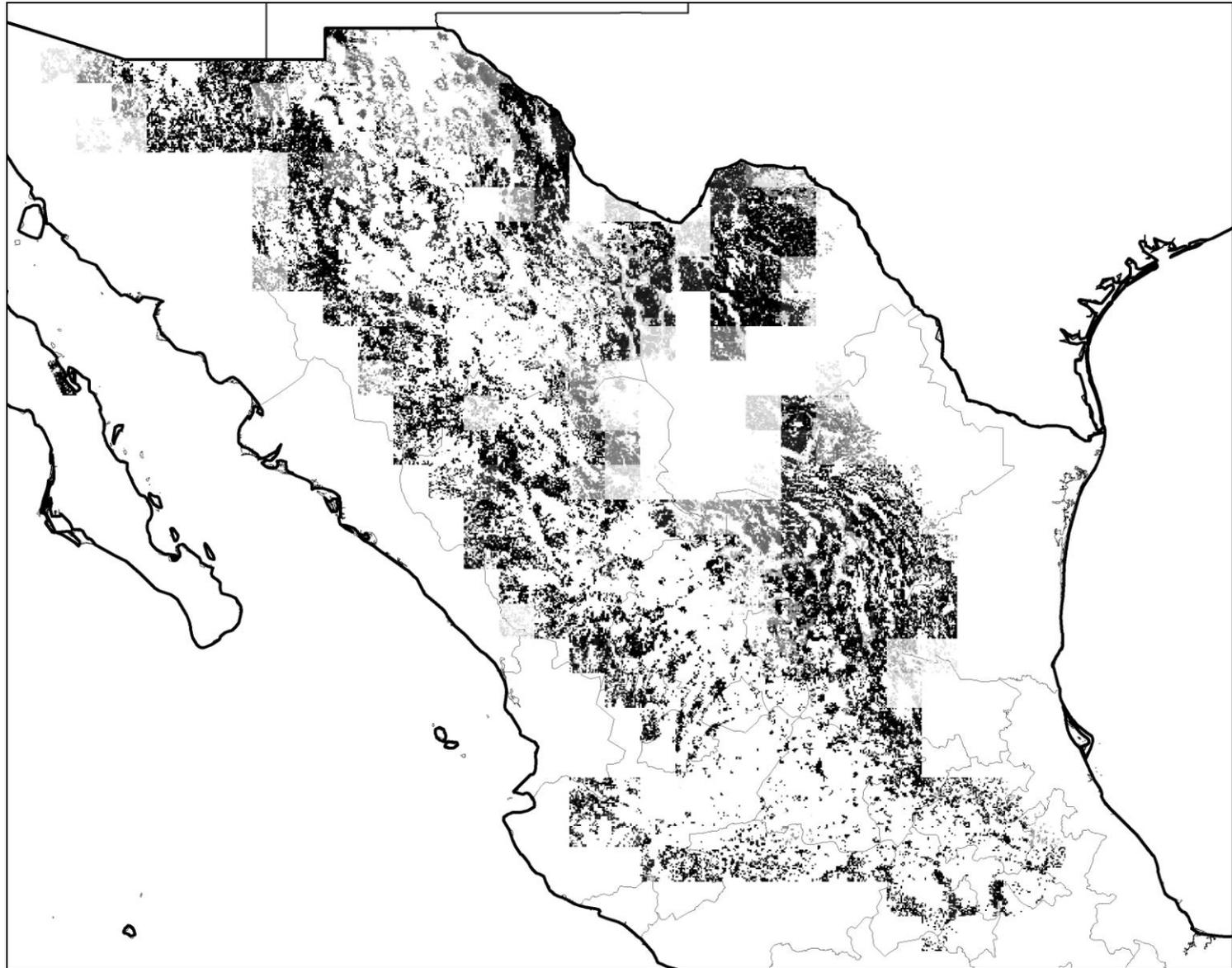
<b>Escenario</b>	<b>Franja de riesgo (m)</b>
Pesimista	750 a cada lado de la vía de transporte
Intermedio	500 a cada lado de la vía de transporte
Optimista	250 a cada lado de la vía de transporte

# Recuperación del Lobo Mexicano

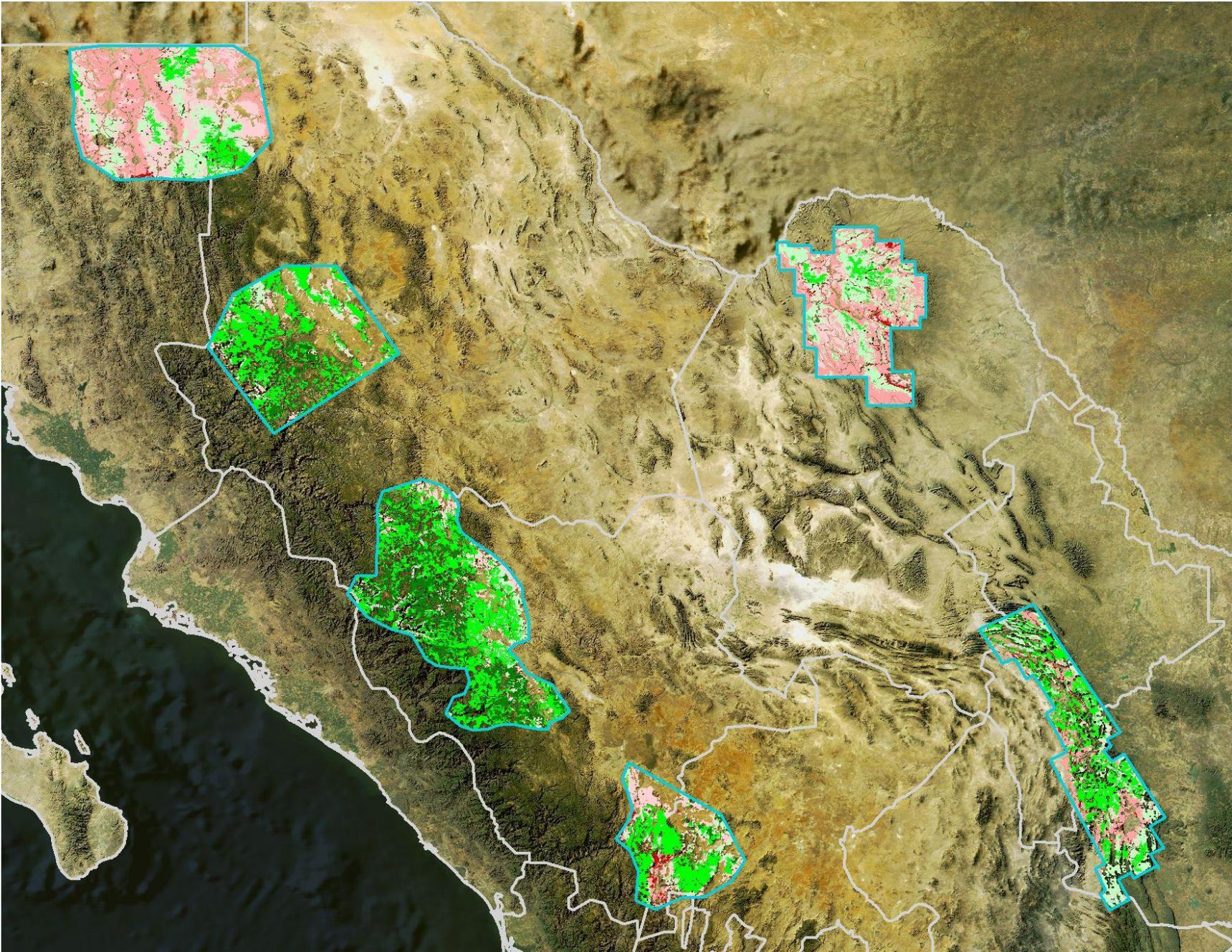


Distancia a  
Poblados y vías de  
comunicación

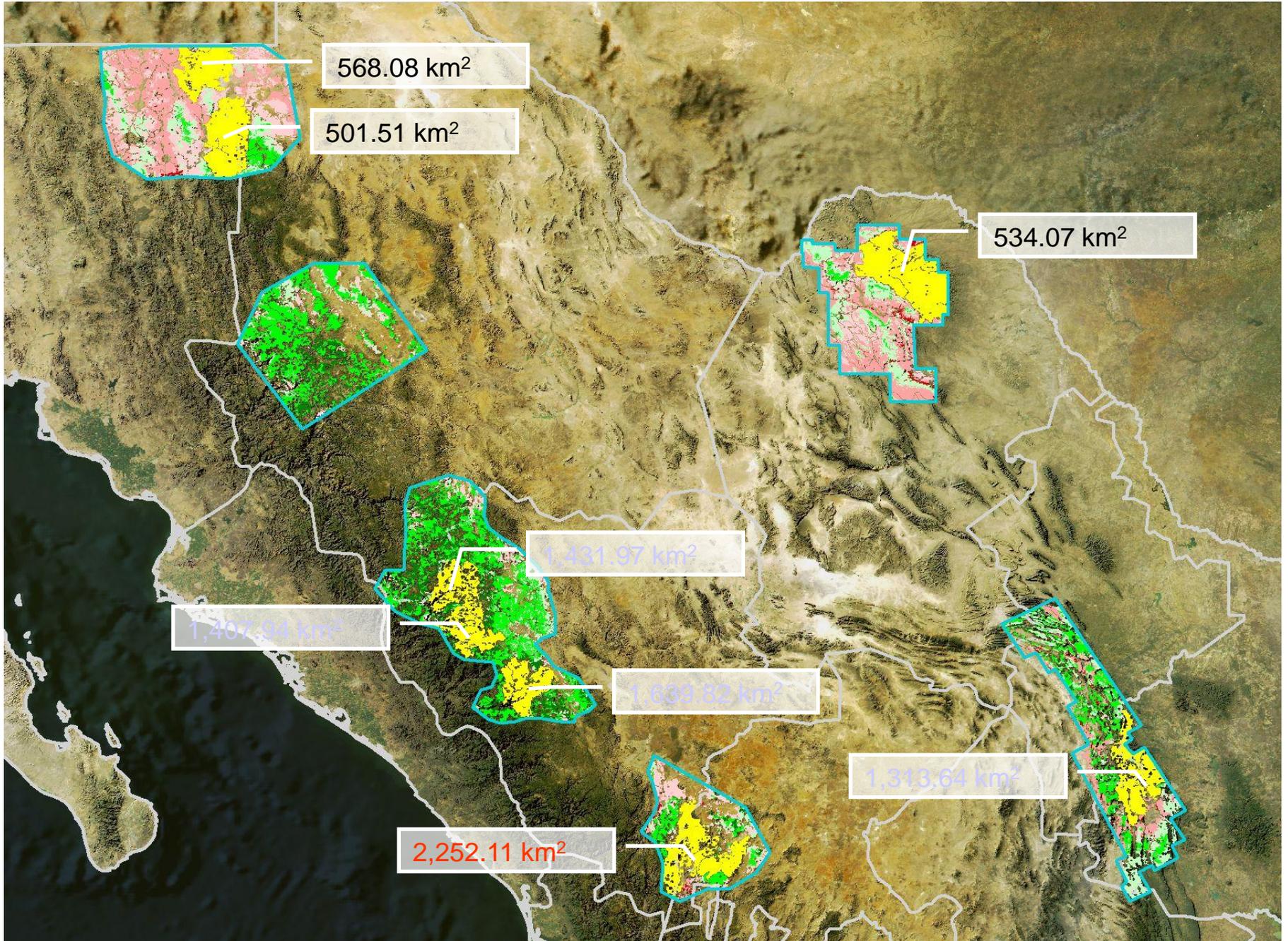
# Recuperación del Lobo Mexicano



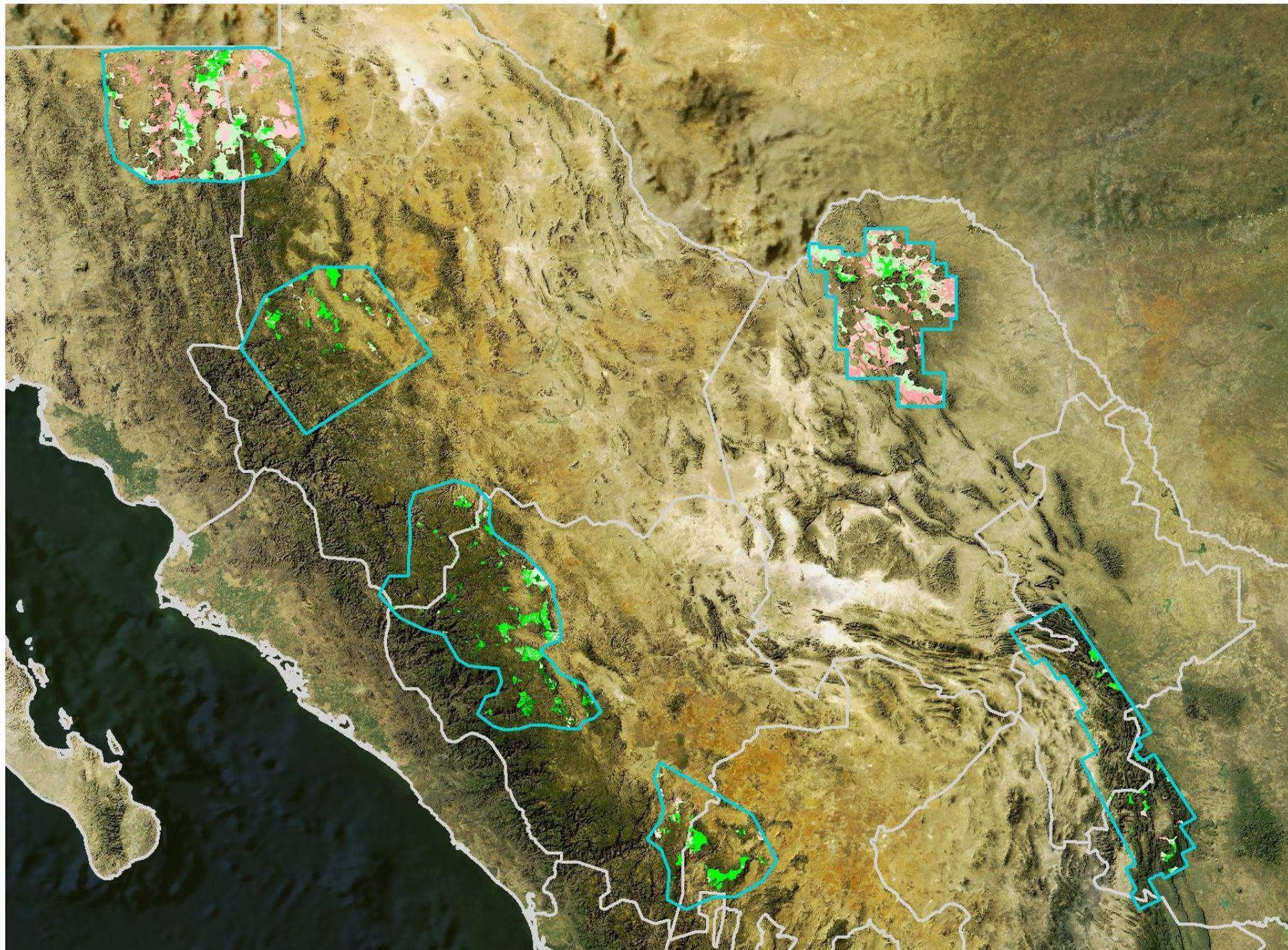
# Escenario optimista



# Escenario optimista: Parches de mejor calidad (1 y 2) más grandes



# Escenario pesimista



# Escenario pesimista: Parches de mejor calidad (1 y 2) más grandes



# Los siguientes pasos

## Trabajo de campo



Una vez identificadas las áreas de mayor favorabilidad, se llevó a cabo trabajo de campo para evaluar el hábitat en campo, la disponibilidad de presas y la actitud de la gente ante la posible liberación del lobo.

Los resultados indicaron que tanto la región de Sonora-Chihuahua y Chihuahua y Durango mantienen densidades de presas suficientes para mantener poblaciones de lobos

## Riesgos y sugerencias para el uso de los SIG

### Riesgos

- Es sencillo obtener resultados, pero... basura entra, basura sale
- Es difícil estimar los errores en los datos y su propagación
- La posibilidad de generar información irreal es alta
- Se puede perder el enfoque científico (en la gente y en la investigación)

### Sugerencias

- Tener muy clara la pregunta de interés (no perder el enfoque)
- Usar un SIG cuando sea necesario y no sólo porque se tenga disponible
- Conocer el origen de los datos que se utilizan
- Conocer las limitaciones de los datos, del sistema, etc.
- Ser crítico con los resultados obtenidos de un análisis
- Procurar hacer estimaciones ( o al menos conciencia) del error y su propagación
- Generar metadatos de la información

# GRACIAS

[emm@ibiologia.unam.mx](mailto:emm@ibiologia.unam.mx)

