



4. Aplicaciones de los SIG en la zonificación agroecológica y en el manejo de recursos naturales en el Brasil⁴

4.1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de información geográfica SIG, son herramientas cada vez más utilizadas en los procesos de planificación económica, territorial y ambiental. La zonificación agroecológica es una de las primeras etapas del ordenamiento y del planeamiento ambiental. Hoy es casi imposible imaginar un plano de gestión ambiental, de adecuación de las técnicas agrícolas o de monitoreo ambiental, en cualquier escala, sin la utilización de la zonificación agroecológica. En el Brasil, la frontera agrícola se encuentra todavía en expansión, sobretodo en la Amazonía. La zonificación agroecológica representa en estas regiones, la posibilidad de direccionar el proceso de ocupación territorial, respetando las potencialidades y las restricciones de los recursos ambientales. Pero no siempre ha sido así.

En los años setenta, todo el territorio nacional fue objeto de una cobertura con imágenes de radar (1:250 000). Todo ese material dio zonas ecológicas relativamente homogéneas. A partir de un fuerte trabajo de campo, fueron generadas cartas geológicas, geomorfológicas, de vegetación, de potencialidad de uso de las tierras etc., de todo el territorio nacional. Conocido como *Proyecto RADAM*, fue la base de una serie de intervenciones del poder público, en términos de política de gestión territorial: apertura de carreteras, construcción de represas, creación de proyectos de colonización agrícola, minería, ganadería, etc. Los zonages producidos en esta época buscaban identificar y valorizar el potencial de uso agrícola de las tierras, el potencial maderero de los bosques y de otros recursos naturales.

El impacto ambiental de esta política de ocupación territorial fue sin precedentes. Sólo en la Amazonía, datos de los satélites LANDSAT mostraban un desmonte total de 152 200 km² en 1978. En 1988 eran 377 500 km². En 1994 eran 470 000 km². Es muy probable que el área de desforestamiento en la Amazonía sea hoy superior a medio millón de km². Desde 1988 las autoridades brasileñas empezaron una revisión de los procesos de ocupación de la Amazonía, de explotación y gestión de los recursos naturales. La concepción y los métodos de zonificación también evolucionaron y cambiaron. La zonificación agroecológica incorporó, con un mayor vigor, la necesidad de expresar también las restricciones, las limitaciones y los riesgos de la explotación de los recursos naturales, bajo determinados escenarios tecnológicos. La complejidad de los

⁴ Evaristo Eduardo de Miranda, Nucleo de Monitoreamiento Ambiental/EMBRAPA y ECOFORÇA - Pesquisa e Desenvolvimento
Documento orientador



problemas agrícolas y ambientales, en la zonificación de regiones de gran dinámica de ocupación territorial, encontraron en los SIG una herramienta de gran interés.

Los SIG, cuando estructurados correctamente, permiten la realización para un mismo territorio, de un gran número de zonificaciones. En función de problemas específicos o de las preocupaciones de los responsables del medio ambiente, de la agricultura o del desarrollo, zonificaciones específicas pueden ser ejecutadas. ¿Una zonificación agroecológica para quién y para qué?. Gracias a los SIG, una misma base de datos numéricos y cartográficos puede ser articulada y manipulada de forma diferente y fácil, en función de “quién y para qué”. No existen zonificaciones agroecológicas absolutas. Los SIG representan la posibilidad de adecuar las respuestas a las demandas. Nuevos escenarios de uso de las tierras pueden ser simulados con facilidad. Consecuencias probables de una determinada política de gestión ambiental o territorial pueden ser evaluadas. Una serie de rutinas y programas, incorporados a los SIG, hacen casi automáticos, los análisis de los riesgos de erosión, de la capacidad de uso de las tierras, de la adecuación del uso actual de las tierras y de los recursos naturales. Sistemas expertos han sido añadidos a los SIG, así como los datos del sensoriamiento remoto, como la cartografía y el monitoreo del espacio temporal del uso de las tierras.

Hoy los SIG permiten profundizar el análisis integrado de la dinámica espacio temporal del uso de las tierras y de las medidas de sostenibilidad agrícola que se pueden deducir. Los usos pueden ser confrontados cartográficamente, y de forma digital, con la capacidad de producción de los recursos naturales involucrados. Esos procesos estructurados en SIG permiten un balance cartográfico y numérico entre la explotación y la reposición de la fertilidad, por ejemplo. Escenarios sobre los cambios en el uso de las tierras y sobre sus consecuencias en la sostenibilidad agrícola regional producidos por cambios en las políticas de precio, de crédito o de comercialización, también están siendo objeto de nuevos métodos de simulación con base en el uso de los SIG.

4.2 ESTRUCTURA E INTERÉS DE LOS SIG

Hasta el desarrollo reciente de los sistemas computadorizados, la integración de datos numéricos y cartográficos era muy limitada, tanto desde el punto de vista operacional, como de los resultados. El investigador o responsable de desarrollo, confrontado a exigencias de esta naturaleza, era obligado a utilizar procedimientos de integración muy rudimentarios como la sobreposición de mapas, el uso de transparencias u *overlays*, el dibujo manual de isolíneas de productividad de factores, construcción de tablas cruzadas entre factores, la cuantificación de áreas con planímetros etc. El surgimiento de los sistemas de informaciones geográficas, ha cambiado completamente esa realidad. No solamente por facilitar tareas manuales, antes complejas y lentas en su ejecución, más sobretodo, al abrir posibilidades de integración entre datos espaciales y numéricos impensables en el pasado.

Los SIG son bancos de datos para informaciones codificadas espacialmente. Independientemente de los variados logicales o *softwares* de SIG disponibles en el mercado, sus principales componentes son siempre y básicamente los siguientes:



- un subsistema de entrada de datos (mapas, datos numéricos etc.);
- un subsistema de almacenamiento y recuperación de datos espaciales en una forma que posibilite un acceso eficiente a los mismos;
- un subsistema de manipulación, para analizar y generar datos derivados;
- un subsistema de presentación de datos, tanto en la forma tabular como gráfica.

Un SIG incorpora datos con diversas características y diversos tipos de representación. Se acostumbra diferenciar por lo menos dos tipos de representación: la vectorial (como los mapas, por ejemplo), y la matricial o raster (como las imágenes, por ejemplo).

La existencia de múltiples formas de representación aumenta el potencial de utilización del sistema, debido a varias causas: datos provenientes de fuentes distintas tienen, en general, formas diferentes y no siempre la conversión de la representación tiene sentido; variados métodos de manipulación pueden requerir representaciones diferentes. Por ejemplo, un algoritmo de clasificación puede ser aplicable solamente a imágenes, mientras que algoritmos para la generación de isóneas casi siempre requieren estructuras propias.

Ese potencial es particularmente importante para compatibilizar y unificar datos en países donde la información sobre los recursos naturales y la agricultura se encuentran dispersas entre varias instituciones, en escalas distintas y obtenidas según metodologías muy variables.

4.3 SIG: MODELO DE DATOS Y APLICACIONES

El modelo de datos del SIG tiene por objetivos definir las ideas generales de la organización del sistema y las categorías básicas de datos, a través de los cuales pueden ser representados los diferentes tipos de "datos espaciales" en el SIG. Por "datos espaciales" se entienden aquellos que caracterizan la geometría de algún fenómeno geográfico. El modelo de datos también debe permitir la inclusión de datos no espaciales en el sistema, a través del modelo relacional. Los datos no espaciales permiten describir características de naturaleza general, no geométrica, de un dato espacial.

El trabajo del usuario del SIG es siempre organizado en proyectos. Cada proyecto puede corresponder a una determinada región geográfica: un municipio, una cuenca o una provincia. Este proyecto podrá contener datos con características intrínsecas muy diferentes como, por ejemplo, descripción del uso del suelo, modelos digitales de terreno, imágenes de satélites, etc.

Un proyecto es formado por planos de información (PI). Un PI reúne todas las informaciones que se refieren a un cierto aspecto del modelo de una región. Por ejemplo, un proyecto que reúna informaciones sobre altimetría, pedología, climatología, uso del suelo, productividad y erosión. En este caso, cada una de esas características será organizada dentro de un PI independiente.



Cada PI almacena informaciones de una única categoría (conjunto de datos espaciales que son representados y tratados por el sistema de la misma manera). Sin embargo, la misma información (por ejemplo, la altimetría), puede ser representada de varias formas (por ejemplo, curvas de nivel, puntos acotados o retículas), y un PI puede incorporar datos en más de un formato de representación (matricial, poligonal, muestras 3 D, retículas, isolíneas, puntos).

Dentro de un PI, el usuario puede definir objetos, a los cuales pueden ser asociados atributos relacionados (datos no espaciales, gerenciados por un banco de datos relacional), y una clase, que es un atributo cuyo valor puede ser oriundo de un método de clasificación propio para la aplicación. Ejemplos de objetos pueden ser municipios o provincias en un mapa de división política, ríos y lagos en un mapa hidrográfico o cruces de una red vial, clases de productividad en un mapa de uso de las tierras etc.

El uso de un SIG, independientemente de la complejidad de los distintos logicales o *softwares* existentes, lleva al ejercicio de seis grupos de funciones principales:

- *definición*: selección de los datos a ser manipulados;
- *entrada*: inserción de nuevos datos en el sistema. Este grupo incluye también funciones para la entrada de textos (básicamente nombres) y símbolos sobre un PI;
- *conversión*: transformación de formato (raster <--> vector, retícula --> vector y retícula --> raster), y transformaciones geométricas (inclusive cambio de sistema de proyección);
- *manipulación*: generación de nuevos PIs a partir de operaciones de combinaciones entre uno o más PIs. Entre las principales opciones de manipulaciones están: declive, reclasificación y sobreposición;
- *consulta*: manipulación de atributos no gráficos (relacionales);
- *salida*: generación de documentos cartográficos y funciones de visualización.

Un documento cartográfico visualizado en la pantalla de la computadora u obtenido en un mapa impreso, es siempre el resultado de una combinación de PIs y leyendas, para lo cual fue generada una salida gráfica, en un formato definido por el usuario.

El SIG incorpora diversas funciones de visualización, incluyendo recursos tridimensionales. La integración manual de mapas en el pasado se limitaba esencialmente a la sobreposiciones de transparencias. En último análisis se trataba de una operación aritmética de suma y resta. Hoy, a partir de la organización de los datos en un proyecto de SIG, dos o más mapas pueden ser relacionados a través de las más distintas funciones lógicas y matemáticas. Varios mapas pueden ser integrados a través de complejas ecuaciones. Los resultados son rápidos, precisos y exhaustivos. Cambios de intervalos de clases, por ejemplo, pueden ser obtenidos de forma simple e



inmediata. Los cálculos de áreas, perímetros, intersecciones entre distintas unidades geográficas pueden ser realizados y detectados con precisión.

Por esas razones los SIG están siendo, cada vez más en el Brasil, un instrumento decisivo e indispensable como soporte para los trabajos de zonificación agrícola, catastro rural, planeamiento regional, diseño de proyectos, evaluación de redes de fomento, tramos viales, etc.

4.4 MONITOREO Y MANEJO DE RECURSOS AMBIENTALES

La extensión territorial del Brasil, la heterogeneidad de sus sistemas agroecológicos y socioeconómicos y la dinámica de la ocupación territorial siempre plantearon enormes exigencias de planeamiento, manejo y monitoreo ambiental. A través del *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*, el país desarrolló *softwares* de tratamiento de imágenes orbitales y de informaciones geográficas. Existen hoy en el Brasil más de una centena de laboratorios de sensoreamiento remoto que hacen uso de los SIG. Asociaciones profesionales, reuniones y simposios científicos reúnen regularmente los especialistas de esta área. Una revista exclusivamente dedicada a las aplicaciones de los SIG (*Fator GIS*) es publicada regularmente y tiene amplia difusión nacional. El tema es objeto de clases en varios cursos universitarios.

El hecho de que varios *softwares* de SIG pueden operar en plataformas de tipo PC, ha ampliado mucho el número de los usuarios: municipios, cooperativas y ONGs incorporaron cada vez más esta herramienta a su estructura de trabajo. Iniciativas del gobierno federal, como la zonificación ecológico-económico de la Amazonía permitieron, con el apoyo del BIRD, una progresiva capacitación de las estructuras provinciales. Hoy, casi sin excepción, todos los estados disponen de medios y personal para tratar de forma digital la información geográfica en la región amazónica.

La creciente compatibilidad entre los archivos generados a partir de diferentes SIG también ayuda a ampliar la adopción y la utilización de esos sistemas. La existencia de un número creciente de *softwares* de SIG en el mercado (muchos de dominio público), colabora con la difusión de esta herramienta tecnológica. Sería imposible compilar toda la experiencia y los problemas enfrentados en el Brasil con el uso de los SIG, mismo considerando la temática en cuestión. Todavía es posible ilustrar, de forma sucinta y concreta, algunas experiencias ya operacionales en este campo. Para eso fueron elegidos cuatro ejemplos, en una variación de escala que va desde el nivel nacional hasta el nivel local. La riqueza de mapas y de información cartográfica de esos cuatro ejemplos (juntos, ellos reúnen más de 3 000 mapas), está disponible en acceso gratuito a través de la Internet. Esa fue una razón suplementaria para escoger esos cuatro casos. Los ejemplos elegidos fueron los siguientes:

- Nacional: monitoreo orbital de las quemadas y fuegos agrícolas.
- Estadual o regional: zonificación agroecológica del estado del Tocantins.
- Municipal o local: impacto ambiental de la agricultura en Machadinho d'Oeste (Rondônia).



- Municipal o local: sostenibilidad agrícola em Campinas (S. Paulo).

4.4.1 EL MONITOREO ORBITAL DE QUEMAS Y FUEGOS AGRÍCOLAS APOYADO EN SIG

A nivel nacional, el Brasil ha desarrollado algunos sistemas de monitoreo de los recursos ambientales y de determinadas prácticas agrícolas, en los cuales los SIG tienen un rol central. Las áreas indígenas, los parques nacionales, las divisiones políticas y administrativas, bien como las áreas de protección ambiental, constituyen hoy planos de información en los SIG de varias ONGs y organizaciones federales. Mucha de esa información puede ser comprada en CDs en varias instituciones, como por ejemplo en el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). Un ejemplo interesante de las aplicaciones de los SIG en el manejo de los recursos naturales, en escala nacional, es el monitoreo orbital de las quemaduras o fuegos agrícolas, operacional desde 1991. Un total de casi 300 000 puntos de fuego son detectados y cartografiados anualmente.

Con el objeto de obtener datos científicos sobre las quemaduras, y para generar informaciones sistematizadas para la opinión pública nacional e internacional, varias instituciones estructuraron, en conjunto, un sistema de monitoreamiento, mapeamiento y divulgación semanal de las quemaduras. El sistema detecta diariamente las quemaduras ocurridas en el país, de junio a noviembre, con base en el uso de imágenes orbitales del satélite NOAA-AVHRR, apoyadas en un tratamiento de datos cartográficos en SIG.

Investigadores del *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* - INPE, del *Núcleo de Monitoreamiento Ambiental* - NMA y de la organización no gubernamental *ECOFORÇA - Pesquisa e Desenvolvimento* elaboraron, con el apoyo de la *Agência Estado* - AE, una serie de programas y rutinas informatizadas. Cada imagen NOAA (canal 3) es corregida geográficamente, en base a los recursos de un SIG. Después, rutinas de tratamiento digital de las imágenes permiten detectar, diariamente, en cada imagen, los puntos de fuego. Para cada punto es asignada su coordenada geográfica (latitud y longitud). Esa base de datos diarios es geocodificada y permite que sean generados mapas semanales, mensuales y anuales de las quemaduras a nivel nacional, regional y provincial. Los datos obtenidos diariamente por satélite NOAA-AVHRR y sus resultados son difundidos desde 1991. Ese sistema es objeto de perfeccionamiento constante.

Todos los datos y mapas (varios centenares) pueden ser obtenidos por la Internet en las siguientes URLs:

<http://www.nma.embrapa/projetos/qmd/queimadas.html>
<http://www.ecof.org.br/projetos/qmd94/index.html>
<http://www.inpe.br>
<http://www.agestado.com.br>

4.4.2 LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL ESTADO DEL TOCANTINS



La zonificación ecológico-económica del Estado del Tocantins está en curso con la participación del NMA/EMBRAPA. Exigió la constitución de una serie de instrumentos cartográficos y numéricos entre los cuales se destaca la construcción de un amplio sistema de informaciones geográficas, en las escalas 1:250 000 y 1:500 000. Con 288 000 km², el estado del Tocantins fue dividido en 30 proyectos en el SIG, siendo cada uno relativo a una de las cartas 1:250 000. También fueron creados 10 proyectos en SIG, cada uno relativo a una de las cartas 1:500 000, en la división internacional, correspondiendo a la totalidad del Estado del Tocantins. Cada proyecto constará de, por lo menos, 11 planos de información, cubriendo los siguientes temas:

- Geología/Litoestructura.
- Morfometría/Declividades.
- Relieve.
- Temperatura.
- Precipitaciones.
- Regionalización climática.
- Suelos.
- Erodabilidad.
- Cobertura Vegetal.
- Cuencas Hidrográficas.
- Zoneamiento Agroecológico.

La zonificación agroecológica, como mapa de síntesis, resultará de la integración de los planos de información anteriores, en función de las características de cada porción territorial del Estado. Serán identificadas áreas equiproblemáticas y equipotenciales para el desarrollo de la actividad agrícola en las principales modalidades. También será considerada la vulnerabilidad natural de las unidades territoriales en relación con las actividades agropastoriles. Este resultado cartográfico será elaborado y estará disponible en la escala 1:500 000.

Ejemplos de los resultados obtenidos y del trabajo en curso pueden ser obtenidos en la Internet en la URL:

<http://www.nma.embrapa.br/to/tocantins.html>



4.4.3 IMPACTO AMBIENTAL DE LA AGRICULTURA EN MACHADINHO D'OESTE (RO)

A partir de los años setenta, millares de pequeños agricultores se instalaron a través de proyectos públicos y privados de colonización en la Amazonía, particularmente en el Estado de Rondônia (Ro). Ellos viven un gigantesco experimento agrícola multilocal y multifactorial. Empíricamente, éxitos y fracasos están siendo evaluados y probados por los agricultores. Hace más de 10 años, investigadores del *Núcleo de Monitoreamiento Ambiental (NMA-EMBRAPA)* y de la organización no gubernamental *ECOFORÇA* estudian la región de *Machadinho d'Oeste (Rondônia)*.

Gracias a varias arquitecturas institucionales, más de 450 pequeñas propiedades están siendo acompañadas anualmente por imágenes de satélite (evolución del uso de las tierras), y a cada tres años por seguimientos de campo (250 variables agronómicas, socioeconómicas y ambientales). Fueron definidos y aplicados indicadores de sostenibilidad para los sistemas constituidos por los campos (uso de las tierras), fincas y sus interacciones con la región. Para cada indicador se estudió su variabilidad temporal (1986, 1989, 1993 y 1996), y espacial.

El estudio de esa variabilidad espacial exigió la constitución de una base digital de datos cartográficos, a través de un SIG. Todas las propiedades estudiadas tuvieron sus límites geocodificados y articulados con las bases de datos constituidas en cada seguimiento de campo. Esto lleva a la generación virtual de cerca de 300 mapas temáticos para cada período de levantamiento y de algunas decenas de posibles mapas de síntesis, resultantes de los cruces de varios PIs.

Gracias al uso del SIG, de un conjunto de 489 propiedades estudiadas fue identificado un grupo de 36 que se presentaban como las más sustentables en términos agronómicos, socioeconómicos y ambientales, simultáneamente. Esas 36 propiedades podrán constituir una importante fuente de información e inspiración para las actividades de investigación agropecuaria y de protección ambiental. La extensión rural también podrá usar esos ejemplos concretos para orientar y hacer reflexionar otros agricultores de la región. Los SIG constituidos representan una herramienta excepcional para analizar los datos y dar continuidad al monitoreamiento de ese proyecto previsto para durar 100 años.

Los resultados obtenidos pueden ser consultados a través de la Internet en la URL:

<http://www.ecof.org.br/machadi/index.html>



4.4.4 SIG E INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA EN CAMPIÑAS (SP)

Investigadores del *Núcleo de Monitoreamiento Ambiental* - NMA y de la organización no gubernamental *ECOFORÇA - Pesquisa e Desenvolvimento* desarrollaron en el municipio de Campiñas (800 km²), un proyecto con los siguientes objetivos, entre otros:

- Desarrollar una metodología, basada en SIG, para caracterizar de forma integrada y amplia la capacidad del uso agrícola de las tierras.
- Consolidar una metodología de caracterización del uso actual de las tierras y de los principales sistemas de producción, con base en SIG e imágenes orbitales.
- Desarrollar una metodología, apoyada en SIG, de caracterización del impacto ambiental de la actividad agrícola y de los insumos, en escala microregional, sobre el suelo, el agua, el aire, la vegetación y la fauna.

Varios procedimientos metodológicos, en el contexto de la pequeña agricultura y basados en la valorización del uso de SIG, fueron desarrollados, probados y consolidados, vinculados a cada uno de los objetivos del proyecto. En este proyecto fue utilizada como base inicial la versión 2.4 del logicial de Sistemas de Informaciones Geográficas, desarrollada por el INPE. Fueron generados cerca de 50 mapas o planos de información. La metodología abarcó varias etapas presentadas a seguir:

a. Capacidad de uso agrícola de las tierras

Se digitalizaron los límites geocodificados del municipio. Después fue digitalizado el primer plano de información (PI), el mapa de curvas de nivel. A partir de este mapa fue generado un modelo numérico de terreno (MNT), y (vía GIS), el mapa hipsométrico. A través de la manipulación numérica de esos mapas se obtuvo el mapa de declividades. El mapa pedológico disponible fue detallado en el campo y digitalizado. Se digitalizó también el mapa hidrográfico. Vía SIG se generó el mapa de cuencas y subcuencas. Por medio del cruzamiento de los mapas pedológico y declividades, se obtuvo el de erodabilidad o de riesgo teórico de erosión.

La definición de un archivo de reglas, permitió la integración de los planos de información pedológico, declividades, cuencas e hidrográfico, para obtener el mapa de disponibilidad hídrica potencial. Un procedimiento análogo fue aplicado en base al mapa pedológico digital para obtener los mapas de las limitaciones de fertilidad química (aluminio, fijación de fósforo y bases intercambiables). Estos últimos planos de información, junto con erodabilidad y problemas de fertilidad química, sirvieron para la generación del mapa de capacidad de uso agrícola de las tierras.

b. Uso actual de las tierras y sistemas de producción



En primer lugar fueron definidas, en forma preliminar, las categorías de uso de las tierras en el municipio. Fueron interpretadas las imágenes de satélite y se incorporaron al sistema de informaciones geográficas, junto con la digitalización de los límites municipales. De esta forma fueron obtenidas 17 categorías de uso. Tras una exhaustiva verificación de campo se digitalizó el mapa de uso actual de las tierras.

En segundo lugar fueron identificados los sistemas de producción a partir de una muestra de 100 fincas. Junto con la identificación de los usos de forma preliminar, y los sistemas de producción en el SIG. Seguidamente se muestrearon fincas y se realizaron seguimientos de algunas de ellas. De esta forma se obtuvieron coeficientes técnicos de los sistemas de producción y de los usos, con la posterior cuantificación para 1 ha de cada cultivo, y creación de un banco de datos sobre los sistemas de producción del municipio. Realizados los ajustes necesarios entre sistemas y usos, se obtuvo el mapa final de los principales sistemas de producción y fue articulado con el banco de datos en SIG. 4.6.3 - Impacto ambiental de la agricultura En una primera etapa se evaluó el impacto ambiental de las actividades agrícolas sobre los recursos naturales, articulando los PIs de capacidad de uso, uso actual y el banco de datos sobre los sistemas de producción en el SIG. La definición de un archivo de reglas, permitió la integración con el mapa de impacto de los insumos, dando como resultado el impacto del uso y de los sistemas de producción sobre el suelo. El impacto sobre las aguas superficiales se obtuvo mediante la reclasificación del mapa de declividades, dando como resultado el riesgo de escurrimiento superficial. Este PI fue cruzado con el mapa de eficiencia del recubrimiento vegetal del suelo (obtenido por reclasificación del mapa de uso), dando como resultado el escurrimiento superficial efectivo. Este PI se cruzó con el impacto de los insumos, dando el impacto sobre las aguas superficiales.

En la última etapa se evaluó el impacto ambiental de las actividades agrícolas sobre los sistemas ecológicos. El impacto sobre la fauna tuvo en cuenta el uso de las tierras y prácticas agrícolas con los hábitats faunísticos. Para el impacto sobre la vegetación fueron reclasificados los Pis, uso actual y riesgo existente debido al uso agrícola del fuego.

Los resultados obtenidos pueden ser obtenidos de la Internet en la URL:

<http://www.nma.embrapa.projetos/cmp/index.htm>

4.5 CONCLUSIONES

En razón del tamaño y de la diversidad de su territorio, confrontada a una dinámica de ocupación muy grande, el Brasil siempre ha planteado - como prioridad - el planeamiento y el desarrollo racional de su espacio rural. Pero la dinámica económica y social ha sido de tal magnitud que los instrumentos tradicionales de planeamiento han demostrado su incapacidad de dirigir y controlar esos procesos. Desde los años setenta, la zonificación agroecológica ha sido considerada como el primer paso en la ocupación de áreas pioneras y también un instrumento interesante en el manejo de los recursos ambientales en regiones de agricultura tradicional.



La emergencia de los SIG permitió mejorar la calidad de muchos proyectos y procesos de zonificación, manejo y monitoreo, con una expresiva reducción de costos, acompañada por una mejor precisión cartográfica y temática. En los últimos años el uso de los SIG aumentó mucho a nivel de instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Sería imposible dar un cuadro completo de la multitud de iniciativas existentes en este campo pero cuatro ejemplos de empleo de los SIG fueron presentados en este documento. Ellos ilustran a nivel nacional, regional, municipal y local el rol de los SIG en trabajos de zonificación, manejo y monitoreo ambiental y agrícola.

En el caso de la zonificación, la estructuración de numerosos SIG ha cambiado la visión y el concepto mismo de zonificación. En un primer momento el SIG era visto como una herramienta para simplificar y acelerar los procesos. Hoy los SIG se revelan como otra forma de hacer zonificación. Quien estructura un SIG de calidad, en general no hace más que una zonificación de su área. Muchas zonificaciones serán hechas en función de las preocupaciones y de los objetivos de los proyectos, cambiando simplemente los planos de información considerados en cada caso, sus pesos específicos y las formas (y fórmulas) de interacción en el SIG.

Articulados a banco de datos, los SIG son herramientas poderosas en la evaluación del impacto ambiental de las actividades agrícolas, y en la simulación de escenarios alternativos. La impresión es que estamos superando una primera fase de generalización y de desmistificación del uso de los SIG, antes reservado a especialistas. Ahora el más grande desafío parece estar en la formación de recursos humanos, capaces de hacer “hablar” a los SIG, de acuerdo a los problemas reales y concretos planteados por el desarrollo de la agricultura y la protección del medio ambiente. Esos problemas y posibles soluciones, son en general bien conocidos por investigadores y agentes de desarrollo cuya experiencia profesional es más grande, pero cuyo contacto con tecnologías como los SIG es mínimo. Más de una vez la interdisciplinariedad de los equipos podrá ayudar.



4.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, T.F.H.; Starr, T.B.** 1982. Hierarchy: perspectives for ecological complexity. Chicago: University of Chicago Press, 296p.
- Arze, J.** 1992. Sistemas expertos y fase de diseño de la metodología para la investigación y desarrollo de alternativas tecnológicas. In: INTERNATIONAL MEETING OF RIMISP, 5. Proceeding. Santiago, Chile: RIMISP, p.20.
- Berdegú J.A; Ramírez, E.** 1995. Investigación con enfoque de sistemas en la agricultura y el desarrollo rural. Santiago, Chile: RIMISP, 370p.
- Berdegú, J.A.; Miranda, E.E.** 1991. Assessment of sustainable land-use systems research in South America. In: SUSTAINABLE LAND USE SYSTEMS RESEARCH, 12-16 Feb. 1990, New Delhi, India. Proceeding. India: Rodale Institute-USDA-India Council of Agricultural Research, p.201-218.
- Corbley, K.P.** 1996. One-Meter Satellites: Pratical Applications by Spatial Data Users - Part Three Geo Info Systems v.6, n.5, May, p.39-43.
- Chuvieco, E.; Salas, J.** 1996. Mapping the spatial distribution of forest danger using SIG International Journal of Geographical Information Systems, v.10, n.3, p.333-345.
- Davidson, D.A.; Theocharopoulos, S.P.; Bloksma, R.J.** 1996. A land evaluation project in Greece using SIG based on Boolean and fuzzy set methodologies. International Journal of Geographical Information Systems, v.10, n.8, p.369-384.
- Forman, R.T.T.; Godron, M.** 1986. Landscape ecology. New York: John Wiley & Sons, 619p.
- GIS AIDS.** 1996. EL SALVADOR LAND REDISTRIBUTION. SIG World, v.9, n.8, p.13. Ago
- Hallett, S.H.; Jones, R.J.A.; Keay, C.A.** 1996. Environmental information systems developments for planning sustainable land use. International Journal of Geographical Information Systems, v.10, n.1, p.47-64.
- Hart, R.D.** 1985. Agroecosistemas; Conceptos básicos. 2°ed. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 159p.
- Land Satellite Information in the Next Decade,** 1995. Proceeding. Bethesda, Maryland: ASPRS, 87p. 25-28 Sept. 1995, Viena, Virginia.
- Merten, G.H.; Kavigliani, J.H.; Giacomini, C.C.; Rufino, R.L; Saintrand, D.; Kessler, C.A.; Ribas, G.C.; Dedecek, R.O.** 1995. Uso de SIG e do modelo USLE para determinar a erosão potencial e atual nas microbacias pilotos de Água Grande e Córrego do Pensamento, Maborê, Paraná. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 2° Anais... Londrina: SBS-IAPAR, p.273-274.



- Miranda, E.E.**, 1985. Diferenciação camponesa e tipologias de produtores (Município de Euclides da Cunha). Salvador, BA: EMATER-BA/Embrapa-CPATSA, 42p. (Pesquisa e Desenvolvimento, 8)
- Miranda, E.E.**, 1992. Posibles aportes de los Sistemas de Información Geográfica al diseño de sistemas de producción. In: INTERNATIONAL MEETING OF RIMISP, 5. Santiago, Chile: RIMISP, p.13.
- Miranda, E. E., Setzer A. y Takeda A.** 1994. Monitoramento Orbital das Queimadas no Brasil. Campinas, SP, Brasil. Embrapa-NMA, p.149.
- Miranda, E.E. de; Dorado, A.J.; Guimarães M.; Mangabeira J.A.; Miranda, J.R.** 1995. Impacto ambiental y sostenibilidad agrícola. La contribución de los Sistemas de Informaciones Geográficas. Santiago, Chile: RIMISP p.89.
- Miranda, E.E. de; Mattos C.O.; Mangabeira J.A.C.** 1995. Na força das idéias. Indicadores de sustentabilidade agrícola na Amazônia. Campinas, SP, Brasil: Embrapa-NMA, p.86.
- Mitasova, H.; Hofierka, J.; Zlocha, M.; Iverson, L.R.** 1996. Modelling topographic potential for erosion and deposition using SIG. International Journal of Geographical Information Systems, v.10, n.5, p.629-641.
- Moody, A.; Woodcock, C.E.** 1995. The influence of scale and the spatial characteristics of landscapes on land-cover mapping using remote sensing. Landscape Ecology, Amsterdam. v.10, n.6, p.363-379, Dec-1995.
- Pereira J.R.A.C.; Setzer, A.W.** 1996. Comparison of the fire detection in savannas using AVHRR's channel 3 and TM images. International Journal of Remote Sensing, v.17, n.10, p.1925-1937.
- Petkov, L.; Pieri, M.; Maselli, F.; Maracchi, G.** 1992. Study and modelling of temperature spatial variability by NOAA-AVHRR thermal imagery. ISPRIS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, v.47, n.1, p.1-42. Feb.
- Petrie, G.; Niweiri, A. E.** 1996. The applicability of space imagery to the small-scale topographic mapping of developing countries: A case study - the Sudan. ISPRIS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, v.51, n.4, p.209-215. Ago.
- Projeto Prodes.** 1996. Levantamento das áreas desflorestadas na Amazônia Legal no período de 1991-1994. Resultados. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. 7p.
- Rogowisk, A.S.** 1996. Quantifying soil variability in SIG applications: II. Spatial distribution of soil properties. International Journal of Geographical Information Systems, v.10, n.4, p.455-475.



- Watson, P.M.; Wadsworth, R.A.** 1996. A computerised decision support system for rural policy formulation. *International Journal of Geographical Information Systems*, v.10, n.4, p.425-440.
- Zheng, D.; Hunt, E.R.JR.; Running, S.W.** 1996. Comparison of available soil water capacity estimated from topography and soil series information. *Landscape Ecology*, Amsterdam. v.11, n.1, p.3-14, Feb.
- Zonneveld, I.S.; Forman, R.T.** (eds.) 1990. *Changing landscape; an ecological perspective*. New York: Springer-Verlag, 280p.
- Xiang, W.N.; Stratton, W.L.** 1996. The *b*-function and variable stream buffer mapping: a note on 'A SIG method for riparian water quality buffer generation'. *International Journal of Geographical Information Systems*, v.10, n.4, p.499-510.



*Taller Regional sobre Aplicaciones de la Metodología de Zonificación Agro-Ecológica y los
Sistemas de Información de Recursos de Tierras en América Latina y El Caribe*
