

METODO DE EVALUACION DE TIERRAS PARA CULTIVOS ANUALES POR MEDIO DEL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA: ESTUDIO DE CASO (DISTRITO DE UPALA)¹

*Luis Alberto Arroyo**

RESUMEN

Se realizó una evaluación de tierras en 12093 ha ubicadas en el distrito de Upala de la Región Huetar Norte, cuyo objetivo fue adecuar un método de análisis biofísico para cultivos anuales por medio de un sistema de información geográfica. Se hizo un levantamiento de información primaria que incluyó: un estudio de suelos a escala 1:50000, que se distribuyó en 7 consociaciones y 27 unidades de mapeo, predominando el orden de Ultisoles sobre Inceptisoles; se realizó un estudio climático de temperatura y precipitación, utilizando series de registro de 9 estaciones meteorológicas, cuyo resultado fue un mapa de isotermas trazado grado a grado, y un mapa de isoyetas de lluvia acumulada para el ciclo del cultivo del maíz; además del análisis de las variables suelo-clima, se hizo una determinación de los requerimientos biofísicos de maíz por rangos de aptitud. Por medio de un módulo de análisis programado en el sistema de información geográfica ARC-INFO, que armoniza las características de la tierra con los requerimientos del cultivo se generaron las clases de aptitud, dependiendo del grado de severidad y del número de limitantes que se presentó en la zona de estudio.

ABSTRACT

A method of land evaluation for annual crops by means of the geographic information system: a case study (Upala district). Land evaluation was performed on 12092 ha located at Upala District, Northern Huetar Region of Costa Rica, with the objective of fitting a biophysical analysis method for annual crops through a geographic information system. Primary information collected included: a soils study at the 1:50000 scale, distributed into seven consociations and 27 mapping units, where Ultisols prevailed over Inceptisols; a climatic study of temperature and rainfall on the basis of record series from nine meteorological stations, resulting in a map of isotherms drawn to the degree and a map of accumulated-rain isoyets for the corn crop cycle; in addition to the analysis of the soil-climate variables, the biophysical requirements of corn were determined for each aptitude range. Aptitude classes, depending on the degree of severity and number of limitants found in the region, were generated by means of an analysis module programmed in the ARC-INFO geographical information system, which harmonizes land characteristics with crop requirements.

INTRODUCCION

Para valorar la importancia actual de realizar estudios de evaluación de tierras dentro de conceptos biofísicos, socioeconómicos y político-

administrativos, es necesario analizar cómo los modelos de desarrollo económico que el país ha adoptado en los últimos 40 años han sido de corte eminentemente productivista estimulando así el surgimiento de importantes actividades productivas, pero en detrimento de un crecimiento irracional de la frontera agrícola, como bien lo indica Vázquez (1991). Lo anterior lo demuestra el último censo agropecuario que analiza el cambio de uso de la tierra desde 1950 hasta 1984, donde el área dedicada a cultivos se incrementa de 4% a 12% de la superficie total del país. Sin embargo,

1/ Documento expuesto en el II Congreso Nacional de Suelos. Julio 1996, San José, Costa Rica.

* Departamento de Suelos y Evaluación de Tierras, Dirección de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

el fenómeno principal que se ha presentado en el uso del suelo se relaciona con un incremento acelerado del área dedicada a pastos (de 9% a 42% en los últimos 40 años) en contraposición a una reducción de las áreas de bosque (del 85% al 31% para esos mismos años) (CCT 1993).

Los diferentes cambios de uso de la tierra se han dado por condiciones coyunturales económico sociales, sin considerar la aptitud agroecológica de la tierra, lo que provoca serios problemas de subuso y sobre-uso del recurso natural. La capacidad del uso de los suelos de Costa Rica (CCT 1993) indica que el 37.7% (1925643 ha) son de uso agropecuario, 33% (1734490 ha) para uso forestal comercial; y 28.2% (1439862 ha) de protección.

Ha llegado el tiempo en que ni los países ni las familias de los agricultores pueden darse el lujo de utilizar los recursos productivos con base únicamente en la tradición, la experiencia o el gusto propio, sin dar un uso adecuado al recurso (Cartín 1990).

En Costa Rica se han hecho esfuerzos para desarrollar metodologías de zonificación adecuadas a las necesidades y realidades del sector agropecuario (Rojas 1986, Rojas y Eldin 1983, Montoya 1971, SEPSA 1990), pero éstas han adolecido de la falta de un sistema de información geográfica que ayude en el análisis y en la actualización de bases de datos que se adecúe a los diferentes tipos de uso de la tierra, tal como cultivos permanentes, cultivos anuales o especies forestales.

Este estudio se enmarca dentro de la búsqueda de metodologías y herramientas modernas que apoyen el proceso de desarrollo sostenible, y ordenamiento agropecuario local y regional. En este sentido, los objetivos generales de esta investigación fueron: adecuar un método de evaluación de tierras, de aspectos biofísicos para cultivos anuales, específicamente para maíz, según su adaptabilidad, utilizando un sistema de información geográfica, y a su vez, evaluar el uso de la tierra para el área de estudio, según su aptitud potencial.

MATERIALES Y METODOS

Localización y descripción de la zona de estudio

El estudio se realizó en el distrito de Upala, cantón de Upala de la Provincia de Alajuela,

Costa Rica, en una extensión de 12093 ha, ubicada entre los 10° 57' 13" y 10° 50' 00" de latitud y entre los 85° 06' 05" y 84° 57' 14" de longitud; limitando al oeste con el río Guacalito, el este con el río Chimurria, al norte con las poblaciones de Santa Clara, Quebrador y Monte Cristo, y al sur las poblaciones de Colonia Puntarenas y Canalete.

El área de estudio presenta un relieve de plano o casi-plano a ondulado. En las partes bajas aluviales, el orden de suelos predominantes es el de Inceptisoles y en las áreas de terreno ondulado a ligeramente ondulado, predominan los Ultisoles.

La temperatura promedio anual varía entre los 25°C y los 27°C, con precipitaciones entre los 2500 y 3000 mm anuales.

Procedimiento para la evaluación de tierras

Levantamiento de los suelos del área de estudio. Se llevó a cabo un levantamiento de suelos a nivel de semidetalle, siguiendo la metodología propuesta por CIAF (Forero 1984), con una densidad de observaciones de 6.5/km², una escala de publicación de 1:50000, las consociaciones como unidades cartográficas y los suelos clasificados taxonómicamente a nivel de subgrupo.

La distribución geográfica de los suelos se presenta en el mapa de suelos, donde se delimitan las diferentes unidades cartográficas. El conjunto de delineaciones para un mismo símbolo constituye la unidad cartográfica. Cuando la unidad cartográfica está compuesta por un tipo de suelo principal, que predomina en más del 70% en la unidad e incluye hasta 30% de suelos secundarios se denomina consociación. Los suelos del área se cartografiaron en 7 consociaciones y una tierra miscelánea.

La interpretación de las clases de aptitud consideradas se presenta en el Cuadro 1.

Método de análisis de las variables climáticas.

a) Temperatura. Para la confección de los mapas de isotermas en este estudio, se siguió el siguiente proceso. Al ser el área de estudio muy pequeña para un análisis climático, se analizaron las hojas cartográficas de: Upala, Guatuso, Zapote y Miravalles, que incluyen 6 estaciones meteorológicas, de las cuales 2 estaciones se

Cuadro 1. Interpretación de las clases de aptitud consideradas en este estudio.

CLASE 1	Comprende las áreas de mayor aptitud, al no poseer limitantes para el desarrollo del cultivo.
CLASE 2	Corresponde a la áreas que presentan una limitante moderada de tipo agro climático o fisiológico, de ahí que con prácticas sencillas de manejo y conservación de suelos, se puede lograr buenos rendimientos.
CLASE 3	Cuenta con áreas que agrupan 2 de los factores limitantes moderados, ya sean de clima y suelo o una combinación de ambos, por lo que requiere que las prácticas de manejo y conservación se seleccionen cuidadosamente.
CLASE 4	Incluye zonas con 3 limitantes, razón por la cual es indispensable el uso de prácticas intensivas de manejo y conservación.
CLASE 5	Se considera el área más marginal para el desarrollo del cultivo ya que involucra al menos 4 factores limitantes.
CLASE 6	Es definida por condiciones de suelo y pendientes severas para el desarrollo del cultivo.
CLASE 7	Es la zona que no posee aptitud desde el punto de vista climático para el desarrollo de un cultivo comercial.

encuentran dentro del área de estudio. Se seleccionaron aquellas estaciones termométricas con al menos 10 años de registro, aunque se aceptó como referencia a aquellas con al menos 5 años.

El análisis y trazado de las isotermas se hizo tomando en cuenta la topografía del lugar, procedencia de la masa de aire que la afecta, fuentes de humedad y la cobertura vegetal. El trazado de las isotermas se hizo grado a grado.

Cuando los datos fueron insuficientes o incompletos, se sintetizaron por medio de la correlación temperatura-altitud, con base en estaciones con similitud climática, y que preferiblemente se encontraban en las cercanías del área de estudio.

b) Precipitación. Debido a que la desviación típica de los totales mensuales de lluvia suele ser del mismo orden de magnitud del valor medio, el dato "precipitación media mensual" da un rango de fluctuación tan amplio que dificulta la toma de decisiones con ese dato, o sea según Castro (1985), si el valor de la media es 200 mm y la desviación típica 175 mm, en ese lugar la precipitación mensual puede ser tanto 25 mm como 375 mm. En lugar de la media, un valor

práctico que se utiliza es la probabilidad de 3 años de cada 4. Estadísticamente este valor corresponde al límite superior del primer cuartil y se conoce como precipitación con 75% de probabilidad o P-75.

Para este estudio se utilizó la P-75 quincenal y a partir de estos valores se confeccionaron los mapas de precipitación acumulativa para el ciclo del cultivo del maíz.

El análisis se hizo con las series de registros de 15 a 20 años de lluvia de 9 estaciones meteorológicas ubicadas en las hojas cartográficas de Upala, Guatuso y Miravalles.

c) Análisis de la información. Para la elaboración de los mapas de lluvia acumulada para el ciclo de cultivo, se asumió que la distribución de los valores sigue el mismo patrón espacial que la de los valores mensuales de lluvia, por lo cual estos se tomaron del Atlas Climatológico de Costa Rica (Barrantes et al. 1985), y se modificaron por orografía y por la interacción de los demás parámetros meteorológicos (temperatura, viento, humedad, etc.). Para el cálculo de la lluvia acumulada a partir de la segunda quincena de mayo y primera de junio, se utilizó la estimación de los datos diarios faltantes para la quincena correspondiente por medio de la mediana para obtener un valor estimado.

Una vez plotados los valores de P-75 quincenal en cada estación meteorológica a partir de la época de siembra respectiva, y acumulado para 8 quincenas, que es la duración del ciclo del cultivo de maíz (variedad maicena) para la zona en estudio, se hizo el trazado de las Isoyetas, siguiendo el modelo de lluvia utilizado en el Atlas Climatológico de Costa Rica, ajustando a la orografía del área de estudio.

Determinación de requerimientos del cultivo del maíz. En la determinación se evalúan factores diagnóstico de cualidades de la tierra, que son medibles y observables en el campo y afectan cualidades fundamentales del cultivo, que se pueden valorar según lo favorezcan o perjudiquen.

La clasificación de los factores en rangos de amplitud apto, moderado y no apto, se derivan de una amplia revisión bibliográfica, de la consulta a los expertos del cultivo y de la relación con las condiciones de ambientes de siembra aptos y moderados.

Aplicación del Sistema de Información Geográfica en el proceso de evaluación. Para agilizar el proceso de evaluación se automatizó el procesamiento de datos por medio del Sistema de Información Geográfica (Arc-Info), creando bases de datos descriptivas y gráficas necesarias para sistematizar la metodología usada en esta evaluación.

El procesamiento de datos en el SIG incluye los siguiente pasos:

- Digitalizar, editar y corregir la información.
- Diseñar e incorporar la base de datos descriptiva.
- Unir la base de datos gráfica con la descriptiva.
- Desplegar la información, por pantalla e impresora.
- Consultar y modificar las bases de datos.
- Analizar la información para llevar a cabo el proceso de zonificación agroecológica.

El proceso de codificación se realizó asignando un valor a cada una de las variables de los 5 mapas bases, para mayor detalle del proceso de codificación.

Incorporación de la base de datos del cultivo. El investigador incorporó al grupo de módulos tipo SML (Simple Macro Lenguaje), las aptitudes específicas del cultivo para cada uno de los mapas digitalizados. Los SML son archivos tipo ASCII que contienen un conjunto de comandos propios de ARC/INFO y se ejecutan automáticamente.

Se considera que un cultivo es apto (clase 1) cuando no existe ninguna limitante agroecológica, lo cual permite el desarrollo óptimo del cultivo.

Cuando el cultivo es de aptitud moderada la clase varía de 2 a 5, dependiendo de la suma de limitantes. De acuerdo a la clase se aplicarán prácticas de manejo de suelos o culturales para un desarrollo productivo aceptable. Cuando existe una aptitud no apta, esto significa que es una limitante severa que imposibilita el desarrollo del cultivo, se generan las clases de aptitud 6 y 7.

Información de la base de datos descriptiva.

La base de datos descriptiva contiene toda aquella información que se consideró necesaria para llevar a cabo el proceso de evaluación. Para obtener lo anterior se requirió que, posterior a la fase de digitalización de los mapas bases, se introdujera la información tabular correspondiente a cada mapa.

Como se ha explicado anteriormente la base de datos gráfica contiene 4 mapas y con el objetivo que éstos puedan ser identificados rápidamente, se optó por colocar al final del número del mapa la primera letra de la temática del mapa, excepto en el de precipitación, que se utilizó la letra L al final.

A continuación se describen cada uno de los mapas y la información descriptiva que contiene cada uno.

a) Lluvia acumulada para el ciclo del cultivo (mayo y junio). Este es un mapa de líneas que identifica los diferentes valores del área de estudio.

Para esta característica se utilizaron como variables descriptivas, un Rango Inferior (RANGOINF_L) y un Rango Superior (RANGOSUP_L), las cuales se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rangos de precipitación (mm) utilizados para la confección del mapa de precipitación acumulada (P-75) en Upala, Costa Rica.

Identificador	RANGOSUP_L	RANGOINF_L
1	200	0
2	400	200
3	600	400
4	800	600
5	1000	800
6	1200	1000
7	1400	1200
8	1600	1400
9	1800	1600
10	2000	1800
11	2200	2000

b) Temperatura promedio anual. El procedimiento para elaborar este mapa fue similar al de precipitación acumulada descrita anteriormente; los rangos utilizados para esta variable se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Rangos de temperatura (°C) utilizados para la confección del mapa de temperatura acumulada (P-75) en Upala, Costa Rica.

Identificación	RANGOSUP_T	RANGOINF_T
1	16	15
2	17	16
3	18	17
4	19	18
5	20	19
6	21	20
7	22	21
8	23	22
9	24	23
10	25	24
11	26	25
12	27	26
13	28	27
14	29	28
15	30	29
16	31	30

c) **Suelos.** Con base en el levantamiento de suelos del área de estudio efectuado por Arroyo (1995) según la metodología propuesta por CIAF (Forero 1984) se estableció la estructura formal de la base de datos que se presenta en el Cuadro 4. Esta estructura sirve de base para codificar la matriz de las características de suelo de cada una de las unidades cartográficas que se resume en el Cuadro 5.

Cuadro 4. Estructura de la base de datos del mapa de suelos.

Variable	Tamaño campo	Tipo campo	Nº Decimales
UPALA-S-ID	11	Numérico	0
Suelo	8	Numérico	0
Prof	2	Numérico	0
Texsp	2	Numérico	0
Dren	2	Numérico	0
Pedre	2	Numérico	0
Fert	2	Numérico	0
Pend	8	Numérico	0

Prof= profundidad; Texsp= textura en la superficie; Dren= drenaje; Pedre= pedregosidad; Fert= fertilización; Pend= pendiente.

Cuadro 5. Matriz con las características de unidades de suelo y sus parámetros utilizados para generar el mapa de suelos de Upala, Costa Rica.

Nº	Suelo	Pend.	Prof.	Texsp	TexsB	Dren	Pedre	Ero	Fert
1	A-1	1	5	5	5	7	1	1	2
2	A-2	1	4	4	5	5	1	1	2
3	A-21	1	4	4	4	4	1	1	2
4	A-32	1	4	4	5	4	1	1	2
5	L-1	1	3	4	5	3	1	1	2
6	L-2	2	2	4	5	3	1	2	2
7	L-3	3	2	4	5	3	3	2	2
8	L-4	4	2	4	5	3	4	3	2

Aptitud del cultivo y generación de las clases. Una vez digitalizado los mapas y confeccionada la base de datos descriptiva, se procedió a armonizar los mapas con el fin de generar las distintas clases.

La armonización consistió en tomar las características de la tierra y unirlas a los requerimientos del cultivo, generando las clases de aptitud.

Para generar los mapas de aptitud, el computador sobrepone cada uno de los mapas base, dando como resultado nueva información que indica las áreas donde los mapas se cruzan o interceptan y las aptitudes que se ven afectadas por esto.

Cada clase de aptitud se obtuvo según la cantidad de limitantes localizadas en una determinada área. Por ejemplo, si en un área existen limitantes por temperatura y por precipitación, entonces el computador calcula una clase 3, mientras que si hay otra área con limitantes de temperatura, precipitación y suelos, el computador calcula una clase 4. Si el cultivo no es apto por limitante severa de clima, se le asigna la clase 7; y si el cultivo no es apto por suelos se le asigna la clase 6.

Esta clasificación de áreas por aptitud permite diferenciar las zonas más aptas, en las cuales el cultivo se adapta desarrollando todo su potencial genético, en un ambiente sostenible. En éstas el uso de pesticidas es menor, los riesgos de erosión se minimizan, y el agricultor logra mayores rendimientos con menores costos de producción. La calificación de las limitantes en un área de tierra, apoya la toma de decisión por parte del técnico al conocer el tipo de limitante y el costo de su implementación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Mapa de suelos

El área de estudio (12093 ha) se distribuyó en 22 unidades de suelo, divididas en 8 unidades cartográficas, según como se presenta en el Cuadro 6 y en la Figura 1.

La clasificación y característica de los suelos del área, demuestran que el 23.79% son Inceptisoles distribuidos en las zonas aluviales, y el 69.51% pertenecen a Ultisoles que se

Cuadro 6. Clasificación y características de los suelos del área de estudio.

Secciones	Símbolo	Unidad cartográfica	Unidad taxonómica	%	Area	
					ha	%
2	A-	Tierras misceláneas			527	4.5
3	A-2	Consociación Puente Negro	Aeric Tropaquepts Tropaquents	75 25	1025	8.5
3	A-31	Consociación Santa Clara	Fluvaquentic Dystropepts, Fluventic Dystropepts y Aquic Dystropepts	70 15 15	1567	13.1
1	A-32	Consociación El Centro	Fluvaquentic Dystropepts	100	294	2.5
1	L-1	Consociación Rosario	Typic Palehumults Andic Humitropepts	85 15	232	1.9
4	L-2	Consociación Llano Azul	Rhodic Paleudults Typic Paleudults	10 90	5003	41.6
6	L-3	Consociación La Colonia	Typic Haplohumults Andic Humitropepts	90 10	1928	16.1
2	L-4	Consociación Chimurria	Humic Hapludults	100	1417	11.8

concentran en los terrenos de relieve casi plano a ondulado.

Las áreas aluviales donde predominan los Inceptisoles son áreas con fertilidad media a alta, con niveles freáticos poco profundos, mal drenados, de texturas pesadas y con un alto porcentaje de área inundable. La mayoría del área está dedicada al cultivo del arroz y pasto.

Las zonas donde predominan los Ultisoles presentan características de fertilidad de media a baja, con niveles freáticos profundos, con drenaje natural bueno, de textura franco arcillosas, y hasta con un 20% de pedregosidad.

Al comparar los requerimientos o cualidades necesarias para un buen desarrollo del cultivo del maíz, con las características de las diferentes unidades cartográficas, se encontró que las texturas pesadas en la mayoría de esas unidades es la limitante más generalizada que afecta la germinación y la capacidad de laboreo para la mecanización del terreno.

Las unidades ubicadas en las áreas planas o casi planas, presentan suelos poco profundos

que limitan la condición de enraizamiento del cultivo.

La pedregosidad que se presenta en las unidades ubicadas en relieves ondulados afecta la densidad de siembra y la capacidad de laboreo.

Tanto la fertilidad del suelo, como también el drenaje, no fueron tan discriminantes para el maíz al compararlas con las otras características, con excepción de las áreas donde se encuentran los Aeric Tropaquepts que presentan una limitante severa, como lo es el drenaje moderadamente lento a lento.

Mapa de temperatura promedio anual

De acuerdo al mapa elaborado, el área de estudio presenta una gran homogeneidad de temperatura, en donde predominan los valores promedios entre 26 y 25°C, aunque se presenta una pequeña área de 26 a 27°C, que se enmarca dentro de la zona baja, con influencia del pacífico seco.

Esta variación en un grado centígrado, se correlaciona además con la altura, o condición

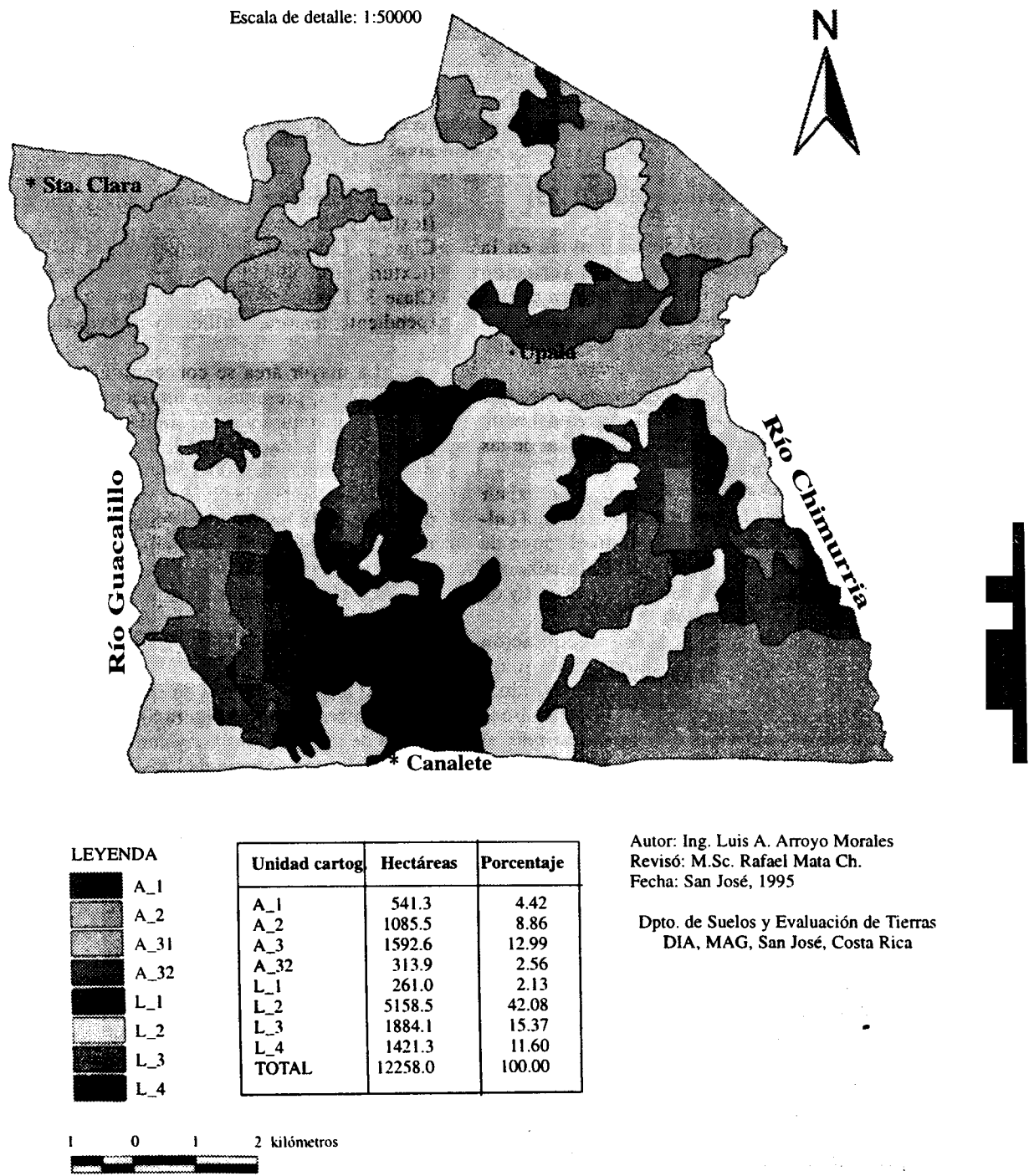


Fig. 1. Mapa de unidades cartográfica de suelos en el distrito de Upala.

orográfica del área, y con temperaturas mínimas de 21°C y máximas de 31°C.

De acuerdo al requerimiento de temperatura para el cultivo del maíz, el área de estudio se encuentra dentro de condiciones de aptitud moderada, lo que constituye una condición limitante no severa para el cultivo, puesto que la temperatura óptima requerida es de 20 a 25°C.

Mapa de precipitación acumulada (P-75)

El comportamiento de las lluvias en la zona de estudio presenta una mayor variación que la temperatura, distinguiéndose en el trazado una distribución acumulada entre los 200 y 1400 mm de lluvia, con isoyetas cada 200 mm.

El mapa de precipitación acumulada, que parte de la siembra en mayo del cultivo del maíz (Figura 2), demuestra un aumento gradual de las lluvias de noreste a suroeste.

Como parte del de cómputo debe existir una relación exacta ente el requerimiento del cultivo y el rango del mapa, se definió el rango de 600-800 mm como el óptimo para el maíz, con un moderado de 400-600 mm para el déficit y de 800-1000 mm para el exceso.

Al observar el mapa de precipitación acumulada para la primera quincena de junio (Figura 3) se demuestra un aumento gradual en la precipitación, que optimiza las áreas más al sureste, mientras que las áreas más al noroeste se deshabilitan para el cultivo del maíz, por el aumento de precipitaciones mayores a 1200 mm.

Mapas de aptitud para siembra de maíz en mayo o junio

La sobreposición del mapa de temperatura promedio anual y el mapa de lluvia acumulada de la siembra de mayo como la de junio, cuyo resultado gráfico se sobrepone al mapa de suelos, generó las clases de aptitud biofísica de 1 a 7 para siembras en mayo y junio, con su respectiva codificación y cuantificación por área (Figuras 4 y 5, respectivamente).

La clasificación por aptitud generada en las 2 épocas de siembra analizadas, se diferencian en la cuantificación por clase (número/ha) y no en el tipo de limitante y su clase.

Al analizar la aptitud para la siembra en mayo (Figura 4) se tienen 3074 ha de clase 3, con la limitante de temperatura (25-28°C) y suelos, pues presentan condiciones moderadas de textura, profundidad efectiva, drenaje natural, fertilidad, pedregosidad y pendiente. La clase 3 presenta, por ejemplo, las siguientes alternativas de distribución de limitantes en el área:

Clase 3. Limitante por temperatura y por suelo (textura y fertilidad).

Clase 3. Limitante por temperatura y por suelo (textura, profundidad, drenaje y fertilidad).

Clase 3. Limitante por temperatura y por suelo (pendiente, textura, fertilidad y pedregosidad)

La mayor área se concentra en la clase 4 con 6249 ha, presentando limitaciones moderadas de temperatura y suelo similares a la clase 3, pero sumándose además la limitación por precipitación acumulada (800-1200 mm).

La presencia de clase 6 en el área de estudio es de 1448 ha, debido a una condición severa de drenaje. Estas áreas se ubican en las unidades de suelo cuyo símbolo es A1 y A2.

La clase 7 presente en el área es de 1486 ha, cuya condición climática severa que se presenta es la precipitación acumulada (< 400 mm).

Al analizar el mapa de aptitud de maíz para la siembra de junio (Figura 5), presenta condiciones de aptitud por clase y con limitaciones similares al mapa de aptitud biofísica en la siembra de mayo, con la variación en la cuantificación de hectáreas por clase. La clase 7 aumenta a 2763 ha y la clase 3 disminuye a 1680 ha.

CONCLUSION

La metodología de evaluación de tierras utilizada determinó adecuadamente la aptitud de tierras para las 2 épocas de siembra del cultivo del maíz.

La evaluación biofísica por medio del sistema de información geográfica ARC-INFO a escala 1:50000 permite generar los resultados en expresiones gráficas, con sus respectivos atributos en la medida en que la información primaria sea generada, con los formatos requeridos en este programa de evaluación.

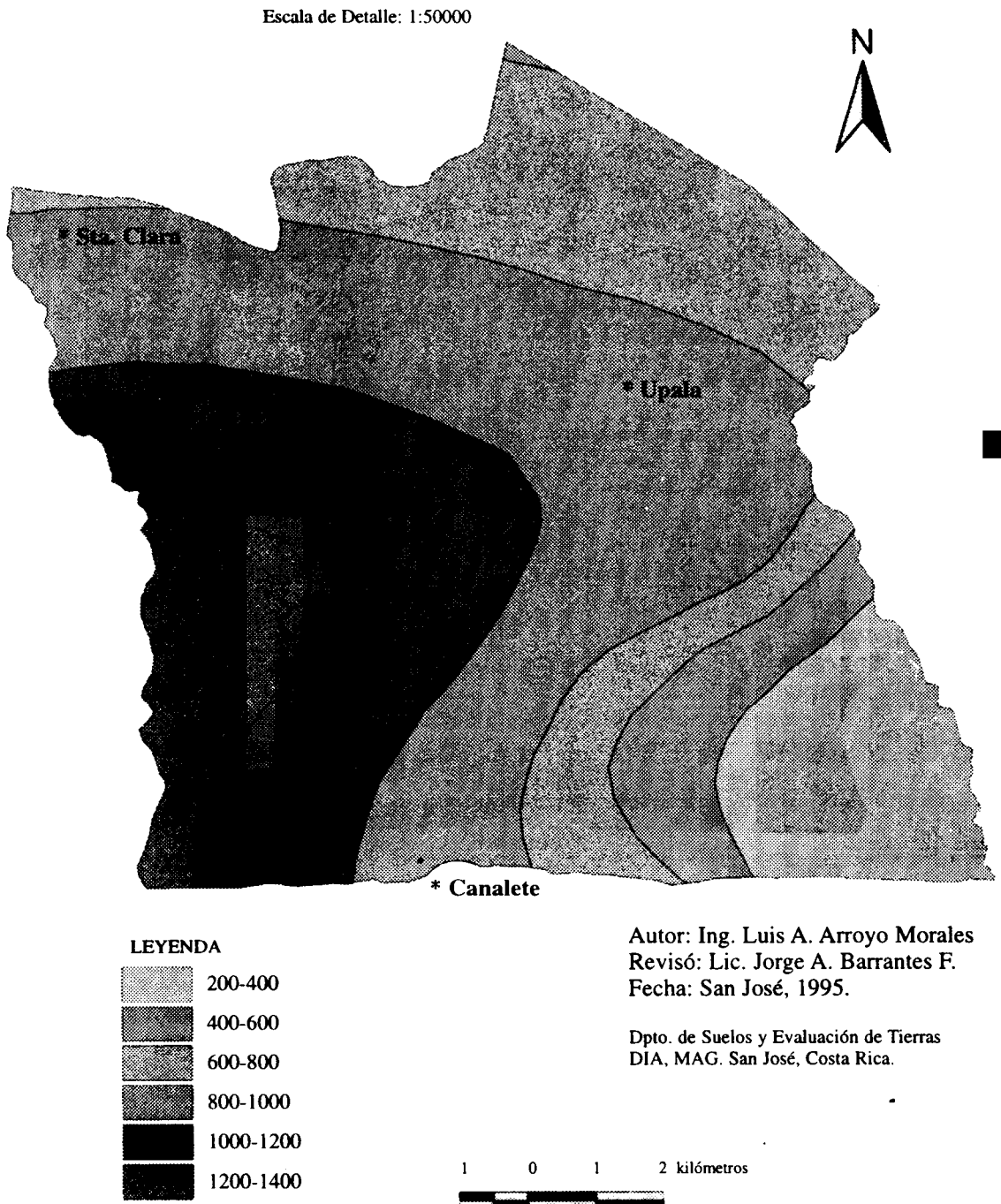


Fig. 2. Mapa de precipitación acumulada, para la siembra de maíz en el mes de mayo.

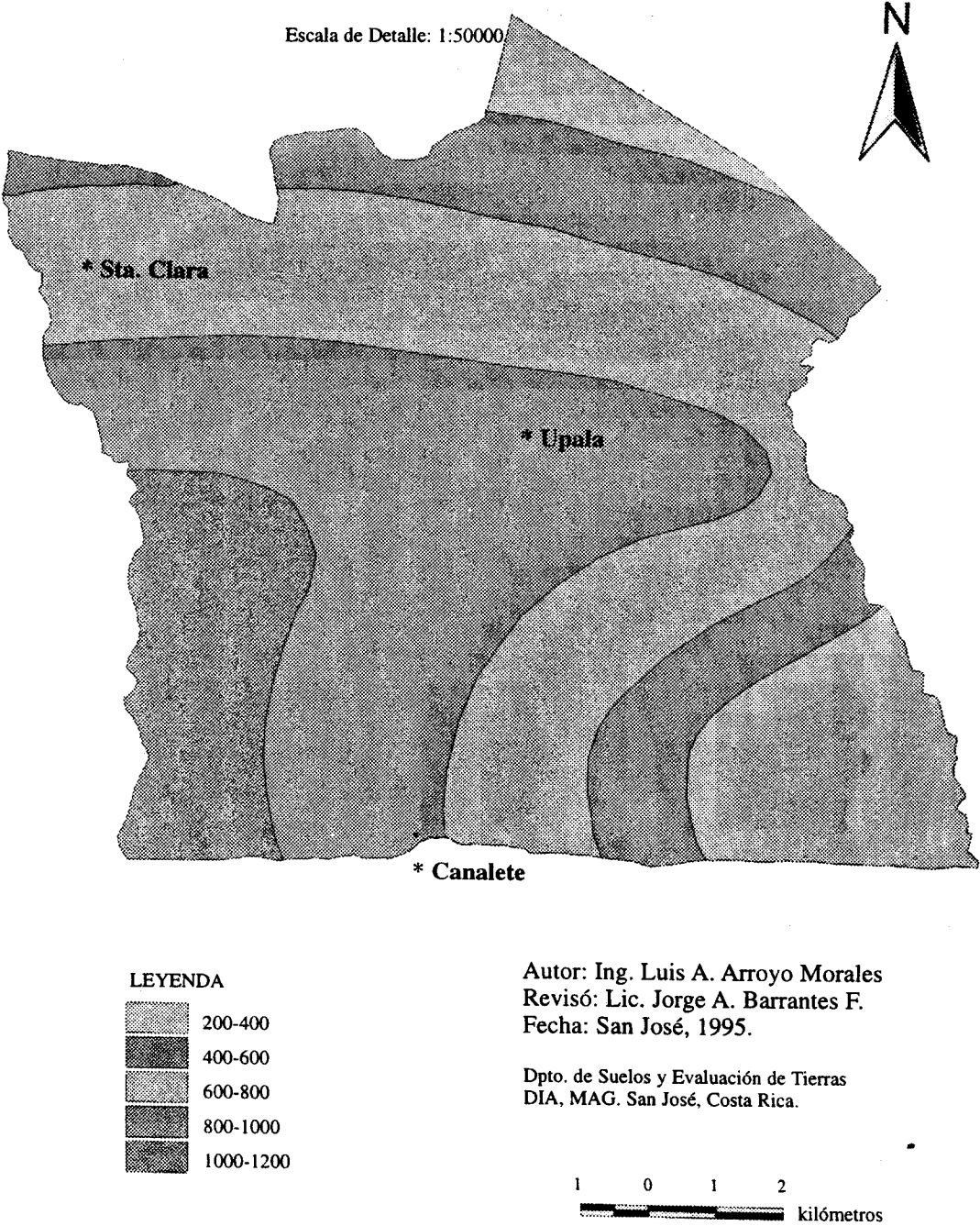
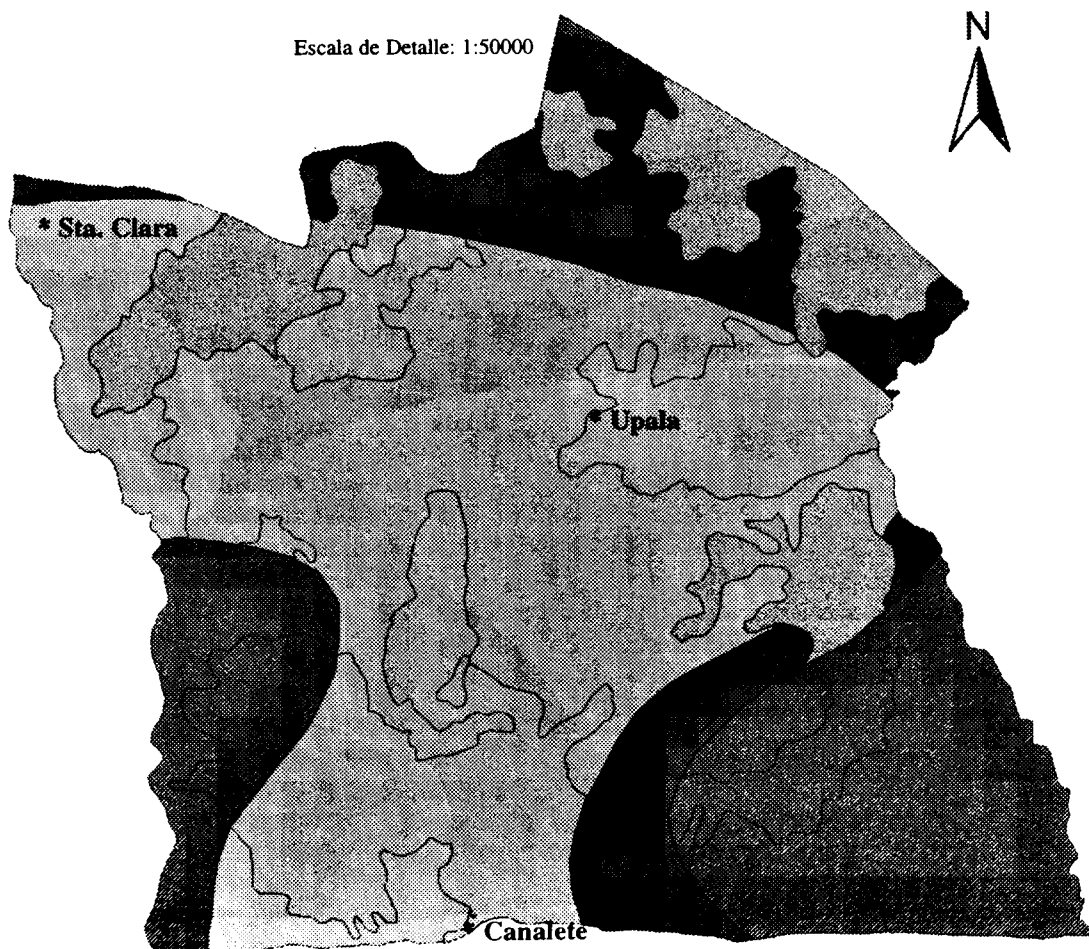


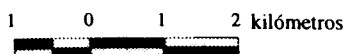
Fig. 3. Mapa de precipitación acumulada, para la siembra de maíz en la primera quincena de junio.



LEYENDA

	Clase 3
	Clase 4
	Clase 6
	Clase 7

Clase	Hectáreas	Porcentaje
3	1682.8	13.7
4	6289.8	51.3
6	1522.5	12.4
7	2763.2	22.5

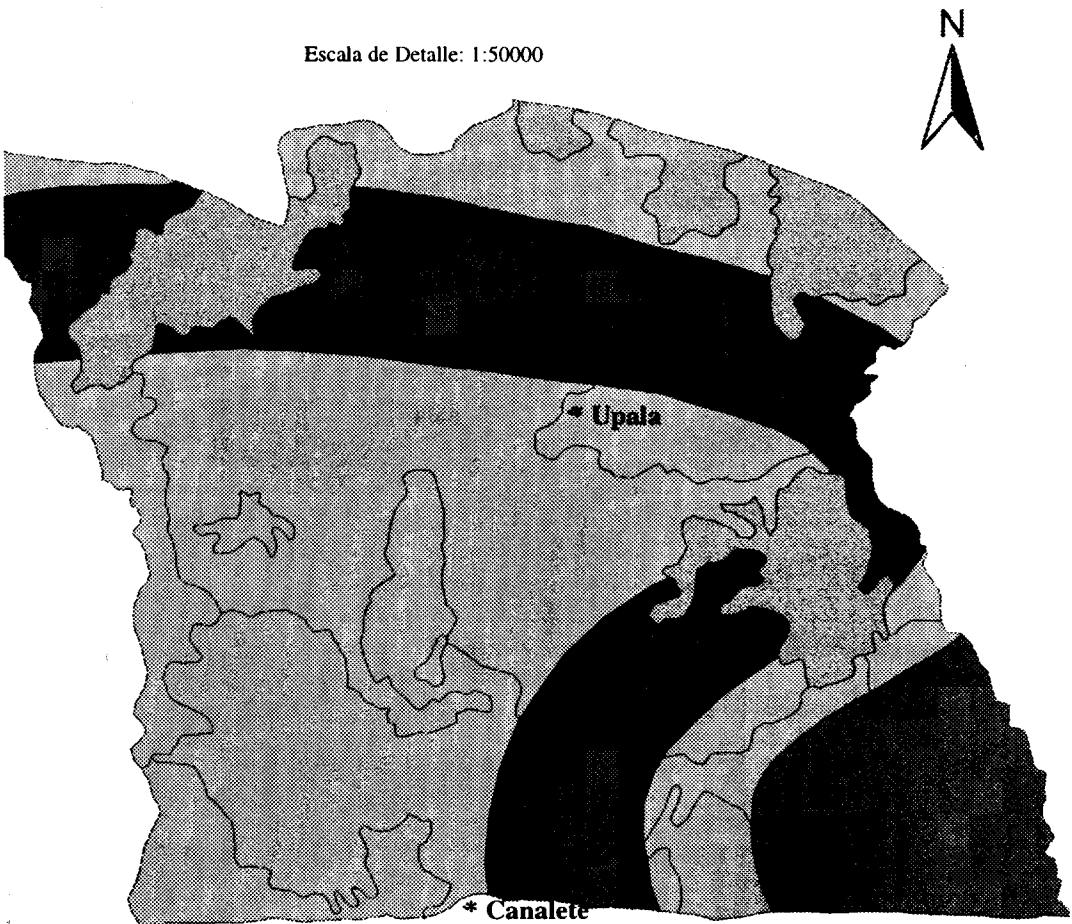


Autor: Ing. Luis A. Arroyo Morales

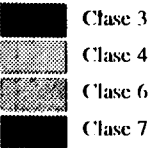
Revisó: M.Sc. Rafael Mata Ch.

Fecha: San José, 1995.

Dpto. de Suelos y Evaluación de Tierras
DIA, MAG. San José, Costa Rica.



LEYENDA



Clase	Hectáreas	Porcentaje
3	3069.9	25.0
4	6254.0	51.0
6	1448.8	11.8
7	1158.0	9.4



Autor: Ing. Luis A. Arroyo Morales
Revisó: M.Sc. Rafael Mata Ch.
Fecha: San José, 1995.

Dpto. de Suelos y Evaluación de Tierras
DIA, MAG. San José, Costa Rica.

El programa generado facilita la evaluación biofísica en forma dinámica y con capacidad automatizada de actualización de la información.

Este estudio permite evaluar los cultivos u otro tipo de uso de la tierra, para la toma de decisiones en el fomento de proyectos o estudios de factibilidad, en la medida en que el nivel de detalle de la información básica (clima, suelos y requerimientos del tipo de uso), así lo permita.

El nivel de detalle utilizado (escala 1:50000) permitió calificar las diferentes características de la tierra en cada unidad de aptitud del cultivo, que pudieron afectar los rendimientos y las condiciones de manejo.

RECOMENDACIONES

Se sugiere la aplicación de la metodología en otros cultivos como frijol y arroz en esta área de estudio, para apoyar su validación.

Una de las limitantes para aplicar el método de evaluación de tierras, que defina las clases de aptitud del cultivo, es la recopilación de información básica de requerimientos agroecológicos en el ambiente de la producción, por lo que se recomienda que los evaluadores de tierra traduzcan permanentemente las cualidades y características de la tierra con el tipo de uso específico en matrices o bases de datos que ligen la opinión del experto con el dato exacto, generado por el ensayo o investigación en el área de estudio.

Después de haber tomado la decisión de llevar a la práctica la actividad agrícola por medio de la evaluación biofísica, se recomienda realizar los estudios a nivel de sistema de producción que ligue los aspectos biofísicos con los socioeconómicos.

Conformar un equipo multidisciplinario que logre la integralidad y mayor eficiencia, en la aplicación de nuevas evaluaciones, con la capacidad de validar la información básica, principalmente las variables climáticas que dependen en gran grado del conocimiento del climatólogo, por la poca densidad de estaciones meteorológicas que existen en el país.

LITERATURA CONSULTADA

- ACEVEDO, S. 1975. Influencia de la radiación solar y otros componentes del microclima sobre el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) asociado con maíz (*Zea mays*). Tesis M.Sc., Turrialba, UCR-CATIE. 91 p.
- ACON, J. et al. 1990. Mapa de asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica, MAG-SEPSA. Escala 1:200000.
- ALMENDARIZ, H.E. 1984. Principales requerimientos agroecológicos de diferentes cultivos. Secretaría de Recursos Naturales, Tegucigalpa, Honduras. 116 p.
- ALVARADO, A. 1985. El origen de los suelos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 54 p.
- ARROYO, L.A. 1995. Método de evaluación de tierras para cultivos anuales por medio de sistemas de información geográfica. Tesis Lic. San José, Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 150 p.
- BARRANTES, J.; LIAS, A.; ROSALES, A. 1985. Atlas climatológico de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica.
- BERTSCH, F.E. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 82 p.
- BOLAÑOS, R.; WATSON, V. 1993. Mapa ecológico de Costa Rica. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical. Escala 1:200000.
- BUOL, S.W. et al. 1989. Soil genesis and classification. 3 ed Iowa State University/Ames. 446 p.
- BURROUGH, P.A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Monographs on soils and resources survey. Nº 12. Oxford University, New York, U.S.A. 194 p.
- BURROUGH, P.A.; BIE, S.W. 1984. Soil information systems Technology. Pudoc Wageningen. 178 p.
- CARTIN, J.A. 1990. Aplicación de un modelo de programación lineal en una finca demostrativa del proyecto del cultivo de árboles de uso múltiple (MADELENA) en Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. P III-1-2.
- CASTRO, M.M. 1976. Consumo de agua para el cultivo del maíz (*Zea mays*), en la unidad de riego del Tempisque. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos, Guatemala. 58 p.
- CASTRO, V. 1985 Estudio climático de Costa Rica para la zonificación agropecuaria y forestal. SEPSA-MIDEPLAN. 1985. Vol.1. Manual de uso. 52 p.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA ENSEÑANZA (CATIE). 1971. Informe sobre el proyecto de zonificación ecológica de los cultivos de consumo básico y tradicionales de exportación para los países del MCCA. Turrialba, Costa Rica. 59 p.

- CENTRO CIENTIFICO TROPICAL. 1993 Informe sobre el mapa de capacidad de uso de las tierras forestales de Costa Rica, escala: 1:50000. San José, Costa Rica. 55 p. (En prensa).
- CONITTA (COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.) 1991. Maíz (*Zea mays*). MAG-UNED, San José, Costa Rica. 22 p.
- DE LEON, A. 1988. Uso actual de la tierra y la aptitud de la tierra con respecto a los sistemas agroforestales en la cuenca del río Gandhi Dumat, Kun a Yala, Panamá. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 142 p.
- DENT, D.; YOUNG, A. 1981. Soil survey and land evaluation George, Allen and Unwin, London. 278 p.
- DIAZ-ROMEU; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p.
- DRIESSEN, P.M.; KONIJN, N.T. 1992. Land use systems analysis Wageningen Agricultural University, Department of Soil Science and Geology, The Netherlands. 230 p.
- ENVIRONMENTAL 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.
- FAO. 1968. Guía para la descripción de perfiles de suelos. Roma, Italia. 60p
- FAO. 1976. A framework for land evaluation. Soils Bulletin 32. Rome. 79 p.
- FAO. 1978-81. Report on the agro-ecological zones project: Vol.1-4. Methodology and results for Africa. World Soil Resources report 48/1. Rome.
- FAO. 1979. Yield response to water. Irrigation and drainage paper, Rome. N° 33. 193 p.
- FAO. 1981. Metodología y resultados para América del Sur y Central. Informe del proyecto de zonas agroecológicas. Roma. Volumen 3. 253 p.
- FAO. 1983. Guidelines: land evaluation for rainfed agricultures. Rome. Soils Bulletin 52. 237 p.
- FAO. 1985. Directivas: Evaluación de tierras para la agricultura en secano. Roma. Boletín de suelos N° 52. 228 p.
- FAO/IIASA. 1991. Agroecological land resources assessment for agricultural development planning, a case study of Kenya. Main Report and Technical Annex 1-8. Rome.
- FORERO, M.C. 1984. Métodos de levantamiento de suelos. Bogotá, Colombia, Centro Interamericano de Fotointerpretación. (CIAF). 83 p.
- GONZALEZ, C.W. 1988. Análisis de los factores físicos, uso actual y capacidad potencial del suelo en Canalete de Upala. Tesis Lic. Universidad Nacional. Facultad Tierra y Mar, Escuela Geografía, Heredia, Costa Rica. 127 p.
- GONZALEZ, R. 1973. Análisis agrometeorológico del maíz para la siembra tradicional de mayo. Tesis. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía., San José, Costa Rica. 104 p.
- GUERRERO, G. 1975. Determinación del uso consecutivo del maíz (*Zea mays*) en la Estación Experimental Fabio Baudrit. Tesis Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, San José Costa Rica. 62 p.
- HEEMST, H.D.J. 1988. Plant data values requires for simple crop growth simulation models: review and bibliography. Simulation reports CABO-TT nr. 17, Wageningen, The Netherlands. 100 p.
- LANDON, J.R. 1984. Tropical soil manual. Booker Agriculture Internacional. London. 474 p.
- MADRIGAL, R.; ROJAS, E. 1982. Mapa geomorfológico de Costa Rica. San José, Costa Rica, Instituto Geográfico Nacional. Escala 1:200000.
- MEJÍA, C.L. 1980. Conceptos básicos comunes a la pedología y geomorfología. Bogotá, Colombia, CIAF. 278 p.
- MONCADA, E.O. 1991. Desarrollo de un modelo para evaluación automatizada de tierras en Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 87 p
- MONGE, L.A. 1989. Cultivo del maíz (5 cultivos básicos) EUNED. San José Costa Rica. 238 p
- MONTOYA, J.M. 1971. Informe sobre el proyecto zonificación ecológica de cultivos de consumo básico y tradicionales de exportación para los países del Mercado Común Centroamericano. Turrialba. Costa Rica. IICA (100 mapas 1:500000). 59 p.
- MUNSELL COLOR COMPANY. 1975. Munsell soil color charts. Macketh a Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore, Maryland 21218, USA. 18 p.
- NOGGLE, R.G.; FRITZ, G.J. 1976. Introductory plant physiology. New Jersey, Prentice Hall International. 668 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.
- PEREZ, R. et al. 1978. Mapa de asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica, OPSA-MAG. Escala 1:200000.

- RIGGO, E.G. 1973. Análisis agrometeorológico del maíz para la siembra tradicional de mayo. Tesis Ing. Agr. San José. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 92 p.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J. 1982. How a corn plant develops. Special report N°48. Iowa State University Science Technology. 24 p.
- ROJAS, O.E. 1983. Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* sp) en Costa Rica :LAICA IICA. Serie Publicaciones Misceláneas N° 398. San José, Costa Rica. 120 p.
- ROJAS, O.E.; ELDIN, M. 1983. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp) en Costa Rica: LAICA-IICA. Serie publicaciones misceláneas N° 389. 20 p.
- ROJAS, O.E. 1985. Estudio agroclimático de Costa Rica. IICA. Costa Rica. Serie publicaciones misceláneas. N° 617. 178 p.
- ROJAS, O.E. 1986. Estudios agroclimáticos y zonificación agroecológica de cultivos: metodología y resultados. Serie publicaciones misceláneas N° A.1/CR-86006, IICA, Costa Rica. 106 p.
- ROJAS, O.E. 1987. La agroclimatología en la planificación agropecuaria. SEPSA- IICA. San José, Costa Rica. 22 p.
- ROJAS, O.E. 1987. Zonificación agroecológica del cultivo del café (*Coffea arabica*) en Costa Rica. IICA-CENIA publicaciones misceláneas. San José, Costa Rica. 83 p.
- 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 and Atmospheric Sciences. Ithaca, New York, USA. 200 p.
- SANDOVAL, L. et al. 1982. Mapa Geológico de Costa Rica. San José, Costa Rica, Ministerio de Industria Energía y Minas. Escala 1:200000.
- SEPSA. 1990. Zonificación socioeconómica de la región Huetar Norte. San José, Costa Rica, 168 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.
- SEPSA. 1992. Información básica del sector agropecuario. Vol. 6. San José, Costa Rica. 58 p.
- SONNEVELD, B.G. et al. 1993. Crop production potencial for rainfed agriculture in Nigeria. Sow Justaff working paper 93-03. Amsterdam. 78 p.
- USDA. 1992. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Washington D.C., USA, Soil Conservation Service, Report No.42. 397 p.
- USDA. 1993. Soil Survey Manual. Washington D.C., USA, Soil Survey Division Staff, Handbook No.18. 497 p.
- VAN DIEPEN C.A., et al. 1991. Land evaluation: from Intuition to quantification. Advance in Soil Science. New York. 15:139-201.
- 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. p. 101-115.
- VAZQUEZ, A. 1991. Programa nacional de clasificación del uso del suelo y control de la erosión (propuesta preliminar). Ministerio de Agricultura y Ganadería, SEPSA. San José, Costa Rica. 43 p. (En prensa).
- VIVES, L.; CHACON, A. 1972. Análisis de épocas de siembra de maíz. Investigaciones Agrometeorológica, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Boletín técnico 5 (5). 17 p.
- WAWEN, J. 1966. Effect of ton net assimilation rate, Annals of Botany (n.s) 30 (120). 761 p.