

LA TECNOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL USO DE LA TIERRA

Luis Alberto Arroyo

Departamento de Suelos, Ministerio de Agricultura y Ganadería

INTRODUCCION

A partir de los años 80 la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica como sistema operativo ha venido apoyando el manejo de los recursos naturales, la planificación y el ordenamiento del uso de la tierra, demostrando que es una herramienta necesaria para manejar las diferentes aplicaciones dentro de una disciplina específica. Esto concuerda con Robinson y Solano(1996) que indican que para elevar el SIG solamente desde la base de capacitación y conocimiento de la tecnología, un profesional o especialista en el SIG tiene que manejar el tema dentro de una disciplina específica.

Los sistemas de información geográfica (S.I.G) han sido introducidos en la ciencia del suelo durante los últimos 15 años aunque su uso ha sido mínimo por los científicos del suelo. De acuerdo con Burrough (1984), se ha desarrollado la tecnología en mapeo, interpolación, sensores remotos y modelación, que ha provisto a la ciencia del suelo de una herramienta útil para regular la producción de mapas, reportes y para la investigación. Muchas agencias nacionales de estudios de suelos usan el S.I.G como herramienta general para mapear y proveer de información de suelos a los usuarios. De acuerdo a Fallas (1994) su utilización es poco frecuente en los procesos de planificación, diseño y monitoreo ambiental en Costa Rica. Según Burrough (1986), la historia del uso de la computadora para mapeo y análisis espacial ha sido con el desarrollo paralelo en la captura automática de datos y análisis de datos de acuerdo a las diferentes disciplinas: topografía y catastro, cartografía, geografía, ingeniería civil, ciencia del suelo, fotogrametría, planificación urbana y rural.

¿QUE ES UN SIG?

Un sistema de información geográfica es una herramienta de cómputo de manejo de bases de datos que los codifica, almacena y recupera, transformando y desplegando datos espaciales desde el mundo real, para diferentes propósitos (Burrough, 1986).

Según Aronoff (1989), los SIG pueden definirse como una conjunto de tecnologías de información (equipos y programas) y procedimientos que permiten el manejo de datos e información de carácter geográfico, o espacial, y sus atributos relacionados.

Los métodos físicos de evaluación de tierras han sido desarrollados y ligados con un sistema de información geográfica (S.I.G) para evaluar el desarrollo potencial de cultivos en la comunidad europea, lo cual ha ayudado a transformar según Van Lanen (1994) en los últimos 25 años el sector agrícola hacia la optimización y especialización.

Según ESRI (1989), el mundo real puede ser representado en numerosas capas de información, describiendo los objetos en términos de:

Localización

La localización, consiste en la ubicación de un fenómeno en el espacio mediante una serie de coordenadas con un origen en común.

Los sistemas de coordenadas más comunes son el cartesiano, par de ejes respecto al cual se define la posición relativa de cualquier punto en coordenadas x e y ; Ej. : El sistema cartográfico Universal Transversal de Mercator, que define una grilla para localizar un punto de la tierra en unidades de metros.

Topología

La topología permite conocer la dirección y ubicación de los distintos elementos. De esta forma, el sistema va a poder contestar preguntas como: ¿cuál es mi punto más cercano?, ¿Qué elemento tengo a la izquierda o derecha?. Estos análisis pueden ser realizados, ya que las características geográficas del evento han sido ubicadas en el espacio mediante la topología.

Atributos

Son datos externos que se enlazan ala información espacial, a la geometría y topología, para describir el fenómeno en cuestión. Por ejemplo, si una línea define un camino, el atributo de este será: su calidad, ancho, nombre, etc.

Todos los fenómenos espaciales pueden ser definidos por los SIG sobre la base de tres elementos básicos: Puntos, líneas y áreas.

Se expresan como puntos aquellos elementos que se asocian con una sola localización en el espacio. Se representan mediante un par de coordenadas. Por ejemplo, torres, pozos, casas, etc. Las líneas son aquellos elementos que requieren de una secuencia de coordenadas espaciales. Por ejemplo: ríos, red vial, tendido eléctrico, etc.

Polígonos o áreas, representadas por una secuencia de coordenadas espaciales que se cierran en un punto. Así podemos representar: áreas geológicas, zonas climáticas, cuencas hidrográficas, etc.

La escala a la cual se almacena la información espacial, o sea su nivel de resolución, depende de la estructura de almacenamiento.

Como todo sistema computacional, los SIG poseen estructuras lógicas de almacenamiento de datos; en este caso son espaciales (localización). Estas estructuras son principalmente de tres tipos: vectorial, reticular y de celdas o "raster".

Estructura vectorial: es una secuencia ordenada de pares de coordenadas (x , y) referenciadas a ejes comunes.

Estructura reticular: es una secuencia ordenada de coordenadas equidistantes unas de otras con un origen en común.

Estructura raster: es una secuencia matricial de celdas contiguas también con un origen en común. Se utilizan principalmente para imágenes de satélites.

El sistema de información geográfica Arc-info utiliza la estructura vectorial (ESRI, 1990), y el sistema IDRISI, utiliza la estructura raster (Eastman, 1992).

Existen ventajas y desventajas en el uso de las estructuras de datos. A continuación se presentan algunas de ellas:

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

Los sistemas de información geográficos poseen dos componentes importantes:

- * Aspecto organizativo
- * Componentes Físicos: Programas y Equipos.

Aspecto organizativo

Un SIG no esta conformado únicamente por un conjunto de equipos y programas, para que sea un sistema completo requiere de personal suficientemente capacitado, dentro de una estructura planificada , organizada y supervisada que mejore continuamente la calidad de los datos y la integridad de los resultados.

Para que un SIG sea utilizado eficientemente debe estar inserto dentro de un contexto organizativo adecuado. El SIG debe satisfacer las demandas de información de las empresas e instituciones en forma eficiente y oportuna. Para lograr esto se debe estudiar detenidamente la estructura organizativa funcional, tratando de evitar la creación de centros de poder interno, que dificulten los flujos de información y hagan poco eficiente la operación del sistema.

Cuando se implementa un SIG se trata de optimizar sus aplicaciones a través de una buena implementación interdisciplinaria y de un correcto flujo.

COMPONENTES FÍSICOS

Programas

El conjunto de programas, es en sí lo que realiza un SIG. Dentro de este se distinguen cinco subsistemas, que se clasifican de acuerdo a su funcionalidad con respecto a los periféricos de entrada u salida, terminales de visualización y las facilidades de manejo, análisis y modelamiento de datos. Estos subsistemas son:

Ingreso y verificación de la información:

Entrada de coordenadas geométricas: Una técnica para ingresar información espacial, se refiere al cálculo e ingreso de coordenadas. Esto implica el ingreso de puntos de control tomados en terreno o reconocidos como puntos trigonométricos. Este método es más costoso e implica mucho más trabajo en el terreno, permitiendo ingresar la información de coordenadas (x, y, z) en forma directa al computador, ejemplo: GPS.

Conversión de Información digital existente.

Otro método, que cada vez se hace más usual para el ingreso de información, es la conversión de información digital existente. En otros países, fuentes gubernamentales y privadas tienen gran variedad de información espacial, incluyendo mapas digitales, a disposición general.

Esta información, no siempre está en el mismo formato en el que trabaja el sistema al cual se va a ingresar, por lo tanto, es necesario un proceso de conversión. En nuestro país aún no está toda la información disponible al público, por lo cual este método es de menor uso.

Los formatos digitales más usados son:

DXF- Drawing Exchange Format (Autocad).

ASCCI- American Standard Code for Information Interchange.

IGES- Initial Graphics Exchange Specification.

DLG- Digital Line Graph.

Almacenamiento y manejo de la base de datos:

El almacenamiento y manejo de la información, se refiere a la forma en que la información se encuentra estructurada y organizada, en cuanto a su posición, topología y atributos de elementos geográficos (puntos, líneas y áreas), y ala forma en que deben ser manejados en el computador y como éstos son percibidos por los usuarios del sistema.

En el sistema SIG se adoptó el modelo de Base de Datos relacional. Cada columna es un atributo distinto y cada fila se defina como un nuevo dato y donde cada elemento básico línea, área o punto, posee su tabla de datos relacional.

En este concepto de base de datos, un mapa base, es un mapa de tipo topográfico, al que se le agregan capas o estratos de información de acuerdo a la aplicación en cuestión. En la base de datos se puede tener información de recursos naturales, información de servicios, información de redes, información de catastros, información de tipo real, etc.

El SIG debe tener una base de datos integrada, que tanto el aspecto geométrico (espacial), topológico (relacional) y descriptivo (atributo) deben existir como una sola base de datos.

Dependiendo de las aplicaciones a las que va a ser sometido el SIG, se determinará la resolución espacial y estructura de datos a utilizar, ya que de ello depende la precisión y credibilidad de la información. Es importante el tener claridad de la representación espacial que tendrán nuestros planos de información (puntos, líneas o polígonos), ya que de esto dependerá la riqueza del manejo de la información.

Recuperación y presentación de la información:

La salida u presentación de la información, se refiere a la forma en que se extrae y se muestra esta, y como mapas, tablas, gráficos y reportes en una variedad de formas, desde el despliegue en la pantalla hasta una composición cartográfica de alta calidad dibujada en una impresora termal o plotter y/o también grabada en cintas magnéticas.

Transformación y manipulación de los datos:

La transformación de la información engloba dos clases de operaciones:

- Transformaciones necesarias para corregir errores de la información, para poner al día mayor información o para adecuarla a otro set de información.
- Transformaciones que se deben realizar, según el método de análisis que se siga, para poder dar respuesta a las interrogantes previamente planteadas.

Las transformaciones también pueden operar en los aspectos espaciales y no espaciales de la información, tanto por separado, como en conjunto. Estas transformaciones, son las asociadas a cambios de escalas, cambios de proyecciones, recuperación lógica de la información, cálculo de áreas y perímetros, y son de una naturaleza tan general, que están incorporados a la mayoría de los Sistemas de Información Geográfico.

Si el usuario quiere hacer una serie de preguntas, para contestarlas, será necesario usar ciertas combinaciones en el manejo de la información y sus opciones de transformación dentro del análisis, modelado y procesamiento.

Integración y modelado:

El modelado es una de las funciones más importante u poderosas dentro de un Sistema de Información Geográfica. El modelado en un SIG se expresa a través de la superposición de mapas u esta no es sólo una superposición gráfica, es decir, cuando en la pantalla vemos los mapas, se refiere a un proceso geométrico, topológico, de integración de capas de información. Y de esta forma se genera un nuevo mapa dando respuestas a las inquietudes del usuario.

Equipos.

- a) Subsistema de entrada: Los equipos a utilizar dependen del formato que tengan los datos. Según esto se emplearán mesas digitalizadoras, teclado, lectora, unidad de cinta, mouse, diskettes, plotter, impresora y scanner.
- b) C.P.U.: Componente de hardware, donde se almacena, maneja y analiza la información. Puede ser en P.C., workstation o Mainframe, según las diferentes capacidades en disco duro, memoria RAM, velocidad de proceso, necesidad de procedimientos simultáneos, que el sistema sea multiusuario, etc.
- c) Subsistema de salida: Permite obtener la información del sistema en un medio físico (papel, película, fotografía, etc.) o en un medio magnético para transferir información (plotter, impresora termal, etc.).

Las estaciones de trabajo son las herramientas de hardware que han venido revolucionando la tecnología de utilización del SIG, permitiendo la conexión a través de redes con un computador principal.

Algunas aplicaciones por medio del SIG:

Agrícola:

- Zonificación de cultivos y epidemiológico
- Evaluación de tierras.
- Conservación y manejo del suelo.
- Planificación y ordenamiento del uso del suelo.

Forestales:

- Planificación de plantaciones.
- Planificación de carreteras de arrastre madereros.
- Análisis de erosión.
- Cartografía automatizada.
- Actualización, etc.

Transporte:

- Diseño de puentes y caminos.
- Manutención de red vial.
- Planificación de red vial.
- Modelos de tráfico.
- Actualización, etc

Municipalidades:

- Catastros urbanos y rurales.
- Planes reguladores.
- Actualización.
- Modelos de áreas de influencia.
- Planificación comunal, etc.

Gobierno:

- Planificación regional y nacional.
- Evaluación de riesgos naturales.
- Censos, etc.

Básicamente, el SIG permite obtener una gran cantidad de información de distinto tipo, tratarla para convertirla en conjuntos de datos compatibles, combinarlos y exponer los resultados sobre un mapa. Algunas de las operaciones estándar del SIG son:

- Una de las principales fuentes de datos geográficos utilizados por el SIG es la información sobre la tierra obtenida a través de la telepercepción. Los datos adquiridos a través de la telepercepción se obtienen generalmente en forma de imágenes digitalizadas por satélite, o de fotografías aéreas. Después de que se han comprobado, ampliado y analizado los datos digitalizados por satélite, en una operación que se llama "tratamiento de la imagen", o se han interpretado las fotografías aéreas, los resultados pueden ser introducidos en el SIG e integrados con otras bases de datos geográficos y no espaciales.
- Superposición de distintos tipos de mapas de una determinada zona para formar un nuevo mapa en el que se incluyen los datos descriptivos de cada uno de los mapas. Por ejemplo, la cobertura del uso actual del suelo podría superponerse sobre una cobertura capacidad de uso del suelo, para obtener una nueva cobertura que representa el conflicto de uso del suelo.
- Creación de zonas intermedias o próximas en torno a las líneas o polígonos de un mapa. Esta técnica se utiliza para buscar zonas a una distancia dada de las carreteras, ríos, etc., o de ciertas condiciones temáticas, como son las zonas de influencia de las enfermedades o plagas en los cultivos.
- El propósito de zonificar, para la planificación del uso de la tierra, es separar áreas con similares potencialidades y limitaciones para el desarrollo. Los programas específicos pueden, entonces, formularse para proporcionar el apoyo más efectivo para cada zona.
- Cuando se combina con un inventario de usos de tierras, expresado como tipos de utilización de tierra y sus requisitos de uso específicos, la evaluación de tierras puede usarse entonces como base de una metodología para evaluar los recursos de tierras. La suma de otras capas de información, tales como la tenencia y disponibilidad de tierras, los requisitos nutricionales

de las poblaciones humana y ganadera, las infraestructuras, costos y precios, ha hecho posible el desarrollo de aplicaciones más avanzadas en el análisis de los recursos naturales y la planificación de usos de tierras.

Los resultados de las aplicaciones básicas incluyen mapas que muestran zonas agro-ecológicas y aptitud de tierras, la cantidad estimada de las áreas de cultivo potenciales, cosechas y producción. Tal información proporciona las bases para aplicaciones avanzadas tales como la evaluación de la capacidad de sostenimiento de la población y modelos de optimización de usos de tierras.

ESTUDIO DE CASO:

Evaluación biofísica y socioeconómica del cultivo del café por medio de Automated Land Evaluation System(ALES) y SIG, en la Cuenca del Río Aranjuez.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar la evaluación física y económica del café monocultivo con sombra tecnificado, por medio del Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES) ligado a los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir las unidades cartográficas (UC) que serían la demanda del cultivo de café.
- Definir los requisitos de Uso de la Tierra (RUT), características y cualidades de la tierra que expresan la oferta particular de cada área de tierras.
- Generar una matriz de aptitud física y económica del cultivo para cada UC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y descripción de la zona de estudio

El estudio se realizó en la Cuenca del río Aranjuez de la Región Pacífico Central, en una extensión de 22.017 has, abarcando parte de la hojas cartográficas 1:50.000 (San Lorenzo, Juntas, Chapernal y Miramar), localizándose entre los 10° 17 00 y 9° 59 30 de latitud norte y entre los 84° 39 30 y 84° 50 30 de longitud oeste, limitando al oeste con la cuenca del río Guacimal y Sardinal, al este con la cuenca del río Seco, al norte con la Reserva Biológica Monteverde y al sur con el Estero de Puntarenas.

Procedimiento para la evaluación de tierras

- El proceso de valoración del comportamiento de la tierra se define para un propósito específico, en este caso para el cultivo de café monocultivo on sombra tecnificado (TUT: Tipo de utilización de la tierra).
- Se definen las áreas de tierras denominadas Unidades Cartográficas (UC) de acuerdo con los valores de las características de la tierra (CaT) que son atributos simples de la tierra que pueden ser medidos o estimados (FAO, 1983; FAO, 1985).

En esta evaluación se definió cuatro clases de aptitud física.

A-1: Apto

A-2: Moderadamente Apto

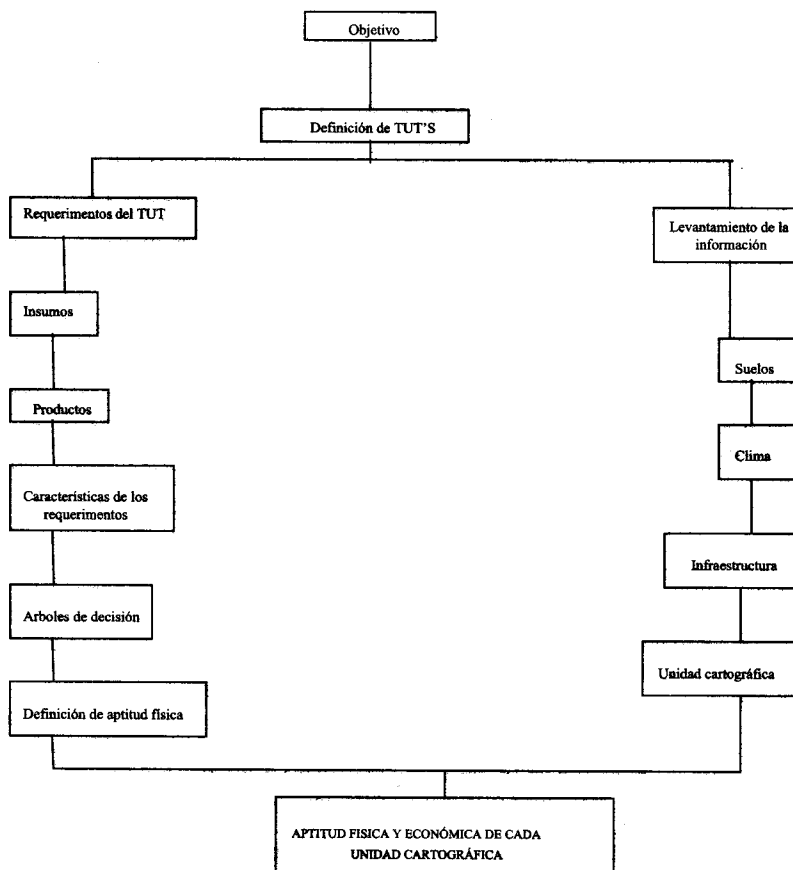
A-3: Marginalmente Apto

N-1: No apto temporalmente

Las subclases de aptitud física, se generan también a partir de valores de las cualidades de la tierra.

A partir de la información clasificada y los datos reales de la tierra se construyen árboles de decisión que son claves jerárquicas multidireccionales que representan los resultados

Proceso de Evaluación de Tierras



Los árboles de decisión son utilizados para determinar:

- Los valores de las cualidades de la tierra a partir de los valores de características de la tierra.
- Los rendimientos proporcionales esperados a partir de valores de cualidades de la tierra.

Las subclases de aptitud física, se generan también a partir de valores de las cualidades de la tierra.

Definición de los Unidades Cartográficas (U.C.)

Las U.C son generalmente unidades naturales definidas por un inventario de suelos, clima, pendientes. Los sistemas de información geográfica o SIG (Burroughs, 1996). Son herramientas ideales para el análisis espacial y los resultados de análisis en ALES pueden ser utilizados como capas de información en el SIG. Además en ALES se puede evaluar delineaciones individuales o unidades de manejo con una ubicación específica. También se pueden definir características especiales de la tierra como: distancia a los mercados, distancia a centros de acopio.

En esta evaluación se definieron las áreas homogéneas, a partir de las siguientes coberturas:

- 1) Mapa de reconocimiento de suelos a escala 1:50000
- 2) Mapa de unidades de pendientes escala 1:50000
- 3) Mapa de temperatura promedio anual escala 1:50000

Los parámetros utilizados para delimitar las unidades cartográficas se definieron de acuerdo a los requerimientos de la zonificación agroecológica del cultivo del café (MAG-1994).

Generación de datos para cada Unidad Cartográfica (U.C.)

Es la información de las características de la tierra (Cat) de la cuenca para cada U.C. Los Cat se agruparon en tres clases de factores:

- Factores Climáticos:

- Ppa Precipitación promedio anual
- Tpa Temperatura promedio anual
- Alt Altitud

- Factores Físico-químicos:

- Mor Materia orgánica
- Dre Drenaje del suelo
- Fps Fragmento en el perfil del suelo
- Icc Intercambio catiónico
- Pec Pendientes del suelo
- Pes Profundidad efectiva del suelo
- Pha Reacción del suelo
- Sab Saturación de bases
- Txt Textura del suelo

- Factores de manejo:

- Coc Condición del camino
- Pca Presencia de centros de acopio

- Los datos se introdujeron de acuerdo a los niveles de aptitud definidas anteriormente para cada característica de la tierra, y con la información para cada Unidad Cartográfica obtenida de información secundaria y generada en la cuenca.

Cuadro de aptitud física del cultivo de café

2Cat/Spe	814.00	3.70
2Cat/Spe/Nud	126.00	0.57
2Spc/Cal	1831.00	8.32
2Spc/Cal/Spe	4635.00	21.05
3Cal	4899.00	22.25
3Spe	1637.00	7.44
4Cal	695.00	3.16
n/e	7380.00	33.52
TOTAL	22017.00	100.00

RESULTADOS

Se puede observar en el cuadro anterior que la aptitud de clase 2, se presenta en el 33.64% del área total, aunque existen diferencias en cuanto al número de cualidades que restringe en forma moderada esta clase. Esta clase está limitada por una capacidad de laboreo (Cal) media, una susceptibilidad a plagas y enfermedades (Spe) baja y una Suceptibilidad para la comercialización (Spc) media. Las características de la tierra que afectan las cualidades son: pendiente fuertemente ondulada (45-90%) texturas finas y camino no transitable temporalmente.

Para la clase 3 observamos una capacidad de laboreo regular y una susceptibilidad a plagas y enfermedades alta. La clase 4 muestra una capacidad de laborero muy baja, siendo restricción severa para ésta área.

Tanto la clase 3 representa 29,69% del área total y la clase 4 un 3.16% del total.

De las 22017 Has el 33.52% no fueron estudiadas, porque es el área que se encuentra por debajo de las 700 msnm, la cual no es apta para el cultivo del café.

Análisis de los rendimientos generados por el modelo

Al no existir ensayos de plagas y enfermedades que permitan estimar su impacto en el rendimiento, ni tampoco experiencias en el área de estudio de parcelas de escorrentía y arrastre sembrados con café, que determinen el efecto de la erosión sobre la pérdida de productividad. El programa ALES permite incorporar la experiencia de los agricultores y técnicos para hacer estimaciones de aptitud y rendimientos.

En el cuadro siguiente, se compara el rendimiento real, con el rendimiento del modelo, para cada una de los centros de población productivos de café. Para cada poblado se sacó el promedio del ciclo de 5 años del cultivo del café y de tres productores diferentes.

Cuadro: Rendimientos promedios de Café en la cuenca del río

Lugar	Rend. Real (Fus/Ha/Año)	Rend. Model (Fus/Ha/Año)	Des. Standar
Corazón de Jesús	40	45	3.54
San Rafael	50	49	0.71
Palmira	47	45	1.41
Bajo Caliente	26	30	2.83
San Martín Sur	22	27	3.54
San Buenaventura	30	32	1.41
Ventanas	51	44	4.95
Ojo de Agua	52	47	3.54
Central	57	54	2.12
Rend. Promedio	41.67	41.44	0.16
Promedio Desv. Standar			2.67

Fuente: El Autor y Cooperativa Montes de Oro

Con el rendimiento real se ajustó el árbol de decisión del rendimiento del modelo, el cual se muestra en el mapa de rendimientos.

Aptitud económica para el cultivo del café

El análisis del margen bruto es satisfactorio para analizar el cultivo del café sin contemplar las mejoras de capital, solo los costos y egresos recurrentes.

El cuadro siguiente presenta, 1024 has con un margen bruto de \$365.213 Ha/año, ubicadas en las unidades cartográficas con las características de suelo más aptas para el desarrollo del cultivo: como son la fase ondulada de la consociación Cedral y la consociación Negro (MAG, 1994). Además se encuentran 1477 has con márgenes entre \$81.713 y \$176.213 Ha/año.

Cuadro: Márgenes brutos de café en la Cuenca Río Aranjuez

Margen Bruto (Has)		
-103.506,91	5539.00	25.16
-126.186,91	15.90	0.07
-182.886,91	4207.80	10.11
-239.586,91	1632.10	7.41
0	8067.90	36.64
176.213,08	726.60	3.30
214.013,08	607.20	2.76
365.213,08	1024.00	4.65
81.713,08	143.60	0.65
TOTAL	22017.00	100.00

Los márgenes negativos se presentan por una conjugación de bajos rendimientos, con limitantes de características de la tierra. Esta situación se evidencia más cuando la relación beneficio-costo, se ubican aproximadamente las mismas 2557 has, que son mayores a 1.

Literatura citada

- ARANOFF, S. 1989 Geographic information systems: a management perspective-WDL Publications, Ottawa, Canadá.
- BURROUGH, P.A., Bie, S.W. 1984. Soil information systems Technology. Pudoc Wageningen. 178 p.
- BURROUGH, P.A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Monographs on soils and resources survey. N° 12. Oxford University, New York, U.S.A. 194 p.
- ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). 1989. User's guide PC Arc/Info. Versión 3.4.1. New York. U.S.A. 9 módulos.
- EASTMAN, J.R. 1992. IDRIDI User's guide versión 4.0. Worcester, Massachusetts, USA, Clark University. 178 p.
- FALLAS, JORGE (ed). 1994. Memoria. Seminario-Taller: Sistemas de Información Geográfica, Teledetección y Sistemas de Posicionamiento Global en Costa Rica: Aplicaciones en Recursos Naturales. Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional. Heredia. 75 pp.
- FAO, 1983. Guidelines: land evaluation for rainfed agricultures. Soils Bulletin 52. Rome. 237 p.
- FAO. 1985. Directivas: Evaluación de tierras para la agricultura en secano. Boletín de suelos N° 52. Roma. 228 p.

- MAG-MIDEPLAN. 1994. Estudio de Zonificación Agropecuaria en la Región Pacifico Central. Escala 1:50.000. San José, Costa Rica. Vol.2. 145 p.
- PATTILLO, C. et al. 1992. Texto guía y ejercicios en sistemas de información geográfica (SIG). Programa de percepción remota y SIG. Universidad Católica de Chile. 76 p.
- ROBINSON, H.T. y SOLANO, M.A. 1996. ¿El estudio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) es una disciplina?. El papel importante de los SIG's en la Geografía. Revista Geográfica de América Central. No. 32-33. Pp 13-23
- ROSSITER, D.G. et al. 1994. Sistema automatizado para la evaluación de tierras ALES, versión 4. Manual para usuarios. Cornell University, Department of Soil, Crop y Atmospheric Sciences. Ithaca, New York, USA. 200 p
- SEPSA-MIRENEM. 1991. Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, Costa Rica. 51 p.
- USDA. 1993. Soil Survey Manual. Washington D.C., USA, Soil Survey Division Staff, Handbook No.18. 497 p.
- VAN LANEN et al. 1994. Physical land evaluation methods on G.I.S. to explore crop growth potencial and its effects within the European Communities Agricultural Systems Wageningen. The Netherlands. pag. 101-115

PALABRAS CLAVES: *SIG, sistemas de información, uso de la tierra*