

Los ejercicios que siguen se organizaron para presentar algunas aplicaciones básicas de los SIG para el análisis de los cambios en el uso de la tierra. Para que esto el programa de SIG adoptado es el Arc-Gis, pero las actividades propuestas se pueden desarrollar en cualquier otro sistema. Varios de los ejercicios han sido adaptados de las instrucciones del propio programa (Tutorial de ArcGIS, ESRI, 2006) y otros se desarrollaron tratando de usar ejemplos locales y regionales. Los ejercicios tienen como objetivos:

- 1 - Demostrar la utilidad de los SIG como herramienta en el análisis del ambiente, particularmente los cambios en el uso de la tierra y
- 2 - desarrollar conceptos y la familiaridad con la terminología básica de uso común.

El SIG Arc-GIS puede ser usado en una variedad de plataformas computacionales, a partir de pequeños proyectos individuales a iniciativas de multiuários. Este curso se aplicará ArcGIS Desktop que incluye un conjunto integrado de aplicaciones, que son:

- 1 - ArcCatalog: ayuda a organizar y controlar toda la información en el SIG, tal como mapas, conjuntos de datos, imágenes satelitales, modelos, metadatos y servicios;
- 2 - ArcMap: aplicación central del ArcGIS Desktop para todas las tareas basadas en los mapas de cartografía incluída, el análisis y edición de mapas;
- 3 - ArcTools: contiene una amplia colección de funciones de geoprocésamiento, herramientas para la gestión y conversión de datos, análisis espaciales, geocodificación y análisis estadístico y
- 4 - la extensión Spatial Analyst que permite el análisis a partir de datos espaciales en formato de cuadrícula.

Los datos necesarios para el desarrollo de ejercicios están organizados en un área de trabajo en el disco rígido o en el DVD llamado La_Plata. Al crear nuevas capas, proyectos, etc, acuérdesse que al Arcgis no le gustan los acentos o espacios en blanco. En la primera parte son plateadas actividades que tienen como objetivo presentar (o recordar) las herramientas básicas de visualización y consulta más usadas para evaluar los cambios de la cobertura y uso de la tierra. En la segunda parte se plantean problemas específicos usando datos de la cuenca del Río de La Plata.

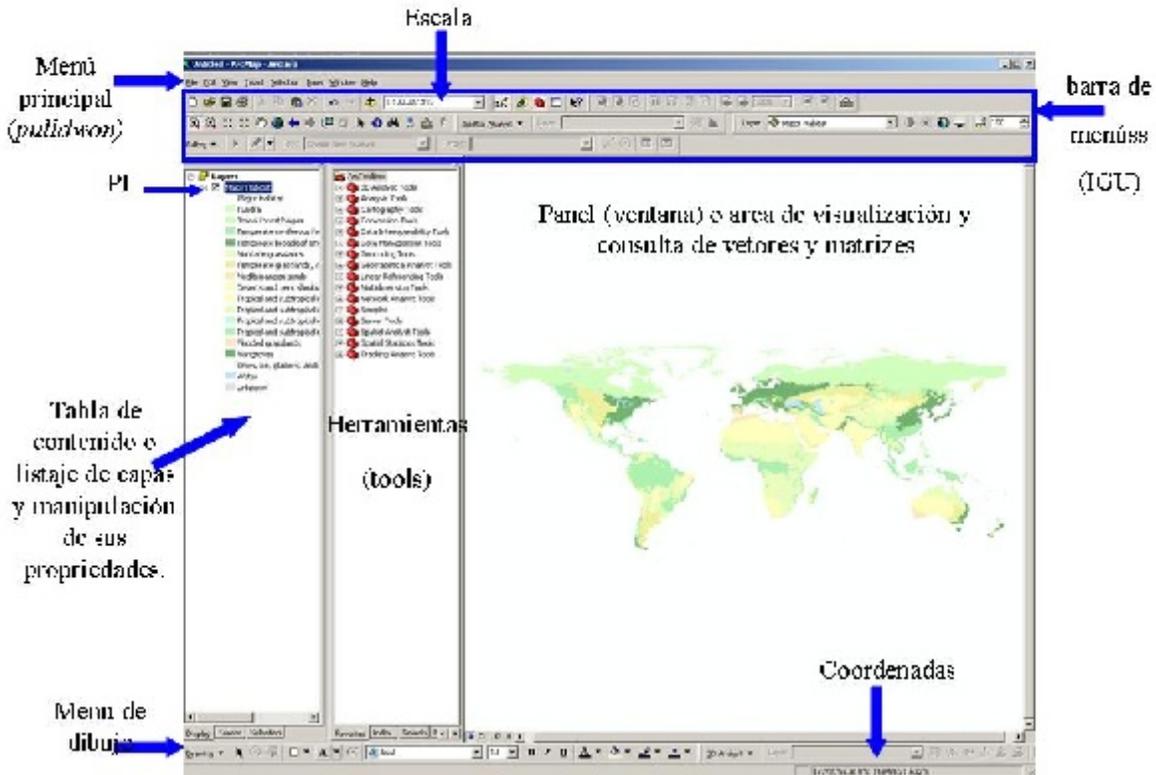
Parte I - SIG y análisis del paisaje e de los cambios en la cobertura y uso de la tierra

SIG se define como el conjunto de técnicas y conceptos de la representación computacional del espacio, lo que permite la convergencia de varias áreas del conocimiento humano para el estudio de los fenómenos espacialmente distribuidos (Miller Casa, 2005; Xavier da Silva y Zaidan, 2004). SIG integra la cartografía automatizada, sistemas de manejo de bases de datos y sensores remotos, con un desarrollo metodológico en el análisis geográfico para producir un conjunto distinto de los procedimientos analíticos basados en una única base de datos georreferenciada e integrada (Ballester et al., 2001). Para ello, utilizamos herramientas matemáticas y computacionales para adquirir, procesar y analizar los datos distribuidos espacialmente, denominados Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estas herramientas han sido ampliamente incorporado en el análisis del paisaje, y particularmente de los cambios en la cobertura y uso de la tierra, ya que permiten evaluar cuantitativamente la composición y la dinámica de las mismas. Los objetivos de esta lección son: 1 - Desarrollar la capacidad de apreciar la utilidad de los SIG como una herramienta importante en la ecología del paisaje; 2 - Aprender los conceptos básicos y familiarizarse con algunos de los términos de uso común y 3 - adquirir experiencia práctica usando SIG para responder a las preguntas sobre cambios ambientales.

En esta primera lección que va a utilizar dos bases de datos: el campus Luiz de Queiroz (Ariolli, Bernasconi y Silva (2006), utilizando datos de Cooper et al., 2006) y la micro cuenca del rio Marins (SP, Casagrande, 2005). Inicie el ArcMap seleccionando el programa en la barra de tareas: Inicio, Programas, ArcGIS, o utilizando el icono en el area de trabajo del programa. Una ventana con un mensaje que le pregunta si desea trabajar en un proyecto existente o una nueva ventana aparece, elija Nuevo proyecto (New project). En la pantalla ahora los siguientes elementos deben aparecer (Figura 1):

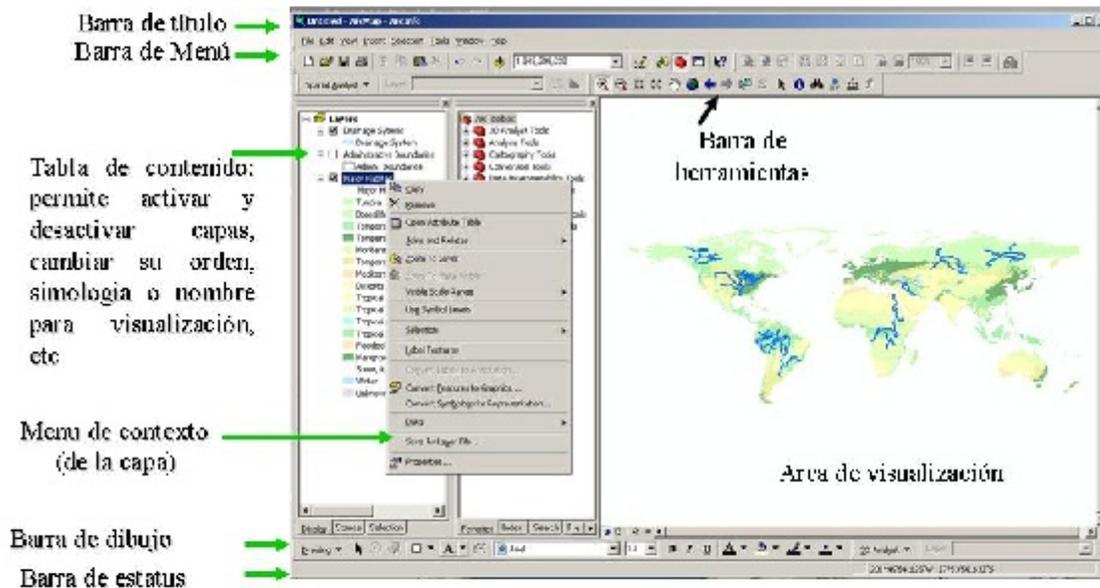
- (A) el menú principal,
- (B) la barra de menús,
- (C) y el área de visualización de capas;
- (D) El área de las capas de información y para la manipulación de sus propiedades. El menú del ArcMap ofrece dos opciones: con botones o de abrir para abajo (pull down).

El ArcMap: la interface del ArcGIS



Utilizando la opción Archivo-Abrir (File, Open), en el menú principal (o el icono para abrir el proyecto ubicado en la barra de menús) abra el proyecto Cuenca_del_Plata, ubicado en el subdirectorio La_Plata/Lab1. Se puede ver que las capas se listan en la ventana izquierda, llamada tabla de contenido, como se ilustra en la Figura 2. Cada capa tiene una casilla de verificación que permite activarla y desactivarla. Hágalo y vea lo que sucede en la ventana a la derecha o en el panel de visualización. Las capas de información pueden ser activadas y desactivadas para la visualización y consulta. En este caso, todas las capas se expanden, mostrando un conjunto distintivo de características almacenados en la base de datos. Cada capa contiene dos tipos de información: 1 - una espacial, que describe la ubicación y forma de las características geográficas y 2 - la otra del atributo que almacena otros rasgos particulares de estas características. Explore las capas e identificar las diferencias que observan entre ellas.

!!! ArcMap



Las tablas de atributos y visualización de los datos

Ahora ud. deberá componer el mapa que incluye la cobertura y el uso de la tierra en un las áreas de preservación permanente (APP) a lo largo de un pequeño río localiazado en la cuenca de los Marins en Sao Paulo, Brasil. Comience por adicionar la capa *arroyos*, almacenada en el sub-directorio La_Plata\Lab1\Marins(Figura 3): 1 - en el menú principal seleccione archivo, agregar datos, o utilice el icono respectivo: un plano amarillo con una señal de “+” sobre él. La capa agregada aparecerá en la pantalla en la ventana a la derecha y muestra los principales ríos que figuran dentro de los límites de la cuenca deste arroyo. Al agregar características diretamanete de un vector, por default, todas ellas se dibujan con un simbolismo único. Por la Legislación ambiental vigente en Brasil, a lo largo de cada río se deben mantener los bosques riberiños de acurdo con el con el ancho del canal del río. Para visualizar mejor los diferentes tamaños de cada río, se debe asignar una nueva simbología para representar estas características. En la tabla de contenido, seleccione la capa *arroyos* y presione el botón derecho

del ratón para abrir el menú (Figura 4). Seleccione propiedades para abrir la caja de diálogo de propiedades (Figura 5).

La capa *arroyos* tiene varias propiedades de la red de drenaje, las cuales son almacenadas en la tabla de atributos. Como lo que nos interesa aquí es el ancho de los canales vamos a agruparlos en cuatro categorías, según la distancia entre sus márgenes. En la ventana Propiedades, seleccione Simbología (*Symbology*), utilizada para modificar el diseño y la apariencia de los símbolos de cualquier capa. Seleccione la opción categorías (*categories*). Seleccione ahora la opción *Quantities*. Observe que el panel cambia de modo a posibilitar el control del dibujo con gradaciones de color. Lo que se quiere es simbolizar diferentes anchos, seleccione *Graduate Symbols* (Símbolos Graduados). Símbolos Graduados. Seleccione el campo (*field*) y seleccione el valor (*Value*) Ancho. El *ArcMap* agrupará de forma automática los datos en clases. Ahora, el grosor de las líneas simbolizan el ancho de los canales. Para visualizar mejor la red existente, modificar su color para azul claro. Para ello seleccione *Template*, y en la ventana de diálogo que se abre modifique el tipo, color y tamaño de los símbolos. Para modificar el color seleccione *Color* y seleccione el color de la luz azul. Todas las líneas son dibujadas en este color. Aceptel el cambio (OK) en esta ventana y en la de las propiedades.

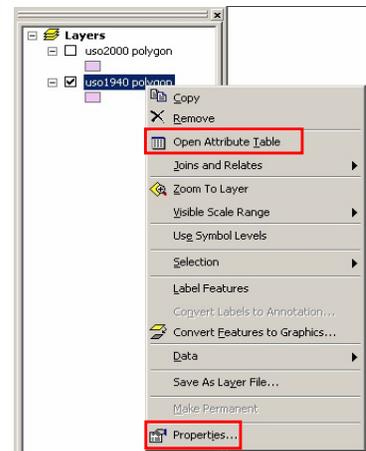


Figura 4. Tabla de contenido y menú de las capas.

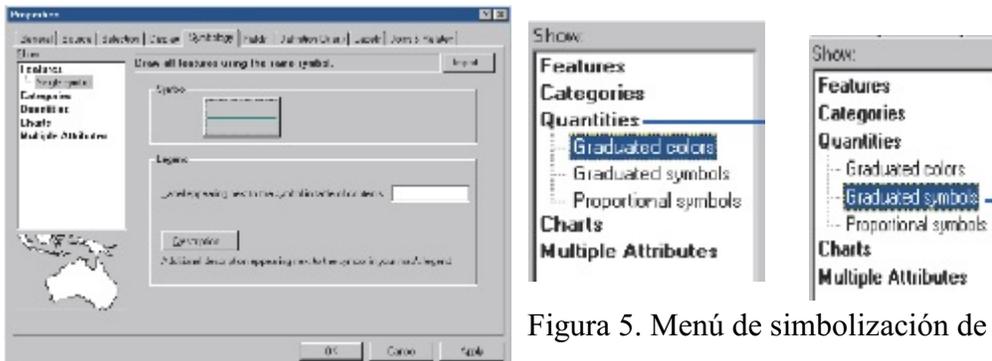


Figura 5. Menú de simbolización de la capa

Para cada tema representado espacialmente, existe na tabla de atributos asociados, que almacena la información sobre las características de la superficie. Esta tabla se utiliza en las consultas, análisis y representación de la leyenda deseada. Active la capa *arroyos*, posicione el ratón sobre ella y presione el botón derecho para abrir el tema del menú. Seleccione Open attribute table (Abra la tabla de atributos) e identifique los campos de la misma (Figura 5).

FID	Shape	IDEN	Area	Perimetro	TIPO_USO	RESPON	_PARQ_OU_E	COBERTURA	TEMP_US	PAVI
0	Polygon	4	10344	2996	estrada			pavimento		
1	Polygon	9	22136	3440	Estrada monte alegre			pavimento		
2	Polygon	18	31329	832	edificacoes			Granado/concreto		VERC
3	Polygon	17	6720	1356	estrada			pavimento		
4	Polygon	20	634233	7341	perimetro "principal" da ESALQ			Granado/arborea		
5	Polygon	32	1923	198	Equiterapia	Depto. P		Solo	continuo	
6	Polygon	24	1505	311	Carreiro de rua ouedificacao			Arborea		
7	Polygon	30	19237	595	edificacoes	Prefetur	Edificacao	Granado/concreto		
8	Polygon	27	52075	1010	edificacoes	Prefetur	Edificacao	Granado/concreto		
9	Polygon	49	17544	2993	Estrada			pavimento		presc

Figura 5. Ejemplo de una tabla de atributos, en este caso de un shapefile.

Seleccione cualquier línea de la tabla de atributos presionando el botón izquierdo del ratón en el cuadrado gris. Observe la misma se pinta de azul. Minimice la tabla y observe que uno de los ríos en el mapa también está seleccionado con una línea del mismo color, pues para cada elemento (en este caso, líneas) representado en el mapa, hay un registro la tabla de atributos con la topología, el identificador numérico interno del programa, área, perímetro y otras características. Revise la tabla de atributos e identifique el valor de la zona de APP (buffer) que corresponde para el ancho de cada canal. Para eliminar una selección, haga clic en el menú de la tabla de atributos en el botón Options, clear selection.

La visualización de los mapas que figuran en el área de los temas (capas) pueden ser activados y desactivados marcando la caja plaza a la izquierda de cada uno. Tenga en cuenta que para buscar o analizar los datos de un dado tema, el cursor debe ser colocado sobre él para seleccionarlo. Cuando se selecciona un tema significa que todas las operaciones de consulta en la base de datos se hará en el misma. Adicione y active la capa *uso_apps*, la cual representa el uso de la tierra en estas áreas en 2000. Recuerde que el orden de la superposición de los temas se

puede cambiar arrastrando el tema activo con el ratón. Trate de mover el tema a la parte superior del área de leyenda. Observe lo que sucede. Vuelva a colocar el tema en su lugar inicial. A continuación, abra la tabla de atributos de la capa de *uso_apps* e identifique los campos de la misma. Seleccione una de las líneas, minimize la tabla y observe que ahora en el mapa un polígono también se selecciona por un color azul claro, ya que este mapa representa el uso de la tierra utilizando polígonos.

Para cambiar la simbología de visualización: 1 - Active el tema; 2 - Abra el menú y seleccione la opción propiedades (*Properties*), 3 - En la simbología, la selección ahora es la opción de las categorías, valores únicos. Seleccione las categorías y en el campo del valor (*Value*) seleccione el atributo que será usado para representación, elija Clase. Esto significa que la visualización de los polígonos del mapa se dará conforme el valor (o categoría) asociadas con la clase de uso de la tierra. Después de seleccionar el campo, añada todos los valores de la categoría. Acepte los cambios. Usted puede modificar cualquier color de la leyenda en el menú de propiedades mediante la selección de la clase deseada con el botón izquierdo del ratón y presionándolo dos veces. Experimente y cree su propia paleta. Haga una estimación visual del porcentaje de la vegetación ribereña en el mapa y escriba su respuesta. Ahora cambie el color de esta categoría para un color brillante y contrastante, como el rosa. Esto modifica o no la forma de interpretación visual, es decir, la zona ribereña se ve más grande o más pequeña?

Consultas simples a la base de datos: selección por atributos y estadísticas básicas

Abra un proyecto nuevo, en blanco, y adicione las capas almacenadas en C:\la_plata\lab1\pantanal. Seleccione el tema propiedades_peq y abra la tabla de atributos, seleccione el proyecto de colonización Antonio Conselheiro. Para verlo en el mapa con mayor detalle, puede hacer ampliaciones: en la barra de herramientas seleccione la lupa con el + y presionando el botón izquierdo del ratón, abra una ventana alrededor del proyecto. Identifique sus características usando la herramienta de la identificación de características. Esta función permite una consulta rápida y sencilla a la base de datos. Una nueva ventana aparecerá, donde se resumen los atributos de la característica que se ha consultado. Pregunta 1 - ¿Qué área ocupa el proyecto?

Las consultas también se pueden hacer a más de una función al mismo tiempo. Para ello se puede utilizar la opción Selection (Seleccione) ubicada en el menú principal. Adicione la

capa uso_cuenca, abra el menú de selección y escoja la opción seleccione por el atributo (*Selection by attribute*), es decir, la base de datos que el programa usará para buscar las características deseadas. Al seleccionar todos los registros que tienen una determinada característica, en este caso los fragmentos de bosque presentes en la cuenca en 2007. En la ventana de selección de los atributos escoja la capa *uso_cuenca* (es decir, la base de datos será consultada): 1 - Presione el botón del ratón 2 veces en el campo de clase (es decir, las características son seleccionadas lo será en base a esta característica en el caso cobertura y uso de la tierra), repita el mismo procedimiento para la señal de "=" y 3 - para obtener una lista completa de los atributos, presione el botón sobre la opción *get values*, seleccione bosque y presione 2 veces el botón para seleccionar esta categoría.

Observe que en la ventana en blanco aparece la siguiente expresión "Clase" = bosque. Acepte. Tenga en cuenta que cada vez que elija uno de los ámbitos mencionados, va a agregar una condición de búsqueda en campo `SELECT * FROM`. Esto significa que usted está informándole al programa que quiere todos los registros almacenados en la base de datos que pertenecen al bosque en el campo clase. En otras palabras ud. Le está pidiendo al programa que: seleccione todos los elementos que uso_cuenca (donde) siguen la condición deseada (Clase = bosque). Ahora los fragmentos de bosque aparecerán resaltados por una línea azul clara. En el menú de selección, elija Statistics (Estadísticas). En la ventana que se abre usted debe elegir las tres opciones (una a una) número, perímetro y área de los fragmentos de bosque. Esta es una consulta a la base de datos en la que el programa realiza un rápido y sencillo análisis estadístico.

Pregunta 6 - ¿Cuál es el número total de fragmentos de bosque?

Pregunta 7 - ¿Cuáles son el perímetro mínimos y máximo?

Pregunta 8 - ¿Cuáles son los tamaños del fragmento más pequeños y del más grande?

Consulta la base de datos II

La consulta a la base de datos es un método que permite utilizar ecuaciones y lógica para seleccionar registros basados en los atributos del tema activo. Es lo que acaba de utilizar la función de Selección y editor de consultas que le permite crear consultas más complejas para el análisis estadístico. Otra herramienta para el módulo de análisis espacial del ArcGIS es el Analista espacial, que tiene entre otras funciones, una calculadora de matrices "*Raster Calculator*". Este módulo permite realizar operaciones aritméticas, trigonométricas, logarítmicas y lógicas para aislar las características de la superficie de interés en uno o más períodos.

Empiece un proyecto nuevo y agregue las capas uso_92, uso_97 y uso_07. Cambie la leyenda usando como campo de simbología "Clase". Para cada tema, abra la tabla de atributos y tenga verifique valor numérico (value) asociado a cada clase de uso. Usted necesitará esta información para poder desarrollar las ecuaciones en la calculadora de matrices, ya que el programa sólo es capaz de identificar los valores numéricos. Tenga en cuenta también el área de valores en la tabla de atributos.

Pregunta -¿Cuáles son los cambios observados en las áreas de cada clase entre 1992 y 1997 y entre 1997 y 2007?

Pregunta - Con estos resultados se puede identificar en que clase se ha convertido el bosque en ese período? Explique.

Tabela 1.

Uso do solo	Value	Área (km ²) em 1992	Área (km ²) em 1997	Área (km ²) em 2007
Agricultura				
Bosque				

Para evaluar los cambios entre las clases que va a utilizar el módulo *Spatial Analyst*. Abrialo y elija la opción calculadora de matrices (*Raster calculator*). En la nueva ventana que se abre, las capas se muestran en una lista en el campo a la izquierda. Para hacer las consultas se usa el cuadrado en blanco abajo de esta, el cual se utiliza para montar / ver las operaciones a

realizar. Usando la calculadora ud. seleccionará todas las áreas que fueron bosques en 1992 y que en el 2002 pasaron para agricultura. Dado que la calculadora trabaja con valores numéricos, se debe establecer la ecuación con los valores numéricos asociados con cada clase (valor en la tabla de atributos el campo Value de cada clase y anotararlo en la tabla 1). Tenga en cuenta que si se desea saber las trayectorias para cada clase, se realiza la operación por separado para cada cambio. Así, su ecuación final para la caña de azúcar azúcar de caña debe ser:

$$\text{uso}_{92} = 2 \text{ and } \text{uso}_{97} = 1$$

Repita el procedimiento con los valores de los otros años. Una vez terminada la operación de una nueva capa binaria (valores zero y uno) se añadirá automáticamente a su proyecto. Las celdas, donde se convirtió el bosque en otro uso son asignadas con el número uno (hipótesis confirmada), y las que no tuvieron cambio con valores zero.

Pregunta 12 - ¿Cuál fue el área de bosque convertida a cada intervalo de tiempo? Abra la tabla de atributos e en el menú de la misma escoja add field (adicione un campo, llámelo de area_km2) y escoja la opción float para los valores. Acepte. Ahora seleccione la columna adicionada y abra el menú con el botón derecho del ratón, escoja field calculator. Escoja count (número de celdas) presionando el botón izquierdo 2 veces, escoja * y 0.0009 (se el pixel is 30 x 30 metros, esta será el area de la celda en quilómetros cuadrados). Acepte y abra el menú de nuevo, escoja Statistics para visualizar el resultado.

Efectos de los cambios en la escala de observación en los estudios de paisajes

La dinámica y los factores que controlan los procesos ecológicos, cambian con la escala de observación. Por lo tanto, entender cómo la escala influye en los resultados de los datos obtenidos en campo y laboratorio es esencial para comprender la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y de los paisajes (Smith O'Neill, 2002). Así como ocurre con los procesos ecológicos, la escala de observación (resolución espacial, extensión del área de estudio y tipo de clasificación), tienen una influencia directa sobre los patrones observados en los paisajes.

En este ejercicio se evaluará el efecto de tres aspectos de escala en los resultados: 1 - la resolución espacial (tamaño de la celda o pixel), 2 - la ampliación de la extensión (área) en estudio y 3 - el tipo de clasificación adoptada en términos de detalle de la leyenda. El objetivo es demostrar cómo las diferencias en la escala de observación, en este caso el tamaño del pixel, producen resultados diferentes en el análisis de un área con la misma extensión.

Abra el ArcMap y seleccione la opción nuevo proyecto. Agregue las capas bsasetm y bsasmodis ubicadas en el subdirectorio C: \La_plata\Lab1\Argentina. Estas dos imágenes cubren la misma región en la provincia de Buenos Aires. Sin embargo, cada una se obtuvo mediante la clasificación digital de dos imágenes de satélite con una resolución espacial (tamaño del pixel) diferentes. Para facilitar la visualización, cree una simbología igual para las dos capas: 1 - active uno de los temas y abra el panel de propiedades. Elija simbología. Tenga en cuenta que en este caso las opciones de representación son distintas a las exploradas para los vectores. Ahora se está usando la representación matricial. Elija la opción valores únicos, seleccione el campo y elija clase. Asigne a cada clase de uso de la tierra un color. Abra el menú de símbolos de la otra imagen. Para utilizar la misma paleta que se estableció anteriormente, seleccione Propiedades, símbolos e Importar. En la ventana que se abre escoja el nombre de la imagen representada primero. Una vez más, use como campo de simbología la opción clase. 2 - Para identificar el tamaño del pixel o celda y la extensión de cada mapa, abra el menú de propiedades de cada tema y seleccione la opción Source. En la ventana que se abre, se enumeran una serie de parámetros cartográficos que definen la imagen. Anote los valores del tamaño del pixel (grid size) en la Tabla 3. 3- Para definir la extensión, abra la tabla de atributos e use la opción, seleccione la columna area y abra el menú de esta presionando el botón derecho del ratón. Escoja Statistics y observe que el programa le informará el área total. Analice, visualmente, las dos imágenes y

observe las diferencias y similitudes en términos del número de clases y tamaño de los fragmentos en cada una. Vea la tabla los atributos de cada imagen y registre el area cubierta por cada tipo de cobertura de la tierra en la Tabla 3.

Tabla 3.

	Landsat ETM		MODIS	
	Area en km ²	Area en %	Area en km ²	Area en %
Cultivo anual				
Suelos desnudos				
Pastisales				
Ciudades				
Bosque				

Usando el Raster Calculator, aise las áreas que fueron clasificadas como cultivos anuales en la imagen Landsat y como pastisales en la Modis. Repita el procedimiento para las otras clases siguiendo la Tabla 4.

Tabla 4.

Mapa derivado del Landsat-ETM+	Mapa derivado del Modis				
	Cultivo anual	Suelos desnudos	Pastisales	Ciudades	Bosque
Cultivo anual					
Suelos desnudos					
Pastisales					
Ciudades					
Bosque					

Con los de las tablas 3 y 4 justifique las diferencias encontradas y la responda:

Pregunta 4 - ¿Qué clase está sobreestimada y subestimada?

Pregunta 5 - ¿cuál de las dos escalas es más apropiada para evaluar la fragmentación del paisaje en términos de los efectos de la implantación de cultivos anuales en el mismo?

En ArcMap, iniciar un nuevo proyecto. Añadir los mapas de cobertura y uso del suelo y uso00_b uso00_a almacenados en el subdirectorío C: \ La_plata\ Lab1\Marins2. Estos vectores fueron generados por la interpretación de imágenes satelitales que que cubre una región de la cuenca del arroyo de los Marins en Piracicaba, en el año 2000. La extensión del area de estudio em cada mapa es distinto, pero el tamaño del pixel es igual (resolución espacial de la fotografía aerea original). Iniciar el trabajo mediante la identificación de los valores asociados a cada clase de cobertura de la tierra y registrarlos en el cuadro 5 (Abra la tabla de atributos). Ahora calcule la superficie media y el número de fragmentos de las clases de bosque, caña de azúcar y cultivos anuales. Registre sus resultados en la Tabla 5. Evalúe los resultados y explique las diferencias observadas y responda:

Pregunta 6 - ¿Qué ocurre con el tamaño medio de fragmentos y el número de fragmentos en el aumento de la extensión? E

Pregunta 7 - Cual extensión es más apropiada para evaluar los efectos de la fragmentación del paisaje en términos de area de vida de un mamífero de gran tamaño?

Tabla 5. Areas medias de las clases de uso de la tierra y número de fragementos de una región del arroyo de los Marins (SP) NF = número de fragmentos

	Exntensión	Bosque		Caña de azúcar		Urbanización	
		Area	NF	Area	NF	Area	NF
uso00_a							
uso00_b							

Empiece un nuevo proyecto en ArcMap y agregue los temas veg_2class veg_4class almacenados en el subdirectorio C: \La_plata\Lab1\veg_marins. Cada uno de estas capas representa los mapas de cobertura y uso de la tierra en la misma escala espacial. La diferencia ahora está en los detalles de la leyenda. Inicie el trabajo mediante la modificación de las propiedades de los símbolos de los vectores. Para visualizar los temas use el campo Clase. Observe las diferencias entre las dos capas. Use de la tabla de atributos de cada una de las capas, registre de clases en el cuadro 6, la superficie media de cada uno y el número de fragmentos.

Tabla 6. Areas medias de las clases de uso de la tierra y número de fragmentos de una región del arroyo de los Marins (SP) utilizando leyendas distintas (2 e 4 clases).

	Exntensión	Bosque nativo		Regeneración		Bosque plantado		Otros	
		Area	NF	Area	NF	Area	NF	Area	NF
veg_4class									
veg_2class									

Pregunta 8 - ¿Qué pasa con estos parámetros como la leyenda se hace más detallada?

Pregunta 9 - ¿Cómo interpretar estos resultados influirían en un programa de restauración de la vegetación nativa?

SIG y análisis del paisaje e de los cambios en la cobertura y uso de la tierra

SIG se define como el conjunto de técnicas y conceptos de la representación computacional del espacio, lo que permite la convergencia de varias áreas del conocimiento humano para el estudio de los fenómenos espacialmente distribuidos (Miller Casa, 2005; Xavier da Silva y Zaidan, 2004). SIG integra la cartografía automatizada, sistemas de manejo de bases de datos y sensores remotos, con un desarrollo metodológico en el análisis geográfico para producir un conjunto distinto de los procedimientos analíticos basados en una única base de datos georreferenciada e integrada (Ballester et al., 2001). Para ello, utilizamos herramientas matemáticas y computacionales para adquirir, procesar y analizar los datos distribuidos espacialmente, denominados Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estas herramientas han sido ampliamente incorporado en el análisis del paisaje, y particularmente de los cambios en la cobertura y uso de la tierra, ya que permiten evaluar cuantitativamente la composición y la dinámica de las mismas. Los objetivos de esta lección son: 1 - Desarrollar la capacidad de apreciar la utilidad de los SIG como una herramienta importante en el análisis de cambios en el uso de la tierra y los factores causales; 2 - Aprender los conceptos básicos y familiarizarse con algunos de los términos de uso común y 3 - adquirir experiencia práctica usando técnicas de geoprocésamiento para responder a las preguntas sobre cambios ambientales. Los datos necesarios para el desarrollo de los estudios de caso planteados están organizados en un área de trabajo en el disco rígido o en el DVD llamado La_Plata. Al crear nuevas capas, proyectos, etc, acuérdesse que al ArcGis no le gustan los acentos o los espacios en blanco.

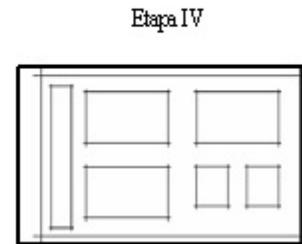
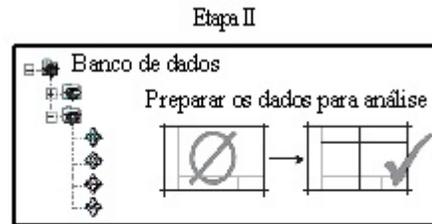
Un proyecto SIG: planificación de proyectos, adquisiciones, y la preparación de la entrada de
datos

En un proyecto de individuales, el usuario de un SIG debe realizar una serie de tareas que se pueden agrupar en cuatro pasos básicos (Figura1):

Paso I: Transformar la hipótesis o la pregunta de trabajo, tales como cobertura de la tierra ha cambiado en los últimos 20 años? en un dibujo de una base de datos georreferenciados y un plan de análisis. Este paso consiste en desmembrar partes lógicas que se trate, identificando cuáles son los planes de información será necesaria para responder a cada parte y desarrollar una estrategia para combinar las respuestas a cada parte de la pregunta en una respuesta final.

Etapa I

Critério	Conjunto de dados	Atributos representados
Méncos de 200 metros de altitude	MDET	Altitude em metros
APP de rios com menos de 10 metros de largura	Rede de drenagem	Não há



Etapa II: Crear una base de datos que contiene los datos geográficos necesarios para responder a la (s) pregunta(s) propuestas. Esto puede implicar en obtener mapas existentes, traducir los datos electrónicos de una variedad de fuentes y formatos, asegurándose la calidad adecuada para

la tarea propuesta, se están en el mismo sistema de coordenadas que permite la superposición correcta, y agregar nuevos datos para efectuar el análisis.

Paso III: análisis de los datos, por lo general consiste en superponer capas de información, consultar los atributos y las posiciones, aplicar funciones para responder a cada parte lógica de la pregunta.

Paso IV: Comunicar los resultados de los análisis, a través de mapas, informes y gráficos.

Figura 1. Etapas de un proyecto de SIG,

Estudio de caso I: Cambios en la cobertura y uso de la tierra en la cuenca del río de La Plata

Como vimos, el primer paso es definir el problema. Para investigar cuales fueron los principales cambios en la cobertura y uso de la tierra en la cuenca del río de La Plata, se plantearon las siguientes preguntas: 1 – ¿ Cual era y como estaba espacial y cuantitativamente distribuida la cobertura de la tierra en la cuenca del río de La Plata antes de la llegada de los colonizadores?; 2-¿Cuales fueron los cambios en la cobertura de la tierra cuantitativamente significantes y que ocurrieron a lo largo de los siglos XIX y XX en la Cuenca del Río de la Plata?; 3 -¿Cuales son los biomas más afectados?; 4-¿ Que factores físicos y antrópicos pueden ser asociados con estos cambios? Y 5-¿Existen diferencias cuantitativamente significativas en términos de pérdida de vegetación nativa entre los vários países que componen la Cuenca?

Por lo tanto, en este estudio de caso se evaluará el grado de cambios del uso de la tierra que se tuvieron lugar en La Cuenca del Río de La Plata entre el 1500 (biomas) y el 2000 y entre este y el 2003. Como la extensión del área de estudio es grande, los datos utilizados están en una escala de observación que permiten evaluar grandes cambios regionales. Para definir los datos necesarios para resolver el problema propuesto, examine el cuadro 1 y elabore el diagrama de flujo de entrada, análisis y salida de datos.

Cuadro 1. Datos disponibles

		Fuente
Biomas		WWF
Uso2000		GLCP
Uso2003		GLCP
Limites		DCW
Carreteras		DCW
Drenaje		DCW
MDET		SRTM-NASA
Suelos		FAO

Adicione las capas almacenadas en el subdirectorio C:\la_plata\lab2\cambios. Los mapas que figuran en la Tabla de Contenidos (Capas) se pueden activar y desactivar usando la marca de verificación en cuadrado a la izquierda de cada uno. Para activar el tema de consultas, la capa debe estar activa lo que se obtiene colocando el cursor del ratón sobre el nombre de la capa. Cuando se selecciona un tema, significa que todas las operaciones de consulta a la base de datos se hará en el mismo. Active los temas biomas y uso2000, llevando en cuenta que el orden de visualización puede ser alterado de sencillamente arrastrando el tema activo con el ratón. Trate de mover el tema uso2000 para la parte superior del área de la tabla de contenido y observe lo que sucede. Vuelva a colocar la capa en su lugar inicial. Para cada tema representado espacialmente, existe una tabla de atributos asociados, que almacena la información sobre las características de la superficie. Esta tabla se utiliza en las consultas, análisis y representación de la leyenda deseada. Active el una de las capas posicionando el cursor del ratón sobre ella y presione el botón derecho para abrir el menú del tema. Seleccione *Open Attribute Table* (Abra la tabla de atributos) y examine su contenido. Observe que, aparte de los atributos descriptivos y cuantitativos (área y/o perímetro) existen valores numéricos asociados a cada elemento o campo representado.

Active el tema biomas y observe que el mapa se muestra en la campo de visualización con un solo color y, en la Tabla de Contenidos, no presenta leyenda. Para cambiar la simbología de visualización, seleccione la opción *Properties* en el menú de la capa presionando el botón derecho del ratón. En la nueva ventana que se abre seleccione simbología. En la simbología , la selección ahora es la opción de las categorías, valores únicos. Seleccione las categorías y en el campo del valor (Value) selecciona el atributo que será usado para representación, elija Bioma. Esto significa que la visualización de los polígonos del mapa se dará conforme el valor (o categoría) asociadas con el tipo de bioma de la cuenca. Después de seleccionar el campo, añada todos los valores de la categoría Acepte los cambios. Usted puede modificar cualquier color de la leyenda en el menú de propiedades mediante la selección de la clase deseada con el botón izquierdo del ratón y presionándolo dos veces. Pruébelo y cree su propia paleta de colores. Repita la operación usado ahora como campo de simbolismo la opción ecorregión.

Desactive el tema bioma para visualización y active la capa uso2000. Como en este caso estamos utilizando la representación matricial, para cambiar la simbología de representación, en el menú de propiedades, elija simbología y la opción valores únicos (*Unique values*). Seleccione

la caja Value y escoja la opción Clase. Asigne a cada clase de uso de la tierra un color. Usted puede modificar cualquier color o nombre de la clase en este menú. Es posible simbolizar con los mismos colores las clases de uso de la tierra equivalentes en las otras capas. Para tal, active la capa deseada, abra el menú de propiedades y en la opción *symbology* escoja Importar. En la ventana que se abre escoja el nombre de la capa ya representada y, una vez más, use como un campo de simbología la opción Clase. Repita el proceso para la otra capa.

Para evaluar los cambios en el uso de la tierra, empiece por calcular el área cubierta por cada tipo de vegetación en la Cuenca del Plata, de acuerdo con el mapa de las ecorregiones de la cuneca. Esta mapa representa la distribución geográfica de la vegetación nativa en el area de estudio. Observe que no está representados el uso humano de la tierra. Para cada tema representado espacialmente, existe na tabla de atributos asociados, que almacena la información sobre las características de la superficie. Esta tabla se utiliza en las consultas, análisis y representación de la leyenda deseada. Active los biomas, posicione el ratón sobre ella y presione el botón derecho para abrir el menú del tema. Seleccione Open attribute table (Abra la tabla de atributos) e identifique los campos de la misma. Para calcular el área de cada ecorregión y de cada bioma, seleccione la respectiva columna (una por vez) y abra el menú de esta presionando el botón derecho del ratón. Seleccione la opción Summarize, la cual permite generar una nueva tabla de resumen de los datos, en este caso la suma del área de cada clase. Seleccione area, sum y acepte. Una tabla nueva será adicionada en el panel de las capas, abrala y registre los valores en el cuadro 1.

Cuadro 1

Eco-región	A r e a (km ²)	Bioma	Area (km ²)
Andean Yungas		Tropical and subtropical moist broadleaf forests	
Argentine Espinal		Temperate grasslands, savannas, and shrublands	
Argentine Monte		Temperate grasslands, savannas, and shrublands	
Arid Chaco		Temperate grasslands, savannas, and shrublands	
Bahia interior forests		Tropical and subtropical moist broadleaf forests	
Bolivian montane dry forests		Tropical and subtropical dry broadleaf forests	
Brazilian Araucaria moist forests		Tropical and subtropical moist broadleaf forests	
Campos Rupestre montane savanna		Tropical and subtropical grasslands, savannas, and shrublands	
Central Andean dry puna		Montane grasslands	
Central Andean puna		Montane grasslands	
Cerrado		Tropical and subtropical grasslands, savannas, and shrublands	
Chaco savannas		Tropical and subtropical dry broadleaf forests	
Chiquitania dry forests		Tropical and subtropical dry broadleaf forests	
Cordoba montane savannas		Tropical and subtropical grasslands, savannas, and shrublands	
Humid Chaco		Tropical and subtropical grasslands, savannas, and shrublands	
Humid Pampas		Temperate grasslands, savannas, and shrublands	
Mesopotamian savannas		Temperate grasslands, savannas, and shrublands	
Pantanal		Flooded grasslands	
Parana flooded savannas		Flooded grasslands	
Parana/Paraiba interior forests		Tropical and subtropical moist broadleaf forests	
Semi-arid Pampas		Temperate grasslands, savannas, and shrublands	
Serra do Mar coastal forests		Tropical and subtropical moist broadleaf forests	
Uruguayan savannas		Tropical and subtropical grasslands, savannas, and shrublands	

La consulta a la base de datos es un método que permite utilizar ecuaciones y lógica para seleccionar registros basados en los atributos del tema activo. Una herramienta para evaluar los cambios en la cobertura y uso de la tierra, se usará el módulo *Spatial Analyst*, que tiene entre otras funciones, una calculadora de matrices "Raster Calculator". Este módulo permite realizar operaciones aritméticas, trigonométricas, logarítmicas y lógicas para aislar las características de la superficie de interés en uno o más períodos. Como en este caso estamos trabajando con matrices y el programa solamente reconoce valores numéricos en este módulo, el primer paso es identificar cual es el valor (Value) asociado a cada clase de uso de la tierra. Abra la tabla de atributos de una de las capas y registre el valor numérico presentado en la columna Value asociado a cada clase de uso de la tierra. Observe que las capas fueron trabajadas de modo a tener los mismos valores asociados a las mismas clases en cada en todos los años. Registre los resultados en el cuadro 2. Registre también la extensión de cada clase. Repita este último paso para las capas de 2000 y 2003. Observe que el valor que codifica cada categoría no cambia. Esto es fundamental, o sea las clases tienen que ser representadas con los mismos valores en todas las fechas para que el programa pueda efectuar cálculos y aislar áreas de interés.

Cuadro 2. Clases de cobertura de la tierra y áreas de cada una en cuenca del río de La Plata

Clase	Value	Area (km2) em 2000	Area (km2) em 2003
Sin clasificación			
Agricultura			
Bosque tropical			
Bosque de montaña			
Urbanización			
Savanas arbustivas			
Savanas de gramíneas			
Pantanos inundables			
Savana templada			
Bosque templado			
Agua			
Desierto			
Pantanos y arbustos de montaña			
Nieves			
Otro			

Ahora, abra el *Spatial analyst* y elija la opción calculadora de matrices (Raster Calculator). En la nueva ventana que se abre, se muestran el nombre de las capas y un menú que permite efectuar operaciones aritméticas, estadísticas, lógicas, etc. En este caso, el objetivo es aislar las áreas que presentaron cambios entre 2000 y 2003. La calculadora solamente reconoce valores numéricos y, por lo tanto los cálculos son efectuados usando el campo llamado Value en la Tabla de atributos y la lógica booleana. Para obtener una matriz de transición de las principales clases de vegetación nativa de la cuenca, los cambios serán evaluados para cada una en separado. Serán evaluados apenas los cambios en las áreas con bosque o savanas que fueron transformadas en agricultura. Usando los valores asociados a cada categoría del cuadro 2, monte las ecuaciones para aislarlas. Por ejemplo, el valor del bosque tropical es 1 y de la agricultura 2, entonces para aislar las áreas de bosque tropical transformadas en agricultura entre 2000 y 2003, la ecuación será: $Us_{2000} = 2 \text{ and } us_{2003} = 1$

Para efectuar esta operación en el Raster Calculator, seleccione la capa uso2000, la señal igual, el número 1, AND, la capa uso2003, la señal igual, el número 2. Todas las selecciones son hechas con el ratón, posicionando el cursor en la opción deseada y presionando 2 veces el botón izquierdo. Una vez montada la ecuación, escoja evaluate. Después que el cálculo sea efectuado, una capa binaria será automáticamente adicionada al proyecto. Los pixels con valor ZERO son aquellos en que la condición no se cumple y los con valor uno los que la condición se cumple. Abra la tabla de atributos y registre los valores asociados a la clase 1 en la tabla 1. Como el tamaño de la célula es de 1x1 km, este valor también representa el área de cada categoría.

Tabla 1. Matriz de transición entre 2000 y 2003

Clase en 2000	Clase en 2003					
	Agricultura	B o s q u e tropical	S a v a n a s arbustivas	S a v a n a s gramineas	Savana templada	Bosque templado
Agricultura						
Bosque tropical						
Savanas arbustivas						
Savanas de gramineas						
Savana templada						
Bosque templado						

Para averiguar se hay diferencias entre los países en términos de distribución espacial y tamaño de las áreas usadas para la expansión agrícola, cree tres nuevas capas con apenas las áreas agrícolas en cada año de estudio. Como? Usando el raster calculador, use las ecuaciones:

Uso2000 = 1; Uso2003 = 1 (una por vez). Después de cada operación, seleccione la capa y abra el menú de la capa, escoja Data, export y salve la capa como grid con los nombres agric2000 y agric2003. Ahora adicione la capa países. Para calcular el área convertida en cada uno, en el Arctoolbox, selccione la opción spatial analista y zonal, Tabulate área. Esta herramienta calcula la áreas en una capa que están contenidas en zonas determinadas en otra. En este caso, la capa de entrada será agric2000 o agric2003 y la de las zonas, países. Hay que informar cuales son los respectivos campos que se desean. Exporte los resultados para una planilla de datos y construlla gráficos y tablas que le permita contestar las preguntas propuestas.

Estudio de caso 2: factores que determinan los cambios en el uso de la tierra - cuenca del alto Paraguay

El objetivo de este caso de estudio es identificar cómo los factores físicos, bióticos y antrópicos determinan los patrones de cambios en el uso de la tierra observados. Para ello utilizaremos los datos de la cuenca del pantanal almacenados en el sub-directorio C:\la_plata\lab3\pantanal. Como primer paso, complete la Tabla 1 de modo a tener la descripción y el nombre de las capas disponibles para el área de estudio. Las matrices están en forma de ArcGRID, con una resolución espacial de 30x30 metros.

Los conjuntos de datos, los nombres de archivo. Descripción Mapa Nombre del archivo Modelo de Elevación Digital del Terreno (100 m) de drenaje del suelo de vegetación original de los ríos mdet suelos veg_ibge Preservación de áreas y caminos de extracción y carreteras (2001) Urbano uso centros y la cobertura del suelo en 1977, 1997 2006 caminos de la tierra y las ciudades uso_77; uso_97; uso_06

Ahora ud. Usará el ArcGIS para explorar los datos y utilizará las herramientas de análisis espacial para caracterizar el área de estudio en términos de la evolución temporal de la cobertura y uso de la tierra, las características físicas del paisaje y de contestar las siguientes preguntas: 1 - ¿Cuál fue el efecto de la colonización por pequeños y grandes agricultores en los cambios del uso de la tierra en las últimas décadas?. Para ello, debe examinar el contenido y los mapas de uso y cobertura del suelo para los años 1992, 1997 y 2007; 2 - ¿Qué factores físicos (suelo, el drenaje, las pendientes) y antropogénicos (proximidad de las carreteras) influyeron en la patrones de ocupación? y 3 - El tipo de propiedad infuye en los cambios obeservados?

Para determinar la influencia del tipo de suelo y de propietarios, use la herramienta de tabulación estadística por zona, en el ArcToolbox, seleccione la opción Spatial Analyst, Tabulate area. Use como capa de entrada el mapa del uso de la tierra a ser evaluado y como raster de agrupamiento por zonas el mapa de suelos. Use el campo código como Zone field, de modo que el programa irá a usar este código como campo de agrupación (los códigos 3 y 6 representan suelos arenosos y poco adecuados para el cultivo y el código 4 son los suelos más apropiados). Llame su tabla de resultados (tabla de resultados) de suelos_uso92 y así sucesivamente. Para el tipo de propiedades, use como campo de agrupamiento por zonas el tipo_prop.

Para derivar el mapa de pendientes, en ArcToolbox, Spatial Analyst, seleccione la opción Surface (superficie), Slope (pendiente). Use como raster de entrada la capa mdet30, la qual

representa el modelo digital de elevación del terreno derivado de los datos del SRTM (Es interesante visualizar esta capa con una paleta de colores para distinguir la topografía del terreno). Llame su capa de inclinación pendiente y escoja la opción percetage (en percentual). Observe que los datos son presentados con valores reales y que no es posible abrir la tabla de atributos del tema exactamente por eso. A partir de esta capa vamos a crear otra con sólo tres categorías, cada una representando un nivel de adecuación del terreno: 0-12, 12-45 y > 45%. Abra el Spatial Analyst y seleccione Reclass (reclasificar). En la ventana de diálogo que se abre asegúrese de que la capa pendiente está seleccionada y que el campo que está seleccionado en la opción Reclss field es Value. Comience el proceso de selección de reclasificación escogiando la opción Classify. En la opción Método, elija el intervalo de Igualdad (Equal Interval) y en el numero de clases 3. En la opción breack values entre con los valores 12, 45 y 95. Desta forma el programa irá reclasificar los valores en los tres intervalos deseados. Para determinar la influencia del terreno, use el Rater calculator, aislando las areas con agricultura en cada valor de pendiente.

En las regiones tropicales, la proximidad de carreteras es un factor preponderante en el avance de la frontera agrícola. Varios estudios han demostrado que, en general, la mayor parte del deflorestamiento para esta actividad se concentra en una area no superior a 20 km de una carretera. Para delimitar las zonas cercanas a las carreteras, abra ArcToolbox, seleccione Analysis Anaylist, Proximity, Multiple Buffer Rings. Esta herramienta delinera las areas de influencia a varias distancias. Use como capa de entrada el vector carreteras y llame su archivo de salida de influencia. En el campo Distance, agregue el 1, y presione el botón izquierdo del ratón en la señal de + localizado a la derecha del campo en blanco abajo deste. Observe que el valor será adicionado. Repita la misma operación con los valores de 5 y 10. En la opción Buffer unit escoja kilometros y seleccione la opción Dissolve all. Ahora usted debe calcular en cada uno de los mapas de uso del suelo, las áreas de cada tipo de uso. Use de nuevo la tabulación por zonas.

Importe sus datos en una planilla electrónica y construya gráficos que le ayuden a analizar cunatitativamente los patrones observados de modo a contestar las preguntas propuestas.