

# INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG, HERRAMIENTA ESENCIAL EN LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA<sup>1</sup>

Carlos Alberto González Murillo

Ingeniero Agrícola M.Sc. Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia  
Sede santafé de Bogotá, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agrícola.

El CIAT (1998), en el boletín sobre cooperación e investigación Agrícola *Afinidades* señala... *cada época trae su propia herramienta. La del final del segundo milenio se llama Sistemas de Información Geográfica o SIG, que se proyecta como una de las más poderosas por sus alcances y múltiples aplicaciones en diferentes actividades humanas.* Debido a los rápidos desarrollos tecnológicos que se producen día a día, en todos los campos de la ciencia, parecería una suposición exagerada. Sin embargo, si se observa con atención se denota que esta herramienta cada día se torna más popular y progresivamente viene siendo utilizada por diferentes, entidades gubernamentales y empresas privadas, especialmente por la percepción que se tiene sobre la utilidad de la misma para manejar grandes volúmenes de información georeferenciada y con ello lograr una mejor toma de decisiones.

## ¿QUE ES UN SIG?

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) tienen diferentes definiciones, cada una de ellas acorde a las variables que maneja. Algunas de estas son:

*En resumen. Los Sistemas de información geográfica (SIG) imponen el uso de los computadores a crear y desplegar representaciones digitales de la superficie de la tierra (Longley et al. 1999, citado por Gill et al. 1999)*

*Sistema de soporte en la toma de decisiones, que involucra la integración de datos espacialmente referenciados, para la solución de problemas de medio ambiente. (Cowen 1988).*

*Sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, análisis, representación y salida eficiente de datos espaciales (mapas) y atributos (descriptivos) de acuerdo a especificaciones y requerimientos concretos. (Valenzuela 1994).*

*Los S.I.G. significan mucho más que una simple codificación, almacenamiento y recuperación de datos espaciales. En general estos datos representan un modelo del mundo real, el cual nos permite realizar simulaciones con situaciones específicas, algunas de las cuales no podrán llevarse a cabo en la realidad. Es por esta razón que es importante la capacidad de transformación que tenga el sistema y es precisamente esta característica la que marca la diferencia entre los SIG, la cartografía digital y los sensores remotos. (Borough 1986).*

Una descripción más amplia de lo que es un SIG lo señalan Huxhold y Levinsohn (1995): *Un Sistema de Información Geográfica es un compendio de tecnología de información, datos, y procedimientos para recopilar, almacenar, manipular y presentar mapas e información descriptiva acerca de los atributos que pueden ser representados en mapas.* Esta definición, por lo tanto cubre una gran variedad de usos y por ello se observan aplicaciones en campos muy diversos entre los que se pueden mencionar: Planeamiento demográfico en escuelas (Davis 1996), en diferentes

<sup>1</sup> Contribución del Departamento de Ingeniería Agrícola - Unidad de Recursos de Agua y Suelo y la Red Nacional de Conservación de Suelos y Aguas.

aspectos arqueológicos (Christopherson et al 1996, ESRI 1996, Ebert 1996, Oswald 1996), manejo forestal (ESRI 1997), manejo de información policial (O'Connor 1998, ESRI 1997), modelos de transporte (Novak 1997), servicios públicos (Gill et al. 1999, Olszewski 1998, ESRI 1998) control de desastres (ESRI 1997), manejo de suelos (Floras and Sgouras 1999, Herrmann and Osinski 1999, Steinitz 1993), manejo ambiental (González 1998, Gustavsson et al. 1997, Smith et al. 1996, Ruiz et al 1995, De Gouvenain 1995) entre muchos otros campos.

El volumen de información crece continuamente a medida que avanzan los desarrollos en el proyecto que se esté trabajando bien sea a escala Municipal, Regional o a nivel de finca, creándose día a día la necesidad usar herramientas que permitan usar la información disponible a fin de tomar decisiones más racionales y eficientes. Implantar un SIG supone la adquisición y manejo más eficiente de información lo cual permite que haya una toma de decisión apropiada. La tecnología SIG permite, entre otras funciones la superposición y análisis de mapas a fin de establecer proyecciones, realizar simulaciones o determinar mejores alternativas. En proyectos como los adelantados por el SIG-PAFC<sup>2</sup> (Cárdenas, 1995,1994), se ha utilizado el SIG como una herramienta útil en el desarrollo de procesos productivos en la agricultura, la ganadería y en especial en el campo forestal. Otras aplicaciones realizadas dentro del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia, son señaladas más adelante.

Quizá todo el potencial y características que posee el SIG es resumido por Gill et al (1999): *Un SIG es un sistema basado en el computador para capturar, visualizar, chequear, validar, almacenar, manipular, procesar, integrar, analizar y desplegar información espacialmente referenciada, en mapas, en forma tabular, y en formato tridimensional, formada por entidades y atributos asociados. Un SIG es una herramienta para el modelamiento y análisis de problemas complejos del mundo real, a los cuales se enfrentan los investigadores, gerentes, planificadores; así como un sistema que sirve como soporte para la toma de decisiones facilitándoles a las personas que las tomen identificar y evaluar soluciones potenciales.*

## **BREVE HISTORIA DE LOS SIG**

La recopilación de información acerca de la distribución espacial de propiedades de la superficie de la tierra, de personas, animales y plantas buscando una explicación del ambiente en que se desarrolla el hombre ha sido una de las características de la Ciencia de la Geografía. El despliegue de la información recopilada en mapas es algo muy común para nosotros desde los primeros años de la escuela primaria. La integración de esta información desde diferentes mapas que mostraban diversos temas, no es desconocida para nosotros, se ha observado ello por medio de la superposición de mapas usando bien sea acetatos, papel transparente, etc. Huxhold y Levinsohn (1995), señalan que el autor más ampliamente reconocido en esta técnica fue Ian McHarg (1969), posteriormente describen como Howar T. Fisher desarrolló sobre este concepto básico la aplicación de los computadores para elaborar e imprimir atributos estadísticos dentro de una malla. El programa de computador se denominó SYMAP (SYnagraphic MAPping System). Para los mencionados autores, este evento podría haber marcado el nacimiento de los sistemas de información geográfica. Posterior a estos trabajos se empezó a desarrollar una escuela que produjo unas aproximaciones formalizadas a la combinación de temas de información geográfica y que llevó a la evolución de las herramientas que hoy están a disposición de los usuarios.

## **EL SIG COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN AGRÍCOLA**

Cualquier sistema de planificación de tierras con fines agrícolas, exige involucrar datos demográficos, socio económicos, geográficos, climáticos, propiedades del suelo, aspectos del paisa-

<sup>2</sup> Proyecto de Sistemas de Información Geográfica para el Ordenamiento Territorial Forestal SIG-PAFC

je, distancia de la infraestructura agrícola a los centros de producción, etc. Todo esto sería muy complicado de combinar y relacionar sin la utilización de un sistema de información geográfica, además, estos sistemas permiten realizar estas operaciones de una forma rápida, efectiva y precisa.

Como todo proceso evolutivo, los factores edáficos, climáticos, mercados, sociales, políticos y económicos, cambian a través del tiempo, lo cual hace que la información almacenada en estos SIG, deba permanecer en continua actualización, lo cual los hace de mucha utilidad al momento de evaluar cambios en todos estos factores y de acuerdo con los objetivos pretendidos poder tomar decisiones de forma más rápida y apropiada.

Los SIG pueden claramente ser de gran beneficio a la planificación, sin embargo su uso ha sido limitado a aspectos de funcionalidad operativa (Por ejemplo: procesamiento de mapas) en menoscabo de su potencial real. Gill et al 1999, señalan que indudablemente los SIG proveen una importante útil primera etapa en el manejo y presentación de información dentro del proceso de solución de problemas. Igualmente señalan que si las diferentes organizaciones quieren usar el SIG a un nivel estratégico, todavía subsiste la necesidad de mejorar considerablemente el nivel del análisis espacial contenido dentro de los SIG.

Fotheringham (1993), sugería que la integración de análisis espacial y SIG, probablemente produciría tres beneficios al análisis espacial: Uno es que las rutinas sobre análisis espacial se volverán mas fácilmente disponibles a una mayor audiencia. Segunda las capacidades de desplegamiento de un SIG permitirá una mayor integración con la información tanto en el ámbito exploratorio como confirmatorio (Validación). La tercera ventaja es que esta integración de análisis espacial y SIG reenfocará nuestra atención sobre problemas básicos en análisis espacial que han sido convenientemente ignorados. En realidad el desarrollo de la integración SIG – análisis espacial es un tema en continua investigación y que ha producido resultados extraordinarios; constituye además una herramienta vital en los procesos de planificación.

Gill et al 1999, citando a Batty (1995) dejan entrever que el SIG debería ser incorporado como parte de una estrategia global hacia un sistema integrado de soporte a la planificación (PSS – Integrated Planning Support System), el cual usaría la indiscutible capacidad de despliegue y análisis de información del SIG, junto con la planificación tradicional, análisis espacial, modelamiento, metodologías de predicción, a fin de resolver una variedad de ejercicios de planificación, todo ello en conjunto con tecnologías que están emergiendo, pareciendo que, a pesar de la magnitud de la inversión que se realiza en el software, hardware, captura de información y entrenamiento, existe una gran preocupación que el SIG no sea la panacea para resolver todos los problemas de planificación que el hombre hoy en día está afrontando.

Lo anterior nos permite conocer las grandes ventajas así como las limitaciones que tiene un SIG como herramienta que se utiliza para la planificación agrícola. A nivel rural los SIG pueden manejar los datos espaciales en cada nivel (Nacional, regional o local) aunque la función de la información cambie. La información puede ser validada, manipulada y actualizada rápidamente. La principal ventaja de usar un SIG al mas alto nivel de la jerarquía de planificación, estriba en la posibilidad de manejar y almacenar gran cantidad de información y presentar un buen panorama general. A nivel regional, el SIG es usado para conectar y almacenar los datos para los diferentes modelos. Además posibilita sean espacialmente calculados procesos concretos, revelando los efectos de ciertas medidas de planificación. Al nivel local, los SIG pueden ser usados para visionar los diferentes escenarios, proporcionar a los agricultores una herramienta eficiente de participación dentro del proceso de planeación para que se tenga idea de los posibles efectos, ambientales y económicos que las medidas propuestas puedan producir. Hermann and Osinski (1999).

La habilidad para almacenar gran cantidad de información georeferenciada con SIG y manipular esa información a diferentes escalas la convierte en una herramienta ideal, que coadyuve a evaluar las condiciones que le permitan a los agricultores obtener un máximo beneficio de su tierra sobre la base de sostenibilidad. Kutter et al. (1997), reconocen el papel que desempeñan las soluciones técnicas en optimizar el uso del suelo, aunque advierten que igual importancia desempeñan aspectos de tipo institucional, legal y socioeconómicos.

En esta dirección, para llevar a cabo un proceso de planificación agrícola se requiere conocer múltiple información que va desde las políticas de estado tanto Nacionales como Internacionales, regulaciones inherentes a los productos, aspectos técnicos de manejo, como las prácticas de manejo de suelos, cultivos, así como conocer los diferentes propietarios de los predios, la producción que se realiza y un sin número de información que podría ser potencialmente útil en la evaluación de la tierra así como en la planeación de los cultivos. Evaluar la tierra para un uso específico, es verificar su capacidad para sostener un uso particular, tomando en cuenta información sobre formas de la tierra, suelos, vegetación, clima y otros aspectos físico, biológicos y fisiológicos que tienen que ver con el tratamiento postcosecha, así como aquellos referidos a la parte socioeconómica para identificar y hacer comparaciones de tipos promisorios de uso, en términos aplicables a los objetivos de la evaluación (Beek, 1978. FAO, p 23).

El objeto de una evaluación de tierras es lograr un desarrollo sostenible, que puede ser definido como el desarrollo que suple las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de suplir las necesidades de futuras generaciones (Van der Meer et al, 1999). En este contexto, la estabilidad y sostenibilidad puede lograrse aplicando medidas que reduzcan la variabilidad de la producción, mediante programas permanentes de manejo, conservación y adecuación de tierras, y programas efectivos de manejo postcosecha, incluyendo operaciones de acondicionamiento y conservación de los productos agrícolas, o recurriendo a mercados internacionales para realizar importaciones que permitan compensar las mermas en la producción.

En realidad diferentes actores hablan de los procesos de planeación inherentes a su campo (planeación estratégica, planeación agrícola, planificación de cuencas hidrográficas, evaluación de tierras, planificación de cultivos, etc.), en la búsqueda de mejorar la calidad de vida de los agricultores. Realizando una prospección por algunos de los trabajos realizados en planeación, Petróleos de Venezuela, S.A./Coordinación del Desarrollo Armónico de Oriente-D.A.O. y ECOLOGY AND ENVIRONMENT 1999, Aldana 1999, López 1998, Kutter et al. 1997, Smith, et al. 1996, Steinitz 1993; entre muchos otros, a cada uno de ellos los caracteriza la necesidad de información, por lo que juega, un papel de primer orden en cualquier proceso de planeación.

La Corporación Colombia Internacional (1999), reseña como uno de los elementos para mejorar la competitividad de la agricultura en Colombia la provisión de Información, dado que su disponibilidad influye en todas las decisiones relacionadas con la producción y comercialización. ¿Que producto cultivar? ¿que área destinar a él? ¿en que fecha sembrar?. El conocimiento de los mercados de insumos y tecnología constituye una herramienta que contribuye a mejorar la eficiencia de la producción. Por otro lado, la información, por ejemplo de precios, otorga una mayor transparencia a las transacciones comerciales.

El uso y manejo de los Sistemas de Información Geográfica, puede permitir realizar en forma técnica la evaluación y planificación de tierras, producir información en tiempo real de tal manera que se pueda lograr efectivamente una mejor planificación de los cultivos que incida en el mejoramiento de la calidad de vida de los agricultores.

La producción directa de alimentos puede incrementarse ampliando la superficie destinada a la producción de cultivos básicos, mediante la tecnificación con el fin de obtener una mayor productividad o mediante una adecuada planeación de siembras. Es importante resaltar que Colombia no debe depender de las altas y crecientes importaciones de alimentos, pues los países que producen excedentes, así sean los de mayor desarrollo, no están exentos de catástrofes naturales, ni de problemas sanitarios o de sequías prolongadas. La probabilidad de que lleguen a tener producciones deficitarias existe y que por lo tanto la oferta se reduzca sensiblemente, es igualmente probable.

### **¿CUÁNDO, CUÁNTO Y QUÉ SEMBRAR?**

En la actualidad estas preguntas son resueltas en forma individual por el agricultor, sin una orientación que le permita sembrar los productos que le deriven un mayor beneficio técnico y económico, generando con ello las altas fluctuaciones de precios que normalmente se presentan en el mercado y por ende afectando su calidad de vida en general.

Actualmente, el ejercicio de la función gubernamental de manejo de información técnica es débil y requiere de una organización para su uso, acorde con la dinámica del desempeño sectorial. Diferentes instituciones de carácter oficial y privado realizan estadísticas agrícolas (CCI-SIPSA<sup>3</sup>, ACUABASTOS<sup>4</sup>, URPAS<sup>5</sup>), que de hecho son importantes para los procesos de planificación a nivel Nacional, sin embargo, por no ser realizadas en tiempo real<sup>6</sup>, ni darse a conocer oportunamente a los agricultores, casi nunca es usada por las comunidades o agricultores para los mejoramientos económicos regionales o individuales.

Los SIG, constituye de hecho una herramienta que puede ser utilizada para establecer un sistema de información de la producción agrícola en tiempo real, que tome información de productos, Area sembrada, época de siembra, época de cosecha y producción a través de las UMATAS, se procese para planear las exportaciones a nivel Nacional e Internacional, realimentando todo el proceso hacia los agricultores, a través de las UMATAS, con el objeto que estos entes generen procesos de información, que les permita a los agricultores resolver las preguntas ¿Qué sembrar?, ¿Cuanto sembrar?, ¿Cuándo sembrar?. El tipo de información que puede generarse a través de los sistemas de información geográfica no sólo correspondería a la meramente estadística, sino que por el contrario facilitaría no sólo el acceso oportuno a la información, sino también a la toma de decisiones en la finca como una herramienta de soporte para que el desempeño y mejoramiento de la productividad del sector se haga de manera sostenible. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) pueden emplearse como una poderosa herramienta para identificar y ofrecer posibles soluciones a muchos de los problemas que involucran el uso y manejo de los recursos naturales, en el ámbito de manejo de cuencas hidrográficas, conservación de páramos, parques naturales, zonificaciones agro-climáticas, evaluación de la degradación y contaminación del suelo, agua y aire, establecimiento de estrategias de uso, ocupación y manejo; así como la ubicación de acciones de ordenamiento territorial, entre muchas otras potencialidades que tiene esta herramienta.

### **ALGUNOS ASPECTOS DE PLANIFICACIÓN DESARROLLADOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

El Departamento de Ingeniería Agrícola, de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia viene desarrollando un proyecto de Investigación en planificación rural que involucra

<sup>3</sup> Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario-SIPSA-Corporación Colombia Internacional-CCI.

<sup>4</sup> Asociación de Corporaciones de Abastos de Colombia

<sup>5</sup> Unidad Regional de Planeación Agropecuaria, existente en todas las gobernaciones de los departamentos del país.

<sup>6</sup> Es muy común que la información estadística sobre producción y precios del mercado, se obtenga 6 meses, 1 o 2 años después.

diferentes subproyectos que muestran ya resultados concretos en tesis de grado o artículos presentados en diferentes foros, seminarios y revistas entre los que se cuentan:

- Susceptibilidad a la erosión de la cuenca hidrográfica alta del río Bogotá, ver trabajos de Abril y González (1999), Santos (1999) y Vargas y Pachón (1998).
- Planificación de cuencas hidrográficas, ver trabajos de Aldana y González (1999), Lopez (1998) y Jimenez et al.(1997).
- Manejo de Reservas Naturales, ver trabajos de Cortés (1999) y Zapata y Martínez (1998).

La experiencia desarrollada en el Departamento se articuló en el desarrollo del Plan de ordenamiento territorial del Municipio de Ubaque, donde toda la experiencia ganada en cuanto a estrategias metodológicas de uso y manejo del suelo fueron involucradas usando el Sistema de Información Geográfica como una herramienta de soporte para llevar a cabo el proceso.

### **INTEGRACIÓN A TRAVÉS DE LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

La Ley 388 de 1997 o Ley de Desarrollo Territorial y su Decreto reglamentario 879 de Mayo de 1997, es un acontecimiento de trascendental importancia dentro de los procesos de planeación en Colombia, en términos de pensar el ordenamiento del medio físico espacial hacia el futuro como condición fundamental para el desarrollo integral municipal. La ley esta organizada para escenarios mayoritariamente urbanos, por lo tanto, presenta unos lineamientos generales que son concebidos con este énfasis mostrando criterios, conceptos lineamientos y procedimientos muy claros en este componente.

Las directrices derivadas de la ley constituyen un enfoque multidisciplinario mirado a través del urbanismo, además le define con precisión los instrumentos de planeación y de gestión, y desarrolla con algún nivel de detalle aspectos técnicos para su utilización. La Ley establece como principios básicos para el Ordenamiento del Territorio Municipal y Urbano, los siguientes:

- Prevalece el interés general sobre el particular.
- La función social y ecológica de la propiedad.
- La distribución equitativa de las cargas y beneficios.
- La función pública del urbanismo.
- La participación democrática de los ciudadanos.

Es ostensible la debilidad de la concepción de la Ley de desarrollo territorial en su componente rural, en la cual, no se incluyen aspectos que influyen en la calidad de vida de los agricultores, ni en la sostenibilidad de los recursos físico bióticos; tales como, canales de comercialización, tipos de colonización, tenencia de la tierra, actividad agrícola, aptitud de uso de los recursos, créditos etc.

Como es conocida la ley de ordenamiento territorial debe ser desarrollada por los municipios en forma obligatoria y perentoria. Siendo indispensables en la elaboración de planes de ordenamiento Regional y Nacional. Ello ha dado lugar a la conceptualización del componente rural de la ley en forma deficiente, sin unos criterios ni lineamientos propios del sector que se enmarquen en un desarrollo armónico e interdependiente de los sectores rural y urbano.

Dentro de este contexto, el gobierno a través de la ley 388 de 1997 exige a los municipios realizar planes de ordenamiento territorial (POT)<sup>7</sup> como instrumento complementario para guiar los planes de desarrollo municipal en cada administración. La ley 388 define tres tipos de planes de ordenamiento según la población del municipio:

<sup>7</sup> Según ANDRADE, Perez Angela . Recomendaciones Sobre aspectos Conceptuales del Ordenamiento Territorial. Boletín de Ordenamiento Territorial No 23, Santafé de Bogotá, 1992. El plan de ordenamiento territorial, es el instrumento mediante el cual los departamentos y municipios planifican los usos del territorio y orientan sus procesos de ocupación.

- Planes de ordenamiento para municipios con más de 100.000 habitantes.
- Planes básicos de ordenamiento para municipios con una población entre 30.000 y 100.000 habitantes.
- Esquemas de ordenamiento para municipios con una población inferior a 30.000 habitantes.

Dichos planes se diferencian por la amplitud y el grado de detalle de su contenido lo cual responde a la dinámica de desarrollo municipal. Los esquemas de ordenamiento territorial deberán contener como mínimo las estrategias y políticas de largo y mediano plazo para la ocupación y aprovechamiento del suelo, la división del territorio en suelo urbano y rural, la estructura general del suelo urbano, en especial, el plan vial y de servicios públicos domiciliarios, la determinación de las zonas de amenazas y riesgos naturales y las medidas de protección, las zonas de conservación de los recursos naturales y ambientales y las normas urbanísticas requeridas para las actuaciones de parcelación, urbanización y construcción.

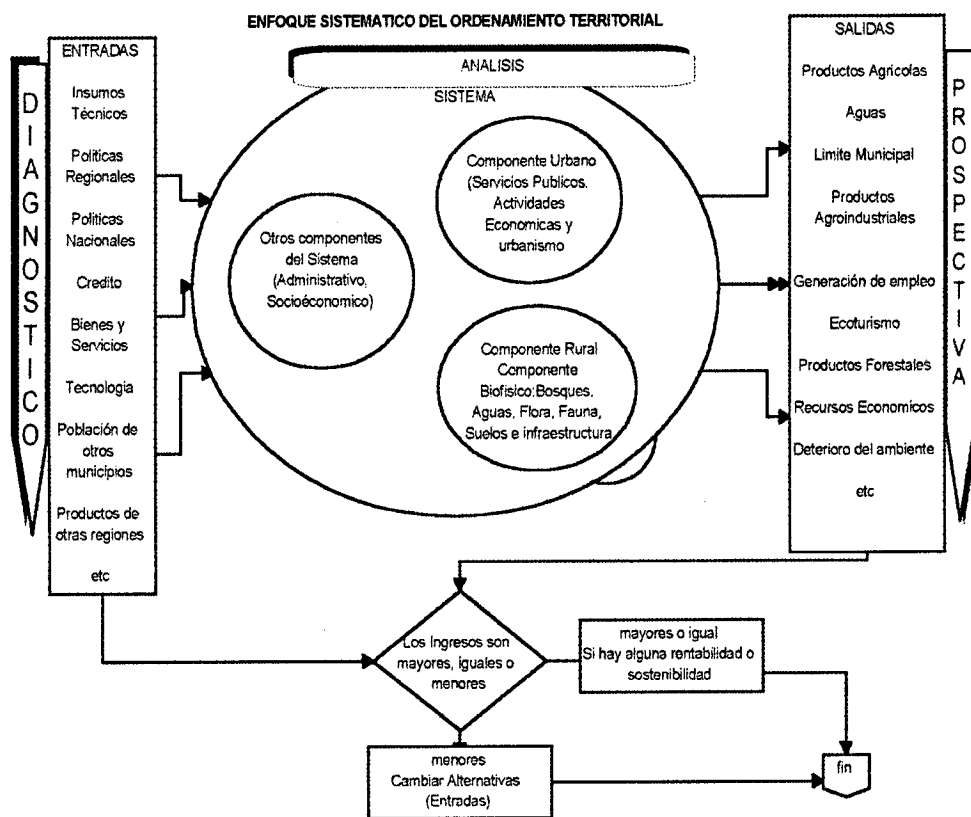


Figura 1: Enfoque sistémico del ordenamiento territorial, Tomado de González et al,1999

## CONCEPTUALIZACIÓN DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Para realizar el diagnóstico y análisis prospectivo dentro del plan de ordenamiento territorial la estrategia planteada considera el territorio como un sistema conformado por los subsistemas rural, urbano, político administrativo y socioeconómico, e integrado con otros sistemas como son los municipios vecinos que conforman el esquema regional dentro del cual está inmerso el municipio y del que se presentan flujos de insumos y salidas que determinan la vigencia y prevalencia del sistema municipal hacia el futuro<sup>8</sup>. (Ver figura 1)

<sup>8</sup> ANDRADE, Perez Angela. Guía Metodológica para la formulación del plan de ordenamiento territorial municipal. IGAC, 1997.

Dentro de este esquema el diagnóstico del territorio municipal busca establecer aspectos de trascendencia para el municipio, a través de análisis, síntesis e interpretaciones, que permitan conocer, comprender y valorar la situación del territorio, identificar y jerarquizar los conflictos de uso de tierra, y diseñar escenarios para la toma de decisiones en materia de utilización y transformación del territorio, así como establecer lineamientos en cuanto a planeación económica, social y ambiental, identificando los problemas más sentidos y proyectando alternativas viables para desarrollar el municipio a largo plazo.

### MODELAMIENTO USADO UTILIZANDO EL SIG

Los procesos de planificación territorial por ser interdisciplinarios y por la cantidad de variables biofísicas, socioeconómicas, políticas y administrativas que manejan, requieren la utilización de técnicas de procesamiento de información rápidas y eficientes para integrar la totalidad de la información y obtener el modelo que mejor represente la realidad territorial.

El modelo utilizado involucra cuantitativamente solo las variables biofísicas medibles que pueden ser naturales o inducidas por el hombre a través de aspectos socioeconómicos, políticos o administrativos.

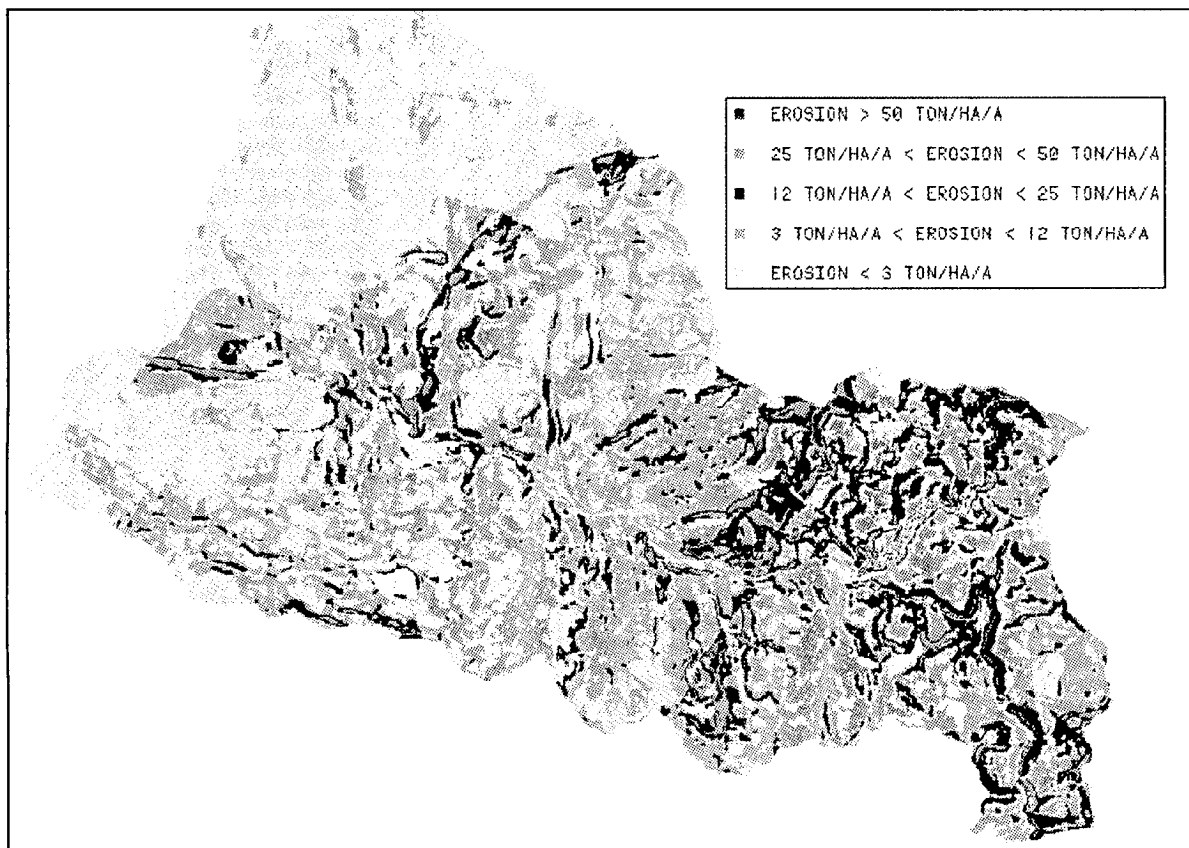


Figura 2: Pérdidas de suelo. Para el municipio de Ubaque (Cundinamarca) en ton/ha/año con uso actual, obtenido usando SIG. Tomado de González et al, 1999.

En este sentido los aspectos biofísicos modelados, involucran procesos de degradación de suelos por erosión, conservación o deterioro de la capacidad hídrica de la cuenca, degradación o

conservación de la cobertura vegetal necesaria para mantener el equilibrio y permanencia de los sistemas productivos a largo plazo.

Estos procesos biofísicos actuales y futuros son consecuencia directa de la acción de las comunidades presentes en el territorio y son susceptibles de modificarse de acuerdo a las alianzas, programas y proyectos que los diferentes actores sociales puedan desarrollar valiéndose de instrumentos políticos, administrativos y de concertación comunitaria que se resumen en las políticas y estrategias que formula el plan a corto, mediano y largo plazo.

El proceso seguido en el municipio de Ubaque usando modelación con SIG (ARC/INFO) en la fase de diagnóstico permitió determinar diferentes escenarios como por ejemplo: Pérdidas de suelo en ton/ha/año con uso actual, un ejemplo se observa en la figura 2, igualmente permitió que en la etapa de prospectiva se manejaran diferentes escenarios para lograr con base en recomendaciones técnicas y en concertación con la comunidad un desarrollo armónico del municipio dentro de un contexto regional.

## CONCLUSIONES

Stout (2000), señalaba que el público, especialmente el urbano, incluyendo muchos políticos y quienes diseñan las políticas, desean conocer ¿cómo el trabajo de los ingenieros Agrícolas y seguramente de cualquier profesión<sup>9</sup>, beneficia a la gente?, ¿Cómo contribuimos al mejoramiento económico, social y ambiental de la humanidad y en nuestro caso del país?.

Algo que posibilita nuestra inserción en la solución de problemas nacionales lo constituyen la realización de foros tan importantes como este, sobre postcosecha y agroexportaciones y contribuciones sobre la percepción del uso que le podemos dar a poderosas herramientas de tecnología de punta que en alguna medida puedan ser utilizadas por nuestros técnicos para beneficio de los agricultores del país, del sector en que nos enmarcamos y en última instancia del conjunto de la sociedad colombiana, lo cual se ha intentado realizar durante el desarrollo de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Abril y González. 1999, *Zonificación por Balance hídrico de la Cuenca Alta de la Sabana de Bogotá*. VI Conferencia Latino Americana de Usuarios de ARC/INFO y ERDAS. Abril 12-16. Caracas. Venezuela.
2. Aldana y González. 1999, *Aplicación de un Sistema de Información Geográfica para Planificar Cuencas Hidrográficas*. VI Conferencia Latino Americana de Usuarios de ARC/INFO y ERDAS. Abril 12-16. Caracas. Venezuela.
3. Andrade, Perez Angela. IGAC, 1997, *Guía Metodológica para la Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial Municipal*.
4. Andrade, Perez Angela. IGAC 1992, *Recomendaciones Sobre Aspectos Conceptuales del Ordenamiento Territorial*. Boletín de Ordenamiento Territorial N° 23, Santafé de Bogotá.
5. Beek, K.J, 1978. *Land Evaluation for Agricultural Development*. ILRI Publication 23, Wageningen: ILRI, 333 páginas.
6. Burrough P. 1986, *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources*. New York. Oxford University

---

<sup>9</sup> Subrayado del autor

7. Cardenas, V. Luciano. 1995. *Caracterización de la cobertura vegetal y uso de la tierra de la cuenca del río Sinu*. En revista SIG-PAFC, Año 2, Numero 5-6, Abril de 1995.
8. Cardenas, V Luciano, 1994. Base de Datos sobre requerimientos y limitantes para especies Autóctonas y exóticas con fines de uso forestal y Agroforestal. En revista SIG-PAFC, Año 1, Numero 3, Septiembre de 1994.
9. CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL. 1999. *Una via hacia la modernización de la agricultura: La agricultura por contrato*. Revista Nacional de Agricultura. SAC. Nos 926-927. Pag. 55-62.
10. CIAT (Centro Interamericano de Agricultura Tropical). *Un Nuevo Enfoque del Mundo: El Poder Integrador de los SIG*. Boletín Afinidades. Octubre de 1998.
11. Cortez y González. 1999, *Plan de Manejo y Conservación de la Microcuenca Hidrográfica de la Laguna Verde (Municipio de Tausa, Cundinamarca)*. VI Conferencia Latinoamericana de Usuarios de ARC/INFO y ERDAS. Abril 12-16. Caracas. Venezuela.
12. Cowen D. 1988, *GIS versus CAD versus DBMS, what are the differences*.
13. Christopherson G.L., D. P. Guertin and K. Borstad. *Increasing our understanding of ancient Jordan with ARC/INFO*. In ESRI ARC News. Vol. 18 No 3.
14. Davis Greg 1996, *GIS Applications provide demographic/facility planning tools for school districts*. In ESRI ARC News. Vol. 18 No 3.
15. De Gouvenain Roland. 1996, *Use of GIS for sensitive plant species conservation in land use planning*. U.S.D.I. Bureau of Land Management. The Environmental Professional. Vol. 17. Pag. 27-33
16. Ebert James 1996, *Human origins investigated with digital mapping and GIS*. Ebert and associates, . In ESRI ARC News. Vol. 18 No 3.
17. ESRI. Environmental System Research Institute. 1996, *Parthenon renovation gets a big boost with GIS*. In ESRI ARC News. Vol. 18 No 3.
18. ESRI. Environmental System Research Institute. 1997, *Amsterdam police fight crime with GIS*. In ESRI ARC News. Vol. 19 No 3.
19. ESRI. Environmental System Research Institute 1997. *Mapping unprotected forests*. In ESRI ARC News. Vol. 19 No 3.
20. ESRI. Environmental System Research Institute 1997. *Jackson county maps a better way for emergency response using GIS*. In ESRI ARC News. Vol. 19 No 3.
21. ESRI 1998, *California water districts link GIS to document mangement systems*. In ESRI ARC News. Vol. 20 No 1.
22. Floras A. S. and L.D. Sgouras 1999, *Use of geoinformation techniques in idetifying and mapping areas of erosion in a hilly landscape of Central Greece*. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. ITC, Vol 1(1). Pag 68-77.
23. Fotheringham A.S. 1993, *On the future of spatial anlysis: The role of GIS*. Environment and Planning. National Center for Geographic Information and Analysis and Department of Geography. State University of New York. Anniversary Issue. Pag. 30-34.
24. Gill S., G. Higgs, and P. Nevitt. 1999, *GIS in planning departments: Preliminary results from a survey of local planning authorities in Wales*. Planning Practice and research, Vol. 14 (3). Pag. 341-361.
25. González M. Carlos. 1998, *Componente hidrológico e hidráulico del estudio ambiental de alternativas de la Carretera del Tapón del Darien*. Consorcio Hidromecánicas-Ecology and Environment. Invias. Ministerio del Transporte.
26. González M. Carlos, A. Lopez, A. Aldana. 1999, *Plan de Ordenamiento Territorial con énfasis en lo rural: - Estudio del Municipio de Ubaque, Cundinamarca*. En IV semana Técnica de Ingeniería Agrícola 9 al 14 de Agosto de 1999. Neiva (Huila).

27. Gustavsson T., J. Bogren, and M. Eriksson. 1998, *GIS as a tool for planning New Road stretches in respect of climatological factors*. Theoretical and Applied Clymatology Vol. 60. Pag. 179-190.
28. Herrmann S. and E. Osinski. 1999. *Planning sustainable land use in rural areas at different spatial levels using GIS and modelling tools*. Landscape and Urban Planning Vol. 46. Pag. 93-101.
29. Huxhold William E. and Allan G. Levinsohn 1995, *Managing Geographic Information Systems Projects*. Oxford University Press. New York.
30. Jimenez, C, C. A. Teran, E. Villaneda, C. González. *Una metodología objetiva para la zonificación agroclimática de la región de La Mojana usando el sistema de información geográfica Arc/Info*. VII Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola y IX Seminario nacional de Ingeniería Agrícola. Manizales, Octubre 9, 10 y 11 de 1997.
31. Kutter A., F.O. F. O. Nachtergaele and W. H. Verheye. 1997, *The New FAO approach to land use planning and management, and its applications in Sierra Leone*. ITC Journal. - \_.
32. Novak Kurt 1997, *Seneca county creates transportation infrastructure inventory*. In ESRI ARC News. Vol. 19 No 3.
33. O'Connor Mark 1998, *GIS enables noise reduction through police development*. In ESRI ARC News. Vol. 20 No 1.
34. Olszewski Mark 1998, *Electric utility weathers the deregulation storm*. In ESRI ARC News. Vol. 20 No 1.
35. Oswald Armin 1996, *Restoring a thirteenth century castle wall usig GIS*. In ESRI ARC News. Vol. 18 No 3.
36. Petróleos de Venezuela, S.A./Coordinación del Desarrollo Armónico de Oriente-D.A.O. y Ecology and Environment. 1999. *El Sistema de información geográfica del plan de desarrollo de la región deltaica*. VI Conferencia Latinoamericana de Usuarios de ARC/INFO y ERDAS. Abril 12-16. Caracas. Venezuela.
37. Ruiz perez M., J.M. Segui P., J. Blat G., and M. Nadal R. 1995, *GIS and multimedia applications to support enviromental impact assessment and local planning*. In Cognitive aspects of human computer interactions for Geographic Information Systems., Kluwer Academic Publihers, printed in Netherlands. Pag. 221-238.
38. Santos Lucio. 1988, *Determinación del mapa de índice de Erodabilidad para la Sabana de Bogotá utilizando un Sistema de Información Geográfica*. Tesis Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
39. Smith A. P., N. Horning, and D. Moore. 1996. *Regional biodiversity planning and Lemur conservation with GIS in Western Madagascar*. Conservation Biology. Vol 11(2), Pag. 498-512.
40. Steinitz Carl 1993. *GIS: A personal perspective. A framework for theory and practice in landscape planning*. GIS Europe. EGIS' 93.
41. Stout A. Bill (2000). *A Challenge for Agricultural Engineers*. International Commission of Agricultural Engineering CIGR. Newsletter No 50. April.
42. Van der Meer F. M. Molenaar, G. Nieuwenhuis and T. Woldai 1999. *Operational remote sensing for sustainable development*. International Journal of Applied Earth Observation and GeoInformation. ITC, Vol 1(1). Pag 3.
43. Valenzuela, Carlos R. 1994, *Revista informativa del Proyecto SIG-PAFC*. Año 1, N° 3. Grupo Técnico de Base SIG-PAFC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Santafé de Bogotá, p. 6-29.
44. Vargas Diana, Pachon Adriana. 1998, *Determinación de los Índices de Erosividad para la Sabana de Bogotá utilizando un Sistema de Información Geográfica*. Tesis Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
45. Zapata María Victoria, Martínez Camilo. 1998, *Implementación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) en el Parque Nacional Natural de la Región Sur-occidental de Colombia (Farallones de Cali)*. Tesis Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá