

CATIE  
ST  
IT-170

**GENERACION Y APLICACION DE LA  
INFORMACION DE SUELOS DE LA  
ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA**

**Actas del Taller Información de Suelos  
Guápiles, Costa Rica 2-4 Octubre 1990  
Exposiciones y Guía de Excursión**

**W.G. Wielemaker (Eds.)  
S.B. Kroonenberg**

**Turrialba, Costa Rica  
Abril 1992**



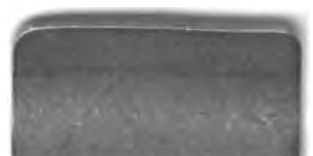
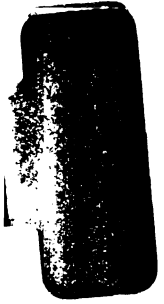
**THE ATLANTIC ZONE PROGRAMME**



**M A G**  
Costa Rica

**W**  
Agricultural Univers  
Wageningen

C585



**ATLANTIC ZONE PROGRAMME**

**SERIE TECNICA  
Informe Técnico No. 170  
Programme Paper No. 13  
Report No. 17**

**GENERACION Y APLICACION  
DE LA INFORMACION DE SUELOS DE LA  
ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA**

**Actas del Taller Información de Suelos  
Guápiles, Costa Rica 2-4 Octubre 1990  
Exposiciones y Guía de Excursión**

**Willem G. Wielemaker  
S.B. Kroonenberg (Eds.)**

**Turrialba, Costa Rica  
April 1992**

**CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE  
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA - CATIE**

**UNIVERSIDAD AGRICOLA  
DE WAGENINGEN - UAW**

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y  
GANADERIA DE COSTA RICA - MAG**

CATIE  
CT  
IT-140

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y la enseñanza de posgrado en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano, particularmente en los países de América Central y el Caribe.

El Programa Zona Atlántica (CATIE-UAW-MAG) es el resultado de un convenio de cooperación técnica entre el CATIE, la Universidad Agrícola Wageningen (UAW) Holanda y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica. El Programa, cuya ejecución se inició en abril de 1986, tiene, como objetivo a largo plazo la investigación multidisciplinaria dirigida a un uso racional de los recursos naturales, con énfasis en el productor pequeño de la Zona Atlántica de Costa Rica.



© 1992, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

ISBN 9977-57-124-4

631.497286

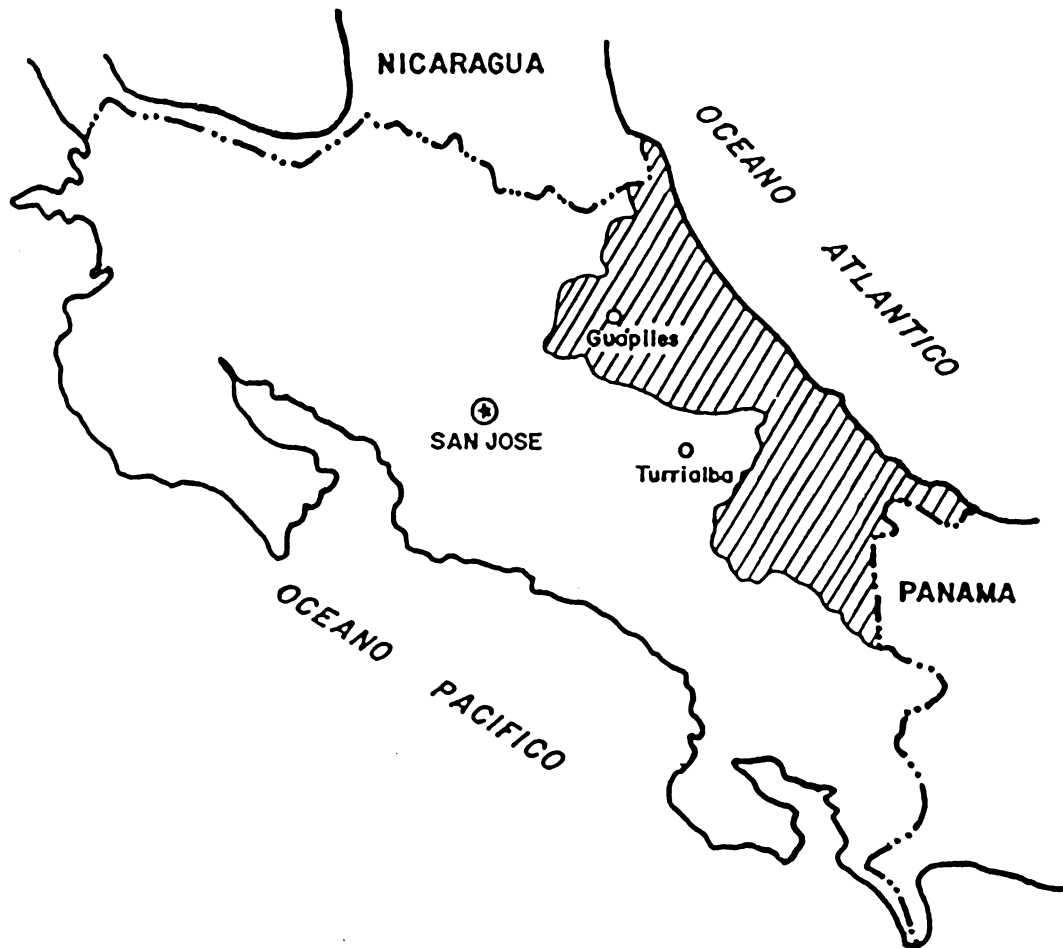
T147 Taller Información de Suelos (1990 : Guápiles, Costa Rica)

Generación y aplicación de la información de suelos de la zona atlántica de Costa Rica : actas / Willem G. Wielemaker and Salomón B. Kroonenberg, eds. -- Turrialba, C.R. : CATIE-MAG-UAW, 1992.

149 p. ; 27 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no. 170)

ISBN 9977-57-124-4

1. Suelos - Costa Rica - Conferencias, congresos, etc. I. Wielemaker, W.G., ed. II. Kroonenberg, S. B., ed. III. Título IV. Serie



Location of the study area.

## PREFACIO

En este volumen se publican las contribuciones presentadas durante el Taller "Información de Suelos" celebrado del 2 al 4 Octubre 1990 en Guápiles, y repetido en forma parcial el 8 de Octubre en CATIE, Turrialba y el 22 de Octubre en la Universidad Nacional Autónoma en Heredia, Costa Rica.

El volumen consta de cuatro partes:

Sección I abarca el texto de todas las contribuciones orales y en forma de paneles demostrativos presentadas el 2 de Octubre en Guápiles, y repetidas en Turrialba y Heredia posteriormente.

Sección II comprende la síntesis de las discusiones que se tuvieron en Guápiles el 4 de Octubre sobre la aplicación de los datos recolectados y sobre las futuras líneas de investigación.

Sección III comprende la descripción de las excursiones de campo presentadas el 3 de Octubre en el sector de Guápiles - Los Diamantes - Guácimo y Pocora.

Sección IV (Anexos) presenta algunos mapas generados con el Sistema de Información y Evaluación de Suelos y Tierras del Atlántico (SIESTA) presentado en la contribución de Wielemaker y Oosterom (Sección I), y alguna información adicional.

Con esta contribución queremos hacer constancia de los esfuerzos multidisciplinarios llevados a cabo en el marco del Programa Zona Atlántica, ejecutado en convenio entre el CATIE, el MAG y la Universidad Agrícola.

Quisiera agradecer a los organizadores del taller, y especialmente a Hans Bronkhorst organizador del taller en Los Diamantes y CATIE, Willem Wielemaker, Henk Waaijenberg y Sytze de Bruin por el trabajo enorme que han realizado. CATIE por ser anfitrión y por la colaboración fructífera de estos años. También a los que presentarán sus contribuciones a continuación.

Salomón B. Kroonenberg.

Estudio económico en el asentamiento Neguev.

La información adjunta es un adicional de nuestro informe presentado el día 29 de noviembre de 1991, en el Asentamiento Neguev.

Cada campesino obtiene información sobre su parcela, la cual esta dividida en cinco partes; dicha información forma parte de nuestro reporte final.

Primeramente un mapa de la parcela; subdividida en lotes dandose diferentes cultivos u otros agroecosistemas. Los números de el mapa refiere a los números de la primera columna del cuadro 1.

Seguidamente un mapa de la parcela; subdividido según el tipo de suelo, clasificado en alta o en baja fertilidad; pero en el cuadro 1 puede encontrar el tipo de suelo más especializado.

Cuadro 1: En este cuadro se puede encontrar el No. de lote, tamaño del área, tipos de suelos, cultivos y período de cultivación por lote.

Cuadro 2: Este es un resumen de los datos económicos por cultivo, se incluye el tipo de cultivo, el área, los ingresos (entrada de dinero), los egresos (salidas de dinero), costos por contratación de peones, ganancia (incluye ingresos menos egresos y costos por contratación de peones), horas mano de obra familiar y ganancia por hora familiar.

Figura 1: Esta nos muestra el período de tiempo laborado en diferentes cultivos, utilizando los 6 más importantes de la finca, determinando el tiempo por mes.

Específicamente en los casos de agricultores que han sido entrevistados por poco tiempo (4 meses), los datos son incompletos. Por ejemplo pueden haber muchos egresos pero no ingresos, por el momento, pero una vez cosechados sus productos las ganancias pueden mejorar. Por esta razón y otras continuaremos el estudio económico a completar el año.

Muchas gracias por su colaboración y buena suerte en el futuro.





## CONTENIDO

### SECCION I: Presentaciones en el Taller Información de Suelos

Información de suelos y el uso sostenible de la tierra en la Zona Atlántica de Costa Rica (Salomón B. Kroonenberg)	1
Un sistema de información para paisajes y suelos (Willem G. Wielemaker y A. Piet Oosterom)	6
Un metodo para inventariar el uso actual de la tierra (Jeroen Huising)	19
Geographical information techniques and photogrammetry in soil and landscape survey of the Atlantic Zone in Costa Rica (A. Piet Oosterom, H. John Stuiver, Wicher K. Krabbe and Rob M. Hootsmans)	23
Genesis de andisoles en el Noreste de la Zona Atlantica (André Nieuwenhuyse)	33
Estudio detallado de los suelos de la finca experimental "Los Diamantes" (Luis Guillermo Valverde y Marco Antonio Ugalde)	37
La aptitud de los suelos en el asentamiento Neguev (Sytze de Bruin)	41
Poblaciones de lombrices de tierra en suelos agrícolas de la Zona Atlántica de Costa Rica (E. Martínez, M. Chacón y Julio Fraile)	44
Macroartrópodos edáficos con relación al tipo de suelo y tipo de uso en la Zona Atlántica de Costa Rica (M. Chacón, E. Martínez y Julio Fraile)	47
Uso de información de suelos y de sensores remotos para explicar variaciones en la producción de banano (Edzo Veldkamp, E. Jeroen Huising, Alfred Stein y Johan Bouma)	50
Química y mineralogía de andisoles de diferentes edades en una cronosecuencia de suelos sobre lahares andesíticos en Costa Rica (Wilbert A. van Dooremolen, Willem G. Wielemaker, Nico van Breemen, Ed L. Meijer y L. Piet van Reeuwijk)	52
La problemática del cacao en la Zona Atlantica de Costa Rica (Henk Waaijenberg & Kees J. Tazelaar)	56
Factores que influyen en el uso de la tierra y una propuesta para un programa de investigación (Robert Schipper)	60

### SECCION II: Discusiones sobre Aplicación de Información de Suelos a la Zona Atlántica

Discusion sobre aplicación de información de suelos a la Zona Atlántica (resúmenes de las presentaciones por Antonio López, Rolando Rivas, Francisco Romero y Antonio Zumbado)	73
El desarrollo de sistemas agroforestales y la sostenibilidad (Donald C.L. Kass)	76
Utilidad del sistema de información de suelos para el área piloto (Sergio Abarca Monge)	79
Las futuras líneas de investigación en el Programa Zona Atlántica: Resumen de las discusiones. (Salomón B. Kroonenberg y Bert Boerrigter)	80

### SECCION III: Guías de excursiones

Sitio 1: Los Diamantes (Willem G. Wielemaker)	83
Sitio 2: Tajo de Jiménez (André Nieuwenhuyse)	91
Sitio 3: Las Delicias (André Nieuwenhuyse)	95
Sitio 4: EARTH (Willem G. Wielemaker)	101
Sitio 5: El Asentamiento Neguev (Sytze de Bruin)	106

### SECCION IV: Anexos

(pertenecen a Wielemaker y Oosterom, este volumen, p. 6-18) 119

Anexo 1. Mapa de gran paisajes	120
Anexo 2. Mapa geológico	121
Anexo 3. Mapa de cronosecuencia de suelo	122
Anexo 4. Clasificación de la aptitud para tipos de uso de la tierra	123
Anexo 4A. Mapa de clasificación de aptitud de uso	124
Anexo 5. Aptitud de cultivos exigentes	125
Anexo 5A. Mapa de requerimiento de labranza de cultivos exigentes y no-exigentes	126
Anexo 5B. Mapa de requerimientos de nutrientes de cultivos exigentes	127
Anexo 5C. Mapa de riesgo de erosión de cultivos exigentes	128
Anexo 5D. Mapa de requerimiento de agua de cultivos exigentes y no-exigentes	129
Anexo 5E. Mapa de requerimiento de oxígeno de cultivos exigentes y no-exigentes	130
Anexo 5F. Mapa de evaluación para cultivos exigentes	131
Anexo 6. Mapa de evaluación para cultivos no exigentes	132
Anexo 7. Mapa de capacidad de uso según CCT (1985)	133
Anexo 8. Atributos de información de suelo	134
Anexo 9. Leyenda del mapa de suelos del área de Pocora	137

Lista de participantes al Taller Información de Suelos, Guápiles 2-4 octubre.	139
---	-----

## **SECCION I - PRESENTACIONES EN EL TALLER INFORMACION DE SUELOS**

### **INFORMACION DE SUELOS Y EL USO SOSTENIBLE DE LA TIERRA EN LA ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA**

#### **Introducción al Taller "Información de Suelos"**

**Salomón B. Kroonenberg**

#### **LA NECESIDAD DE ESTUDIOS MULTIDISCIPLINARIOS**

Acabábamos de empezar a trabajar en la Zona Atlántica. Nos creíamos pioneros. Había muy poca información detallada sobre los suelos, y pensábamos ser los primeros en aplicar aquí el conocimiento edafológico adquirido en otras partes del mundo. Punto de partida fue la imagen simplificada de la selva virgen, que está desapareciendo bajo la presión de la colonización. Los campesinos recién llegados sufrían bajo la falta de conocimiento del suelo atlántico. "El Frente de Colonización en la zona Atlántica", así se llamaba el primer borrador de proyecto formulado por la primera misión en 1983.

Ahora bien, después de algun tiempo nos hemos podido dar cuenta, que por lo menos dos grupos de conocedores del suelo nos habían precedido.

En primer lugar, la selva no era virgen de ninguna manera. Casi en todas partes ha habido agricultores precolombinos, ya siglos antes del comienzo de nuestra era. Ellos fueron los primeros edafólogos de la Zona Atlántica. Quien ha estudiado los asentamientos precolombinos de Las Mercedes y otros, se ha podido dar cuenta que ellos escogieron preferiblemente las áreas de suelos negros volcánicos recientes para sus cultivos. Esto indica que tenían un buen conocimiento de los suelos. Lástima que esa fuente de información de suelos se perdió por la mayor parte.

El segundo grupo de edafólogos son los mismos campesinos. El estudio de suelo del asentamiento de Neguev por nuestros estudiantes y científicos no hizo mucho más que afirmar lo que los campesinos mismos ya sabían desde tiempos. Los campesinos les felicitaban a los estudiantes por eso. ¿No había algo de ironía en eso acaso? Qué le puede aportar todavía un edafólogo académico sobre los suelos de una finca, si el campesino mismo tras experimentos fracasados ya conoce la aptitud de sus suelos. A quien ha perdido tres cosechas de maíz sobre suelos rojos, no cabe decirle que la fertilidad química del suelo es baja. Algo de esos aspectos figurará en la exposición de Sytze de Bruyn.

Información adquirida por científicos de otras disciplinas, en estos casos arqueólogos o sociólogos entonces puede ser muy útil para el edafólogo, pero este tipo de trabajo normalmente no se incluye en levantamientos de suelo rutinarios. Estos dos ejemplos demuestran que a los edafólogos no nos conviene trabajar en el aislamiento de nuestra propia disciplina, sino que podemos aprender mucho al trabajar en conjunto con otras.

Y esto no sólo se refiere a la obtención de información, sino

más aún si consideramos el objetivo de estudios edafológicos.

La Universidad Agrícola de Wageningen hasta hace poco tuvo proyectos de investigación separados por disciplina: los edafólogos estaban en Kenya, los agrónomos en Suriname, los ingenieros rurales en Sri Lanka etc. Sin embargo, era claro que los problemas agropecuarios en el tercer mundo no son problemas de suelo, o problemas de plagas, o problemas socio-económicos. En todas partes factores físicos, biológicos, agronómicos y socioeconómicos juegan en conjunto. El concepto del Manejo Integral de Recursos Naturales adoptado por el CATIE y el MAG concuerda excelentemente con eso. Este enfoque integrado requiere investigaciones multidisciplinarias. La necesidad de estudios multidisciplinarios ha sido el punto de partida del programa de investigación conjunto de la UAW, con el CATIE y el MAG. Aunque el presente volumen se concentra sobre todo sobre información de suelos, consideramos que esa es sólo un eslabón imprescindible en un esfuerzo de alcance mucho más amplio, cuyo objetivo final es contribuir al uso de tierra sostenible en la Zona Atlántica.

## **EL PROGRAMA ZONA ATLÁNTICA**

El Programa Zona Atlántica fue establecido en 1986 en convenio entre el CATIE, el MAG y la UAW, con el objetivo de

- entrenar estudiantes en agronomía tropical
- investigación en temarios agrícolas relevantes
- contribuir al desarrollo de la Zona Atlántica

Qué hace una Universidad holandesa del todo en Costa Rica? Que hacen estos estudiantes pelirrojos con narices quemados con sus barrenas y calicatas? Porqué están molestando a los campesinos con sus preguntas impertinentes? No es suficiente lo que están haciendo las entidades regionales, nacionales e internacionales tal como el MAG y el CATIE en la zona? Hay algo que podemos aportar de nuevo a ellos? Creemos que sí, y es eso lo que queremos mostrar en este taller.

Se pueden distinguir tres fases en el desarrollo del Programa

Zona Atlántica:

1. Fase exploratoria - servía sobre todo para una rápida reseña de los problemas y temarios principales
2. Estudio de base - se escogieron tres zonas con características contrastantes para estudios detallados de suelos, de sistemas de producción y de aspectos socio-económicos e institucionales. Los resultados de esa fase presentamos en el primer taller en 1988, y se entregaron en forma publicada en el taller de hoy.
3. Fase principal - diseño de una metodología para ofrecer escenarios alternativos para el uso sostenible de la tierra.

## **METODOLOGÍAS PARA LA PLANEACIÓN DEL USO SOSTENIBLE DE LA TIERRA**

La planeación del uso sostenible de la tierra comprende aspectos

espaciales y temporales.

### Escalas de espacio y escalas de tiempo.

Es cierto que hay problemas directos urgentes en la Zona Atlántica: el campesino quiere mejorar su ingreso, la tierra es pequeña, o mala, la semilla es cara etc. Por otra parte hay suelos buenos que no están utilizados adecuadamente. Son problemas urgentes, y quizás hay soluciones para casos individuales. Podemos solucionar problemas similares para muchas fincas y diseñar miles de soluciones para miles de problemas locales. Pero solucionar los problemas únicamente en el nivel de finca conlleva algunos peligros consigo. Si decimos a un campesino que debe cultivar el maní por ejemplo, porque el precio en el mercado está bueno, él puede obtener ganancias considerables si lo cultiva. Pero si decimos lo mismo a mil campesinos en la misma región, crece la competencia, baja el precio por la sobreproducción y esto afecta a todos. Quiere decir que no sólo tenemos que considerar los problemas a escala de finca sino también a escala más grande, en ese caso en escala regional.

Otro ejemplo de problemas de diferente escala espacial: Se puede preguntar: ¿cuál es el tamaño mínimo para que una finca produzca un nivel de vida aceptable para sus inquilinos? Claro que eso depende de la calidad del suelo, de las condiciones climáticas, de los sistemas de producción factibles, de los precios en el mercado para los productos que se pueden cultivar. Y si cambian los precios cambian también las posibilidades. Pero si miramos a un nivel más regional, ¿cuántas fincas de ese tamaño mínimo cabrían en la Zona Atlántica? ¿Habría que aumentar el tamaño de las fincas demasiado pequeñas, o hay que intensificar los cultivos? ¿Y qué medidas hay que considerar frente a la incesante migración hacia la Zona Atlántica?

El estudio de los diferentes problemas en escalas diferentes de espacio se puede hacer con el punto de partida de las unidades naturales del paisaje y del suelo (land evaluation). Un ejemplo del último se ve en la presentación del poster de Luis Guillermo Valverde. Alternativamente se puede hacerlo con base en los sistemas de producción (Farming Systems Analysis).

Una etapa nueva lo constituye el desarrollo de una combinación de ambos conceptos en lo que se llama el sistema LEFSA (Land Evaluation and Farming Systems Analysis. Este estudio fue hecho en colaboración entre la Universidad de Wageningen, la FAO y el ITC de Enschede. Esto lo quisieramos aplicar también en la Zona Atlántica. La contribución de Rob Schipper, uno de los autores de la secuencia LEFSA enfocará sobre la secuencia LEFSA.

- Escala de tiempo: si estamos aplicando pesticidas, ¿no se va a deteriorar el suelo a largo plazo? ¿No quiere decir que el aumento momentaneo en ingreso se paga después con un deterioro del suelo? Sin embargo, el campesino tiene que vivir ya, ahora, a corto plazo, y sin ninguna duda no estará dispuesto de vivir en pobreza

para conservar el suelo para el futuro. Entonces, lo que parece ser ventajoso a corto plazo, puede resultar dañino a largo plazo. Esto entonces son aspectos de la sostenibilidad ecológica y económica. Para estudiar los efectos a corto plazo, podemos estudiar el comportamiento de los cultivos en estaciones experimentales como aquí en la casa de nuestro anfitrión, al igual que los estudios de lombrices en diferentes tipo de suelo del grupo de Julio Fraile de la UNA.

Pero pronosticar los efectos a largo plazo es más difícil, ya que no tenemos tiempo de vivir para saber si las medidas de hoy están dañando al futuro de nuestros nietos. Por lo tanto, debemos hacer estudios de largo plazo, tal como los de Andres Nieuwenhuijse y de Wilbert van Dooremolen. Ellos está estudiando la velocidad de los procesos naturales en el suelo. Esto servirá de referencia para poder cuantificar el impacto las actividades del hombre sobre el suelo. Este último es el tema de la contribución de Ed Veldkamp. Por fin esto debe llevar a simulaciones de efectos a largo plazo.

Lo que debemos buscar entonces son métodos para la agricultura sostenible que debe ser ecologicamente aceptable, economicamente viable y socialmente atractiva.

Es claro que no existen respuestas únicas a estas preguntas: depende mucho de las circunstancias. Lo que es sostenible en un suelo fértil quizás no lo es en un suelo marginal, ni en el sentido ecológico ni en sentido económico del concepto de sostenibilidad.

Sin embargo, hay que hacer decisiones. El campesino tiene que hacer decisiones sobre qué cultivar el próximo año. El extensionista tiene que decidir: ¿qué aconsejarle al campesino en vista del desarrollo del mercado? Y las entidades regionales y nacionales tiene que decidir: ¿cómo planificar las diferentes actividades necesarias desde el punto de vista regional? ¿Cómo dar prioridad a la conservación de la naturaleza y al mismo tiempo satisfacer al creciente número de gente sin tierra. Qué hacer dónde y cuándo?

La toma de decisiones puede facilitarse mucho si se puede visualizar el efecto de una decisión. Si se baja el precio del maíz, se quisiera saber

- cuáles campesinos serán afectados de tal manera que se vuelve inaceptable su nivel de vida
- qué cultivos permitirían al campesino afectado de mejorar sus ingresos, y a qué costo tanto en capital como en cuanto a sus consecuencias ecológicas?
- en qué suelos se podría seguir produciendo maíz con éxito y de manera sostenible?

Se nota que las preguntas refieren tanto a cuestiones de espacio y de tiempo. Muchas metodologías existentes abordaron únicamente o sea la cuestión espacial (evaluación de tierras) o sea la cuestión temporal (simulación de crecimiento de cultivos). La originalidad en lo que queremos hacer reside precisamente en la combinación de espacio y tiempo.

Existen ya maneras de programación compleja por computador, en los cuales todos esos factores físicos, económicos y sociales pueden ser tomados en cuenta a la vez. Lo que no existe, sin embargo, es una manera de presentar eso para cada unidad de suelo en un mapa. Si las alternativas calculadas podrían visualizarse en mapas computerizadas, utilizando un sistema de información geográfica, facilitaría mucho la toma de decisiones. Es eso el objetivo a largo plazo de nuestras actividades.

Un primer paso en ese trabajo es el de recolectar la información sobre el paisaje y los suelos en una manera que permita hacer este tipo de cálculos para cada unidad en el mapa. Una gran parte del presente taller está dedicado a la presentación de ese Sistema de Información de Suelos. En este han trabajado Willem Wielemaker y Piet Oosterom.

Otro aspecto importante es el del monitoreo del uso de la tierra. La manera más indicada para detectar cambios rápidos en el uso de la tierra actual es mediante el uso de imágenes de satélite y fotografías aéreas. Sobre eso tratará la exposición de Jeroen Huijsing.

Este taller tiene lugar al finalizar cinco años de investigación conjunta en el Programa Zona Atlántica, y en un momento en que la Universidad ha dado la luz verde para seguir adelante hasta finales de 1993. Queremos dar de una parte una reseña de todo que ha sido hecho en los últimos años, pero al mismo tiempo queremos indicar el papel de esas investigaciones en el objetivo final del Programa Zona Atlántica.

El factor humano queda indispensable, no sólo para la producción de los datos y su presentación, pero sobre todo porque el objetivo final es el de contribuir al desarrollo de la Zona Atlántica, para mejorar el nivel de vida de los campesinos.

# UN SISTEMA DE INFORMACION PARA PAISAJES Y SUELOS

Willem G. Wielemaker y A. Piet Oosterom

## INTRODUCCION

El sistema de información presentado en este trabajo es uno de los productos del Programa Zona Atlántica, un programa de investigación multidisciplinario desarrollado a partir de un convenio entre el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), la Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda (UAW) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG).

Las actividades del Programa se iniciaron en 1986, con un estudio exploratorio del ambiente físico-biológico y socio-económico (Van Sluys et al., 1989) que arribó (entre otras) a las siguientes conclusiones:

- No hay mapas de suelos detallados y confiables; sólo se dispone de un mapa en escala 1 : 200.000 (Vásquez, 1979).
- Hay mucha discrepancia entre el uso actual y lo que podría considerarse como el uso sostenible de la tierra.
- Hacen falta mapas e información sobre los suelos para guiar el uso de la tierra y planificar la investigación.

A partir de estas conclusiones, se decidió realizar estudios semidetallados de suelos y paisajes (en el marco de una investigación multidisciplinaria) en subáreas representativas de la Zona Atlántica de Costa Rica (Oñoro, 1990, Waaijenberg, 1990 y Wielemaker, 1990) y también un estudio de reconocimiento (escala 1 : 100.000) para la provincia de Limón y el cantón de Sarapiquí de la provincia de Alajuela.

La información generada durante el trabajo de campo se introdujo en una base de datos relacionada. Para organizar esta base se utilizó el sistema ARC-INFO, que tiene la ventaja de ser muy flexible para recuperar y presentar datos geográficos. El sistema quedó denominado con el acrónimo SIESTA: Sistema de Información y Evaluación de Suelos y Tierras del Atlántico.

## METODOLOGIA Y APLICACION

Se utilizaron fotografías infrarrojas en escala 1: 80.000 para identificar paisajes y suelos localizados al norte de la provincia de Limón y del cantón de Sarapiquí (provincia de Alajuela). Para cada uno de los paisajes se consideró: gran paisaje, litología, subpaisaje, edad relativa del suelo, relieve y tipo de depósito superficial (Oosterom et al., 1991).

En este estudio la unidad cartográfica es una asociación de fases de suelos. Los suelos se pueden considerar como segmentos del paisaje; cada suelo varía poco en cuanto a tipo de horizontes, profundidad, textura, material parental y drenaje. Por lo tanto su nivel de detalle es parecido a la Serie del Soil Taxonomy (Soil



Survey Staff, 1975). Sin embargo, se estableció una escala de características de acuerdo con su apariencia en el campo y no según la escala de características definidas por la Soil Taxonomy. Las diferencias en cuanto a pedregosidad, pendiente o posición fisiográfica para un mismo tipo de suelo se reconocen al nivel de la fase del suelo.

El suelo es uniforme en cuanto a manejo y aptitud para cultivos, más aún cuando se consideran las fases. La fase del suelo es el elemento básico del sistema de información geográfica presentado. En la Figura 1 y el Cuadro 1 se aprecia que el sistema relaciona las fases del suelo (TU-ID o identificador de terreno) y sus porcentajes con las unidades cartográficas (identificador del área).

En el Cuadro 2 se aprecian las características (o atributos de información) de las fases del suelo; los criterios y códigos usados se presentan en el Anexo 8. Cada atributo puede ser representado geográficamente. La descripción de los atributos pedológicos se basa en observaciones hechas con barreno, en análisis químicos y físicos de muestras y en descripciones de calicatas en sitios representativos (FAO, 1977). Los suelos se agruparon utilizando criterios derivados del Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975 y 1990); cada suelo fue clasificado hasta el nivel de subgrupo según Soil Taxonomy. En el Anexo 9 se aprecia un ejemplo de la leyenda utilizada para la descripción de los suelos. La leyenda se introduce por "niveles" en el sistema de información para facilitar la recuperación.

En el Cuadro 3 se muestra la relación entre el suelo, su grado de desarrollo (edad) y el ambiente físico en el que se formó. La edad relativa es un factor determinante y a la vez un atributo del TU-ID (en este caso, la fase del suelo), relacionado con otras características como grado de acidez, profundidad, textura y grado de disección del paisaje. Los ejemplos de cronosecuencias descritas por Nieuwenhuyse (1990) y Van Dooremolen *et al.* (1990) ilustran muy bien estos aspectos.



Cuadro 1. Tabula de la composición del área de Pocora.

AREA	TU1	%	TU2	%	TU3	%	TU4	%	TU5	%
1	32	100	0	0	0	0	0	0	0	0
2	60	60	119	40	0	0	0	0	0	0
4	121	60	122	40	0	0	0	0	0	0
5	46	80	85	20	0	0	0	0	0	0
96	60	50	8	30	63	20	0	0	0	0
109	17	100	0	0	0	0	0	0	0	0
120	21	80	92	20	0	0	0	0	0	0
125	58	100	0	0	0	0	0	0	0	0
133	39	100	0	0	0	0	0	0	0	0
134	95	70	8	30	0	0	0	0	0	0
157	110	80	109	20	0	0	0	0	0	0
158	111	60	112	40	0	0	0	0	0	0
160	20	80	113	20	0	0	0	0	0	0
162	117	90	116	10	0	0	0	0	0	0
164	56	50	118	50	0	0	0	0	0	0
165	25	100	0	0	0	0	0	0	0	0
169	125	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Q

AREA = identificador del área

TU1 .....TU5 = identificadores de terreno

Cuadro 2. Atributos de información del área de Pocora.

T.U.	C.T.	And	Hist	Mad	H.A.	Sub	Pro	Tex	P.D.	P.S.	CIC	Rea	S.B.	Dre	Aci	C.U.1	C.U.2	F.L.	Pot1	Pot2	S.C.
8	P122	5	0	1	8	4	1	353	0	0	3	1	1	0	3	10	10	d1d2	10	10	52
17	M12111	1	0	2	2d	1	3	232	0	2	3	1	2	4	1	2	2	s4	2	2	13
20	M12114	1	0	2	4d	1	3	133	3	2	3	1	2	4	3	3	3	s4	3	3	14
21	M12212	1	0	2	3d	4	3	232	0	0	3	1	2	4	3	2	2	s1	2	2	11
25	M12311	1	0	2	5	2	3	233	2	0	3	2	2	3	3	3	3	s1	3	3	12
32	M12323	1	0	2	7	2	3	243	1	1	3	2	2	4	3	3	3	s3	3	4	21
39	M21111	2	0	2	5	4	2	221	0	0	3	1	2	4	3	3	3	s1	3	3	11
46	M32113	3	0	2	7	4	3	232	0	0	3	1	2	3	3	3	3	d1	2c	2c	12
56	F1111	4	0	2	7	3	3	241	1	1	3	2	2	4	3	4	4	e1	4	4	24
58	F1122	4	0	2	8	2	3	241	0	0	3	2	2	4	3	4	4	s3	4	4	21
60	F1132	4	0	2	7	3	4	353	0	0	3	3	2	4	2	9	9	s3	9	9	34
63	F1143	4	0	2	8	4	5	353	0	0	2	2	2	4	2	9	9	e1s3	9	9	51
85	M31111	3	0	2	7	4	3	241	0	0	3	1	1	2	3	6	6	d1	2c	2c	12
92	M21211	2	0	2	8	4	2	221	0	0	3	3	2	4	3	3	3	s1	3	3	11
95	F1132	4	0	2	7	3	4	353	0	0	3	3	2	4	2	9	9	s3	9	9	34
109	F1131	4	0	2	8	3	4	353	0	0	3	2	2	4	3	9	9	e1	9	9	51
110	F1131	4	0	2	8	3	4	353	0	0	3	2	2	4	3	9	9	e1	9	9	51
111	F1121	4	0	2	7	3	3	353	0	0	3	2	2	4	3	7	8	s2s3	7	8	24
112	F1121	4	0	2	7	3	3	353	0	0	3	2	2	4	3	6	6	e1s3	6	6	24
113	M12114	1	0	2	7	1	3	233	2	3	3	2	2	4	3	10	9	e1	10	9	51
116	M31113	3	0	2	7	2	3	241	1	1	3	1	2	4	3	9	9	e1	9	9	51
117	F1122	4	0	2	7	2	3	241	0	0	3	1	2	4	3	6	6	d1	3s4	3s4	12
118	F1111	4	0	2	7	3	3	241	1	2	3	2	2	4	3	4	4	s3	4	4	21
119	F1132	4	0	2	7	3	4	353	0	0	3	3	2	4	3	9	9	e1s4	9	9	51
121	A21	5	1	0	0	4	5	0	0	0	3	3	2	4	2	10	10	s3	9	10	52
122	P121	5	0	0	8	4	1	353	0	0	3	2	2	0	3	10	10	d1d2	10	10	52
125	M12323	1	0	2	7	2	3	243	2	2	3	2	2	4	3	3	4	s3	3	4	23

T.U. = Identificador de terreno

C.T. = Código Taxonómico<sup>1</sup>and = Características ácidas<sup>2</sup>Hist = Propiedades históricas<sup>2</sup>Mad = Madurez<sup>2</sup>H.A. = Características del hor. A<sup>2</sup>Sub = Tipo de substrato<sup>2</sup>Pro = Profundidad efectiva<sup>2</sup>Tex = Textura del suelo<sup>2</sup>P.D. = Pedregosidad dentro del perfil<sup>2</sup>P.S. = Pedregosidad superficial<sup>2</sup>CIC = Cap. de intercambio de cationes<sup>2</sup>Rea = Reacción del suelo<sup>2</sup>S.B. = Saturación de bases<sup>2</sup>Dre = Drenaje del suelo<sup>2</sup>Aci = Acidez<sup>2</sup>C.U.1 = Capacidad de uso (Zona bmh-T)<sup>3</sup>C.U.2 = Capacidad de uso (Zona bh-T)<sup>3</sup>F.L. = Factores limitantes<sup>3</sup>

Pot1 = Cap. de uso potencial (bmh-T)

Pot2 = Cap. de uso potencial (bh-T)

S.C. = Clase de aptitud<sup>2</sup>

Cuadro 3. Los suelos en relación con la fase de desarrollo y el ambiente físico.

<sup>1</sup>ver Cuadro.<sup>3</sup>Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. C.C.T. San José, Costa Rica. 1985.<sup>2</sup>ver Anexo 8.<sup>4</sup>ver Anexo 4.

H.A. = Características del perfil A  
Sub = Tipo de substrato  
Pro = Profundidad efectiva<sup>2</sup>

Dre = Drenaje del suelo<sup>3</sup>

S.C. = Clase de espitud<sup>4</sup>

---

4ver Anexo 4.

Cuadro 3. Los suelos en relación con la fase de desarrollo y el ambiente físico.

FASE DE DESARROLLO (EDAD)	8	LA CABANA	PRECIPICIO	SILENCIO				
	7	SURETKA COCORI CIMARRONES	NEGJEV	LA RAMBLA				
	6	LOMAS DE SIERPE	HUETAR MILANO	LA ALDEA				
	5	LAGUNILLAS IROQUOIS	JIMENEZ ALEGRIA	MERCEDES				
	4	ST. TERESITA BARRANCA LAS DELICIAS	CHIRIPO CORINTO RIO CRISTINA	CARTAGENA	LIGIA			
	3	TRAZU RIO ROCA (VARIANTE)	RIO MOLINO SUERRES HORQUETAS	LOS DIA- MANTES RIO FRIO TORTUJERO	SANTA CLARA DESTIERRO	MATAS DE COSTA RICA	COPE MALANGA	
	2	RIO ROGA	DOS NOVILLOS (VARIANTE)	MONTELMAR DOS NOVILLOS LA LUCHA	BOSQUE SARDINA PARISHINA	ZENT PERLA		
	1			FLORES GAVILAN BARRA SAN RAFAEL		FLORES SAN RAFAEL	AGUA FRIA LIQUIDO BARRO	CARO BRAVO CARO NEGRO CARO MORENO
MATERIAL PARENTAL	CENIZA/ LAVA	LAVA/ CENIZA	FLUVIOLAHAR	ALUVIAL VOLCANICO	ALUVIAL FINO Y VOLC	ALUVIAL NO VOLCANICO (GRUESO)	ALUVIAL MUY FINO	PANTANOS CON TURBA
PRECIPITACION ANUAL	> 6000 MM	←-----3000 mm ----- 6000 mm ----->						
DRENAJE	BUENO- IMPERFECTO	BUENO	BUENO- IMPERFECTO	BUENO Y (MALO)	BUENO- IMPERFECTO	BUENO Y (MALO)	POBRE A PANTANOSO	PANTANOSO

Los suelos se agruparon (1) por orden ascendente de edad de 1 a 8, a lo largo del eje vertical, y (2) según el ambiente en que se formaron a lo largo del eje horizontal. Las primeras cuatro columnas del Cuadro comprenden los suelos que se desarrollaron a partir de sedimentos volcánicos compuestos de arena o material más grueso; Las cuatro últimas comprenden los suelos que se desarrollaron sobre material más fino y con drenaje impedido o sobre arena que no es de origen volcánico.

Los criterios utilizados para ordenar los suelos por edad variaron de una columna a otra, pero los más importantes fueron profundidad, grado de lixiviación y meteorización. A modo de ejemplo se incluye la descripción de una secuencia de suelos desarrollados a partir de material aluvial y fluvio-lahar volcánico.

La edad de un suelo depende de la fecha en que fueron depositados los materiales a partir de los cuales se desarrolló. Por ejemplo, el suelo San Rafael se formó sobre arena depositada por el río Chirripó hace 20 años. Puede apreciarse que durante estos 20 años, ya se ha formado un horizonte superficial de 6 cm en el que parte de la arena se meteorizó produciendo algo de limo y de arcilla; además, se ha acumulado materia orgánica.

Al aumentar la edad del suelo aumentan también la profundidad y el porcentaje de arcilla, así como la profundidad del horizonte A oscuro y el porcentaje de materia orgánica (desde Montelimar o Sardinias, fase de desarrollo 2, con un A de menos de 30 cm, hasta Cartagena, fase 4, con un A de más de 60 cm). Sin embargo, después de la fase de desarrollo 4, el horizonte superficial es menos oscuro; este fenómeno se relaciona con el tipo de arcilla formada.

En las fases 1 a 4 se forman arcillas amorfas. Las arcillas amorfas (especialmente los componentes extraíbles con oxalato de aluminio y hierro) tienden a fijar fuertemente el fósforo y la materia orgánica; por lo tanto, con la edad, los suelos se vuelven más oscuros. El conjunto de características producidas por las arcillas amorfas se conocen como "características ándicas". A estas características se adscribe una baja densidad aparente (menos de 0.9 g/cc) que coincide con una alta porosidad del suelo.

A partir de la fase 5, las arcillas amorfas tienden a disminuir; la fuente de formación de estas arcillas, que es la fracción de arena fácilmente meteorizable, se agota. Primero se desarrollan arcillas cristalinas de tipo haloisita y posteriormente, en las fases 7 y 8, se convierten en caolinitas.

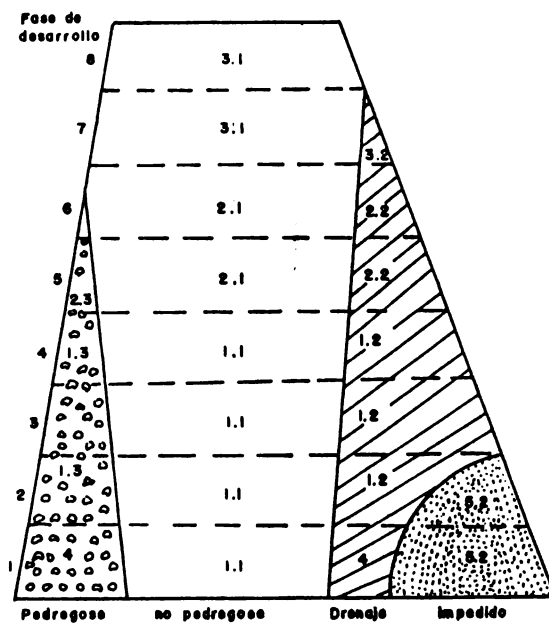
El estado nutricional del suelo es bueno hasta la fase 4; por lo tanto, estos suelos son muy aptos para toda clase de cultivos, con excepción del fase 1, que es muy delgado. A partir de la fase 4, la arena fácilmente meteorizable, que es la fuente de nutrientes, se agota cada vez más; por lo tanto, el pH desciende y la acidez aumenta hasta alcanzar niveles tóxicos en las fases 7 y 8. Por eso, los últimos suelos sólo son aptos para cultivos que toleran la acidez y no son muy exigentes en cuanto a nutrientes.

El grado de desarrollo del suelo está muy relacionado con el grado de lixiviación, y por lo tanto, es un criterio dominante para evaluar su fertilidad. Comparando el grado de desarrollo o de lixiviación con los requerimientos de grupos de cultivos en cuanto a nutrientes, es posible determinar hasta qué punto estos

requerimientos pueden ser satisfechos por el suelo (FAO, 1976). La aptitud también se determina evaluando otros factores, como requerimientos de oxígeno (el criterio de evaluación es el drenaje), riesgo de erosión (el criterio es la pendiente) y posibilidad de labranza (el criterio es la pedregosidad). En el Cuadro 4 se describe esta clasificación que se presenta en un mapa en Anexo 4. La Figura 2 relaciona la aptitud al grado de desarrollo del suelo. En los Anexos 5 y 6 se presentan dos mapas de aptitud, uno para cultivos muy exigentes y otro para cultivos poco exigentes en cuanto a nutrientes.



Figura 2. Aptitud de la tierra comparando fase de desarrollo (estado de lixiviación), drenaje y pedregosidad con exigencias de tipos de uso de la tierra (para la leyenda ver Cuadro 4).



**Clases de aptitud**

- Fértil, apto para cultivos exigentes
- mod. fértil y ácido, apto para cultivos moderadamente exigentes
- no fértil y muy ácido, apto para cultivos poco exigentes
- fértil, muy poco profundo, uso muy restringido
- áreas a proteger por mal drenaje (5.2)

3 y 2.3 para cultivos que exigen poca labranza (por pedregosidad)  
 2, 2.2 y 3.2 pasan a clase de aptitud  
 1, 2.1 o 2.3 si se les drena

Cuadro 4. Clasificación de la aptitud de la tierra por grandes tipos de uso en La Zona Atlántica de Costa Rica

- 1 Aptos para cultivos exigentes en cuanto a fertilidad, como banano plátano y maíz: no ácidos, moderadamente profundos a profundos, franco arenosos a franco arcillosos.
  - 1.1 Bien drenados, con pendientes del 0-8 %, poco a no pedregosos aptos para cultivos exigentes en cuanto a labranza y que representan riesgo de erosión.
  - 1.2 Como 1.1, pero sólo con drenadoje artificial.
  - 1.3 Con 0- 8 % de pendiente, pero pedregosos; aptos para cultivos que no exigen labranza.
  - 1.4 Con 8-30 % pendiente; aptos para cultivos que evitan erosión por su cobertura vegetal permanente.
  
- 2 Aptos para cultivos moderadamente exigentes en cuanto a fertilidad como chile, maracuyá, raíces, agroforestería; moderadamente ácidos moderadamente profundos a muy profundos, franco arcillosos a arcillosos.
  - 2.1 Bien drenados, con 0-8 % de pendiente, poco a no pedregosos; apto para cultivos exigentes en cuanto a labranza y que representan un riesgo de erosión.
  - 2.2 Como 2.1, pero sólo con drenaje artificial.
  - 2.3 Con 0-8 % de pendiente, pero pedregosos; aptos para cultivos que no exigen labranza.
  - 2.4 Con 8-30 % de pendiente; aptos para cultivos que evitan la erosión por su cobertura vegetal permanente.
  
- 3 Aptos para cultivos muy poco exigentes en cuanto a fertilidad y tolerantes a la acidez, como piña, algunas especies de palmas y cultivos forestales: ácidos, arcillosos, moderadamente profundos a muy profundos.
  - 3.1 Bien drenados, con 0-8 % de pendiente, poco a no pedregosos; apto para cultivos exigentes en cuanto a labranza y que representan un riesgo de erosión.
  - 3.2 Como 3.1, pero sólo con drenaje artificial.
  - 3.3 Con 0-8 % de pendiente, pero pedregosos; aptos para cultivos que no exigen labranza.
  - 3.4 Con 8-30 % de pendiente; aptos para cultivos que evitan erosión por su cobertura vegetal permanente.
  
- 4 Con un uso agrícola muy restringido; son muy poco profundos, arenoso y a veces pedregosos.
  - 4.1 Bien drenados, con menos de 30 cm, franco arenosos sobre arena y piedras; aptos sólo para caña brava, cultivos anuales de poco arraigo, bambú y cultivos arbóreos.
  - 4.2 Bien drenados, con menos de 10 cm, arena francosa sobre arena y piedras; aptos sólo para cultivos con arraigo muy poco profundo caña brava, bambú y camote.
  
- 5 Areas para protección.
  - 5.1 Con más del 30 % de pendiente.
  - 5.2 Areas pantanosas y muy pobremente drenadas, y pantanos.

## CONCLUSIONES

Este sistema de información puede servir de base, pero debe complementarse con información agronómica (producción), económica y sociológica. Huising (1991) demuestra que es posible combinar información geográfica sobre tipo y tamaño de la explotación con información sobre la aptitud de la tierra para evaluar el uso actual con vistas a un uso más adecuado. Aplicando criterios de sostenibilidad (ecológica, económica y sociológica) se debieran elaborar diferentes escenarios de uso de la tierra y comprobar hasta donde cumplen con esos criterios. El sistema de información presentado debería encuadrarse dentro de esta línea de trabajo en el próximo programa.

## REFERENCIAS

- FAO, 1976. A framework for landevaluation. Soils Bulletin N° 32. FAO. Rome, Italy.
- FAO, 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelos. FAO. Roma, Italia.
- HUISING, J., 1991. Un método para inventarizar el uso actual de la tierra. en: W.G. Wielemaker y S.B. Kroonenberg (eds): Generación y aplicación de la información de suelos de la Zona Atlántica de Costa Rica. Informe Técnico nr. 170: 25-30. Programme paper no. 13, AtlanticZone programme CATIE-UAW-MAG. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- NIEUWENHUYSE, A. 1990. Formation of andosols in a chronosequence of andesitic beach sands in Costa Rica. Chemical Geology 84:108-110.
- OÑORO, T. (ed.), 1990. El asentamiento Neguev. Interacción de campesinos y estado en el aprovechamiento de los recursos naturales. Serie Técnico, Informe Técnico N° 162. Programme paper N° 7, Atlantic Zone Programme CATIE-UAW-MAG. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- OOSTEROM, A.P., H.J. STUIVER, R.M. HOOTSMAN Y W.K. KRABBE, 1991. Geographical information techniques and photogrammetry in soil and landscape inventories of the Atlantic Zone in Costa Rica. In: (ver Huising).
- SOIL SURVEY STAFF, 1975. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. United States Dep. of Agriculture. Agr. Handbook N° 436. Government Printing Office. Washington D.C., U.S.A.
- SOIL SURVEY STAFF, 1990. Keys to Soil Taxonomy. Agency for International Development. United States Department of Agriculture, Soil Management Support Services. SMSS Technical Monograph no. 19 4th edition. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia.
- SLUYS, F.R. VAN, WAAIJENBERG H., WIELEMAKER W.G. Y J.F. WIENK, 1989. Agricultura en la Zona Atlantica de Costa Rica, informe de estudio exploratorio. Serie Técnica, Informe Técnico N° 141. Programme paper N° 4, Atlantic Zone Programme CATIE-UAW-MAG. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

- VAN DOOREMOLEN, W.A., WIELEMAKER, W.G., VAN BREEMEN, N., MEIJER, E.M. & VAN REEUWIJK, L. 1990 Chemistry and mineralogy of andosols of various age in a soil chronosequence on andesitic lahars in Costa Rica. *Chemical Geology* 84:139-141.
- VASQUEZ, A., 1979. Mapa de suelos de Costa Rica escala 1:200.000. MAG. San José, Costa Rica.
- WAAIJENBERG, H. (ed.), 1990. Río Jiménez, ejemplo de la problemática agraria de la Zona Atlántica de Costa Rica. Un análisis con enfoque histórico. Serie Técnico, Informe Técnico N° 160. Programme paper N° 5, Atlantic Zone Programme CATIE-UAW-MAG. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- WIELEMAKER, W.G. (ed.), 1990. Colonización de las lomas de Cocorí. Deforestación y utilización de los recursos de tierra en la Zona Atlántica. Serie Técnico, Informe Técnico N° 157. Programme paper N° 6, Atlantic Zone Programme CATIE-UAW-MAG. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

# **UN METODO PARA INVENTARIAR EL USO ACTUAL DE LA TIERRA**

**Jeroen Huising**

## **INTRODUCCIÓN**

Uno de los objetivos del Programa Zona Atlántica (PZA) es evaluar el uso actual de la tierra con la finalidad de contribuir al desarrollo sostenido de la región.

La información sobre el uso y cobertura de la tierra en la Zona Atlántica de la cual se dispone actualmente es antigua y muy general (NUHN, 1978; HALL, 1984); por esa razón, se decidió hacer un inventario del uso de la tierra en la Zona Atlántica de Costa Rica.

## **OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN**

La información sobre el uso de la tierra debe cubrir dos aspectos: uno se refiere a la cobertura misma del terreno y se puede registrar directamente mediante fotografías aéreas e imágenes de satélite; el otro tiene que ver con el uso socio-económico del recurso (los sistemas de producción y los sistemas de finca). El uso socio-económico y su distribución espacial no se pueden registrar directamente, de modo que deben deducirse a partir de la información sobre la cobertura y sobre las características espaciales de que se dispone. El tamaño de la finca es un dato importante por medio del cual se puede traducir estas características espaciales en información sobre el uso.

El concepto de "zona de uso de la tierra" alude a una zona que se caracteriza por un determinado patrón de uso de la tierra. Este patrón tiene que ver tanto con el aspecto espacial (división del terreno) como con la cobertura específica de la tierra.

Un aspecto importante del uso de la tierra es que no es estático; por lo tanto, se debe facilitar la actualización de la información disponible sobre el tema. Para ello se debe contar con una metodología adecuada, que maneje información y criterios cuantitativos, que son los que permiten una descripción formal del proceso de clasificación.

Teniendo en cuenta lo expuesto en los párrafos anteriores, los objetivos del estudio fueron:

- Definir un método para levantar y mapear el uso de la tierra usando información y criterios cuantitativos y formales para la clasificación del uso de la tierra.
- Mapear el uso de la tierra en la Zona Atlántica de Costa Rica.

## **METODOLOGÍA**

Se usó una imagen de satélite (LANDSAT-Mapeador Temático, 26-2-1986) para obtener información sobre la cobertura de la tierra en

el área bajo estudio. Esta se aprecia mejor mediante la información espectral de la imagen de satélite que con fotografías aéreas.

Sin embargo, por su alta resolución, las fotografías aéreas permiten discernir mejor las áreas con base en las características espaciales (se usaron aerofotos infrarrojas, con escala 1:80.000 de 1984). Las fotografías aéreas se usaron para la delineación de las Zonas de Uso de la Tierra (ZUT), con base en las siguientes características de la fotografía:

- tipo de límites entre zonas
- presencia de lineamientos y de "caras"<sup>1</sup>
- tipo y claridad de los límites de las caras
- tamaño de las caras
- forma y arreglo de las caras
- presencia de árboles dispersos en el campo
- homogeneidad de la zona (homogénea, compuesta o compleja)
- tono y textura
- tamaño de la unidad

Información sobre la composición de la cobertura de las zonas de uso se obtiene mediante un cruce del mapa de zonas de uso con la clasificación de la cobertura de la tierra. Así se dispone, de cada ZUT, sobre datos referente a la composición de la cobertura de la tierra, la distribución de tamaño de las caras y a la información sobre el arreglo espacial.

Estos datos se usan para comprobar la interpretación. Se analiza si las zonas muestran una diferencia significativa en cuanto a sus características mencionadas. También se usan análisis estadísticos para definir las clases de cobertura y las clases de tamaño de las caras (a nivel de la zona de uso).

Con base en los resultados obtenidos (la clase de cobertura por zona y la clase de tamaño de finca) y en el arreglo espacial, se definen las clases definitivas de uso de la tierra.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las imágenes de satélite se han usado con frecuencia para inventariar el uso y la cobertura de la tierra (LILLESAND & KIEFER, 1987; AHMAD, 1986). Sin embargo, por las razones ya mencionadas, en este estudio, los datos de sensores remotos sólo se usaron para el reconocimiento de la cobertura.

A continuación se presenta una lista de los tipos de cobertura que fueron diferenciados y mapeados con la información

---

<sup>1</sup> Las "caras" son las superficies homogéneas que se pueden distinguir en las aerofotos, separadas de otras superficies por líneas o por diferencias de tono; muchas veces corresponden a parcelas o apartos.

proporcionada por los sensores remotos, con el porcentaje de exactitud de la clasificación.

banano	80%
bambú	82%
ornamentales	64%
bosque	94%
vegetación secundaria	89%
área arbolada	84%
pasto 1	70%
pasto 2 (pasto suamposo o mal atendido)	72%
suelo desnudo y área de construcción	
bosque pantanoso	
bosque secundario	
plantaciones (coco, pejibaye, palmito)	
ríos y canales	
nubes y sombra de nubes	

El reconocimiento de los tipos de cobertura no se hizo a un nivel más detallado porque la clasificación resultó poco precisa. Sin embargo, los tipos de cobertura permiten hacer varias interpretaciones del uso de la tierra. La interpretación depende del contexto espacial, que refleje el enfoque del uso y del manejo.

La hipótesis sobre la cual se ha basado

El tamaño de las caras puede ser utilizado como criterio de clasificación porque la correlación entre el tamaño de la cara y la clase promedio del tamaño de la finca (ambos levantados por zona de uso) fue alta. De esa correlación se excluyeron las empresas comerciales, como fincas de ornamentales y plantaciones bananeras, porque allí el tamaño de las parcelas depende más del cultivo y menos del área de la finca.

Para el análisis se definieron clases de tamaño de finca y no se uso el tamaño promedio de la finca por zona. En esta manera fue posible corregir para la variación progresiva del tamaño de finca, que se muestra con un tamaño promedio aumentativa.

Se obtuvo un valor de 0.81 para R-cuadrado cuando se consideró un modelo de regresión lineal, y de 0.87 para un modelo de regresión no-lineal.

Sin embargo, el promedio del tamaño de caras tiene poco valor para la comparación de las zonas, cuando no se toma en cuenta la variación en el tamaño de las caras o de las fincas por zona de uso, por lo que se aplicó un análisis de varianza (STEEL & TORRIE, 1980). Con base en los resultados obtenidos se pudieron definir las siguientes clases de tamaño promedio de caras, con sus respectivas clases de tamaño de finca:

Clase	Tamaño prom. de caras (ha)	Tamaño de finca (ha)
I	1.0 - 3.8	0 - 29
II	2.4 - 5.5	10 - 60
III	4.9 - 11.0	30 - 260
IV	9.9 - 17.6	85 - 1000
V	13.8 -	>400

Las características espaciales de las zonas de uso se codificaron; con base en esos códigos y en las clases de cobertura y de tamaño de finca definidas, se establecieron las clases definitivas de uso de la tierra. Para la asignación de las clases a las zonas de uso se pueden establecer normas de clasificación con base en criterios cuantitativos.

### CONCLUSIONES

1. El tamaño de las "caras" muestra una clara correlación con el área de la finca y es posible cuantificar este criterio. Por lo tanto es un criterio importante para el inventario de uso de la tierra.

2. Se hizo evidente que había claras diferencias entre grupos de zonas de uso, tanto en lo referente a la composición de la cobertura de la tierra como el tamaño de la finca. La zona de uso es un concepto útil para el inventario de uso de la tierra.

3. El uso de la información proporcionada por los sensores remotos en combinación con la interpretación de las fotografías aéreas permite disponer de un método cuantitativo para la clasificación del uso de la tierra.

### REFERENCIAS

- AHMAD, W. 1986. Land use/cover mapping using remotely sensed data with special emphasis on application to forestry. A review of literature: 1973-1984. Divisional report 86/1, CSIRO, Institute of Biological Resources; division of water and land resources. Canberra A.C.T.
- HALL, C. 1983. Costa Rica: una interpretación geográfica con perspectiva histórica. Editorial Costa Rica, San José. Costa Rica.
- LILLESAND, T.M. & R.W. KIEFER, 1987. Remote sensing and image interpretation. Second edition, John Wiley & Sons, New York.
- NUHN, H. 1978. Atlas preliminar de Costa Rica.
- STEEL, R.G.D. and J.H. TORRIE, 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Second edition. McGraw-Hill Book Company, Singapore.



# **GEOGRAPHICAL INFORMATION TECHNIQUES AND PHOTOGRAMMETRY IN SOIL AND LANDSCAPE SURVEY OF THE ATLANTIC ZONE IN COSTA RICA**

**A. Piet Oosterom, H. John Stuiver, Wicher K. Krabbe and Rob M. Hootsmans**

## **INTRODUCTION**

Use of aerial photographs in soil and landscape inventories requires a transfer of the survey data to compile maps with a national grid system. This map compilation is commonly carried out manually with aid of photogrammetrical instruments.

The Department of Land Surveying and Remote Sensing of the Agricultural University of Wageningen recently developed a procedure which enables digital map compilation directly from aerial photographs. The photogrammetrical instruments have been replaced by simple PC-based digitizing equipment. To compute the necessary coordinate conversions software has been developed which makes use of modern analytical photogrammetry.

Digital map compilation was applied in the soil and landscape survey of the Atlantic Zone, in combination with the use ARC/INFO software. The resulting information system has a high geometric accuracy and allows addition and updating directly from aerial photographs. Analytical output from the system can be presented at any map scale or superimposed on photo-overlays.

This paper describes and discusses the survey process from data acquisition to map compilation. A practical query example is given to illustrate the potential use of the information system. Finally a synopsis is given of the time expenditure for the total survey.

## **DATA ACQUISITION**

Exploratory and reconnaissance surveys of soil and land resources of the Northern Atlantic Zone (c. 555 000 ha) were carried out with aid of infra-red stereo photography scale 1 : 80 000 (1984). Black and white photos with scales of 1 : 35 000 (1981) and 1 : 10 000 (1989) were used for detailed surveys in pilot areas.

The smallest survey division is the terrain unit (TU), characterised by a typical geo(morpho)logy and a specific soil type with a fixed range in properties (Wielemaker & Oosterom, 1991). Of each soil type a central concept was defined and used to handle the three dimensional soil data in a two dimensional ARC/INFO system. The real mapping units (MU) consist of one or more terrain units. They are described by the identifiers of the terrain-units and the estimated percentages of their contribution to the mapping unit.

Both terrain and mapping units were defined during the interactive process of photo-interpretation and fieldwork. This requires an open and easy to edit data structure, because definitions and descriptions of attributes are due to change. The database management package DBASE III+ was used for this purpose.

## **DATA CAPTURE**

When geometric data are captured by photo digitizing, the coordinate values of the measurements objects have to be expressed in the coordinate system of the camera's image plane. This coordinate system is defined by the position of fiducial marks. Depending upon the camera type, these marks can be found either in the image's corners or half way along the image's edge. The coordinates of the fiducial marks have been calibrated by the manufacturer. Their values are obtained from the aerial survey company making the photographs or can be found in photogrammetric manuals.

To make digital map compilation possible, the measured photo coordinates need to be converted into terrain coordinates. This data conversion is performed by using modern analytical photogrammetry.

## **DATA CONVERSION**

The real position of the digitized objects is normally obtained by measuring reference points with known X,Y,(Height) values of the national coordinate system. When digitizing from maps the intersection points of grids are commonly used, but on aerial photographs these points cannot be seen. Therefore it is necessary to determine on each photo recognizable points of which the X,Y,(H) values are known in terrain coordinate of the national grid system. The computation needed to obtain these reference points is known as the aerial-photo block adjustment.

Two type of reference points are necessary to carry out the block adjustment: ground control points and tie points (Slama, 1980).

-Ground control points are reference points visible along the edge of the photo block and known in X,Y and H values. The coordinate values can be obtained by using topographical maps, geodetic field surveys or a Global Positioning System (GPS).

-Tie points are reference points in the overlap zone and the centre of each photo. They are used to connect the photos during the block adjustment.

The ground control points for the block adjustment of the Northern Atlantic Zone were accumulated from 1:50000 topographical maps. The programme BAWIM (Block Adjustment With Independent Models, developed by the ITC in Enschede on a VAX Digital computer) was converted to be able to carry out the computation in a MS-Dos PC environment. The block adjustment results in a set of reliable and accurate reference points which is used for a second computation to determine the numerical restitution of a single photograph.

The numerical restitution (or outer orientation) of an aerial photograph is calculated to define the X,Y,H position of the camera during flight and the aircraft's tilt. The result of the calculation is a parameter set with which it is possible to transfer each point in the camera's image plane to the terrain

(Molenaar & Stuiver, 1987). The programme to compute the numerical restitution is called NUMRES. It uses the set of reference points, the principal distance of the used camera and the estimated terrain height. The resulting parameter set is stored in digital form so that it can be used at any time a conversion of data is needed.

One drawback of this second computation is the necessity to have an estimated terrain height of every measured point. The mean terrain height of the reference points can be used for all other points, if the local relief of the area covered by the photo is less than 1 to 2 % of the flying height. However, if the local relief differences are greater, it is necessary to compute an estimate of the terrain height per measured point by means of a Digital Terrain Model (DTM).

The creation of a DTM needs height information in the form of spot heights, contour lines, fault lines and/or profiles. One made, the DTM can be used for more than one photo survey as long as its height information meets the required X,Y accuracy and the terrain heights have not changed considerably. The PC-programme VECDTM was developed to compute the DTM of the Northern Atlantic Zone. The height information was obtained by digitizing contour lines of the 1 : 50 000 topographical maps.

The data transfer of photo coordinates to terrain coordinates of digitized objects can take place once the numerical restitution parameter set is available. The programme developed to carry out this geometric conversion is called CAMTER. The programme TERCAM computes a reversed conversion to be able to superimpose all GIS output on aerial photographs.

## MAP COMPILATION

To compile a map coverage of the total survey area, the files with computed terrain coordinates of separate aerial photos have to be merged. In total 35 data files of digitized overlays with soil and landscape data were involved in the compilation of a physiographic map coverage. An other 35 files with coordinate data of roads, rivers and human settlements were jointed to compile a topographic base map. The compilation of both maps was carried out by means of the ARC/INFO system on a Micro-VAX.

A time consuming editing procedure was necessary to correct connections of lines which did not exactly match. Simultaneous labels were added to provide each polygon with a mapping unit identifier. Finally the thematic data files of the mapping and terrain units were imported from DBASE III+ into the ARC/INFO environment.

Thematic data can be added directly to the polygon attribute table (.PAT) of the mapping units. However this leads to a redundancy of data, because the same terrain units may be present in more than one mapping unit. Moreover most mapping units occur in more than one area. To avoid this unwanted multiplication of data, the relate function of ARC/INFO was used.

The possibility to define indirect relates is necessary for an

optimal data normalization. In this way the .PAT file can be related via the mapping-unit composition file to files with thematic data of the terrain units (Table 1). This advanced relate function is only available in the complete INFO programme. Reduced INFO versions either allow direct relates only or no relates at all (ARC/INFO PC-versions). In case only direct relates are allowed, the mapping-unit composition file can be joined to the .PAT file. The thematic terrain unit data can then be related directly by means of the terrain-unit identifier (Table 2).

Table 1. Database structure with full use of relate function for information on Soil and Land of the 'Zona Atlantica Norte' (ZANSL)

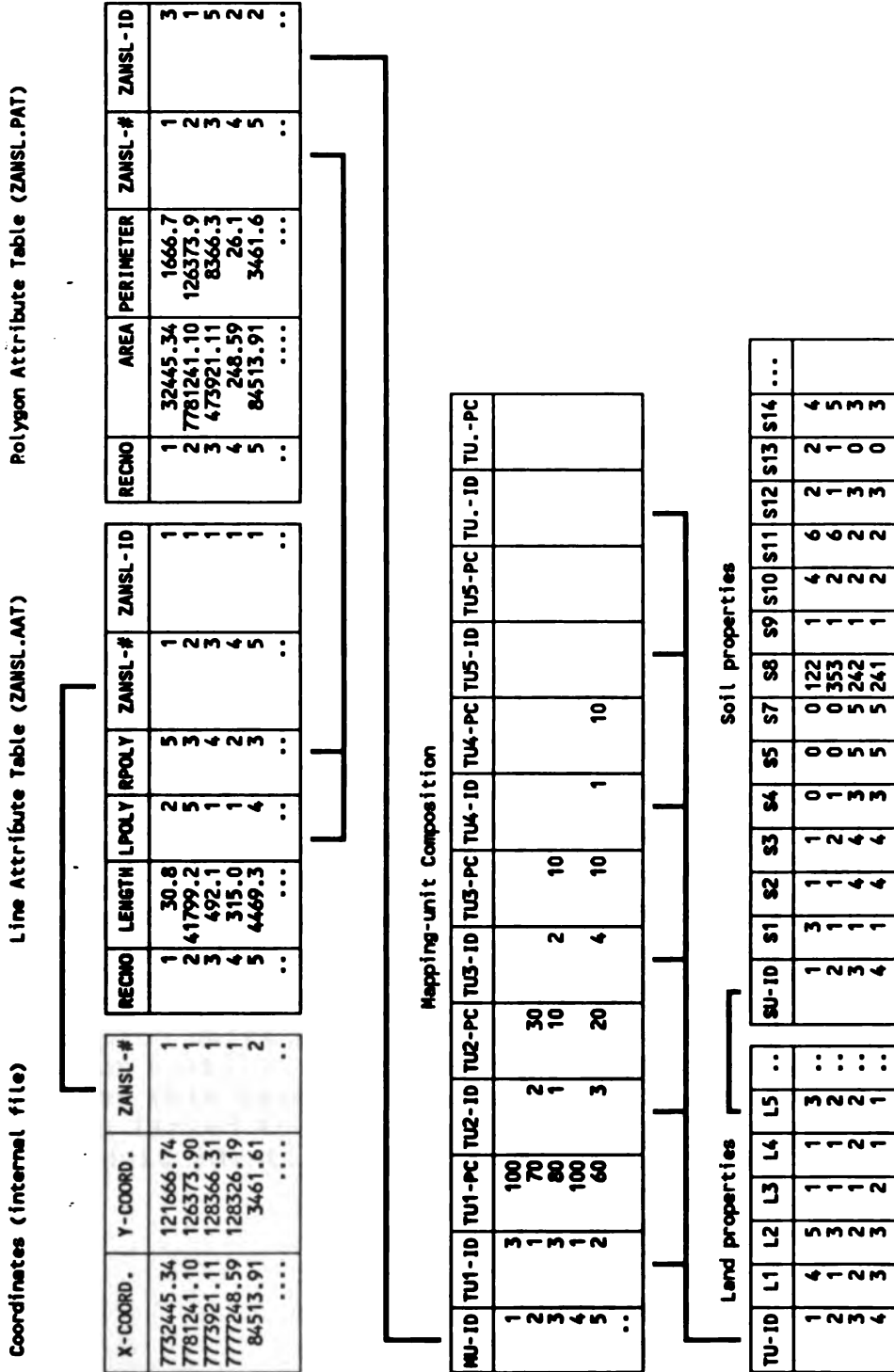


Table 2. Database structure with limited use of the relate function

Polygon Attribute Table (ZANSL.PAT)

RECNO	AREA	PERIMETER	ZANSL-#	ZANSL-ID	TU1-ID	TU1-PC	TU2-ID	TU2-PC	TU3-ID	TU3-PC	TU4-ID	TU4-PC	TU5-ID	TU5-PC	TU-ID	TU-PC
1	32445.34	1666.7	1	3	3	80	1	10	2	10						
2	7781241.10	126373.9	2	1	3	100										
3	473921.11	8366.3	3	5	2	60	3	20	2	10	1	10				
4	248.59	26.1	4	2	1	70	2	30								
5	84513.91	3461.6	5	2	1	70	2	30								
..																

Terrain Unit data on Land and Soil properties

TU-ID	L1	L2	L3	L4	L5	S1	S2	S3	S4	S5	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	...
1	4	5	1	1	3	3	1	1	0	0	0	122	1	4	6	2	2	4	
2	1	3	1	2	1	1	1	2	1	0	0	353	1	2	6	1	1	5	
3	2	2	1	2	2	1	4	4	3	5	5	242	1	2	2	3	0	3	
4	3	3	2	1	4	1	4	4	3	5	5	241	1	2	2	3	0	3	

Checks on geometric line- and label errors were performed by ARC/INFO system commands. The thematic correctness of the label numbers were verified manually. Entry errors made during the labeling of the mapping units appeared to be in the order of 5%. It shows that the thematic consistency checks have to be performed before any analysis can take place.

Databases which store the results of land evaluations have been kept separated from the primary databases. The data entry is executed automatically by the use of transfer functions defined in macro's. This means that these interpretive data files can be easily updated after corrections in the primary data have been made. Beside information on the soil and land resources and topography, coverages with data on land use, settlement, ecological zones and administration are available. This large amount of thematic and geometric data necessitates a proper management which is possible in ARC/INFO by using the LIBRARIAN facilities.

#### **SYSTEM APPLICATION**

One application example of the GIS of the northern Atlantic Zone is worked out here. It shows how information can be obtained about the distribution of soils suitable for nutrient requiring crops among different land-use zones and settlement areas.

The process of information supply starts with the retrieval of the map coverages on soil and land, settlement and land-use from the ARC/INFO map library. The mapping units of these coverages are intersected by means of the UNION command of ARC/INFO to make a temporary working coverage. This coverage can provide information about the soil distribution within the various land use zones and settlement schemes. The polygon attribute table of this temporary coverage contains all the original mapping-unit identifiers which are needed to relate the thematic data files involved. The values of the items PERIMETER and AREA for each polygon are recalculated automatically by ARC/INFO.

The suitability classification for major land-use types in the Atlantic Zone of Costa Rica (Wielemaker & Oosterom, 1991) assesses the suitability of terrain unit for requiring crops. The temporary file with the results of this classification is related by the terrain unit identifier to the mapping-unit composition file.

As most mapping units represent more than one terrain unit, the percentages of suitable soils (SS-PC) per mapping unit are added. The results of this calculation are stored in an other temporary data file and linked to the .PAT file of the working coverage by the mapping-unit identifier (Table 3).





Table 3. Data bases used for calculation of total amount suitable soils

Polygon Attribute File of working coverage (ZANTEMP.PAT) Percentage suitable soils

RECNO	AREA	PERIMETER	ZANTEMP-#	ZANSL-ID	ZANLU-ID	ZANSE-ID	MU-ID	SS-PC
1	32445.34	1666.7	1	1	64	0	1	100
2	7781241.10	126373.9	2	0	1	31	2	0
3	473921.11	8366.3	3	3	31	0	3	80
4	248.59	26.1	4	0	31	0	4	0
5	84513.91	3461.6	5	4	112	0	5	0
6	32445.34	1666.7	6	4	2	3	..	...
7	7555241.10	456373.9	7	2	112	0		
8	232321.11	23366.3	8	3	1	5		
9	2658.59	345.1	9	4	31	0		
10	123413.91	23461.6	10	5	31	0		
..	.....	.....	.....	.....	.....	.....		

To exclude non-surveyed areas from further calculations, polygons for ZANSL-ID > 0 were reselected. A simple summation for AREA / 10000 shows the total number of hectares of the Northern Atlantic Zone. Summation of AREA / 10000 \* SS-PC / 100 gives information about the total amount of suitable soils for requiring crops. A further reselection by the land-use identifier (ZANLU-ID) was performed to select the areas covered by a specific land use (e.g. banana plantation). The summation of AREA / 10000 \* SS-PC / 100 for all selected polygon gives information about the total amount of suitable soils in that land use zone. The same procedure was applied to provide information about suitable soils in the various settlement areas (ZANSE-ID).

Output of all these calculations is visualised in the form of summary and extensive reports or maps by the REPORT and ARC PLOT commands of ARC/INFO.

### TIME EXPENDITURE

Table 4 gives a synopsis of the total time spent on the inventory of the soil and land resources of the Northern Atlantic Zone. It shows that most time (c. 95%) was used for acquisition of field data. The preparation of the digital map coverages (including that of the topographical base) took approximately 8 months work. About 5 months were spent on the development of ideas and testing the information system design (Wielemaker & Oosterom, 1989; Oosterom et al., 1990).

Table 4. Time expenditure in soil and landscape inventory Northern Atlantic Zone

ACTIVITY	TIME (man months)
DATA ACQUISITION	
- exploratory survey	6
- detailed surveys pilot areas	38
- reconnaissance survey	64
- final correlation	3
- preparation of tables with thematic data	2
DATA CAPTURE	-digitizing of mapping units, roads and waterways; 2
DATA CONVERSION	-computation block adjustment and numerical restitution (inclusive digitizing contour lines for DTM) 3
MAP COMPILATION	-data transfer, editing, consistency checks 1
DATA STORAGE	-preparation of map library 1
	--
	total 120

## **CONCLUSIONS**

Application of modern analytical photogrammetry in combination with the use of a GIS in the soil and landscape survey of the Atlantic Zone of Costa Rica has shown to be a promising development. The method results in digital database with a high geometric accuracy. Output of data analysis can be made available already in the early stages of the survey, in any format and at any scale. The extra investment of time and expertise is limited and pays off soon.

## **REFERENCES**

- MOLENAAR, M. & H.J. STUIVER, 1987. A PC digital monoplottting system for map updating. ITC Journal 1987-4, pp.346-350.
- OOSTEROM, H.J. STUIVER & W.G. WIELEMAKER, 1990. Application of GIS in reconnaissance soil survey. EGIS '90 proceedings. EGIS Foundation, Utrecht.
- SLAMA, C.C., 1980 (Ed.in chief). Manual of photogrammetry, 4th edition. Am. Soc. of Photogrammetry, Virginia.
- WIELEMAKER, W.G & A.P. OOSTEROM, 1989. Legend structuring and data presentation with a soil and landscape info system. Agronomy abstracts, 1989 Annual meetings. Am. Soc. of Agronomy, Madison.
- WIELEMAKER, W.G. & A.P. OOSTEROM, 1991. Un sistema de información para paisajes y suelos. In: Wielemaker, W.G. & S.B. Kroonenberg, (1991). Generación y aplicación de la información de suelos de la Zona Atlantica de Costa Rica. Actas del taller 'Información de suelos, Guapiles, 2-4 octubre, 1990. Informe Técnico nr. 170. Programme Paper no. 13, Atlantic Zone programme CATIE-UAW-MAG. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

# GENESIS DE ANDISOLES EN EL NORESTE DE LA ZONA ATLANTICA

A. Nieuwenhuyse

## INTRODUCCION

En el noreste de Costa Rica, a lo largo de la costa caribeña se encuentra una serie de barras costeras holocénicas de diferentes edades, paralelas a la playa. Los suelos que las cubren revelan diferentes estadios de desarrollo: desde suelos muy jóvenes cerca de la playa, hasta Andisoles bien desarrollados a cierta distancia de ella. Como el material de partida es muy homogéneo, y los otros factores que influyen en la formación de los suelos también son constantes, se trata de una excelente oportunidad para estudiar su génesis. La ausencia de cenizas volcánicas, que en regiones volcánicas muchas veces dificultan el estudio, también es un factor positivo. Se estudió una cronosecuencia de 7 perfiles.

Los suelos se han desarrollado en un clima permanentemente húmedo bajo bosque tropical. La precipitación promedio anual es de unos 5400 mm/año.

## MATERIALES Y METODOS

En el Parque Nacional de Tortuguero se describieron 7 perfiles ubicados en una línea perpendicular a la costa. Después de destruir la materia orgánica con  $H_2O_2$ , se separó la arcilla usando NaOH o HCl como dispersantes. El contenido de arena de la muestra se determinó mediante mallas. Para calcular el contenido de materia orgánica se usó el método de Walkley-Black. El pH en  $H_2O$  se midió en una solución suelo-agua 1:2.5. Después de lavarla con  $NH_4Ac$ , pH 7, se midieron los cationes intercambiables en la solución colada. Se determinó la CIC midiendo el Na absorbido después de saturar la muestra con 1M NaAc, pH 7, y lavar con 1M  $NH_4Ac$ , pH 7. Se determinó el pH en NaF, la fijación de P y las extracciones de Fe y Al según los métodos de Blakemore et al. (1987).

La mineralogía de la arena se estudió con métodos micromorfológicos y la de la arcilla con rayos X y TEM. Se trató de establecer la edad de los perfiles analizando con C-14 las turbas encontradas en la llanura costera.

## RESULTADOS

En el cuadro 1 se aprecian algunas de las características generales de los perfiles.

Cuadro 1. Características generales de los perfiles estudiados.

número del perfil	clasificación*	drenaje**	edad (años)
AT1	Typic Tropopsamment	excesivo	<100
AT2	Typic Tropopsamment	excesivo	<100
AT3	Typic Tropopsamment	algo excesivo	<500
AT4	Typic Hapludand	moderado	appr. 2000
AT5	Acrudoxic Hapludand	bueno	>2000
AT6	Acrudoxic Hapludand	bueno	>2000
AT7	Aquic Hapludand	moderado	<4500

\* Soil Survey Staff, 1990

\*\* FAO, 1977

El material de partida se compone exclusivamente de arena andesítica; los granos tienen entre de 53 y 425 micrómetros de diámetro. La composición mineralógica de la arena es idéntica a la de las rocas de la Cordillera Central de Costa Rica. El material de partida está compuesto básicamente , por:

- fragmentos rocosos, cuyo contenido de vidrio volcánico es muy difícil de determinar, pero por lo menos es del 3 - 9%
- plagioclasas
- piroxenos
- magnetitas
- granos de arcilla pre-meteorizada

Al aumentar la edad del suelo, aumenta el contenido de materia orgánica y la CIC, mientras que la saturación de bases disminuye en forma acelerada (Cuadro 2).

Cuadro 2. Promedio ponderado de los 50 cm superficiales de materia orgánica, CIC y cationes intercambiables (Ca+Mg+K+Na).

número del perfil	mat.org. (%)	CIC (meq/100 g suelo)	cationes
AT1	1.1	12.3	5.8
AT2	3.4	12.8	5.8
AT3	2.7	11.2	2.8
AT4	5.9	24.8	3.1
AT5	6.8	24.3	1.7
AT6	5.8	27.1	1.9
AT7	10.8	33.0	1.8

En el Cuadro 3 se aprecian los valores promedio de algunas de las variables usadas actualmente para caracterizar los Andisoles. Todos los valores se incrementan con la edad del suelo; esto se debe a que el suelo tiene más profundidad y a que la meteorización de los horizontes estimula el desarrollo de las características ponderadas, las que se originan al aumentar el contenido de alófono y de complejos de Al con materia orgánica.

Cuadro 3.

Promedios ponderados para los 50 cm superficiales del pH-NaF, de fijación de P, el Al y el Fe extraíbles con oxalato y el contenido de alófanos (calculado según Parfitt y Wilson, 1985).

número del perfil	pH-NaF	fijación de P (%)	Al(ox) (%)	Fe(ox) (%)	Alófanos (%)
AT1	8.2	24	0.1	0.6	0.0
AT2	8.8	31	0.2	0.3	0.4
AT3	9.5	50	0.5	0.5	1.1
AT4	10.6	91	1.7	0.4	4.5
AT5	10.7	94	2.2	0.4	6.0
AT6	10.7	96	2.4	0.6	6.8
AT7	10.8	95	2.6	1.2	7.3

El contenido de arena disminuye con la antigüedad del suelo y aumenta con la profundidad, lo que concuerda con el grado de la meteorización (Fig.1). En la Figura 2 se aprecia que durante la meteorización, el tamaño de los granos disminuye gradualmente debido a la meteorización pelicular.

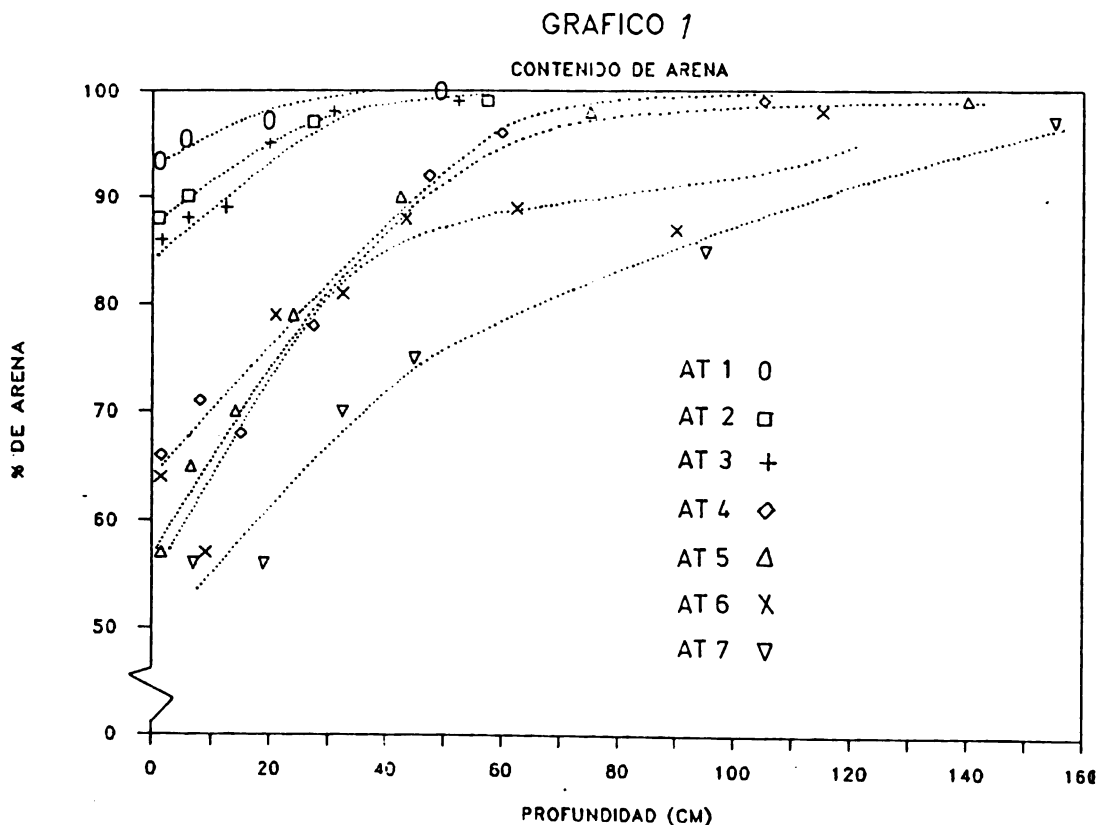


Figura 1: Contenido de arena de los perfiles en relación con la profundidad.

GRAFICO 2

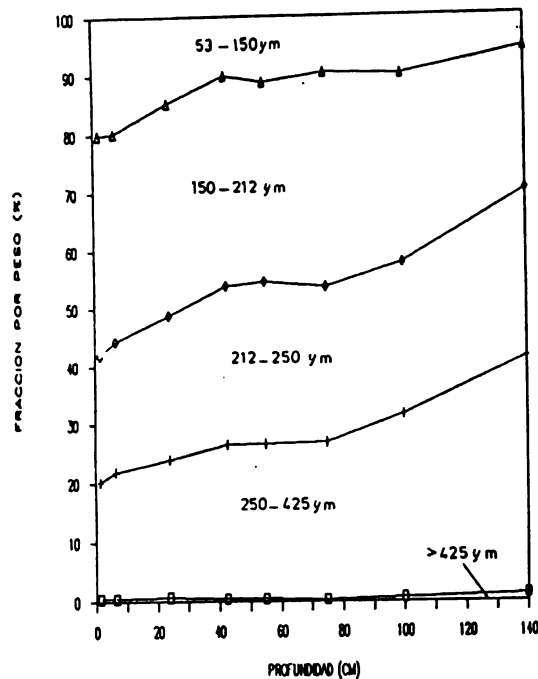


Figura 2. Tamaño de los granos de arena en relación con la profundidad

En la fracción de arcilla predominan los componentes amorfos, como el alófono (Cuadro 3). Las arcillas cristalinas, la caolinita y una vermiculita/esmectita, probablemente son restos de los granos pre-meteorizados.

### CONCLUSIONES

Para la formación de Andisoles en las barras holocénicas de la costa caribeña de la Zona Atlántica se necesita unos 2000 años.

### REFERENCIAS

BLAKEMORE, L.C., P.L. SEARLE & B.K. DALY, 1987. Methods for chemical analysis of soils. N.Z. Soil Bureau Sci. Rep. 80. Soil Bureau. Lower Hutt, New Zealand.

FAO, 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelos. FAO. Roma.

PARFITT, R.L. & A.D. WILSON, 1985. Estimation of allophane and halloysite in three sequences of volcanic soils, New Zealand. In: E. Fernandez Caldas and D.H. Yaalon (eds.) Volcanic Soils. Catena Suppl. 7:1-8.

SOIL SURVEY STAFF, 1990. Keys to Soil Taxonomy, fourth edition. SMSS technical monograph Nº 19. Blacksburg, Virginia.

# **ESTUDIO DETALLADO DE LOS SUELOS DE LA FINCA EXPERIMENTAL "LOS DIAMANTES"**

Luis Guillermo Valverde y Marco Antonio Ugalde

## **INTRODUCCION**

El objetivo de este estudio, realizado a escala 1:10.000 en la finca experimental Los Diamantes, es conocer los diferentes tipos de suelos para poder evaluar su potencial de uso.

Si se dispone de información sobre los diferentes tipos de suelos, el uso actual y el uso potencial así como los rendimientos, es posible establecer algunos criterios para adecuar las actividades agropecuarias que se desarrollan actualmente en la finca, ya sea restringiendo unas, impulsando otras e incluso iniciando otras.

## **MATERIALES Y METODOS**

En primer término se hizo una fotointerpretación de la finca; se utilizaron fotografías en blanco y negro a escala 1:10.000 (1989). Para la verificación en el campo se usaron calicatas; la descripción se hizo según FAO (1977) y se muestreó por horizonte; los suelos se clasificaron según la taxonomía de suelos (SOIL SURVEY STAFF), por puntos de barreno (barreno tipo Edelman) hasta los 120 cm de profundidad, por observaciones en canales de drenaje y por diferencias en el relieve. Una vez verificados y ajustados los límites de la fotointerpretación se procedió a caracterizar y mapear las unidades.

Para determinar la capacidad de uso de las tierras se usó el manual del Centro Científico Tropical (1985); para caracterizarla, la clave correspondiente a la zona de vida "Bosque muy húmedo tropical", con un sistema de manejo avanzado. También se utilizó el Manual para la Clasificación de Tierras para el Cultivo del Banano de ASBANA (1990).

Con base en los sistemas de clasificación mencionados, se diseñó una posible reorganización de la finca, de acuerdo con las pautas dadas por cada sistema.

## **RESULTADOS**

La mayor parte de la finca (75% aproximadamente) está sobre un abanico aluvial muy grueso, con pedregones en la parte superior, y más fino en la sección terminal. Los sedimentos son de origen volcánico, de composición andesítica. Todos los suelos son bien drenados, pues el subsuelo está compuesto por material arenoso con grava y piedras no cementadas.

De acuerdo con el desarrollo, se distinguen tres tipos de suelos:



- a - Suelo Flores: de poca profundidad (35-45 cm), con textura moderadamente gruesa, de muy bien a excesivamente drenado, con pedregones en el interior y sobre la superficie (Andic Fluventic Tropofluvents).
- b - Suelo Los Diamantes: moderadamente profundo (70 a 80 cm), de textura media, bien drenado; en las partes bajas se distinguen fases por pedregosidad y mal drenaje (Eutric Hapludands).
- c - Suelo Cartagena: ligeramente profundo (70 a 110 cm), textura media, bien drenado, con fases pedregosas y mal drenadas (Pachic Hapludands).

La otra parte de la finca (25%) es de origen lahárico (corriente de lodo); en contraste con el material aluvial, el material de lahar es poco surtido y muy cementado. Aquí también se identifican tres tipos de suelos; los dos primeros tienen la misma fase de desarrollo que los suelos aluviales, el tercero es más desarrollado.

- a - Suelo Guineas: poco profundo, con grava angular, bien drenado, textura media, material cementado entre los 40-50 cm (Andic Humitropepts, Typic Hapludands).
- b - Suelo El Prado: se desarrolló sobre material fino a grueso, poco organizado, con un C endurecido y suelos enterrados. Textura es media a moderadamente fina, moderadamente profundo a profundo (>110 cm), con problemas de drenaje, sin piedras (Andic Dystropepts).
- c - Suelo Chirripó: moderadamente profundo, de textura media a moderadamente fina, bien drenado, con un C cementado (entre los 60-75 cm) (Typic Hapludands).

En cuanto a la capacidad de uso de la finca, los suelos pertenecen a cuatro clases:

Clase II: adecuados para cultivos anuales de alto rendimiento: suelo Cartagena y parte de los suelos Los Diamantes y Prado.

Clase III: tierras adecuadas para cultivos anuales de rendimiento moderado: suelos Los Diamantes, Cartagena y Prado.

Clase VI: tierras para pastoreo extensivo: gran parte del suelo Los Diamantes y, en menor escala, el suelo Cartagena.

Clase XI: tierras para producción forestal extensiva: suelos Flores y Guineas.

Los factores más limitantes de estos suelos son la profundidad efectiva, la presencia de piedras y el mal drenaje en algunos sectores de la finca.

En la evaluación de la aptitud de las tierras para el cultivo del banano se encontró que hay tierras moderadamente aptas, pero que casi la mitad de las tierras de la finca (incluida gran parte

de la plantación actual) no son adecuads para banano. Las limitantes más importantes son la profundidad efectiva, la presencia de piedras, los problemas con las texturas y el drenaje deficiente.

Una vez que se dispuso de toda la información, se hizo una proyección de la reorganización de las actividades de la finca , con base en los parámetros de las clasificaciones de uso y de aptitud.

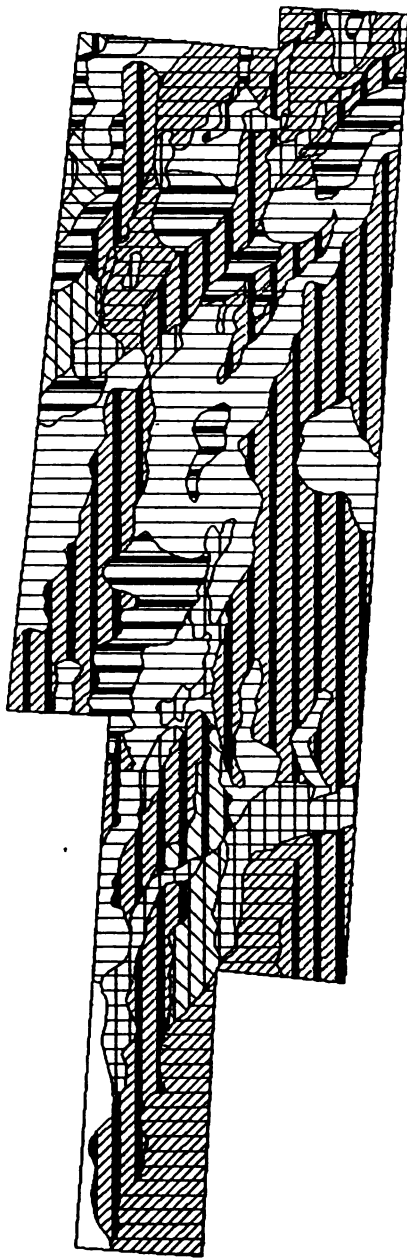
La selección de los cultivos se hizo de acuerdo con el mapa de ubicación de las principales actividades agrícolas y pecuarias de la finca (DELGADO, G., 1990).

Para priorizar las actividades, se tuvieron en cuenta varios factores; el primero fue la necesidad de fomentar la producción bananera y de reemplazar algunas zonas por otras de mejor rendimiento. También se consideraron las necesidades inherentes a cada actividad y los factores de producción más exigentes. Por último se determinó la actividad de uso correspondiente a cada unidad de acuerdo con la clasificación del manual de capacidad de uso del CCT (1985).

El orden de escogencia fue el siguiente:







- 1 - actividad bananera
- 2 - cultivos anuales y perennes
- 3 - actividad ganadera
- 4 - producción de bambú
- 5 - producción de cacao y frutales
- 6 - actividad forestal

# FINCA EXPERIMENTAL "LOS DIAMANTES"



## REORGANIZACION DEL USO DE LA TIERRA

### TIPOS DE USO

-  ACTIVIDAD BANANERA
-  CULTIVOS ANUALES Y PERENNES
-  ACTIVIDAD GANADERA
-  PRODUCCION DE BAMBU
-  PRODUCCION DE CACAO Y FRUTALES
-  ACTIVIDAD FORESTAL

0 500 1000 1500 m

Figura 1. Reorganización del uso de la tierra.

# LA APTITUD DE LOS SUELOS EN EL ASENTAMIENTO NEGUEV

Sytze de Bruin

## INTRODUCCION

Actualmente se dispone de metodologías que permiten estimar la aptitud de los suelos para el uso agrícola con base en parámetros simples. La ventaja de estos métodos es que permiten obtener resultados rápidos y objetivos. En este caso, se ha estudiado la correlación entre el pH del suelo y el rendimiento del maíz (Zea mays); los resultados se comparan con el éxito del cultivo en tres suelos de baja fertilidad del asentamiento Neguev.

## METODOLOGIA

### Estudio de suelos

Entre 1986 y 1990, varios estudiantes del Programa Zona Atlántica realizaron estudios edafológicos en el asentamiento Neguev y produjeron mapas de suelo a diferentes escalas.

Con base en la interpretación de fotos aéreas a escala 1:10.000 del año 1989 y en comprobaciones de campo, se recopiló la información para elaborar un mapa de suelos a escala 1:20.000.

### Entrevistas con parceleros

Van UFFELEN (1990) entrevistó a 24 parceleros del asentamiento Neguev para obtener información sobre:

- el conocimiento del agricultor acerca de los suelos
- el rendimiento de algunos cultivos en diferentes suelos
- la opinión de los parceleros sobre la calidad de los suelos.

## RESULTADOS

### Mapa de suelos

La mayor parte del asentamiento Neguev tiene suelos arcillosos, de reacción ácida, bastante pobres pero bien drenados y localizados en sitios relativamente altos. En estos sitios, es posible reconocer tres tipos de suelo: MILANO, NEGUEV y SILENCIO. El suelo MILANO es moderadamente profundo, pardo amarillento oscuro, franco arcilloso a arcilloso, con cascajo poco meteorizado hasta los 120 cm de profundidad. Se clasifica como Andic Humitropept.

El suelo NEGUEV es el más extendido en el asentamiento. Es profundo a muy profundo, pardo amarillento oscuro, arcilloso, con cascajo poco meteorizado a profundidades superiores a los 120 cm.

Se clasifica como Andic Humitropept.

El suelo SILENCIO es muy profundo, pardo rojizo, arcilloso, sobre estratos arenosos y limosos meteorizados. Se clasifica como Oxic Humitropept.

Los valores de pH(H<sub>2</sub>O) para la capa superior (5 a 20 cm de profundidad) son los siguientes:

- MILANO: 4.6 y 5.8, con un promedio de 5.2 (n=7)
- NEGUEV: 4.2 y 5.8, con un promedio de 4.8 (n=21)
- SILENCIO: 4.0 y 5.2, con un promedio de 4.5 (n=6)

### Correlación entre el pH del suelo y el rendimiento del maíz

En 12 observaciones, que incluyeron entrevistas y mediciones del pH(H<sub>2</sub>O), van UFFELEN (1990) no encontró ninguna correlación entre el pH del suelo y el rendimiento del maíz (Figura 1).

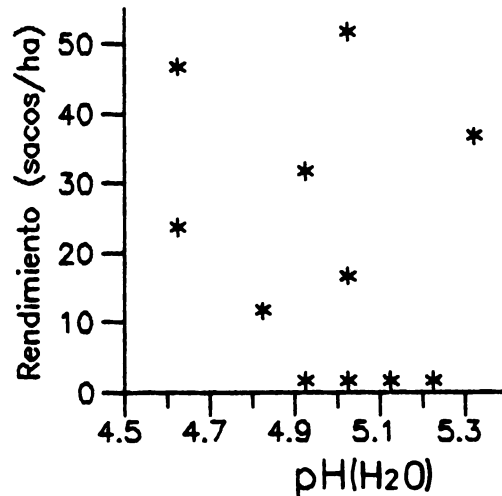


Figura 1. Correlación entre el pH(H<sub>2</sub>O) del suelo y el rendimiento del maíz en los suelos ácidos del asentamiento Neguev (van UFFELEN, 1990).

Nota: El peso promedio de un saco de maíz es de 38 kg.

### Evaluación de los suelos según el parcelero

Los parceleros entrevistados distinguieron el grupo de los suelos MILANO, NEGUEV Y SILENCIO ("tierra colorada" o "bermeja") de los suelos en una posición relativamente más baja ("tierra negra") y de los pantanos ("suampos"). La tierra colorada o bermeja fue considerada mala para frijoles (*Phaseolus vulgaris*), maíz y arroz (*Oryza sativa*) y buena para piña (*Ananas comosus*) y para chile (*Capsicum annum*) (van UFFELEN, 1990).

En la Figura 2 se aprecia el número de parceleros entrevistados que sembraban maíz en los suelos MILANO, NEGUEV y SILENCIO antes de 1989, y el número de los que todavía lo sembraban en 1989.

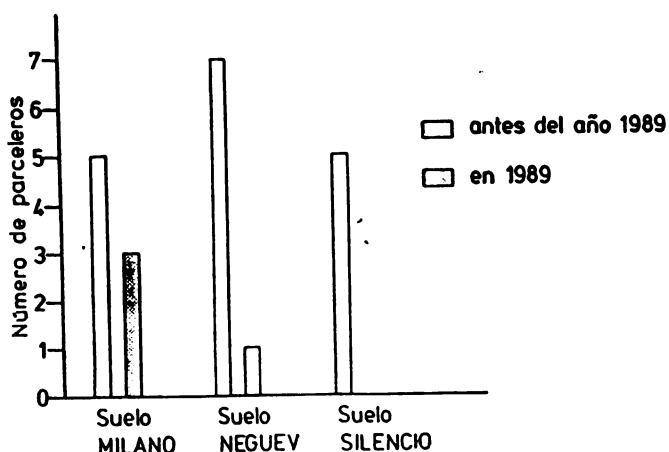


Figura 2. Parceleros que sembraban maíz en los suelos MILANO, NEGUEV y SILENCIO antes de 1989 y parceleros que siguen sembrando en 1989 (van UFFELEN, 1989).

## DISCUSION

En la escala de pH(H<sub>2</sub>O) considerada, es muy arriesgado evaluar la aptitud de un suelo para la siembra de maíz con base en su pH.

Cualquier de los suelos MILANO, SILENCIO y NEGUEV puede tener un pH en esta escala. Sin embargo, aparentemente la siembra de maíz en los suelos SILENCIO y NEGUEV fue un fracaso, mientras que en el suelo MILANO tuvo cierto éxito y por eso se mantuvo.

Los agricultores entrevistados distinguen varios tipos de "tierra colorada"; en algunos de ellos pudieron mantener la siembra de maíz, mientras que en otros debieron abandonar el cultivo.

El conocimiento de los agricultores sobre sus suelos puede ser muy útil al evaluar la aptitud de los suelos para diferentes usos. También es muy valioso para la comprobación de los mapas de suelo.

## REFERENCIAS

UFFELEN, J.G.van. 1990. Conocimientos endógenos y científicos en determinar la aptitud de las tierras en el asentamiento Neguev. Field Reports N° 53. Programa Zona Atlántica CATIE-UAW-MAG. Guápiles, Costa Rica.

## POBLACIONES DE LOMBRICES DE TIERRA EN SUELOS AGRICOLAS DE LA ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA

Martínez, E., Chacón M. & Fraile, J.

El objetivo de esta investigación es contribuir al estudio de la sostenibilidad de diferentes usos de la tierra en la Zona Atlántica, al analizar y comparar la abundancia y biomasa de Lombrices de Tierra (Pontoscolex corethrurus) en suelos de diferente fertilidad con cultivos anuales y perennes.

Se estudiaron dos tipos de suelos con diferente fertilidad: uno, el más fértil, se considera como Typic Dystrandept (Suelo Guineas) y se ubica en la Estación Experimental de ASBANA (La Rita de Guápiles) y el otro, el menos fértil y ácido como Andic Humitropept (Suelo Neguev), ubicado en Neguev cerca de Pocora.

Cada tipo de suelo presenta tres tratamientos, consistentes en cultivos anuales y perennes comunes (ver cuadro 1).

En cada tratamiento se tomaron ocho muestras, por medio del método manual hasta 25 cm. de profundidad, utilizando un cuadrado de madera de 50 X 50 cm.; los ejemplares colectados se preservarán en formol al 10%.

Para el cultivo de pejibaye y palmito (Bactris gasipaes), ubicado en ASBANA, se muestreó el depósito de mantillo que se encuentra entre las plantas. De la misma manera, se procedió en el cacao (Theobroma cacao) y palmito, en el suelo Neguev.

Aunque a todos los cultivos se le aplican biocidas y fertilizantes, sólo la piña (Ananas comosus) en Neguev y el palmito en Suelo Guineas, recientemente estuvieron expuestos a agroquímicos en cantidad variable.

Con respecto a los resultados, los valores obtenidos tanto para la abundancia y biomasa, se muestran en el Cuadro 2. La mayor abundancia de lombrices se encontró en los cultivos de pejibaye (208), cacao (153) y palmito de Suelo Guineas (122 ind/m<sup>2</sup>); los números menores aparecieron en la piña (9), el tubérculo (ñampi, Colocasia esculenta var. antiquorum) y camote (Ipomoea batatas) (18) y el palmito de Neguev (44 ind/m<sup>2</sup>), ver Figura 1.

En cuanto a la biomasa, los pesos mayores de lombrices se encontraron en el pejibaye y cacao (93.7 y 72.1 g/m<sup>2</sup>, respectivamente), luego el palmito de Guineas (53.6 g/m<sup>2</sup>). Las biomásas menores fueron en la piña, tubérculo y palmito de Neguev (3.4, 3.0 y 13.9 gr/m<sup>2</sup>, repectivamente)

La abundancia y biomasa mayores se encuentran en cultivos perennes (pejibaye y cacao, 180 ind/m<sup>2</sup> y 82.9 g/m<sup>2</sup> en promedio). Los cultivos que tienen poca cobertura y no presentan mantillo, como la piña y el tubérculo, poseen menores números y pesos (13.5 ind/m<sup>2</sup> y 3.19 g/m<sup>2</sup> en promedio).

La abundancia y biomasa de lombrices es mayor en un suelo más fértil, Guineas (117 y 50) que en el suelo Neguev (69 ind/m<sup>2</sup> y 29.8 g/m<sup>2</sup>, en promedio).

La abundancia y biomasa en el palmito varía según sea el tipo de suelo; en el más fértil, ambas se asemejan a las del pejibaye y

cacaco (122 ind/m<sup>2</sup> y 53.6 g/m<sup>2</sup>), pero en el palmito del suelo menos fértil, se parecen a las encontradas en la piña y el tubérculo (44 ind/m<sup>2</sup> y 13.8 gm<sup>2</sup>, respectivamente).

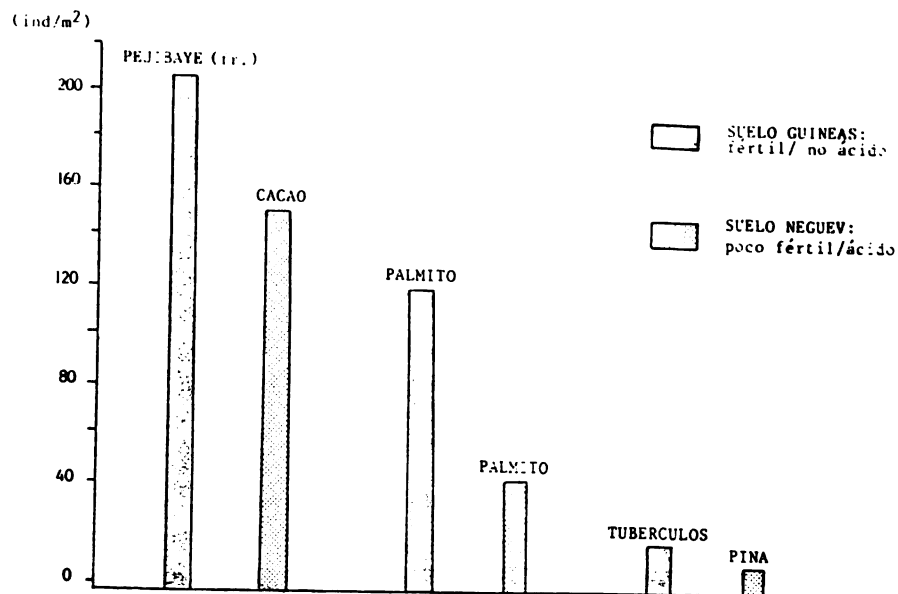


Figura 1. Densidad promedio de lombrices con relación al tipo de suelo y tipo de uso.

Cuadro 1. Tratamiento de los cultivos

Tratamiento	Suelo	
	Guineas	Neguev
1	Tubérculo (ñampi y camote)	Piña
2	Palmito	Palmito
3	Pejibaye	Cacao



Cuadro 2. Densidad y biomasa de las lombrices de tierra en los diferentes cultivos de los suelos investigados.

Cultivo	Guineas		Neguev	
	Abundancia (ind/m <sup>2</sup> )	Biomasa (g/m <sup>2</sup> )	Abundancia (ind/m <sup>2</sup> )	Biomasa (g/m <sup>2</sup> )
Pejibaye	208 <sup>a</sup> ±14.08	93.69 <sup>a</sup> ±10.54	-----	-----
Palmito	122 <sup>a</sup> ±11.47	53.62 <sup>ab</sup> ±7.44	44 <sup>b</sup> ±7.23	13.87 <sup>a</sup> ±4.27
Tubérculo	18 <sup>b</sup> ±4.92	3.02 <sup>b</sup> ±2.67	-----	-----
Piña	-----	-----	9 <sup>b</sup> ±3.12	3.36 <sup>b</sup> ±2.07
Cacao	-----	-----	153 <sup>a</sup> ±9.89	72.10 <sup>a</sup> ±6.09

Nota: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas, PRM Duncan (significancia p<0.05).



## MACROARTROPODOS EDAFICOS CON RELACION AL TIPO DE SUELO Y TIPO DE USO EN LA ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA

M. Chacón, E. Martínez & J. Fraile

Diversas instituciones nacionales e internacionales han realizado estudios sobre los sistemas de uso de la tierra en la Zona Atlántica de Costa Rica con énfasis en la sostenibilidad de su fertilidad natural. Con este objeto, se han iniciado investigaciones sobre aspectos de la biología del suelo en general. Por medio de este trabajo se pretende contribuir al conocimiento de los macroartrópodos edáficos presentes en algunos de esos sistemas.

Se estudió la abundancia y la biomasa de macroartrópodos del suelo en tres cultivos en dos sitios de diferente fertilidad en la Zona de Guápiles. En uno de ellos denominado Guineas (en la Estación Experimental de ASBANA) el suelo más fértil, se estudiaron suelos bajo cultivo de palmito (Bactris gasipaes), pejibaye (Bactris gasipaes) y tubérculo (ñampi (Colocasia esculenta var. Antiquorum) y camote (Ipomoea batatas); en el otro sitio denominado Neguev, se estudiaron suelos con cultivos de piña (Ananas comosus), cacao (Theobroma cacao) y palmito. Las muestras fueron tomadas en agosto y octubre de 1989 y extraídas mediante método manual.

Los coleópteros fueron el grupo más abundante en todos los cultivos, aunque también se hallaron representados otros grupos como Hymenoptera (hormigas), Dermaptera (tijeretas), Miriapoda (diplópodos y quilópodos). Los grupos menos abundantes fueron Hemiptera (chinchas), Orthoptera (saltamontes y grilotalpidos) y Arachnida entre otros.

La mayor abundancia de macroartrópodos se encontró en los cultivos de palmito y pejibaye (24.0 y 23.0 ind/m<sup>2</sup>, respectivamente). Los menores valores se presentaron en piña (2.5 ind/m<sup>2</sup>) y cacao (2.0 ind/m<sup>2</sup>), siendo diferentes estadísticamente de los anteriores (Figura 1 y Cuadro 1).

Respecto a la biomasa de los macroartrópodos, los mayores valores fueron en los de palmito 3.01 g/m<sup>2</sup> y el pejibaye 2.7 g/m<sup>2</sup> los cuales difirieron de los restantes: cacao (0.16), piña (0.27), palmito (Neguev) (0.95) y el tubérculo (0.99 g/m<sup>2</sup>). Ver Cuadro 2.

En el sitio Neguev (menos fértil) la abundancia así como la biomasa fueron más bajas que las encontradas en Guineas (más fértil).

Se determinó que los cultivos con mayor cubierta vegetal se encontraron más en macroartrópodos pejibaye-palmito en Guineas palmito en Neguev. Por otro lado en cultivos como el tubérculo y la piña que no presentan mantillo, que tienen una cubierta vegetal menor y están sometidos a un laboreo más intenso, tienen menor densidad numérica y biomasa.

Se comparó la diversidad entre ambos sitios, siendo muy similares; en Guineas se obtuvo un valor para el Índice de Simpson de 0.638 y el Neguev de 0.66. No obstante cuando se compararon los cultivos entre sí los valores del índice de diversidad mencionado variaron entre 0.7 para el pejibaye y 0.25 para el tubérculo.

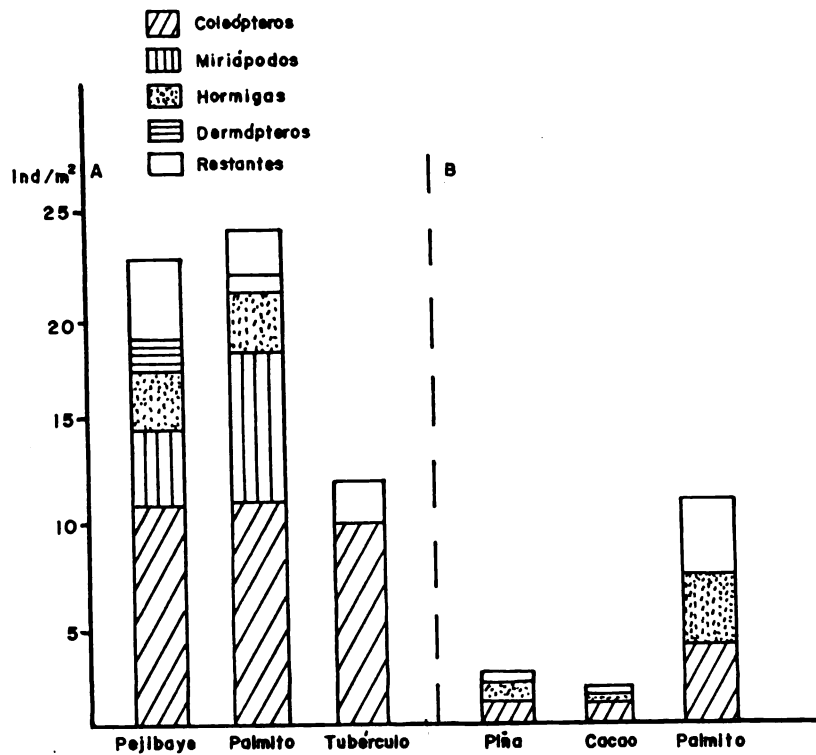


Figura 1. Densidad numérica total (ind/m<sup>2</sup>) de cada grupo de macroartropodos con relación al cultivo en los suelos Guínes (A) y Neguev (B).

Cuadro 1. Densidad promedio (ind/m<sup>2</sup>) de macroartrópodos en los sitios estudiados.

	<u>GJINEAS</u>			<u>NEGUEV</u>		
	<u>PEJ.</u>	<u>PAL.</u>	<u>TUB.</u>	<u>PIÑA</u>	<u>CACAO</u>	<u>PAL.</u>
Coleópteros	10.75	11.0	10.0	1.25	1.25	3.75
Miriápodos	3.5	8.73	0	0	0	0
Hormigas	3.25	1.5	0	1.0	0.25	3.5
Dermápteros	1.25	0.5	0	0	0.25	0
Restantes	4.12	2.5	1.75	0.25	0.25	3.5
TOTAL	22.75	24.25	11.75	2.5	2.0	10.75

Cuadro 2. Biomasa promedio (g/m<sup>2</sup>) de macroartrópodos en los sitios estudiados.

	<u>GJINEAS</u>			<u>NEGUEV</u>		
	<u>PEJ.</u>	<u>PAL.</u>	<u>TUB.</u>	<u>PIÑA</u>	<u>CACAO</u>	<u>PAL.</u>
Coleópteros	1.487	1.45	0.48	0.064	0.11	0.56
Miriápodos	0.562	1.43	0	0	0	0
Hormigas	0.044	0.02	0	0.015	0.01	0.05
Dermápteros	0.157	0.08	0	0	0.02	0
Restantes	0.462	0.11	0.52	0.187	0.02	0.34
TOTAL	2.705	3.01	0.99	0.266	0.16	0.95

PEJ.: Pejibaye  
 PAL.: Palmito  
 TUB.: Tubérculo

# USO DE INFORMACION DE SUELOS Y DE SENSORES REMOTOS PARA EXPLICAR VARIACIONES EN LA PRODUCCION DE BANANO

E. Veldkamp, E.J. Huising, A. Stein y J. Bouma

## INTRODUCCION

El objetivo del estudio fue explicar las variaciones en la cosecha de banano mediante datos de satélite (LANDSAT THEMATIC MAPPER) y datos de suelo, a fin de investigar la utilidad de la información espectral obtenida mediante sensores remotos para el manejo del cultivo y demostrar la influencia de las características del suelo en la producción de banano. Un aspecto importante del estudio fue la integración de la información geográfica en diferentes formas y a diferentes escalas.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la finca bananera "Santa María" localizada en el distrito de Río Jiménez, en la Zona Atlántica de Costa Rica; el área de la finca es de 370 ha. La información utilizada para este estudio fue la siguiente:

- 1 - Un mapa de suelos a escala 1:15.000 hecho con base en fotografías aéreas (escala 1:30.000) e inspección en el campo.
- 2 - Una imagen del satélite "Thematic Mapper" (TM) que contiene información espectral en siete bandas. Cada "pixel" cubre un área de 30 x 30 m.
- 3 - Datos de las cosechas de banano, por sección de la finca (área: 6-12 ha).

Se digitalizó la información correspondiente al mapa de suelos y a la cosecha/secciones y se registró y clasificó la imagen del LANDSAT-TM. Se seleccionaron los píxeles clasificados como "banano" para obtener una imagen de la plantación que contenía información en siete bandas espectrales. La información espectral se relacionó con la cosecha de banano. Se estimaron algunas posibles combinaciones (por ejemplo, diferentes índices de vegetación) para evaluar sus posibilidades de predecir la cosecha.

Las imágenes de satélite se superpusieron con los mapas digitalizados; para cada polígono se calculó tanto el promedio como la desviación estándar de los valores de los píxeles.

Para explicar la variación en la cosecha se usaron los siguientes modelos estadísticos:

- 1 - Promedio del valor de los píxeles de la imagen TM or sección.
- 2 - Area de cada tipo de suelo por sección.
- 3 - Promedio del valor de los píxeles para el área de cada

tipo de suelo, en cada sección.

Para calcular la cosecha se utilizaron tres métodos diferentes:

- 1 - Número de racimos/ha/semana.
- 2 - Peso/racimo (promedio de la sección).
- 3 - Producción total (producto de 1 y 2).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En cuanto al método para medir la cosecha, los mejores resultados se alcanzaron con el cálculo de la producción total. Usando la información de los sensores remotos, los mejores resultados se obtuvieron con TM banda 4 (infrarrojo cercano) y un índice de vegetación (TM4-TM3). Las unidades de suelo en el modelo 2 fueron las que dieron mejores resultados. Con ello se pudo explicar el 67% de la variación. La cosecha estimada por unidad de suelo varía considerablemente: de 504 kg/ha/semana para el tipo de suelo Bosque (Andic Aquic Eutropept) hasta 896 kg/ha/semana para el tipo de suelo Dos Novillos (Typic Udivitrang). La combinación de ambos modelos en el modelo 3 no mejoró el porcentaje de variación explicada por el modelo 2. La incorporación del TM-banda 4 en el modelo 2 no aumentó el R-cuadrado.

Si la cosecha de banano se calcula por unidad de suelo, probablemente los resultados mejorarán. En esta forma, también se puede esperar mejoría en la correlación de la cosecha con el TM-banda 4. Los resultados también podrán perfeccionarse midiendo la cosecha por clase espectral (hay que definir las clases). La interpretación visual sugiere la existencia de una relación entre la información espectral y la de suelos. Es preciso contar con datos de cosecha más detallados para determinar si la información del TM permite estimar la cosecha de banano. Cuando se disponga de más observaciones, se podrán obtener mayores beneficios del uso de la geoestadística.

# QUIMICA Y MINERALOGIA DE ANDISOLES DE DIFERENTES EDADES EN UNA CRONOSECUENCIA DE SUELOS SOBRE LAHARES ANDESITICOS EN COSTA RICA

W.A. van Dooremolen, W.G. Wielemaker, N van Breemen N., E.L. Meijer y L.P. van Reeuwijk

(Traducción del artículo: "Chemistry and mineralogy of andisols of various age in a soil chronosequence on andesitic lahars in Costa Rica". *Geochemistry of the earth's surface and of mineral formation. 2nd International Symposium, July 2-8-1990, Aix en Provence, France. Chemical Geology 84:139-141*)

## INTRODUCCION

En este estudio se analiza la relación entre la edad de los depósitos volcanoclásticos y las propiedades de los suelos que se han formado sobre ellos. Es una cronosecuencia sobre lahares en la Zona Atlántica de Costa Rica.

## MATERIAL Y METODOS

En el piedemonte del volcán Turrialba, en la Cordillera Central del país, se encuentran corrientes volcánicas de lodo (lahares) de edades holocénica y pleistocénica. Los depósitos lahéricos derivados de lahares andesíticos se bajan de las laderas hasta los 100 msnm.

Los suelos considerados en este estudio están localizados entre los 100 y los 300 msnm. La precipitación promedio anual oscila entre 3500 y 4500 mm, sin una época seca definida. El promedio mensual de lluvia nunca es inferior a los 250 mm. La temperatura promedio anual es de 24°C.

Los depósitos lahéricos se caracterizan por la presencia de materiales muy poco clasificados (desde pedregones hasta partículas de menos de 2 micrones) y de fragmentos gruesos que no se tocan y que aparentemente "flotan" en una matriz de textura más fina. Se seleccionaron seis lahares de diferentes edades (números 1 a 6), con base en la geomorfología y el desarrollo del suelo. Los criterios para estimar la antigüedad fueron: el incremento en el relieve superficial del terreno y el aumento en la profundidad hasta el material parental poco alterado. Se seleccionó un perfil representativo para cada lahar (Wil.1 a Wil.6) en un sitio bien drenado, bajo pasto; todos estos suelos estaban bajo bosque hace menos de 50 años. Los perfiles se describieron según el manual de la FAO (1977).

Las muestras se secaron al aire antes de analizarlas. El contenido de arcilla de la fracción fina del suelo se estimó según el método de la pipeta, después de destruir la materia orgánica con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y dispersión en una solución de pirofosfato de sodio al 4% y



carbonato de sodio al 1%. El carbón orgánico se midió según el método de Walkley-Black; el pH se midió en 1M KCl (usando una relación suelo-líquido de 1:2.5). El pH.NaF y la retención de P se determinaron según Blakemore (1987); el Fe y el Al se determinaron en un extracto de 0.1M Na-pirofosfato y Fe, el Al y el Si en un extracto de 0.2M ácido de amonio oxalato-oxálico. La mineralogía de las arcillas se estudió mediante difracción con rayos X.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Al aumentar la edad del suelo, disminuye el grosor del horizonte A y el color cambia de pardo muy oscuro (10YR 2/2) a pardo (7.5YR a 10YR 3/3). El grosor del horizonte B (10YR 4/4) aumenta y su color cambia de pardo a pardo oscuro (7.5YR 4/6) en el perfil más antiguo. El contenido de arcilla del horizonte A aumenta y el de arena disminuye al aumentar la edad del suelo. Estos cambios en la textura, que deben atribuirse a la meteorización de fragmentos andesíticos en productos secundarios, confirman la supuesta edad relativa de los suelos a través de la cronosecuencia.

Los niveles de C-orgánico en el horizonte superficial primero aumentan (Wil.1 a Wil.4) y luego disminuyen (Wil.4 a Wil.6) al aumentar la antigüedad.

Los valores de pH en KCl (i) tienden a aumentar con la profundidad (de 1 a 0.5 unidad) en los cuatro suelos más recientes, (ii) muestran poca variación con respecto a la profundidad en los dos suelos más antiguos y (iii) disminuyen al aumentar la edad de 4.5-5 en los horizontes superficiales de Wil.1 y Wil.2 hasta alrededor de 4.0 en Wil.6. El pH en 1M NaF es 11-12 en Wil.1, 9-10 en Wil.6 y 10-11 en los suelos de edades intermedias. En estos suelos no-calcáreos, valores altos de pH en NaF (>10) indican la presencia de Al en forma de hidróxido libre, alófono o Al-orgánico.

La difracción con rayos-X muestra la presencia de kaolinita, illita, haloisita (0.7 nm y 1.0 nm), gibsitita y goetitita. Al aumentar la edad, los contenidos de gibsitita, goetitita y haloisita (0.7 nm) tienden a aumentar, mientras que la haloisita (1.0 nm) tiende a disminuir. No se observó kaolinita en Wil.1, Wil.1; se encontró en cantidades pequeñas en los suelos de edad intermedia y con frecuencia en el horizonte superficial de Wil.6.

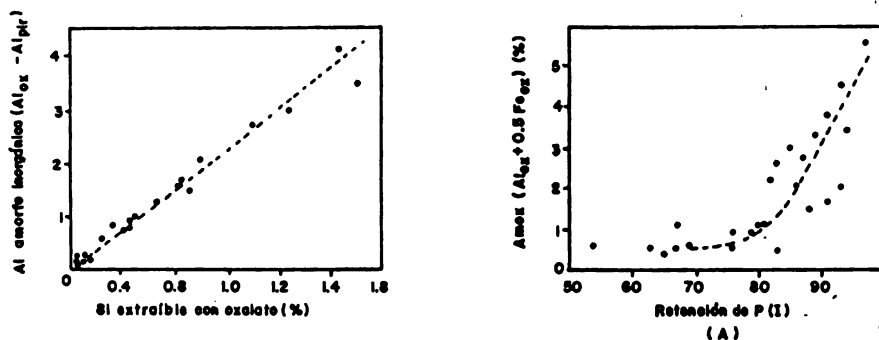


Fig. 1. Relación entre  $Si_{ox}$  y  $Al_{ox}-Al_{pir}$  en muestras de todos los suelos en la cronosecuencia.

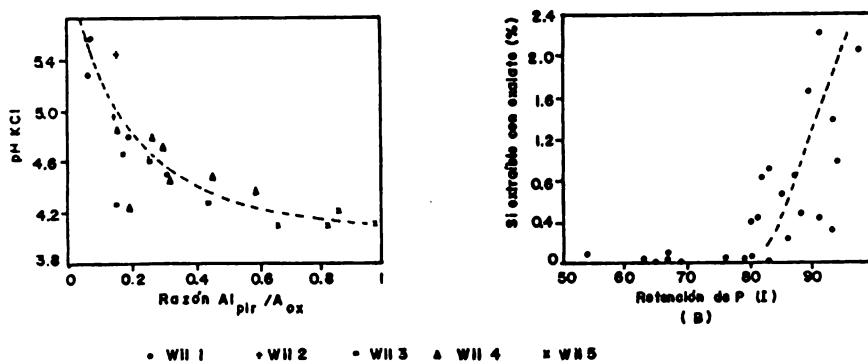


Fig. 2. Relación entre  $Al_{pir}/Al_{ox}$  y pH(KCl) en muestras de los perfiles WII1 a WII5.

Fig. 3. Relación entre retención de P y  $Al_{ox} + 0.5Fe_{ox}$  (A);  $Si_{ox}$  (B) en todas las muestras

El Fe, Al y Si extraíbles con oxalato son una medida de las fases amorfas y para-cristalinas que contienen estos elementos. En los horizontes A y B, el Fe extraíble con oxalato (0.3 a 1.5%), Al (0.4 a 5%) y Si (0.05 a 2.2%) tiende a disminuir en forma regular al aumentar la edad. El Fe extraíble con pirofosfato (0.03 a 1.4%) y Al (0.04 a 1.2%), que se supone representa las fases ligadas a materia orgánica, tiene estrecha correlación con el C orgánico. El Al pir/C orgánico varía poco entre los suelos, pero el Fe pir/C orgánico aumenta con la edad, lo que sugiere que la asociación de Fe y materia orgánica también aumenta con la edad. El Al amorfo e inorgánico ( $Al_{ox} - Al_{pir}$ ) muestra una buena correlación lineal con el  $Si_{ox}$  (Fig. 1), lo que sugiere que el Al amorfo inorgánico se asocia con el Si en una relación molar de Al/Si de aproximadamente 2 (composición de imogolita).

Como los grupos orgánicos (C-O-) y Si-O- compiten por el Al, la fórmula  $Al_{pir}/Al_{ox}$  da una buena medida del grado en que un

Andisol es de tipo alófono ( $Al\text{ pir}/Al\text{ ox} = 0$ ) o no-alófono ( $=1$ ). La relación  $Al\text{ pir}/Al\text{ ox}$  aumenta cuando desciende el pH y aumenta la edad del suelo (Fig. 2); esto demuestra que en suelos más antiguos, aumenta la importancia del Al amorfo orgánico en comparación con el Al amorfo inorgánico.

La retención de P tiende a disminuir cuando aumenta la edad del suelo: del 90% en Wil.1 hasta un 60-70% en las muestras de Wil.6. El contenido de Al y Fe extraíbles con oxalato (el así llamado Al y Fe "activo", calculado con base molar común  $Al\text{ ox} + 0.5\text{ Fe ox}$ , donde Al y Fe representan fracciones de masa en %) tiene una correlación estrecha y positiva con la retención de P (Fig. 3A). La retención de P también aumenta con el Si ox a contenidos de Si ox superiores al 0.2% (Fig. 3B), pero no muestra una relación clara con el Fe y el Al orgánicos.

## CONCLUSIONES

Los datos químicos y mineralógicos confirman las observaciones de campo en cuanto a la presencia de una relación crono-secuencial en la química y la mineralogía de los suelos estudiados. Los suelos más recientes se caracterizan por 1) un perfil delgado de textura gruesa a media, 2) contenidos relativamente bajos de materia orgánica, 3) valores de pH relativamente altos y 4) predominio de los compuestos inorgánicos de Al sobre los complejos de Al-humus.

Además de un pH más bajo y contenidos de materia orgánica y de arcilla más altos, la formación progresiva del suelo conduce a un aumento de complejos de Fe-humus. La difracción con rayos-X muestra la formación de haloisita y kaolinita a expensas de arcillas amorfas. El Al y el Fe inorgánicos predominan sobre el Al y el Fe orgánicos en la retención de P.

# LA PROBLEMÁTICA DEL CACAO EN LA ZONA ATLÁNTICA DE COSTA RICA

H. Waaijenberg & C.J. Tazelaar

## INTRODUCCION

En este momento, muchos agricultores de la Zona Atlántica de Costa Rica están abandonando sus plantaciones o cortando sus árboles de cacao híbrido; se sienten frustrados porque tanto los precios como los rendimientos son muy bajos (Figura 1).

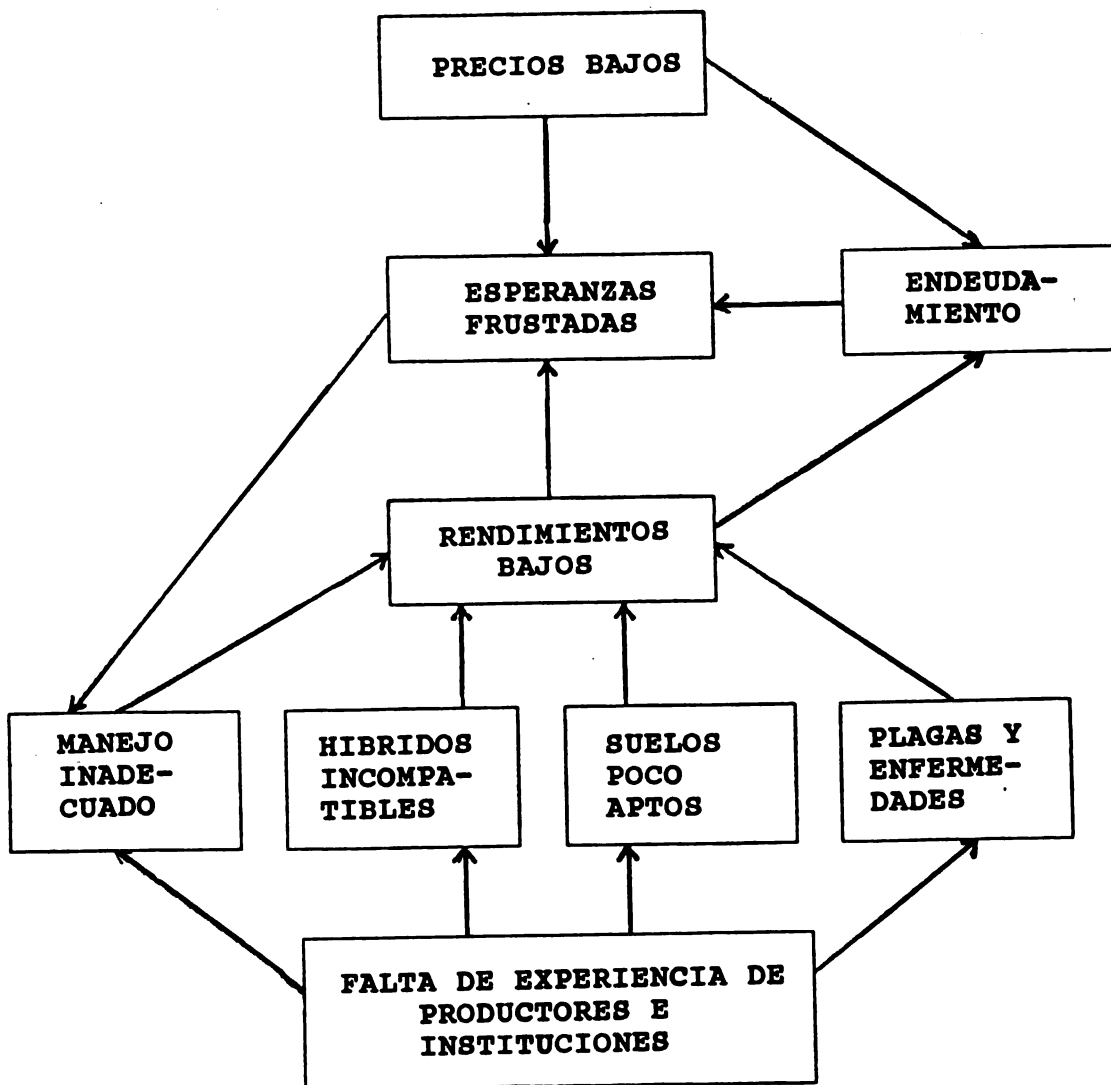


Figura 1. Causas de la baja productividad del cacao híbrido y repercusiones sobre los productores.

## **TEMAS DE ESTUDIO**

Las investigaciones relacionadas con el cultivo del cacao que desarrolla el Programa Zona Atlántica abarcan diferentes aspectos del tema:

- \* **Mercadeo:** canales de comercialización en Costa Rica y un estudio de caso sobre los cacaoteros del distrito Sixaola en el cantón de Talamanca.
- \* **Manejo:** entrevistas detalladas a 30 cacaoteros en los cantones de Guácimo, Siquirres y Talamanca.
- \* **Simulación de patrones de sombra,** a partir de un modelo desarrollado en el CATIE (QUESADA, SOMARRIBA & VARGAS, 1987).
- \* **Caracterización estadística y métodos de muestreo:** análisis detallado de 2000 árboles en cinco parcelas.
- \* **Ecología, manejo, crecimiento y rendimiento:** análisis cuantitativo de los factores que determinana la baja productividad del cacao híbrido en treinta parcelas.

## **HABLAR CON LOS ARBOLES**

Otras investigaciones sobre la baja productividad del cacao se basan en entrevistas a los productores; en este estudio se "habla" directamente con los árboles, a través de observaciones ecológicas, agronómicas y fenológicas.

## **Objetivos**

- \* **Hacer un análisis de la situación del cacao en la Zona Atlántica**
- \* **Desarrollar metodologías para diagnóstico.**

## **Muestreo**

- \* **Cantones:** Guácimo, Siquirres y Talamanca.
- \* **Productores (parcelas):** 10 por cantón (al azar).
- \* **Lotes:** 2 por parcela (bueno, malo).
- \* **Arboles:** 10-30 por lote (todos).

## **Observaciones**

- \* **Descripción y muestreo de suelos y sombra:** una vez.
- \* **Parámetros estables (como tamaño del tronco):** 1 vez/año.
- \* **Parámetros variables (como número de mazorcas):** 6 veces/año.
- \* **Prueba de incompatibilidad:** una vez, al final.

## **PROBLEMAS ANALITICOS**

El análisis cuantitativo de las observaciones pone en evidencia tres grandes problemas:

- \* Las variables muestran varianzas muy grandes; eso influye negativamente en la exactitud y requiere de muestras grandes.
- \* La falta de ortogonalidad y la presencia de correlaciones entre variables supuestamente "independientes" hace difícil distinguir los efectos de los diferentes factores.
- \* Al relacionar un gran número de variables aumenta la probabilidad de encontrar correlaciones "falsas".

## **SOMBRA, CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO**

Todavía no se ha completado el relevamiento de los datos. Un análisis preliminar de los datos de los cantones de Guácimo y de Talamanca muestra que en muchos lotes la sombra es inadecuada, lo que resulta en la reducción del área foliar por muerte regresiva, una enfermedad causada por un complejo de insectos y hongos en la que influyen el clima, el suelo (K) y la sombra. Se observaron correlaciones entre los bajos rendimientos del cultivo y el crecimiento subóptimo del tronco y de la copa.

## **CONCLUSIONES PRELIMINARES**

El análisis preliminar de los datos conduce a las siguientes conclusiones.

- \* Las condiciones ecológicas (K) y de manejo (sombra) influyen en el crecimiento y en los rendimientos del cacao.
- \* Por lo tanto la incompatibilidad genética no es el único factor limitante de los híbridos del cacao desarrollados por el CATIE.
- \* No tiene sentido desarrollar nuevos materiales genéticos sin prestarle la debida atención a otros factores, como selección de terrenos, prácticas de manejo, asistencia técnica y comercialización.
- \* Los suelos parecen influir poco sobre el crecimiento y los rendimientos del cacao. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el cacao - con bajos rendimientos - no es muy exigente y que los suelos de Guácimo y Talamanca son relativamente fértiles.
- \* Con descripciones muy detalladas de los sitios de siembra apenas se logró relacionar el crecimiento y los rendimientos del cacao con las características de los suelos. En vista de esto, qué se puede esperar de mapas y evaluaciones generales de los suelos?

## **REFERENCIAS**

- ENRIQUEZ, G.A., 1987. Manual del cacao para agricultores. CATIE, ACRI, UNED. San José, Costa Rica. 117 p.
- NOGUERA, A., 1990. Agricultores endeudan ¢ 4 mil millones: Admiten problemas de crédito para el agro. La Nación (Costa Rica), 21 de agosto 1990: 30A.
- QUESADA, F., SOMARRIBA, E. & E. VARGAS, 1987. Modelo para la simulación de patrones de sombra de árboles. Serie Técnica, Informe Técnico No. 118. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 91 p.

# FACTORES QUE INFLUYEN EN EL USO DE LA TIERRA Y UNA PROPUESTA PARA UN PROGRAMA DE INVESTIGACION

Robert Schipper

## INTRODUCCION

En las exposiciones de Wielemaker & Oosterom y de Huizing se trataron en primer lugar los factores físicos que condicionan la tierra misma y influyen en sus usos; y en segundo lugar las maneras de investigarlos, como la interpretación de fotos aéreas e imágenes de sensores remotes, y la comprobación en el campo.

En esta contribución pondré estas actividades en un marco más general. Este marco refiere al análisis y la planificación del uso de la tierra sostenible que sea al mismo tiempo económicamente viable y socialmente aceptable.

Este marco de referencia tratará tanto de factores físico-biológicos como de factores socio-económicos. Al mismo tiempo se ordenarán estos factores según el nivel de análisis: internacional, nacional, regional, sub-regional (o local); finca y actividad. Luego se regresará a este marco, pero en primer lugar se darán tres ejemplos de factores que influyen en el uso de la tierra.

## FACTORES QUE INFLUYEN EN EL USO DE LA TIERRA

El primer ejemplo permite apreciar la relación entre el tipo de suelo, el uso de la tierra y el rendimiento físico. En el asentamiento Neguev se pueden distinguir cuatro clases de suelo, tres de tierra roja y uno de tierra negra: (1) tierras negras y suamos (Suelos Parismina y Destierro), (2) tierra bermeja o café (Suelo Milano), (3) tierra colorada (Suelo Neguev) y (4) tierra muy roja (Suelo Silencio) (van UFFELEN, 1990). En el primer cuadro se aprecia que los cultivos de maíz, frijol y arroz tienen rendimientos muy diferentes para cada uno de estos suelos.

Cuadro 1. Relación entre el tipo de suelo y el rendimiento (q/ha) de maíz, frijol y arroz en diferentes suelos del asentamiento Neguev.

Suelo	maíz	frijol	arroz
Parismina/ Destierro	85	12	55
Milano	35	10	20
Neguev	25	5	10
Silencio	-	2	5

Fuente: van UFFELEN, 1990.

Aunque la información presentada en el cuadro anterior se debe interpretar cuidadosamente, es obvio que el tipo de tierra tiene una influencia determinante en el rendimiento físico y por ende,



también en el rendimiento económico del cultivo. Es por eso que el concepto de "evaluación de la tierra" tiene tanta importancia. El objetivo de la evaluación es establecer la aptitud físico-biológica de las unidades para diferentes tipos de uso.

Los otros ejemplos muestran la influencia de dos factores socio-económicos: la localización y el tamaño de la finca. La información proviene de una encuesta aplicada a 149 productores de Neguev, Río Jiménez y Cocorí (Fig. 1) en 1987 por los técnicos del Programa Zona Atlántica (ANON., 1987; BRINK & WAAIJENBERG, 1990, WAAIJENBERG, 1990).

El segundo ejemplo trata de la localización. En el segundo cuadro se presenta una clasificación de las fincas según el porcentaje del área total de la explotación dedicada a cultivos anuales.

Cuadro 2. Clasificación de las fincas encuestadas de acuerdo con el porcentaje del área total dedicado a cultivos anuales.

Porcentaje del área total con cultivos anuales							
Sub-área	n°	0-19%	20-39%	40-59%	60-79%	80-100%	total
Neguev	53	51	21	15	11	2	100%
Río Jiménez	46	30	26	22	11	11	100%
Cocorí	50	92	8	0	0	0	100%
<b>Total</b>	<b>149</b>	<b>58</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>

Fuente: SCHIPPER (1989)

Se aprecia que las fincas del área de Río Jiménez son las que dedican el mayor porcentaje del área total a los cultivos anuales, en tanto que las de Cocorí son las que dedican menos porcentaje; Neguev es un caso intermedio.

En el tercer ejemplo se presenta una clasificación de las fincas agrupadas según el tamaño de la finca y el uso de la tierra.

Cuadro 3. Clasificación de las fincas encuestadas de acuerdo con el tamaño y con el uso de la tierra (en % del total de fincas).

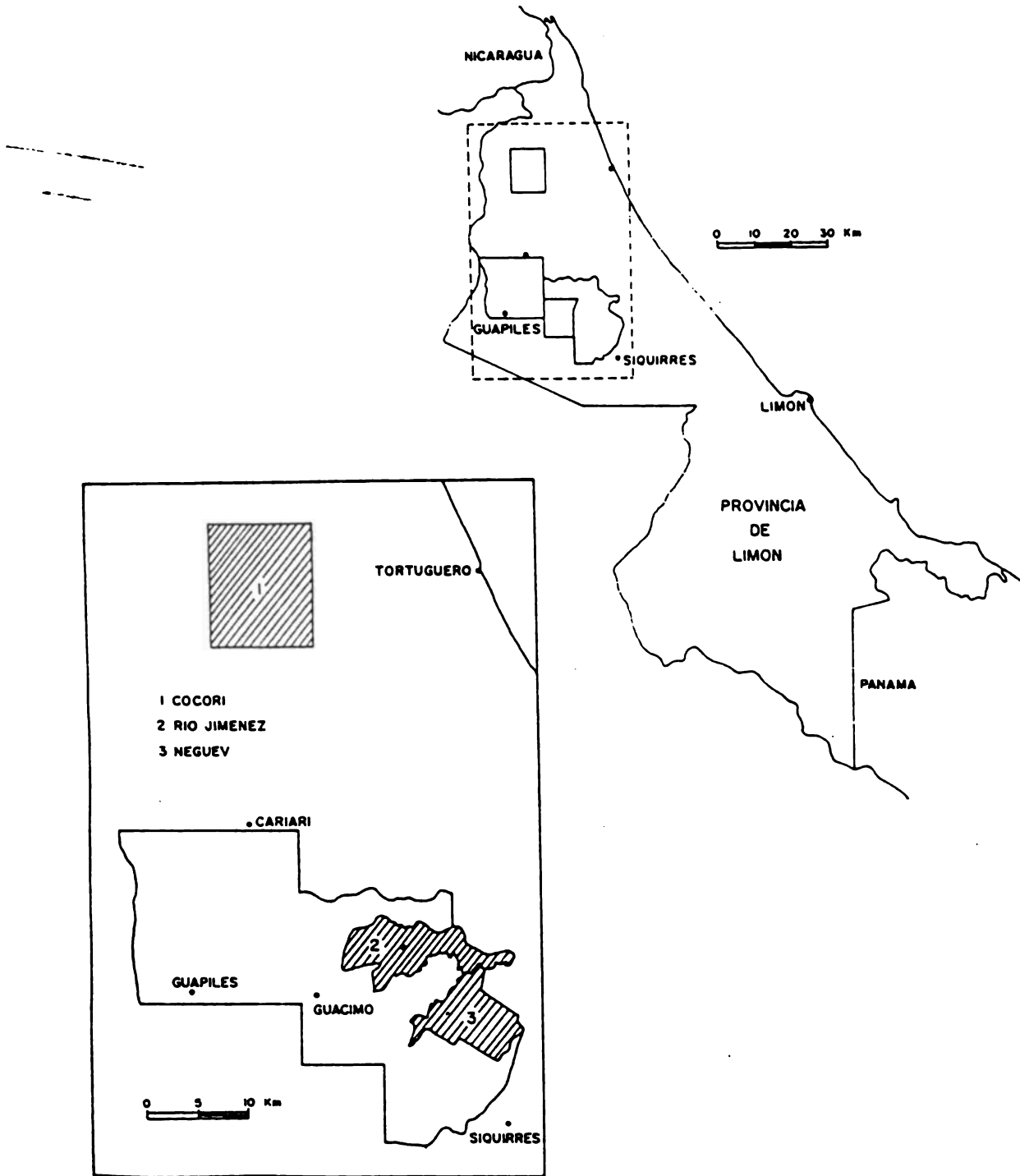
Clasificación de acuerdo con el tamaño (ha)							
Porcentaje del área con cultivos	n°	< 4	4-20	20-50	50-200	>=200	total
			11	73	31	25	10
menos de 20%	69	0	30	55	80	100	46
más de 20%	80	100	70	45	20	0	54
<b>Total</b>	<b>149</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: SCHIPPER (1989)

En este cuadro se aprecia que cuando aumenta el tamaño de la finca, el porcentaje del área total dedicado a cultivos es menor.

Evidentemente, tanto la localización como el tamaño de la finca tienen una influencia determinante sobre el uso de la tierra. Cabe

Fig. 1. La localización de las sub-áreas Cocorí, Río Jiménez y Neguev en la Zona Atlántica de Costa Rica.



destacar que estos dos factores no solamente influyen sobre el tipo de uso sino también sobre la intensidad del mismo.

La intensidad del uso puede calcularse en términos de mano de obra/ha, de insumos/ha, de carga animal, etc. Pero las relaciones difieren en cada situación, de modo que cada caso exige un análisis específico.

Los últimos ejemplos evidencian la necesidad de hacer un análisis a nivel de finca para evaluar y planificar el uso de la tierra. Pero el análisis de los sistemas de finca no es suficiente para ponderar los factores socio-económicos, pues hay otros factores, que están fuera de la influencia de los productores y que también son muy importantes. En este se refiere a factores de niveles regional, nacional e internacional. Además, el análisis sería mucho más profundo si los factores físico-biológicos se pudieran relacionar con los socio-económicos a fin de determinar la influencia conjunta de ambos tipos de factores sobre el uso de la tierra.

#### **NIVELES DE ANALISIS Y FACTORES QUE INFLUYEN EN EL USO DE LA TIERRA**

Como los factores que influyen en el uso de la tierra son muy numerosos, es útil distinguir varios niveles de análisis: internacional, nacional (Costa Rica), regional (provincias, la Zona Atlántica, o cuencas mayores), sub-regional o local (cantones, distritos, cuencas menores, y/o un área piloto), finca y actividad. Aunque los factores a nivel nacional e internacional son muy importantes (por ejemplo, los precios del mercado mundial), en este trabajo sólo se han considerado tres niveles: sub-regional, finca y actividad. La idea es que los factores a nivel nacional e internacional se manifiestan suficientemente a nivel regional.

El nivel de "actividad" incluye todas las actividades económicas de los miembros de la unidad familiar de la finca: tanto las labores agropecuarias (cultivos, ganado), como el trabajo fuera de la finca (agrícola/no-agrícola) y las labores del hogar. Las actividades agropecuarias se podrían considerar como sistemas de producción o como tipos de uso de la tierra. El concepto de sistemas de producción deriva de las teorías sobre los sistemas de finca ("farming systems analysis") (HART, 1985). El análisis de sistemas de finca considera una finca como un conjunto de componentes o sub-sistemas que están relacionados. Sub-sistemas son por ejemplo sistemas de producción como cultivar maíz o tener ganado. Sub-sistemas se caracterizan por relaciones de insumo-producto. El concepto de tipos de uso de la tierra proviene de la evaluación de tierra ("land evaluation") (FAO, 1976; FAO, 1983). La evaluación de tierra identifica en un región unidades de tierra con ciertas características o cualidades, como la fertilidad o la pedregosidad. Al mismo tiempo se definen tipos de uso de la tierra con ciertas necesidades o requerimientos en cuanto a las mismas cualidades de la tierra. Ejemplos de tipos de uso de la tierra son cultivar maíz o tener ganado. Finalmente, en la evaluación de tierra se compatibilizan las unidades de tierra con los tipos de

uso de la tierra.

¿Porqué es útil combinar e integrar la aproximación de la evaluación de tierra con la del análisis de sistemas de finca? Una razón muy importante es que una unidad de tierra normalmente no es una unidad de manejo. Por un lado, el uso de la tierra se maneja a nivel de la finca, y, por otro lado, se trata de influir en el uso de la tierra a los niveles regional y nacional a través de políticas, programas y proyectos de desarrollo. Es sobre todo el análisis de sistemas de finca que es capaz de investigar y pronosticar el manejo a nivel de finca. A este nivel el mejor uso de una unidad de tierra solamente en parte está influido por su capacidad física para producir. Son más bien factores socio-económicos que determinan las decisiones de los productores sobre el uso de la tierra de sus fincas. Otro problema es que normalmente la escala geográfica en que se hace una evaluación de tierra (por ejemplo 1:50.000) no permite una evaluación detallada de las unidades de tierra como partes del área de una finca. Para esta se necesita una evaluación a una escala mayor (por ejemplo 1:10.000).

En tres de los niveles considerados (nacional, sub-regional y finca) hay "actores" que toman decisiones acerca del uso de la tierra. Desde el punto de vista económico, estas decisiones están determinadas por los objetivos de los actores, las alternativas en cuanto al uso de la tierra (y sus costos y beneficios en términos de los objetivos) y los recursos disponibles.

Los objetivos difieren según el nivel. Por ejemplo, los objetivos a nivel nacional podrían ser el crecimiento del producto interno bruto, el equilibrio de la balanza nacional (divisas) y el empleo; a nivel regional, la producción agrícola, el empleo y el estímulo de la exportación; los objetivos a nivel de finca podrían ser los ingresos en efectivo y el autoabastecimiento de la unidad familiar. En cuanto al tema de discusión actual: la conveniencia de un uso sostenible de la tierra, podría ser un objetivo adicional para todos los niveles considerados.

Las alternativas y los recursos de producción también difieren según el nivel de análisis. Por ejemplo, a nivel regional, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) tiene como alternativas, entre otras, la extensión de diferentes cultivos, y como recursos, su personal y los fondos aprobados por el presupuesto nacional. A nivel de finca, el productor tiene como alternativas diferentes cultivos (por ejemplo, maíz, yuca o pejibaye), varios tipos de actividad ganadera y la posibilidad de trabajar fuera de la explotación (por ejemplo, en las fincas bananeras). En cuanto a recursos, el productor cuenta con la mano de obra familiar, su capital, los tipos de suelo de su finca y las posibilidades (o no) de financiamiento y crédito para insumos.

Un aspecto importante que cabe destacar es que normalmente hay conflictos entre la realización de los diversos objetivos, tanto en los del nivel de análisis, como en los de los actores de los diferentes niveles.

¿Qué factores influyen en el uso de la tierra a nivel subregional, de finca y de actividad? En la Figura 1, tomada de FRESCO et al., (1990), con el título "Land Evaluation and Farming

**Systems Analysis for Land Use Planning**", se presenta una lista de temas por nivel de análisis (en inglés). Los temas mencionados en la figura son muy globales, que pueden subdividirse. Por eso, los autores ofrecen un listado de comprobación ("checklist") que puede consultarse en la obra citada. Para cada tema, se destacan los puntos más importantes; por ejemplo, a nivel regional, para el tema "mercados y precios de productos agropecuarios", los puntos claves podrían ser:

- Localización de mercados.
- Medios de transporte.
- Canales de distribución.
- Márgenes de comercialización.
- Tipos y formas de competencia.
- Agentes de venta.
- Funciones del mercado.
- Normas de calidad, pesos y medidas. y
- Precios.

Otro ejemplo, esta vez a nivel de finca: para el tema "factores de producción", los puntos a destacar podrían ser el tipo, la calidad y la disponibilidad de tierra, mano de obra y capital.

#### **INTEGRACION DE LA EVALUACION DE LA TIERRA Y EL ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE FINCA PARA PLANIFICAR EL USO DE LA TIERRA**

Evidentemente son muchos los factores que influyen o podrían influir en el uso de la tierra. Por eso, es preciso centrar el análisis y la planificación del uso de la tierra en los factores relevantes para cada estudio específico, en este caso, el área piloto en la Zona Atlántica de Costa Rica.

En el comienzo de esta exposición, ya se ha dicho que quisiéramos poner la investigación de los factores que influyen en el uso de la tierra en un marco más general. Como marco de referencia se utilizó la secuencia "LEFSA" ("Land Evaluation & Farming Systems Analysis") mediante la cual se pretende integrar el análisis de los sistemas de finca con la evaluación de la tierra. Esta secuencia fue desarrollada conjuntamente por la Universidad Agrícola de Wageningen (UAW), el Instituto Internacional para Levantamientos Aeroespaciales y Ciencias de la Tierra (ITC), ambos en Holanda, y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

La secuencia LEFSA combina por un lado, la evaluación de la tierra (con un énfasis relativo en suelos y recursos naturales y procedimientos cuantitativos y formales para compatibilizar los usos con las unidades de tierra) y por otro, el análisis de los sistemas de finca (con su aproximación socio-económica y su metodología de diagnóstico y pruebas en el campo). LEFSA, entonces, es un esfuerzo para integrar la evaluación de la tierra y el análisis de los sistemas de finca en un marco metodológico que pueda utilizarse para la planificación del uso de la tierra. ¿Porque vale la pena buscar una aproximación para la planificación del uso de la tierra que combina la evaluación de tierra y el

análisis de sistemas de finca? Ambas tienen sus lados fuertes y débiles. Se puede analizar estos lados en base de seis puntos:

1. Objetivos y esfera.

El análisis de sistemas de finca tiene el intento de analizar las restricciones a nivel de finca con el fin de mejorar la tecnología y la aplicación de otras intervenciones, mientras que la evaluación de tierra está dirigida a la compatibilización de unidades de tierra con sus posibles usos. Además, la evaluación de tierra está enfocada a la productividad de la tierra, mientras el análisis de sistemas de finca está más orientado a la productividad de la mano de obra familiar.

2. Disciplinaridad.

Ambas aproximaciones son multi-disciplinarias, aunque el análisis de sistemas de finca da más énfasis a la interdisciplinaridad. No obstante, en ambas este tema no está elaborado suficientemente.

3. Unidades de análisis.

En la evaluación de tierra las unidades de análisis son la unidad de tierra y el tipo de uso de la tierra, mientras en el análisis de sistemas de finca las unidades de análisis son los sistemas de finca y los sistemas de producción (de cultivos y de animales). Aunque tiene razón igualar el concepto tipo de uso de la tierra con el concepto

-----  
(A) REGIONAL AND/OR SUBREGIONAL SYSTEMS (REGIONAL AND SUBREGIONAL LEVEL):

Socio-economic part:

1. norms/beliefs
2. community structure/politics
3. policies/programmes/projects
4. institutions: health/education  
research/extension  
input supply  
credit  
land tenure  
cooperatives  
marketing boards
5. markets/prices: labour  
land  
capital goods  
current inputs  
farm products
6. agro-industries
7. farmer organizations
8. set of farming systems

Biophysical part/land use systems:

1. climate
2. soils/topography
3. water/irrigation
4. location/access
5. vegetation
6. land use:  
crops/fodder/fishponds/trees
7. land use: animals
8. pests/diseases

-----  
(B) FARMING SYSTEMS (FARM LEVEL):

- |  |  |
|--|--|
| * household  | * farm   |
| - needs/preferences  | - goals  |
| - composition, age/sex division                                  | - land: availability per unit                                    |
| - money availability   | - capital items  |
| - consumption  | - labour: availability (age/sex)                                 |
| - management: how, when and where<br>decisions; who decides what | - management: how, when and where<br>decisions; who decides what |

-----  
(C) HOUSEHOLD, CROPPING, AND LIVESTOCK (SUB)SYSTEMS (ACTIVITY\* LEVEL):

- |                                   |  |                             |
|-----------------------------------|--|-----------------------------|
| 1. household production           | 2. off-farm                            | 3. on-farm (land use types) |
| -child care                       | -off-farm work                         | -crop activities            |
| -collecting water<br>and firewood | -renting out<br>of land and<br>capital | -livestock activities       |
| -cooking                          |  | -forestry activities        |
| -artisanal activities             |  | -others (fishponds, etc.)   |

-----  
\* Activities are used in this figure and in the text as equivalents to '(semi-)detailed' land use types and to 'farm level' subsystems, and used in an economic sense: within activities, inputs (land + labour + money + capital items + current inputs) are combined together with a technology to produce outputs.

- inputs are coming from the farming system, or from other activities, or from outside the farming system, i.e. the regional and/or subregional systems.
- outputs are going to the farm (household consumption), or exchanged with regional systems (product markets); or 'feedbacks' are being felt at the (sub)regional system(s), both in the socio-economic part, as well as in the physical-biological part.

2. Temas de interés, por nivel de análisis.  
Fuente: Fresco et al. (1990)

sistemas de producción, estos conceptos no fueron analizados de la misma manera, ni con la misma profundidad en ambas aproximaciones. Además, es importante destacar que la evaluación de tierra analiza la aptitud de un tipo de uso de la tierra independientemente de otros tipos de uso, mientras en el análisis de sistemas de finca se da énfasis a las relaciones entre los sistemas de producción, tanto a las del tipo insumo-producto, como a las relaciones más indirectas por el uso de factores de producción comunes.

#### 4. Escala.

Ya hablé sobre los problemas relacionados con la escala geográfica con que normalmente se ejecutaron evaluaciones de tierra, y la escala necesaria para un análisis a nivel de finca. No obstante, estas diferencias no tienen un carácter principal, y con los avances de las tecnologías de computación y de los sistemas de información geográfica se puede superarlas.

#### 5. Secuencia metodológica.

Ambas aproximaciones siguen una secuencia iterativa, empezando con un diagnóstico. Ambas también aplican un método comparativo. En la evaluación de tierra se compara la unidad de tierra con su uso, mientras en el análisis de sistemas de finca se comparan diferentes tecnologías en cuanto a un sistema de producción.

#### 6. Tipos de datos.

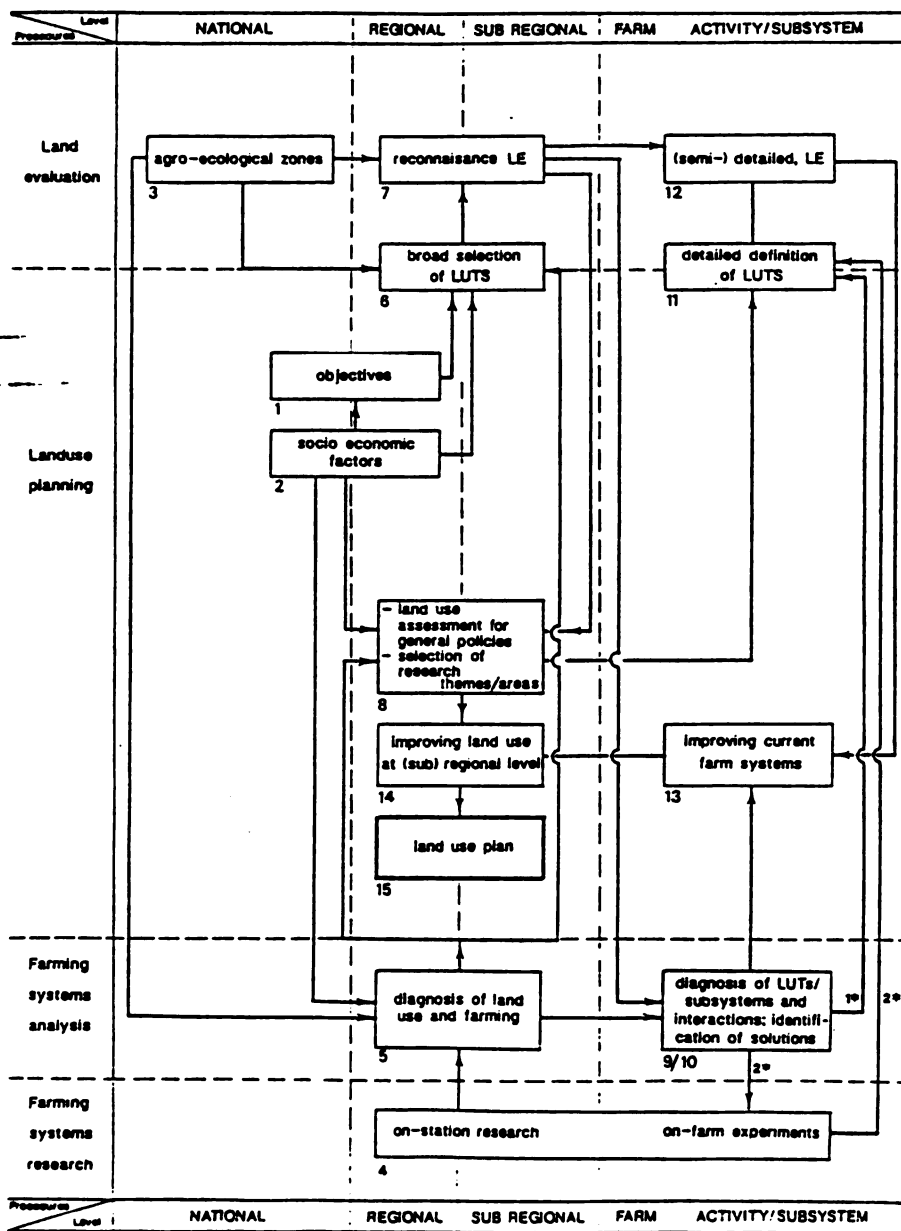
Por fin, se criticó a ambas aproximaciones por los recursos y tiempo necesarios para la recolección de datos, que no se reflejan en las conclusiones finales.

En base de un diagnóstico de estos puntos, por supuesto con más profundidad y detalle, se elaboró un esquema, una aproximación, para la planificación del uso de la tierra, usando tanto la evaluación de tierra como el análisis de sistemas de finca, evitando los puntos débiles de ambas.

La secuencia LEFSA consta de 15 pasos, que abarcan desde el nivel nacional y hasta el de finca y sus sub-sistemas, pasando por el nivel sub-regional. A nivel regional se hace un reconocimiento de tierras para investigar los factores físico-biológicos, y un levantamiento rural o sondeo ("rapid rural appraisal") para investigar los factores socio-económicos. A nivel de finca y de actividad se hace una evaluación de tierras semi-detallada y un diagnóstico de las alternativas y las restricciones de las fincas. La secuencia es iterativa dentro y entre los niveles (o sea, "dos pasos adelante, un paso atrás") para que en cada nivel se vayan comprobando los datos. En la Figura 3 se resume la secuencia LEFSA (en inglés); los 15 pasos se presentan en un diagrama de flujo. Para una descripción más detallada consultar FRESCO et al., (1990).



Figure 3. La secuencia LEFSA para la planificación del uso de la tierra.  
Fuente: FRESCO et al. (1990).



- 1\* If current, tested technology is available for the definition of relevant LUTs.
- 2\* If further research is needed for the definition of LUTs ('research loop'; Young, 1985).

Para integrar la evaluación de la tierra y el análisis de los sistemas de finca se utilizarán fundamentalmente estas tres líneas de trabajo:

- a - Igualar el concepto de "tipo de uso de la tierra" de la evaluación de tierra con el concepto de "sistemas de producción" (de cultivos y/o de animales) del análisis de los sistemas de finca y con el concepto de "actividad" de las teorías económicas sobre el análisis de la actividad y de la administración rural.
- b - Distinguir, tanto en la evaluación de la tierra como en el análisis de los sistemas de finca, los mismos niveles de análisis: nacional, regional, sub-regional, finca y actividad.
- c - Utilizar un sistema de información geográfica común para compatibilizar los datos recolectados, tanto en la evaluación de tierra como en el análisis de los sistemas de finca.

En este momento, la secuencia LEFSA no es más que un modelo teórico; aunque casi todos sus pasos se aplicaron en la práctica, nunca se completó la secuencia. El supuesto básico de que la evaluación de la tierra y el análisis de los sistemas de finca se puede integrar en forma tal que el total sea más que sus partes, todavía requiere verificación. Esta verificación es uno de los objetivos de un programa de investigación propuesto por los representantes de la Universidad Agrícola de Wageningen.

#### PROPUESTA PARA UN PROGRAMA DE INVESTIGACION

En Wageningen se ha preparado una propuesta para un programa de investigación a desarrollar en colaboración entre el CATIE, el MAG y la Universidad Agrícola de Wageningen dentro del marco del Programa Zona Atlántica. El objetivo principal es contribuir al desarrollo de una metodología para la planificación del uso de la tierra en forma sostenible, utilizando el área piloto en la Zona Atlántica de Costa Rica como estudio de caso. Las principales líneas del trabajo de investigación serían las siguientes:

- I Definir y hacer operativo el concepto de "sostenibilidad" para cada nivel de análisis. Aunque todo el mundo habla de sostenibilidad y esta tiene una significación intuitiva, tal como 'el mantenimiento del medio ambiente y de los recursos naturales de tal manera que nuestros nietos puedan vivir por lo menos con el mismo nivel de vida que nosotros (pero visto el deseo de desarrollarse, el nivel de vida de nuestros nietos será más alto cuantitativamente y distinto cualitativamente)'; de hecho no está definida lo que sostenibilidad significa en una situación particular.

El concepto sostenibilidad puede analizarse en términos de productividad, estabilidad, elasticidad o capacidad para recobrase ("resilience"), y eficiencia. Preferimos usar el

concepto solamente en un sentido ecológico, no en un sentido socio-económico. No obstante, se deberán investigar las condiciones socio-económicas que permitan llegar a un desarrollo sostenible. Como hipótesis de trabajo pensamos en operacionalizar el concepto de sostenibilidad mediante el objetivo de un uso mínimo de insumos por unidad de producto y el de una degradación físico-biológica mínima del suelo y otros recursos naturales.

- II **Apreciar la sostenibilidad del uso actual y sugerir usos potenciales a nivel subregional por cada unidad de tierra, mediante una evaluación de tierra y un levantamiento rural; e integrar los datos en un modelo de programación lineal con objetivos múltiples. Los objetivos están relacionados a los objetivos de desarrollo y a los objetivos de la sostenibilidad.**
- III **Hacer una evaluación de la tierra y un análisis de los sistemas de producción a nivel de finca para varios grupos de fincas y diseñar modelos de programación lineal para estos tipos de finca.**
- IV **Desarrollar modelos de uso de la tierra que consideren conjuntamente los niveles de finca y de sub-región. Los resultados de las versiones alternativas de los modelos de fincas se integrarán a nivel del área piloto. Como los objetivos, las alternativas y los recursos difieren para cada nivel, se deberán simular diferentes guiones de desarrollo posibles con base en diferentes suposiciones en cuanto a los objetivos, tanto los de desarrollo a diferente niveles, como los de sostenibilidad y a los demás parámetros ("método escenario").**

Es importante señalar que el Programa Zona Atlántica ya ha trabajado por poco más de cuatro años en la Zona y por lo tanto cuenta con muchos datos y resultados publicados. Es por eso que se piensa que el programa puede adelantar bastante en estas líneas de investigación.

Próximamente se discutirá y profundizará la propuesta conjuntamente con el CATIE, el MAG y otras instituciones que participan en trabajos de investigación en el área.

#### **REFERENCIAS**

- ANON., 1987. Programa de investigación agropecuaria en la Zona Atlántica. Programme Document N° 3. Atlantic Zone Programme CATIE-UAW-MAG. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- BRINK, M & H. WAAIJENBERG, 1990. Base de datos de una encuesta de caracterización de fincas realizadas en el Norte de la Zona Atlántica de Costa Rica, 1987. Working Paper No. 7. Atlantic Zone Programme CATIE-UAW-MAG. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- FAO, 1976. A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin N° 32. FAO. Rome.

- FAO, 1983. Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. FAO Soils Bulletin N° 52. FAO. Rome.
- FRESCO, L.O., H HUIZING, H van KEULEN, H. LUNING & R.A. SCHIPPER, 1990. Land evaluation and farming systems analysis for land use planning. FAO Guidelines: Working Document. ITC. Enschede, Holanda & Wageningen Agricultural University. Wageningen, Holanda.
- HART, R.D., 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- SCHIPPER, R.A., 1989. Una caracterización de fincas en Neguev, Río Jiménez y Cocorí; Zona Atlántica, Costa Rica. Programa Zona Atlántica CATIE-UAW-MAG. Guápiles, Costa Rica. (Draft Paper).
- UFFELEN, J.G.van. 1990. Conocimientos endógenos y científicos en determinar la aptitud de las tierras en el asentamiento Neguev. Field Reports N° 53. Programa Zona Atlántica CATIE-UAW-MAG. Guápiles, Costa Rica.
- WAAIJENBERG, H. (ed.), 1990. Río Jiménez, ejemplo de la problemática agraria de la Zona Atlántica de Costa Rica. Un análisis con enfoque histórico. Serie Técnico, Informe Técnico N° 160. Programme paper N° 5, Atlantic Zone Programme CATIE-UAW-MAG. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

## **SECCION II - DISCUSION SOBRE APLICACION DE INFORMACION DE SUELOS A LA ZONA ATLANTICA**

---

Para evaluar las posibles aplicaciones de suelos y las líneas de acción futura dentro del Programa Zona Atlántica se pidieron a seis representantes de diversas organizaciones de presentar su opinión al respecto con una breve introducción. De cuatro entre ellos los editores del presente volumen redactaron resúmenes con base en apuntes de Kroonenberg y Boerrigter. Estos resúmenes siguen a continuación. Dos panelistas presentaron sus textos en forma escrita, los cuales quedan incluidos igualmente.

### **1. Antonio López (CORBANA, sección de suelos)**

Los estudios de suelos tal como presentados en el Taller Información de suelos, y sobre todo aquellos a nivel de finca, como en el ejemplo de Los Diamantes (Valverde & Ugalde, este volumen) revisten gran importancia para la planificación agraria. Se destaca que el único cultivo en el cual actualmente se aplican conocimiento de suelos previo al cultivo es el banano, tanto en cuanto se refiere al manejo del drenaje como al manejo de la fertilidad.

En todos los otros cultivos, como por ejemplo en el caso de la pimienta, son los campesinos que experimentan y determinan según el éxito o fracaso cómo continuar. La mayor parte de esos experimentos ha sido hecha en suelos pobres, en los cuales especialmente yuca y piña rinden mejor. Es una lástima que los campesinos han tenido que sufrir como consecuencia de experimentos fracasados. Deben ser las estaciones experimentales que hacen experimentos también sobre suelos pobres, ellos no dependen económicamente de la suerte del cultivo. Uno de las preguntas más urgentes en ese respecto es el de cómo manejar los fertilizantes sobre suelos pobres.

Hay buenas posibilidades para el uso del sistema de información de suelos por el Programa Zona Atlántica. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el uso actual tal como levantado por Huising (1990, este volumen) no coincide con el uso racional, y que realizar un uso más racional requiere muchos años.

En cuanto a las líneas futuras de investigación por CORBANA, se enfocan sobre dos temas:

- (1) Mantener el balance de nutrientes en diferentes cultivos (palmito, pimienta, maracuya).
- (2) Identificación de factores limitantes en cuanto a suelos y drenaje.

Extendiendo la experiencia de CORBANA en los estudios de suelos antes de cultivar, se tiene la bases sobre las cuales se pueden aconsejar a los campesinos.

### **2. Donald Kass (CATIE, Agroforestería) (v. contribución separada)**

### **3. Rolando Rivera (CEPAS)**

Punto de partida es que el suelo no es únicamente un espacio físico sino también un espacio social. El sistema LEFSA propuesto puede ayudar en la toma de decisiones mediante escenarios, pero no es suficiente, ya que el papel de los actores mismo no queda incluido suficientemente. Las compañías bananeras no necesitan escenarios, ellos por su propia cuenta escogen las mejores tierras. La política agraria y otros factores socio-económicos juegan un papel preponderante que no se dejan coger tan fácilmente en escenarios.

Lo que hace más falta es profundizar el conocimiento de los sistemas de producción a nivel de finca. La sostenibilidad de estos sistemas tiene que ser estudiado en primer lugar desde el punto de vista del agricultor. Los estudios multidisciplinarios llevados a cabo por el Programa Zona Atlántica pretende incorporar al agricultor, pero hasta ahora este esfuerzo ha sido bastante limitado. Lo que hace falta sobre todo es la transferencia de conocimiento a través de un esquema de extensión, involucrando en eso las organizaciones de productores.

#### **4. Francisco Romero (CATIE, Area Piloto)**

El concepto del área piloto abarca aspectos de investigación, enseñanza y aplicación y pretende utilizar mejor los resultados de la investigación, poner en práctica el concepto de la agricultura sostenible, y entrenar estudiantes y científicos en laboratorios especiales para estudios multidisciplinarios. La aproximación multidisciplinaria es necesaria para poder ofrecer perspectivas regionales incluyendo el suelo, el paisaje, el agricultor y su familia, las instituciones etc. La atención no debe dirigirse sólo al factor suelo, sino se deben tomar en cuenta especialmente los aspectos socio-económicos. Por otra parte falta mucha información sobre la sostenibilidad, eficacia y problemas actuales de los sistemas de producción ganadera, sobre todo sobre suelos marginales.

Las áreas piloto no se deben considerar como enclaves, sino como polos de desarrollo, y deben funcionar como herramientas de planificación.

#### **5. Antonio Zumbado (MAG, SENACSA Servicio Nacional de Conservación de Suelos)**

El campesino necesita planificar a corto plazo para poder obtener cada año suficiente ingresos. No se le puede exigir de que reduzca su producción con el fin de proteger el suelo contro la erosión sin que le den compensaciones para eso. Sin embargo, hay que hacer decisiones para plazos más largos. El uso de los Sistemas de Información Geográfica puede ser muy útil en ese sentido. La información existente triene que ser complementada por las entidades nacionales y las organizaciones campesinas, para llegar a estrategias nuevas para la agricultura sostenible.

6. **Sergio Abarca Monge** (MAG, Area Piloto) (v. contribución separada).

## EL DESARROLLO DE SISTEMAS AGROFORESTALES Y LA SOSTENIBILIDAD

Donald C.L. Kass

Ha sido notado que la agroforestería es una ciencia nueva pero una práctica antigua (Kang y VanDenBelt, 1990). Muchos sistemas agroforestales han sido utilizados en Centroamérica y el Caribe durante siglos sin recibir mucha atención por parte de investigadores y otros científicos. Sistemas de barbechos, cultivos perennes bajo sombra, y huertas caseras existían en la región antes de la Conquista. El agricultor de Centroamérica y del Caribe siempre ha demostrado una tendencia a mantener árboles en sus fincas, como la existencia de sistemas silvopastoriles, cercas vivas, y la presencia de árboles en terrenos de cultivos evidencian. Se puede hasta argumentar que muchos de estos sistemas se desarrollaron espontáneamente cuando especies pioneras como Psidium guajaba, Alnus acuminata, Cassia guatemalensis y Mimosa tenuiflora nacieron en áreas deforestadas para la producción de cultivos o pastos (Budowski, 1987).

Durante los últimos cien años, sistemas agroforestales nuevos han sido introducidos a Centroamérica y el Caribe. El uso de Taungya para producir cultivos junto con especies maderables, el uso de Erythrina poeppigiana y musáceas como sombra de café, cortinas rompevientos, bancos de proteínas de árboles utilizables en la nutrición animal, cultivo en callejones y plantaciones de árboles para leña son prácticas agroforestales desarrolladas en otras partes del mundo que han sido introducidas a la región o por producir productos nuevos, o por científicos que las conocían por su experiencia de otros lugares del mundo.

En los últimos años, con un reconocimiento general del problema de deforestación y otras evidencias de degradación ambiental se ha sugerido una preocupación con la sostenibilidad de los sistemas de producción actualmente utilizados en el trópico (Sánchez, 1987; Young, 1989). Se define un sistema sostenible como un sistema que conserva o mejora el ambiente al mismo tiempo que provee productos alimenticios o económicos. Lo que todavía falta son los criterios para establecer si un sistema es sostenible. Como hemos notado, hay sistemas de producción, inclusive sistemas agroforestales en Centroamérica y el Caribe que parecen ser sostenibles porque han producido productos importantes sin degeneración obvia de los recursos naturales (Sánchez et al., 1990). Hay evidencias que el altiplano de Guatemala y el valle de Turrialba donde se localiza CATIE han sido utilizados para la producción de maíz durante más de 2000 años. Estos suelos son todavía unos de los más fértiles de la región. Hay plantaciones de cacao y café bajo sombra que tienen más de 200 años y parecen todavía productivas.



Cuáles criterios podemos utilizar para decir si estos sistemas son sostenibles o no. Un nivel de productividad que es aceptable para alimentar una familia de seis u ocho personas no es el mismo que para un país tratando de pagar sus importaciones de petróleo o los intereses de su deuda externa. Igualmente, cuáles son los parámetros que tenemos que medir para saber si un sistema es verdaderamente protectora o destructiva del ambiente. La evaluación es todavía más difícil en una región donde hay un insumo periódico de ceniza volcánica que a pesar de causar muchos daños a personas y propiedad ha contribuido a la productividad agrícola de la región.

Los pocos esfuerzos que han sido realizados para determinar la sostenibilidad de algunos sistemas agroforestales en Centroamérica han sido criticados por haber sido realizados en suelos de origen volcánico relativamente fértiles, que serán productivos bajo cualquier sistema. Los datos disponibles indican, sin embargo, que estos sistemas sí son sostenibles (Sánchez, 1989; Young, 1989). Pero estamos tratando de utilizar datos tomados sobre 5, 10, o 15 años para medir procesos que pueden tomar siglos. Hasta este momento, las condiciones para medir cambios en propiedades del suelo sólomente han existido en Turrialba. Un esfuerzo para monitorear cambios en suelos más degradados (Kass y Araya, 1987) fue discontinuado al criterio del donante, que quería un proyecto de "desarrollo" y no uno de "investigación".

Si se quiere determinar si los sistemas agroforestales son verdaderamente sostenibles, se requiere un insumo de recursos para la investigación que todavía no estaba disponible en la región. Monitoreo de pérdidas de suelo, degradación de estructura y fertilidad del suelo, y la producción de madera, productos exportables y alimentos durante largo plazo necesitan experimentos grandes, bien planteados, que tienen apoyo garantizado por largos períodos. Hay áreas en Centroamérica y el Caribe donde la sostenibilidad es más cuestionable que en valles fértiles y en las faldas de los volcanes donde la mayor parte de la investigación hasta la fecha ha sido realizada. El Programa II de CATIE reconoce la importancia de investigación en estas áreas. Existe personal entrenado para realizar estos estudios. Lo que sigue faltando es el apoyo de donantes para hacer los estudios necesarios en las áreas más críticas de la región. Ultimamente han aparecido unos proyectos para realizar tales estudios en Nicaragua y Guatemala. Sin embargo, los asuntos relacionados a la sostenibilidad requieren mayor obligación de recursos por plazos mayores que los donantes hasta el momento se han demostrado inclinados a hacer. Una indicación del tipo de investigación necesaria para sistemas silvopastoriles ha sido publicado recientemente (Toledo & Torres, 1990).

## REFERENCIAS

- BUDOWSKI, G. 1987 The development of agroforestry in Central America, en: Stepple, H.A. & P.K. Nair (eds.): Agroforestry, a Decade of Development. ICRAF, Nairobi, Kenya, p. 70-87.
- KANG, B.T. y R. VANDENBELT, 1990. Agroforestry systems for sustained crop production in the tropics with special reference to West Africa. en: Moore, (ed.) Agroforestry Land-Use Systems. Spec. Pub. 90-02. Nitrogen Fixing Tree Association. Hawaii, EEUU, p. 13-33.
- KASS, D y J.F. ARAYA 1987 Alley cropping with Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. on farmers' fields in Costa Rica. en: Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. management and improvement, NFTA Special Publ. 87-01, p. 50-58.
- SANCHEZ, G., D. KASS, R. BOREL, A. BONNEMANN y J. BEER, 1990 Shade trees in plantation culture. en: Moore, (ed.) Agroforestry Land-Use Systems. Spec. Pub. 90-02. Nitrogen Fixing Tree Association. Hawaii, EEUU, p. 75-83.
- SANCHEZ, J. 1989 Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de producción de cultivos en callejones. Tesis Mag. Sci. CATIE, 174 p.
- SANCHEZ, P.A., 1987 Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. en: Steppler, H.A. y P.K. Nair (eds.). Agroforestry, a decade in development. ICRAF. Nairobi, Kenya, p. 205-233.
- TOLEDO, J.M. y F. TORRES 1990 Potential of silvopastoral systems in the rain forest. en: Moore, (ed.) Agroforestry Land-Use Systems. Spec. Pub. 90-02. Nitrogen Fixing Tree Association. Hawaii, EEUU, p. 35-52
- YOUNG, A. 1989 Agroforestry for soil conservation. CAB international. Exeter, Inglaterra, 275 p.

## UTILIDAD DEL SISTEMAS DE INFORMACION DE SUELOS PARA EL AREA PILOTO

Sergio Abarca Monge

La diversidad de las zonas de vida en los trópicos indica claramente que estas regiones son sumamente desuniformes. Sin embargo esta misma diversidad implica que hay opciones para el desarrollo integral y sostenido de sus recursos naturales. En este caso cada suelo tiene un potencial de producción diferente y requiere de una estrategia de manejo específica.

Por otra parte, actualmente la tasa de cambio tan elevada en el uso de los suelos y la estructura de la tenencia de tierra en la región Atlántica, a la par de otros componentes tales como socio-económicos, culturales, climáticos y de infraestructura entre otros implica que los sistemas de información para la elaboración de diagnósticos que ayuden a la toma de decisiones sean adecuados y dinámicos.

Dentro del área piloto del CATIE para Costa Rica (Pococí y Guácimo) que es un esfuerzo sectorial para un desarrollo concertado, la información de suelos del Programa Zona Atlántica (CATIE-MAG-UAW) será un importante aporte que permitirá:

- a. Planificar el desarrollo dentro de un marco ecológico de la poca área que aún nos queda susceptible de un adecuado ordenamiento agrario y agropecuario así como la protección de áreas de poco potencial agrícola.
- b. En el resto de la subregión un reordenamiento agrario será difícil, y si lo hubiere sería a muy largo plazo, sin embargo con políticas y lineamientos acertados es posible inducir a un reordenamiento agropecuario acorde con el potencial de producción de las diferentes zonas agroclimáticas.
- c. En terrenos mal utilizados o manejados inapropiadamente pero aún con alternativas suficientemente rentables permitirá cuantificar los efectos negativos con el fin de tomar medidas correctivas que eviten la degradación y si es del caso iniciar el proceso de recuperación.
- d. Enfocar las directrices nacionales y regionales del sector, tanto en investigación como en extensión agropecuaria hacia la implementación de modelos de producción rentables y sostenibles de los rubros de potencial en los diferentes suelos y climas del área piloto.

**LAS FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION EN EL PROGRAMA ZONA  
ATLANTICA:  
RESUMEN DE LAS DISCUSIONES**

Salomón B. Kroonenberg y Bert Boerrigter

**INTRODUCCION**

El propósito de las discusiones fue el de discutir qué aplicaciones tendrán los datos presentados en el taller, y qué líneas futuras de investigación se tendría que seguir. Se salió de tres preguntas principales:

- (1) Qué vamos a hacer, y cómo?
- (2) Para quiénes lo haremos?
- (3) Quiénes van a participar en la investigación futura?

**QUÉ VAMOS A HACER?**

Algunos participantes opinan que se necesita extender el levantamiento de suelos a otras áreas. La UAW opina que ya que la metodología del levantamiento y de la incorporación de los datos en un sistema de información geográfica queda bien establecida, es la tarea de las entidades nacionales de seguir en esta línea. La UAW pretende, en conjunto con las contrapartes costarricenses, seguir desarrollando nuevas metodologías para la planificación del uso sostenible de la tierra, tal como el sistema LEFSA expuesto en la presentación de Schipper (1990, este volumen).

- Hay que enfocar la investigación hacia suelos fértiles o marginales?

Los participantes opinan que las compañías bananeras ya hacen bastante investigación edafológica sobre el uso potencial de los suelos fértiles, y no hay necesidad de apoyarles todavía en eso. Ese tipo de suelos permite gran cantidad de cultivos tanto anuales como perennes. Además la sostenibilidad de agricultura sobre estos suelos es la que ofrece menos problemas, si se alcanza a controlar la polución que por ejemplo el cultivo del banano lleva consigo. Lo que hace más falta es investigación sobre suelos marginales, donde los pequeños agricultores carecen de conocimiento, sobre todo con respecto a la aptitud y productividad del suelo para cultivos específicos, el manejo del suelo, el uso de fertilizantes y aspectos del drenaje. Se sabe todavía muy poco de los requerimientos de posibles alternativas sobre estos suelos, tal como el uso silvopastoril, la agroforestería, y cultivos tal como maracuyá, pimienta. Además se carece de criterios para definir la sostenibilidad, y por ende de equilibrar el uso actual con el uso racional de esas tierras. Tomando en cuenta que la "frontera de la colonización" ya está agotada, es decir que ya casi no quedan tierras vírgenes a invadir, un aumento de la productividad debe venir sobre todo de un manejo mejor de las tierras ya en uso.

- Hay que enfocar la investigación hacia planificación para el

plazo corto o para el plazo largo? (escala temporal). Muchos participantes opinaron que el punto de partida debe ser la realidad actual de la Zona Atlántica. A los campesinos les falta todavía mucho conocimiento para superar los limitantes de los suelos que cultiva actualmente. Por otra parte, si pretendemos dirigirnos a diseñar sistemas de producción sostenibles, sí es necesario de conocer el impacto a largo plazo de los diferentes sistemas de producción sobre el suelo. Pero los campesinos no tienen los recursos para tomar medidas para la conservación del suelo a largo plazo. Si se quieren una actitud más conservacionista entre los campesinos, hay que darles incentivos económicos para eso. La búsqueda de sistemas de producción ecológicamente atractivos tal como la agroforestería debe ser intensificada.

- planeación a nivel de finca o a escala regional? (escala espacial)

En la metodología LEFSA propuesta por la UAW se enfocaron sobre dos niveles, el nivel regional, en el cual el actor principal sería el gobierno con sus instituciones; y por otra parte el nivel de la finca, en el cual el actor principal es el agricultor. Se opinó en las discusiones que tanto gobierno como agricultor tienen que agir a ambos niveles, y que la separación entre los dos niveles a veces es ilusorio.

## **PARA QUIÉNES**

En un cierto modo existe un conflicto de intereses entre la planificación, objetivo a escala regional, y la participación al nivel del campesino. Algunos participantes opinaron que hay que salir de la pregunta: Qué quieren los campesinos mismos? Para conocer las inquietudes de los campesinos es imprescindible incluir estudios socio-económicos. Otros dicen que la situación actual de los campesinos no les permite de dejarse guiar por consideraciones regionales o nacionales. Por otra parte la planificación regional y nacional es la tarea de las entidades nacionales. Estas entidades tienen sus propios objetivos, que no siempre coinciden con los de los campesinos en el nivel de finca. Por lo tanto las investigaciones futuras sobre el desarrollo de metodología del uso sostenible de la tierra tienen que tomar en cuenta ambos niveles.

Algunos participantes tienen sus reservas contro el uso de los modelos de simulación, ya que han sido hechos en oficina y a veces tienen muy poca relación con la realidad diaria del campesino. Otros, sin embargo, piensan que estos modelos, sobre todo cuando son disponibles en forma de sistema de expertos, pueden ayudar a los campesinos en la toma de decisiones.

Algunos participantes expresaron críticas con respecto a la aproximación estática de la secuencia LEFSA. Unas características sobresalientes de la agricultura in la Zona Atlántica son la grande diversidad y el gran dinamismo debido a la fuerte inmigración, la

especulación de tierras y los cambios en la política agraria del gobierno. Se contestó que los cambios rápidos en la agricultura en la Zona Atlántica requieren una adaptación regular de los bancos de datos que conforman la base del sistema, pero que no impiden el funcionamiento del sistema como herramienta en la toma de decisiones.

#### **QUIÉNES PARTICIPARÁN EN LAS INVESTIGACIONES FUTURAS?**

Se nota un fuerte deseo por parte de los participantes de no tanto seguir acumulando más datos, sino más bien dirigirse hacia la aplicación de los mismos. Se aprecia que hay decenas de investigadores en la Zona Atlántica mientras que hay sólo dos extensionistas que ayudan a los campesinos a aplicar los conocimientos nuevos. Los participantes de la UAW opinaron que están completamente de acuerdo con esa necesidad. Sin embargo, es la tarea de las universidades de hacer investigaciones científicas, y en el caso actual de buscar metodologías nuevas para ayudar en la toma de decisiones acerca del uso sostenible de la tierra. Se expresó el deseo de intensificar la colaboración con las Universidades costarricenses en este respecto. Pero las universidades no tienen ni la capacidad personal ni la experiencia local para transferir este conocimiento a los campesinos. Esta es la tarea de las entidades nacionales, y si existen insuficiente fondos para asegurar esa transferencia de conocimiento, hay que buscar juntos a obtener fondos adicionales de organizaciones internacionales de asistencia técnica, tal como el Ministerio de Relaciones Exteriores de Holanda, la FAO, el Banco Mundial etc. El Area Piloto constituye un marco excelente para adelantar nuevas iniciativas hacia mayores esfuerzos de transferencia de conocimiento. Estas iniciativas deben apoyarse en una base amplia de instituciones vinculadas, incluyendo no sólo las contrapartes del convenio actual CATIE, MAG y UAW sino también organizaciones locales de productores y otras entidades.

## **SECCION III: GUÍAS DE EXCURSIONES**

---

---

### **SITIO 1: LOS DIAMANTES**

Willem G. Wielemaker

#### **TEMAS**

Diferencias entre corriente de lodo (Sitio 1b) y depósito aluvial (Sitio 1a) y su relación con las características de los dos suelos. Aptitud para cultivos y sostenibilidad del uso.

#### **INFORMACION GENERAL**

El sitio se encuentra a unos 130 msnm y colinda con el límite norte de la Estación Experimental "Los Diamantes" del MAG.

#### **CLIMA**

La precipitación promedio anual es de 4.500 mm con una temperatura máxima de 28 °C y una mínima de 20 °C (promedio anual correspondiente a Los Diamantes). Debido a su posición más baja probablemente la precipitación en el sitio es un poco menos y la temperatura es un poco más alta.

#### **GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA**

El suelo Los Diamantes corresponde a un abanico aluvial. En un estudio detallado de los suelos de la estación, Valverde y Ugalde (1991) observaron una pequeña inclusión correspondiente a una corriente de lodo, con un suelo diferente (Guineas). Los dos depósitos se diferencian en esta forma:

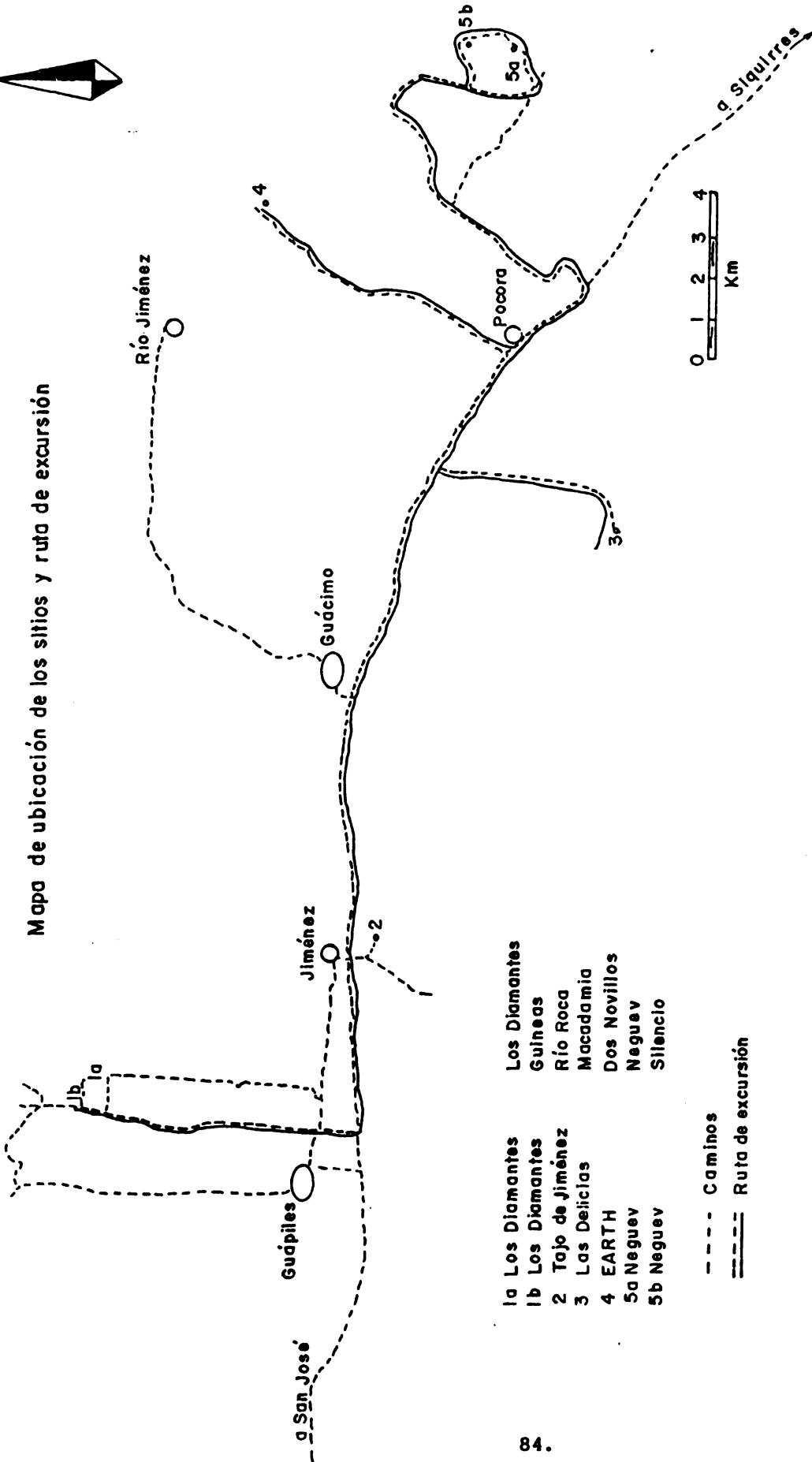
El depósito aluvial está constituido por arena con grava y a veces piedras redondeadas depositadas por ríos y arroyos; no se ha cementado y es permeable.

El depósito de la corriente de lodo incluye arena, limo y grava angular no estratificada que se depositó rápidamente, como una avalancha de material proveniente del Volcán Turrialba. Probablemente el alto contenido de agua y la solubilidad del sílice propició la cementación.

#### **SUELOS**

Los suelos representativos para las dos formaciones son fértiles y poco lixiviados, por lo que corresponden a la fase 3 de desarrollo (Wielemaker y Oosterom, 1991). La diferencia más notoria es que en el caso del suelo Guineas, la permeabilidad del subsuelo provoca un drenaje impedido sobre la corriente de lodo, en tanto que el suelo Los Diamantes, que está sobre material aluvial, es

Mapa de ubicación de los sitios y ruta de excursión



- |    |                 |
|----|-----------------|
| 1a | Los Diamantes   |
| 1b | Los Diamantes   |
| 2  | Tajo de Jiménez |
| 3  | Las Delicias    |
| 4  | EARTH           |
| 5a | Neguev          |
| 5b | Neguev          |
- 
- |               |
|---------------|
| Los Diamantes |
| Guineas       |
| Río Roca      |
| Macadamia     |
| Dos Novillos  |
| Neguev        |
| Silencio      |

--- Caminos  
 - - - - Ruta de excursión



bien drenado y permeable. Además, es un suelo muy poroso que favorece el arraigamiento.

**Cuadro 1. Descripción de un perfil representativo del suelo Los Diamantes (Andic Dystropept/Typic Hapludand).**

- 
- Au1 0 - 20 Negro parduzco (10 YR 2/3) en húmedo; franco con poca grava; estructura moderada, en bloques subangulares muy finos a finos; friable en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; pocos poros, muy finos y finos, continuos, vesiculares; raíces comunes y muy finas a finas; límite neto y plano; tixotrópico.
- Au2 20 - 50 Pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco arenoso, con poca grava; macizo poroso; friable en húmedo, ligeramente adherente y no plástico en mojado; frecuentes poros, muy finos, continuos, vesiculares; raíces comunes y muy finas a finas; límite neto y ondulado; tixotrópico.
- Au3 50 - 70 Pardo oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; arena francosa, con poca grava y ligeramente pedregosa; estructura débil, migajosa, fina; muy friable en húmedo; pocos poros, muy finos a finos, discontinuos, intersticiales; pocas raíces, finas; límite brusco y ondulado; tixotrópico.
- 2C + 70 Arena, grava y piedras redondeadas; todo el material está suelto.

**Cuadro 2. Descripción de un perfil representativo del suelo Guineas (Typic Hapludand).**

- 
- Ap 0 - 20 Pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco, con poca grava; estructura maciza en bloques angulares; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; pocos poros muy finos, continuos e intersticiales; muy pocas raíces finas; límite brusco plano.
- Bw 20 - 38 Pardo (10YR 4/6) en húmedo; franco arcillo arenoso; estructura macizo porosa; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; muchos poros muy finos continuos e intersticiales; límite neto ondulado; poco tixotrópico.
- Cr + 38 Pardo amarillo (10 YR5/2) en húmedo; poca grava; pocos moteados pequeños, definidos, bruscos, de color naranja; poros frecuentes muy finos a finos, discontinuos e intersticiales.

Observaciones: En el horizonte Cr se aprecia arena y grava angular y cementada.

Cuadro 3. Datos analíticos de un perfil representativo del suelo Los Diamantes.

Profundidad	0-20	20-50	50-75
pH(H <sub>2</sub> O)	5.4	5.6	6.1
pH(KCl)	4.8	5.1	5.7
pH(NaF)	10.7	10.5	10.2
Acidez extr (meq/100g)			
CIC (me <sup>+</sup> /100g)	21.2	33.5	31.6
Intercambio cationes			
Ca (meq/100g)	1.8	7.3	7.7
Mg (meq/100g)	0.3	2.1	2.0
K (meq/100g)	0.2	0.8	0.4
Na (meq/100g)			
Materia orgánica (%)	8.8	6.2	2.1
Extr. por ácido oxal.			
Fe (%) (húmedo)	1.0	1.4	1.4
Al (%) (húmedo)	2.2	2.4	2.2
Retención de P (%)	89	92	88
Textura			
Arcilla (%)	18	14	8
Limo (%)	24	20	12
Arena (%)	58	66	80
Densidad aparente			
Ret. agua a pF4.2 (%)			

Cuadro 4. Datos analíticos de un perfil representativo del suelo Guineas.

Profundidad	0-30	30-50
pH(H <sub>2</sub> O)	5.6	6.1
pH(KCl)	4.7	5.2
pH(NaF)	11.0	11.0
Acidez extr (meq/100g)		
CIC (me <sup>q</sup> /100g)	38.5	18.7
Intercambio cationes		
Ca (meq/100g)	4.5	2.6
Mg (meq/100g)	0.7	0.5
K (meq/100g)	0.3	0.5
Na (meq/100g)	0.3	0.2
Materia orgánica (%)	5.9	1.6
Extr. por ácido oxal.		
Fe (%) (húmedo)	1.1	1.2
Al (%) (húmedo)	2.3	2.1
Retención de P (%)	86	82
Textura		
Arcilla (%)	12	10
Limo (%)	28	24
Arena (%)	60	66
Densidad aparente		
Ret. agua a pF4.2 (%)		

#### APTITUD

Suelo Los Diamantes es apto para todos los cultivos de la zona. Sus problemas son la alta pedregosidad en los sitios más cercanos a la cordillera y la alta retención de P. La aptitud es Clase 1.1 (Wielemaker & Oosterom, 1991).

Suelo Guineas tiene buena fertilidad química; los principales limitantes son el drenaje y el arraigamiento. La aptitud es Clase 1.1 (Wielemaker & Oosterom, 1991).

Capacidad de uso según CCT (1985): IIIs1 en el caso de Los Diamantes y IXs1 en el caso del suelo Guineas (s1: limitante por profundidad del suelo).

**Maíz** (fuente: Ing. Carlos Calderón, MAG)

- Rendimiento:** 4-5 ton/ha en condiciones experimentales 3-4 ton/ha en fincas con tecnología recomendada; 1.5-3 ton/ha promedio de la zona. El maíz rinde mejor cuando se siembra en enero/febrero (cosecha junio/julio).
- Suelos:** El maíz es un cultivo exigente en cuanto a fertilidad; crece bien en suelos con un grado de desarrollo entre 2 y 6 (Anexo 6).
- Manejo:** Fertilización con 200 kg 10-30-10 y 200 kg de nutrán por ha. Combate de plagas (como el gusano cogollero) y malezas. Para evitar la pudrición de la mazorca, doblarla después de 100 - 110 días.
- Problemas:** Precio muy bajo (¢ 13.00/kg en 1990) y alta incidencia de plagas por el exceso de humedad.

**Raíces y tubérculos** (fuente: Ing. Jorge Mora, MAG)

En la zona se cultiva: ñame blanco (Dioscorea alata) y yampi (D. trifida), ambos del género Dioscorea y además chamol (Colocasia esculenta var. antiquorum) y tiquisque (Xanthosoma sagittifolium y violaceum) que son Aráceas. También hay yuca (Manihot esculenta). El cultivo más promisorio es el ñame blanco; el cultivar Diamantes 22 es resistente a la Antracnosis y resulta menos afectado por los nemátodos.

**Ñame blanco**

- Rendimientos:** De 30.000 kg/ha hasta un máximo de 45.000 kg/ha. Necesita entre 8 y 9 meses para madurar. El precio para el agricultor es de ¢ 20 a ¢ 35/kg.
- Suelos:** El ñame es bastante exigente en cuanto a suelos; no hay información sobre rendimientos en suelos ácidos (grado de lixiviación 6,7 y 8; Anexo 7).
- Manejo:** Fertilización a la siembra con 150 kg/ha de 10-30-10; al segundo mes 150 kg/ha de 18-5-15/6-2 y al cuarto mes 150 kg de 26-0-26. Combate de malezas hasta el cuarto mes. Debe utilizarse una varilla que cuesta alrededor de ¢ 45.000/ha.
- Problemas:** Pocos.

**Yampi**

El manejo es parecido al del ñame blanco; produce más tubérculos/planta pero son más pequeños. Por la alta incidencia de plagas, este cultivo es mucho menos atractivo.

**Aráceas** (chamol y tiquisque)

- Rendimiento:** 8.000 - 12.000 kg/ha.  
**Suelos:** Ver flame blanco  
**Manejo:** El tiquisque necesita un año para madurar; el chamol entre 7 y 8 meses. La fertilización debe hacerse como en el flame. Se necesita un buen drenaje para limitar el ataques de hongos y bacterias, especialmente en el caso de la pudrición radical del tiquisque.  
**Problemas:** En condiciones de drenaje impedido (como las del suelo Guineas) sufren enfermedades, en especial el tiquisque.

**Yuca**

Actualmente no hay investigación sobre este cultivo.

- Rendimiento:** En condiciones rústicas se obtienen de 8 a 32 ton/ha/año, sin fertilización.  
**Suelos:** Crece en suelos con un grado de lixiviación de hasta 8 (Wielemaker & Oosterom, 1991).  
**Problemas:** Si el precio es bueno, este cultivo es muy atractivo porque el manejo es fácil.

**Especies** (fuente: Ing. Antonio Bogantes, MAG)

Se realizan trabajos de investigación con pimienta, nuez moscada y vainilla. En este momento, la pimienta es el cultivo que recibe más atención.

**Pimienta:**

Es un cultivo perenne que se reproduce por enraizamiento de esquejes. Necesita dos meses en el vivero; la primera cosecha se hace al año del transplante. La vida útil es de 10 años.

- Rendimiento:** Para el segundo año produce alrededor de 500 kg de fruta seca/ha, y a partir del tercero o cuarto, entre 2000 y 3000 kg/ha. El precio al agricultor es de ¢ 180/kg de fruta seca; puede rendir hasta ¢ 450.000/ha/año.  
**Suelos:** La pimienta es muy exigente en cuanto al drenaje del suelo y moderadamente exigente en cuanto a su fertilidad. No hay información sobre su desempeño en suelos ácidos.  
**Manejo:** Se debe fertilizar con tres aplicaciones de 120 kg de 10-30-10/ha durante el primer año y de

18-5-15/6-2 durante el segundo. El ataque de Fusarium (hongo del suelo) se debe combatir con buen drenaje y sembrando en lomillos.

**Rendimiento:** Durante los primeros tres años, el costo de producción es de ₡ 600.000 (siembra, drenaje, poda de tutores y plantas, combate de malezas, fertilización y aplicación de fungicidas).

**Problemas:** El cultivo es económicamente rentable y atractivo pero la alta inversión necesaria y el manejo son un obstáculo importante para el pequeño agricultor.

#### REFERENCIAS

- VALVERDE, L.G., y M.A. UGALDE, 1991. Estudio detallado de los suelos de la finca experimental "Los Diamantes". en: W.G. Wielemaker & S.B. Kroonenberg (eds.) Generación y Aplicación de la información de suelos de la Zona Atlántica de Costa Rica. Informe Técnico nr. 170. Programme paper no. 13, Atlantic Zone programme CATIE-UAW-MAG. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- WIELMAKER, W.G., y A.P. OOSTEROM, 1991. Un sistema de información para paisajes y suelos. en: ver Valverde, L.G., y M.A. Ugalde.

## **SITIO 2: TAJO DE JIMÉNEZ**

**André Nieuwenhuyse**

### **TEMA**

Variabilidad en la unidad debido a factores geológicos y climatológicos.

### **INFORMACION GENERAL**

El sitio está localizado unos 500 m al sur de la carretera Guápiles - Limón, a 300 msnm. La unidad de mapeo llega hasta los 2000 msnm.

### **CLIMA**

Se supone que el clima del lugar es similar al de Guápiles, por lo tanto, se considera que "Los Diamantes", localizada unos 5 km al oeste del sitio, es una estación meteorológica representativa. Como el sitio es un poco más elevado, es posible que la precipitación promedio (anual) esté entre los 4500 y los 5000 mm y la temperatura promedio alrededor de los 24 °C.

En lugares más altos el clima es más lluvioso y más frío. Por ejemplo, en La Isleta, ubicada unos 8 km al sureste del sitio a unos 670 msnm, la precipitación promedio es de unos 6500 - 7000 mm anuales y la temperatura promedio está entre los 22 y los 23 °C.

### **GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA**

El tajo de Jiménez se encuentra en una colada de lava de gran volumen, que es la más reciente de la Cordillera Central. Hasta hace poco se creía que la lava de Cervantes, en el flanco sur del volcán Irazú, con unos 14000 años de antigüedad, era la última emisión importante. Sin embargo, Reagan (1987) demostró que la lava de Jiménez tiene menos de 2000 años. Es de composición andesítica (58 - 59% SiO<sub>2</sub>) y tiene un volumen estimado en 3 km<sup>3</sup>, de modo que es mucho más grande que las coladas provocadas por erupciones más recientes.

Por lo general, las lavas se caracterizan por su viscosidad. Como la mayoría de las coladas de lava de la Cordillera Central, la lava de Jiménez es andesítica, lo que implica que fluyó lentamente porque su viscosidad es moderada. Cuando el movimiento de la corriente es lento, las capas exteriores pueden endurecerse, pero como en el interior la lava sigue fluyendo, la capa exterior endurecida se resquebraja y se forman bloques angulares que cubren extensas áreas en la superficie. En el tajo se aprecia mucho material fino debido a la fricción que se produce en la corriente.

Generalmente, en la superficie de las coladas de lava hay

canales por donde fluyó el material que, al endurecerse, pueden funcionar como cauces de río, dando lugar a la formación de terrenos aluviales sobre las coladas.

## SUELO

A continuación se presentan los datos de dos perfiles típicos para la unidad:

Suelo Río Roca, variante aluvial: un suelo bien drenado, franco arenoso, con poca grava o piedra en la parte superior y muy pedregoso en la parte inferior; de unos 60 cm de profundidad y moderadamente fértil. El grado de desarrollo es 3 (Wielemaker y Oosterom, 1990).

Suelo Río Roca variante pedregosa: un suelo excesivamente drenado, franco arenoso, de muy a extremadamente pedregoso y poco profundo. El grado de desarrollo es 2 (Wielemaker y Oosterom, 1990). En los Cuadros 1 y 2 se presentan las descripciones y los datos analíticos de dos perfiles representativos.

### Cuadro 1a: Descripción de un perfil representativo del suelo Río Roca, variante aluvial.

Ah	0-10 cm. Negro parduzco (10 YR 2/3) en húmedo; franco arcilloso con poca grava; estructura en bloques angulares y subangulares, muy finos y finos, fuerte; muy friable en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; frecuentes poros muy finos y finos; abundantes raíces de todo tamaño; no tixotrópico; límite neto ondulado.
AB	10-27 cm. Pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco arcillo arenoso; estructura en bloques subangulares, finos, débil; muy friable en húmedo; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; frecuentes poros muy finos, finos y medianos; abundantes raíces de todo tamaño; ligeramente tixotrópico; límite neto plano.
Bw	27-50 cm. Pardo (10 YR 4/4) en húmedo; franco arenoso pedregoso, con grava; estructura en bloques subangulares, finos, débil; muy friable en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; frecuentes poros muy finos, finos y medianos; comunes raíces de todo tamaño; ligeramente tixotrópico; límite difuso y plano.
BC	50-70+cm. Pardo (10 YR 4/4) en húmedo, franco arenoso muy pedregoso, con grava; estructura en bloques subangulares, medianos, débil; muy friable en húmedo, no adherente y ligeramente plástico en mojado; frecuentes poros muy finos; comunes raíces de todo tamaño; ligeramente tixotrópico.

### Cuadro 1b: Descripción de un perfil representativo del suelo Río Roca, variante pedregosa.

Ah	0-15 cm. Negro parduzco (10 YR 3/2) en húmedo; franco, con grava, piedras y pedregones; estructura migajosa, muy fina, fuerte; suelo en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; abundantes poros finos; comunes raíces finas; ligeramente tixotrópico; límite brusco y plano.
Bw	15-40 cm. Pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco, con grava, piedras y pedregones; estructura en bloques subangulares, finos, fuerte; friable en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; abundantes poros muy finos; pocas raíces finas; ligeramente tixotrópico; límite neto y ondulado.
BC	40-51 cm. Pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco arenoso con grava, piedras y pedregones; estructura migajosa, muy fina, débil; muy friable en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; muy pocas raíces finas; tixotrópico; límite neto y ondulado.
C	51+ cm. Material de partida.



Cuadro 2:

Datos analíticos de los perfiles representativos del suelo Río Roca.

Suelo Río Roca	variante aluvial				variante pedregoso	
	1-9	13-24	30-45	60-70	0-15	15-40
Profundidad (cm)						
pH-H <sub>2</sub> O	5.0	5.3	5.7	5.8	5.7	5.6
pH-KCl	na	na	na	na	na	na
pH-NaF	10.3	10.8	10.2	10.6	na	na
Acidez extr (meq/100g)	na	na	na	na	0.1	0.2
CIC (me <sup>q</sup> /100g)	35.2	29.7	19.0	16.8	33.9	28.8
cationes intercamb.						
Ca (meq/100g)	4.6	1.7	1.5	1.5	6.1	0.9
Mg (meq/100g)	3.5	0.4	0.4	0.4	1.3	0.5
K (meq/100g)	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
Na (meq/100g)	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1
Materia orgánica (%)	13.9	8.0	3.6	2.1	15.5	10.7
Extr. por ácido oxal.						
Fe (%)	0.9	0.9	0.8	0.6	na	na
Al (%)	3.4	4.8	4.5	3.6	na	na
Retención de P (%)	96	98	98	97	96	96
Textura						
Arcilla (%)	61	43	39	25	13	12
Limo (%)	39	57	61	75	37	60
Arena (%)	na	0.50	na	na	na	na
Densidad aparente	na	0.50	na	na	na	na
Ret. agua a pF4.2 (%)	61	62	49	36	na	na

**CLASIFICACION**

Suelo Río Roca variante aluvial: Typic Hapludand.

Suelo Río Roca variante pedregosa: Lithic Hapludand/Lithic Udivitrang.

**APTITUD DEL SUELO**

La aptitud del suelo se determinó mediante el sistema del CCT. Se consideraron las dos variantes del suelo Río Roca, aunque hay muchas otras variantes. Se señala la aptitud para dos zonas de vida, porque la unidad se extiende desde el tajo, a unos 300 msnm, hasta más allá de los 2000 msnm. Se consideró un sistema de manejo tradicional.

hasta más allá de los 2000 msnm. Se consideró un sistema de manejo tradicional.

**A: Zona de vida "Bosque muy húmedo tropical"**

Río Roca aluvial: clase III s1,4

Río Roca pedregoso: clase X s1,4

**B: Zona de vida "Bosque pluvial premontano"**

Río Roca aluvial: clase VI c1,s1

Río Roca pedregoso: clase X s1,4

La aptitud (Wielemaker y Oosterom, 1991) es de 1.1 para la variante aluvial y de 1.3 para la variante pedregosa.

**REFERENCIAS**

REAGAN, M.K. (1987). Turrialba Volcano, Costa Rica: Magmatism at the Southeast Terminus of the Central American Arc. University of California, Santa Cruz.

WIELEMAKER, W.G. y A.P. OOSTEROM (1991). Un sistema de información para paisajes y suelos. En: W.G. Wielemaker & S.B. Kroonenberg (eds.) Generación y aplicación de la información de suelos de la Zona Atlántica de Costa Rica. Informe Técnico nr. 170. Programme paper no. 13, Atlantic Zone programme CATIE-UAW-MAG. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

### SITIO 3: LAS DELICIAS

André Nieuwenhuyse

#### TEMAS

Variabilidad de la unidad. Aptitud para cultivos en general y para la macadamia en particular, con énfasis en el clima.

#### INFORMACION GENERAL

El sitio a visitar se encuentra en la finca Kailuba, unos 4 km al sur de Iroquois y a unos 240 msnm.

#### CLIMA

Por su localización se supone que el clima de la finca es similar al de la estación Los Diamantes. Desde 1987 la finca cuenta con su propia estación meteorológica. Aunque los registros corresponden a un período muy corto, se ha incluido la información. La precipitación promedio es de unos 4700 mm/año. Los promedios mensuales de temperatura se presentan en la Figura 1; cabe aclarar que entre diciembre y abril la temperatura nocturna puede descender hasta los 15 a 18 °C.

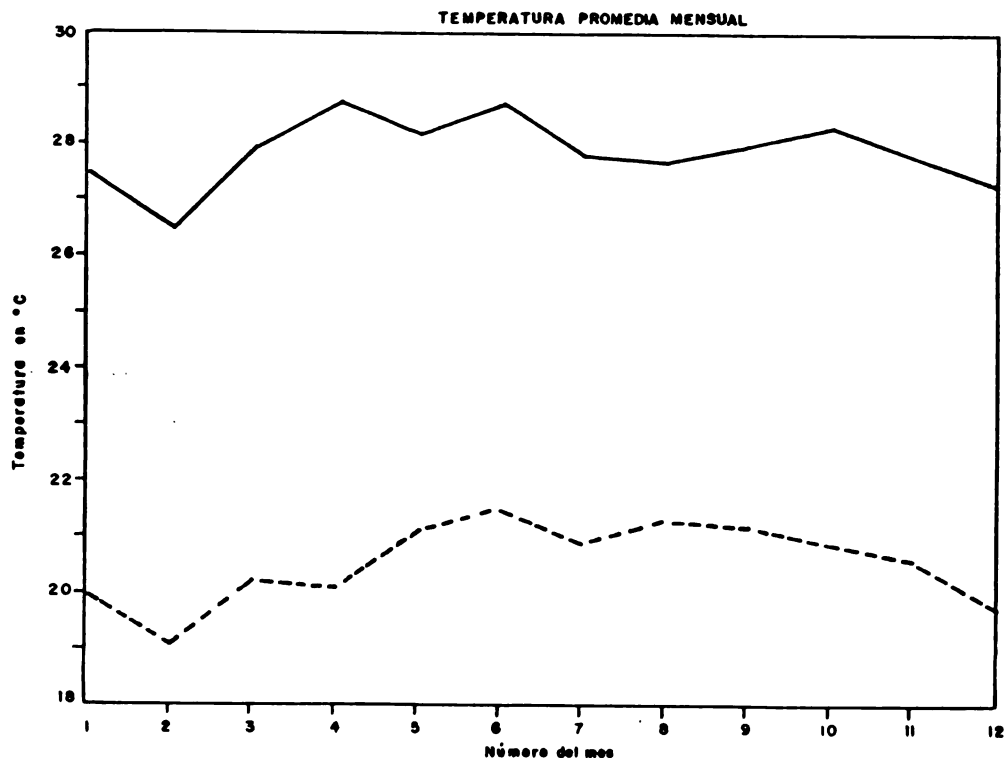


Figure 1: Temperatura promedio mensual en la finca Kailuba

## **GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA**

Al igual que en el tajo de Jiménez, el material sobre el que se desarrolló el suelo es una colada de lava en bloques. Aunque siempre es posible apreciar sus formas externas, se observa que el terreno está más disectado que en la colada de Jiménez por los procesos de erosión. También en este caso - y por las mismas razones - la variabilidad dentro de la unidad es grande. Se encuentran tanto suelos muy pedregosos, como suelos con pocas piedras. Es posible que también se depositaron lahares encima de la lava.

## **SUELOS**

El grado de desarrollo del suelo es 5 (Wielemaker y Oosterom, 1991), de modo que es moderadamente lixiviado y moderadamente fértil. En algunos sitios el drenaje es bueno por la pendiente y por la permeabilidad del material de partida. Sin embargo, en extensas secciones de la unidad, el perfil muestra una capa cementada a diferentes profundidades que provoca un drenaje impedido y da problemas para el arraigamiento. Sobre todo durante épocas lluviosas, el suelo puede estar saturado de agua por varios días, retrasando el crecimiento de los cultivos. A pesar de esto, por lo general los perfiles no muestran evidencias de mal drenaje en la parte superior del perfil, tales como manchas de color rojizo o concreciones de hierro. Es posible que haya que recurrir a estudios micromorfológicos para aclarar este aspecto. En los Cuadros 1 y 2 se presentan la descripción y los datos analíticos de un perfil representativo.

**Cuadro 1: Descripción de un perfil representativo del suelo Iroquois.**

---

<b>Ah</b>	0-5 cm. Pardo (7.5 YR 3/4) en húmedo; franco arcillo limoso con poca grava; estructura en bloques subangulares muy finos, moderada; friable en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; frecuentes poros muy finos y finos; comunes raíces muy finas y finas; no tixotrópico; limite neto plano.
<b>Bw</b>	5-51/56 cm. Pardo (7.5 YR 4/4) en húmedo; franco limoso con poca grava, pedregoso; estructura en bloques subangulares muy finos y finos, moderada; muy friable en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado; muchos poros muy finos y finos; pocas raíces de todo tamaño; ligeramente tixotrópico; limite neto ondulado.
<b>B/R</b>	51/56-74 cm. Pardo (7.5 YR 4/4) en húmedo; el material fino es franco arcilloso, pedregoso; sin estructura; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado;

Cuadro 2. Datos analíticos de un perfil representativo del suelo Iroquois.

Profundidad (cm)	1-5	10-45	55-65
pH-H <sub>2</sub> O	5.0	5.1	5.7
pH-KCl	4.3	4.5	4.6
pH-NaF	9.0	9.6	9.6
Acidez extr (meq/100g)	1.0	0.6	0.6
CIC (me <sup>l</sup> /100g)	52.8	33.5	47.3
cationes intercamb.			
Ca (meq/100g)	2.6	1.7	2.3
Mg (meq/100g)	0.8	0.4	1.0
K (meq/100g)	0.7	0.4	0.5
Na (meq/100g)	na	na	na
Materia orgánica (%)	7.2	4.8	2.4
Extr. por ácido oxal.			
Fe (%)	1.6	1.5	1.4
Al (%)	1.9	2.4	3.0
Retención de P (%)	92	96	96
Textura			
Arcilla (%)	44	26	12
Limo (%)	17	71	13
Arena (%)	39	3	75

#### CLASIFICACION

Suelo Iroquois: Typic Hapludand.

#### APTITUD

El sitio pertenece a la zona de vida "Bosque muy húmedo tropical"; se consideró un sistema de manejo tradicional.  
Suelo Iroquois: clase VI s1,3.

La aptitud (Wielemaker y Oosterom, 1990) es de 2.3.

## **IROQUOIS**

La macadamia es un cultivo reciente en Costa Rica, donde se comenzó a sembrar en gran escala a partir de 1980. Hoy en día el área de siembra sobrepasa las 4000 ha, de las cuales más de 2500 están en la Zona Atlántica (HAAN, 1988).

Varias razones explican el auge de este cultivo en la región. El clima húmedo y caliente constituye un factor limitante de mucho peso para la agricultura de la zona. Por lo general, los cultivos anuales no están adaptados a las condiciones ecológicas prevalecientes. Los cultivos perennes, que aseguran la protección permanente del suelo, ofrecen mejores alternativas para un uso sostenido de la tierra; esto explica el interés de los productores y de las instituciones por ellos. La macadamia es uno de los cultivos que parece tener mejor potencial en la ladera norte de la Cordillera Central. El programa de "Agricultura de cambio" del Ministerio de Agricultura y Ganadería incluye la macadamia entre otros cultivos alternativos.

El buen precio de la nuez hace atractiva la inversión. Sin embargo, por la extensión del ciclo vegetativo, hay que esperar unos 6 años para obtener rendimientos. Debido a esto, por el momento, sólo los grandes inversionistas o las cooperativas de productores pueden involucrarse en la producción.

A continuación se revisarán algunas de las demandas ecológicas del cultivo de macadamia sobre las que todavía hay mucha incertidumbre.

### **Temperatura**

En la Zona Atlántica la temperatura es el factor más importante para determinar dónde se puede cultivar macadamia. El crecimiento óptimo del árbol y de las nueces se alcanza con una temperatura promedio de 25°C. Sin embargo, la floración requiere temperaturas nocturnas de entre 12 y 21 °C. Temperaturas nocturnas de 18 °C (promedio) resultan en el desarrollo de la mayoría de los racimos. Estas temperaturas bajas sólo ocurren al pie de la Cordillera Central y es ahí donde se concentran las plantaciones. La macadamia se siembra a partir de los 60 msnm. Hay una variación grande entre variedades con respecto a la resistencia a temperaturas nocturnas altas. Como muchas de las plantaciones aún no están en producción, no se dispone de datos exactos sobre la altura mínima requerida para cultivar macadamia.

### **Precipitación**

La macadamia exige una distribución uniforme de la precipitación (que debe ser de 2000 mm anuales o más) para alcanzar un desarrollo adecuado y tener una producción abundante. Por eso la Zona Atlántica, con precipitaciones superiores a los 3000 mm

es muy apropiada para el cultivo.

### Suelo

Este cultivo exige suelos fértiles y friables, con una profundidad mínima de 0.75 m y buen drenaje. El pH-H<sub>2</sub>O del suelo debe estar entre 5.0 y 6.5.

### Terreno

Por la cobertura vegetal, se supondría que un terreno con macadamia no es susceptible a la erosión. Sin embargo, para facilitar la cosecha, el terreno debe estar limpio; esto implica eliminar la cobertura del suelo, lo que facilita la erosión. Debido a esto, los terrenos pedregosos o con pendientes superiores al 30 % son menos aptos para el cultivo.

Un drenaje deficiente y/o suelos pesados o compactados que permanezcan inundados durante períodos prolongados, favorecen el desarrollo de enfermedades en la raíz.

## **EL CULTIVO DE LA MACADAMIA EN LA FINCA**

### Produccion

La producción de macadamia en la finca es muy variable. Por ser una de las primeras que sembró macadamia, se presentaron varios problemas. Por ejemplo, se sembraron variedades que producen poco a esa altura; además, el manejo ha cambiado bastante durante estos años. La mejor variedad, HAES 508, produce actualmente unos 4000 kg/ha/año, mientras que la variedad HAES 660 sólo produce unos 350 kg/ha/año.

El efecto de la altura se aprecia mejor comparando esos rendimientos con los obtenidos con la variedad HAES 508 en Turrialba (a 600 msnm); una plantación de la misma edad y bajo el mismo manejo produce alrededor de 5000 kg/ha/año.

### Enfermedades

La finca pierde anualmente alrededor del 2 % de los árboles (un 20% del total en 11 años), casi exclusivamente por las enfermedades que afectan la raíz. Se cree que esto se debe a que el sistema radical es poco extenso y muy superficial, quizás por efecto de la capa cementada que se encuentra a diferentes profundidades en gran parte de la unidad.

## Manejo

Actualmente no se quema toda la vegetación; sólo la que se encuentra bajo los árboles en producción. Esta medida se tomó recientemente con la finalidad de evitar o reducir la erosión y de estimular la radicación y la actividad biológica.

La fertilización se hace de acuerdo con las recomendaciones del CATIE.

## **REFERENCIAS**

- HAAN, J.C.M. de (1988). El cultivo de macadamia en la Zona Atlántica de Costa Rica. Field Report no. 28. Programa Zona Atlántica.
- WIELEMAKER, W.G. y A.P. OOSTEROM (1991). Un sistema de información para paisajes y suelos. en: W.G. Wielemaker & S.B. Kroonenberg (eds.) Generación y aplicación de la información de suelos en la Zona Atlántica de Costa Rica. Informe Técnico no. 170. Programme paper no. 13, Atlantic Zone programme CATIE-UAW-MAG. CATIE, Turrialba, Costa Rica.





## SITIO 4: EARTH

Willem G. Wielemaker

### TEMAS

Desarrollo de características ándicas en un depósito aluvial reciente.  
Aptitud para el cultivo del banano.

### INFORMACION GENERAL

El sitio considerado se encuentra a 60 msnm en una finca bananera que está dentro del perímetro de los terrenos de la Escuela de Agricultura de la Región del Trópico Húmedo (EARTH). El pueblo más cercano es Pocora.

### CLIMA

La precipitación promedio anual se estima en unos 3.600 milímetros, similar a la del asentamiento Neguev (Sitio 5).

### GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA

El sitio está en un abanico aluvial con depósitos recientes de arena gruesa; la arena es de composición andesítica y muy meteorizable.

### SUELOS

El suelo Dos Novillos es bien drenado, poco profundo (50-60 cm), de textura media a gruesa; la reacción es neutra a ligeramente ácida, lo que indica que se trata de un suelo lixiviado y poco desarrollado (fase 2 según Wielemaker & Oosterom, 1990).

### Clasificación

Es un Andic Dystropept según la Soil Taxonomy. Se le clasifica tentativamente como Pseudo Udivitrand porque tiene un alto porcentaje de arena fácilmente meteorizable y una fijación de fósforo de entre el 70 y el 85 %. Se usó el término pseudovitric porque la arena contiene muy poco vidrio volcánico; sin embargo, a mayores edades del suelo, sobre este tipo de material siempre se desarrollan Andisoles.

**Cuadro 1. Descripción de un perfil representativo del suelo Dos Novillos.**

- Au** 0 - 5cm. Gris muy oscuro (10 YR 3/1) en húmedo, franco arenoso; bloques subangulares muy finos moderados y migajosos; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, ligeramente tixotrópico; pocos poros continuos tubulares, muchos poros de diferente tamaño; límite neto y plano.
- Au** 5 - 47/70 cm. Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo, franco arenoso; estructura maciza porosa; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, tixotrópico; muchos poros finos o muy finos continuos tubulares; raíces frecuentes de diferente tamaño; límite neto e irregular.
- C** 47/70 - 70cm. Gris muy oscuro (2.5 Y 3/0) en húmedo, arena suelta y sin estructura.

Cuadro 2.

Datos analíticos de un perfil representativo del suelo Dos Novillos.

Profundidad	0-5	5-50	>70
pH(H <sub>2</sub> O)	5.6	5.9	6.3
pH(KCl)	5.0	5.3	5.5
pH(NaF)	10.4	11.4	9.7
Acidez extr (meq/100g)	0.1	0.1	0.1
CIC (me <sup>q</sup> /100g)	22.4	17.2	6.2
Intercambio cationes			
Ca (meq/100g)	4.5	2.3	0.8
Mg (meq/100g)	2.4	0.6	0.3
K (meq/100g)	1.0	0.6	0.5
Na (meq/100g)			
Materia orgánica (%)	3.7	3.4	0.8
Extr. por ácido oxal.			
Fe (%) (húmedo)	0.7	0.7	0.5
Al (%) (húmedo)	1.6	1.8	0.5
Retención de P (%)	67	84	31
Textura			
Arcilla (%)	7	7	5
Limo (%)	43	37	1
Arena (%)	50	56	94
Densidad aparente	0.90	0.90	1.30
Ret. agua a pF4.2 (%)	21.7	24.5	2.3

## APTITUD

Este suelo es apto para todos los cultivos de la zona, dadas sus características:

- poco riesgo de erosión y de inundaciones
- buena disponibilidad de agua aunque la textura es gruesa y el perfil poco profundo, porque el clima es húmedo
- muy buena disponibilidad de oxígeno, porque la porosidad y la permeabilidad son altas
- la disponibilidad de nutrientes es muy buena y la fijación de fósforo no presenta grandes problemas.

Capacidad de uso (CCT,1985): Clase IIIs1 (Bosque húmedo tropical).

Aptitud para banano (ASBANA, 1990): IVs1 o Vs1 (poco apto o no apto por profundidad).

Sytze de Bruin (Comunicación personal) simuló la reducción promedia en fotosíntesis de banano por escasez de agua para un año seco y un año normal para dos profundidades de este suelo:

<u>Prof.</u>	<u>Precipit.</u>	<u>Periodo escasez</u>	<u>Red. fotosínt. en este per.</u>
55 cm	2800 mm	78 días	17%
	3600 mm	11 días	11%
65 cm	2800 mm	62 días	14%
	3600 mm	6 días	9%

Según estos datos escasez de agua no presenta un problema serio; un resultado que contrasta con los resultados de la clasificación de aptitud según ASBANA (1990).

## CULTIVO DEL BANANO

El banano es uno de los cultivos más importantes de la Zona Atlántica; constituye una fuente de divisas para el país y genera mucho empleo.

La producción promedio anual en este suelo es de 2.411 cajas/ha/año (datos de enero a setiembre de 1990), con un promedio de ocho manos por racimo. Los rendimientos más altos de la zona alcanzan niveles de 3.200 cajas/ha; en el Valle de Estrella, donde los suelos son muy buenos y hay más horas de sol porque el clima es más seco se alcanzan las 3.600 cajas/ha/año, que es el rendimiento más alto de la provincia.

El manejo lo prescriben y controlan las empresas bananeras, que garantiza un control completo de enfermedades y plagas y una fertilización intensiva. Este tipo de manejo no se presta para ser aplicado en pequeña escala.

El banano se cultiva en suelos con fase de desarrollo de 2 a 6 (Wielemaker & Oosterom, 1990) porque es exigente en cuanto a la fertilidad y el drenaje, que debe ser muy bueno; por esta razón, en casi todas las plantaciones se instalan sistemas de drenaje. Probablemente la pedregosidad limita la aptitud del suelo porque afecta el arraigamiento y con ello la disponibilidad de agua y de nutrientes.

Un problema importante del cultivo es la contaminación del medio ambiente por la aplicación de plaguicidas y fungicidas y el uso de plástico para proteger la fruta.

#### REFERENCIAS

- ASBANA, 1990. Edición revisada del sistema de clasificación para determinar la aptitud de las tierras para el cultivo del banano de Jaramillo, R. y Vásquez, A. 1980, CORBANA, San José, Costa Rica. 25 p.
- WIELEMAKER, W.G. & A.P. OOSTEROM, 1990. Un sistema de información para paisajes y suelos.en: W.G. Wielemaker & S.B. Kroonenberb (eds), Generación y aplicación de la información de suelos en la Zona Atlántica de Costa Rica. Informe Técnico CATIE xxx: 13-24.

## SITIO 5: EL ASENTAMIENTO NEGUEV

Sytze de Bruin

### TEMAS

Agricultura en suelos relativamente pobres. Poblaciones de lombrices bajo varios tipos de uso en diferentes suelos.

### INFORMACION GENERAL

El asentamiento Neguev ocupa parte de los cantones de Guácimo y de Siquirres, localizados en la parte noreste de la provincia de Limón. Es el fruto de dos invasiones de precaristas llevadas a cabo en 1979. Está constituido por 311 parcelas que tienen entre 10 y 17 ha. A partir de 1981, el Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) se hizo cargo del parcelamiento y de la dirección del asentamiento (ROJAS, 1989).

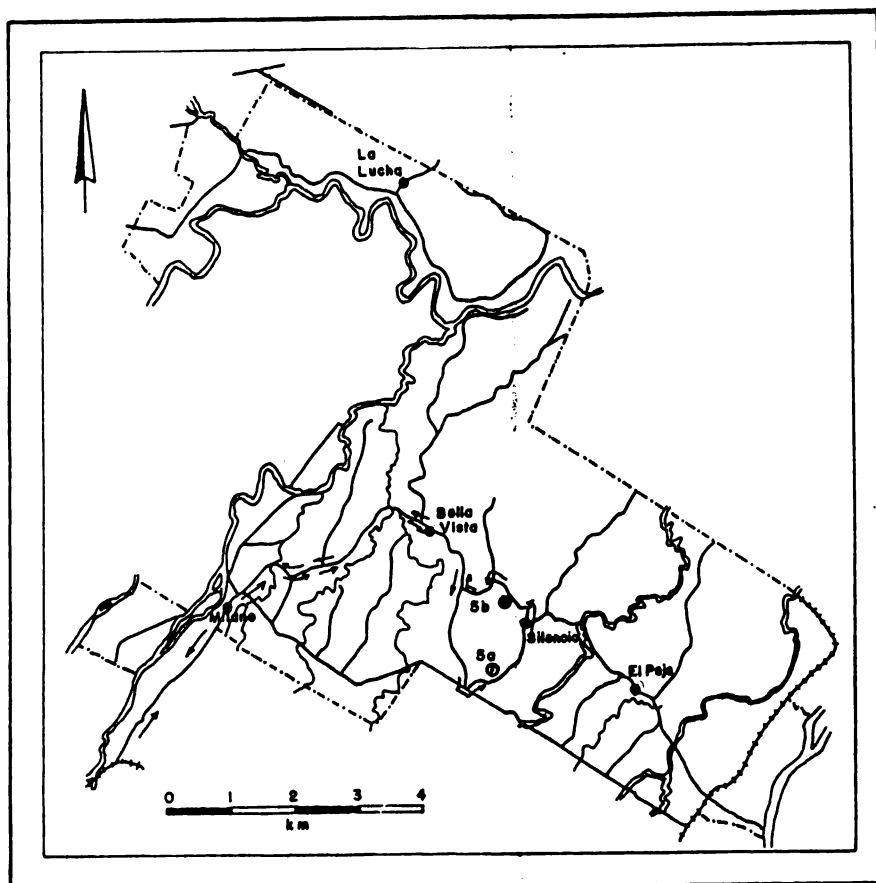


Figura 1. El asentamiento Neguev: ruta y sitios de la excursión.

## **CLIMA**

La precipitación promedio anual es de 3630 mm (1972-1988); la temperatura es poco variable, con un valor promedio anual de 25.1 °C (1976-1988). Los registros corresponden a la estación meteorológica "El Carmen", localizada 9 km al este de los sitios de excursión.

## **GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA**

En el asentamiento Neguev se distinguen los siguientes paisajes:

- A - un paisaje plano y relativamente bajo de origen aluvial;
- B - un paisaje relativamente alto y plano de origen fluvio-lahárico (lahar = corriente de lodo);
- C - un paisaje disectado de origen fluvio-lahárico;
- D - un paisaje de colinas de origen aluvial.

El paisaje A es el más joven; los ríos todavía se desbordan y depositan sedimentos. El grado de disección va aumentando del paisaje B al D, de lo que se deduce que la edad de los paisajes aumenta en ese mismo orden.

Entrando al asentamiento Neguev por Milano (Fig. 1) se observan los paisajes A (al lado izquierdo, abajo) y B (ca-rretera y lado derecho). Los sitios de excursión se encuentran en el paisaje C y en la transición del paisaje C al D.

5a El primer punto de excursión es la parcela de José Nuñez Murillo (parcela 245; Fig. 1). El suelo Neguev se desarrolló en los sitios altos y en las pendientes del paisaje disectado de origen fluvio-lahárico.

5b El segundo punto de excursión se localiza 600 m al noroeste del centro comunal de Silencio (Fig. 1), en la transición del paisaje disectado de origen fluvio-lahárico al paisaje de colinas de origen aluvial.

Se aprecia que el suelo Neguev localizado en las partes relativamente altas y planas cubre un material muy arcilloso, estratificado, de color rojizo. Este material es el mismo que se encuentra en el paisaje de colinas de origen aluvial; sobre él se desarrolló el suelo Silencio.

## **SUELOS**

### **5a Suelo NEGUEV**

El suelo es profundo a muy profundo, bien drenado, arcilloso, de reacción ácida, pardo amarillento oscuro, con

cascajo poco meteorizado a profundidades superiores a los 120 cm. Se clasifica como Andic Humitropept.

Este suelo está en la fase 7 de desarrollo, según el esquema de Wielemaker y Oosterom (1991). En los Cuadros 1 y 2 se presentan la descripción y los datos analíticos de un perfil representativo.

**Cuadro 1. Descripción de un perfil representativo del suelo Neguev.**

-----

- Ah 0-6 cm. Pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; frecuentes moteados medianos, definidos, bruscos, anaranjados y frecuentes moteados grandes, indistintos, difusos, grises; arcilloso, estructura en bloques angulares muy finos, moderada y fuerte; ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado; firme en húmedo; pocos poros muy finos, finos y medianos; muchas raíces; límite brusco, plano a:
- Au 6-14 cm. Pardo oscuro a pardo (10YR 4/3) en húmedo; pocos moteados medianos, definidos, bruscos, anaranjados; arcilloso; estructura en bloques angulares muy finos, moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado; friable en húmedo; frecuentes poros finos y muy finos; muchas raíces; límite brusco, plano a:
- AB 14-29 cm. Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo; arcilloso; estructura en bloques subangulares, débil a moderada; ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado; friable en húmedo; muchos poros muy finos, pocos finos y medianos; muchas raíces; límite gradual ondulado a:
- Bu1 29-43 cm. Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo; arcilloso; estructura en parte migajosa, fina, fuerte y en parte macizo porosa; ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado; friable en húmedo; muchos poros muy finos, algunos finos y pocos medianos; muchas raíces; límite gradual ondulado a:
- Bu2 43-64 cm. Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo; arcilloso; macizo poroso; ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado; muy friable en húmedo; muchos poros muy finos, pocos poros finos; abundantes raíces; límite gradual ondulado a:
- Bu3 64-89+ cm. Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; arcilloso; macizo poroso; ligeramente adherente, ligeramente plástico en mojado; friable en húmedo; muchos poros muy finos, pocos poros finos; abundantes raíces.



Cuadro 2. Datos analíticos de un perfil representativo del suelo Neguev.

Profundidad	0-6	6-14	14-29	29-64	64-89
pH(H <sub>2</sub> O)	4.7	4.2	4.2	3.5	3.8
pH(KCl)	4.0	3.8	3.9	3.9	3.8
pH(NaF)	8.4	8.6	8.9	9.0	9.1
Acidez extr (meq/100g)	1.0	3.0	2.6	2.8	3.0
CIC (meq/100g)	31.9	27.6	25.0	24.7	26.6
Intercambio cationes					
Ca (meq/100g)	1.2	1.0	1.9	0.5	2.3
Mg (meq/100g)	2.5	0.5	0.3	0.2	0.1
K (meq/100g)	1.9	0.7	0.7	0.2	0.1
Na (meq/100g)	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3
Materia orgánica (%)	8.9	5.0	2.9	1.1	0.7
Extr. por ácido oxal.					
Fe (%)	1.1	1.3	0.9	0.75	0.95
Al (%)	0.4	0.45	0.55	0.45	0.70
Retención de P (%)	88	88	94	95	96
Textura					
Arcilla (%)	42	66	60	70	72
Limo (%)	30	22	24	22	18
Arena (%)	27	11	15	7	10
Densidad aparente		0.86	0.82	0.79	
Ret. agua a pF4.2 (%)					

## Suelo SILENCIO

El suelo Silencio es muy profundo, bien drenado, muy arcilloso, de reacción ácida, con pendientes de 15-35 %, de color pardo rojizo sobre estratos arenosos y limosos meteo-rizados. Se clasifica como Oxic Humitropept.

Este suelo está en la fase 8 de desarrollo, según el esquema de Wielemaker y Oosterom (1991). En los Cuadros 3 y 4 se presentan la descripción y los datos analíticos de un perfil típico.

**Cuadro 3. Descripción de un perfil representativo del suelo Silencio.**

-----

- Ah** 0-10 cm. Pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo; frecuentes moteados pequeños, definidos, bruscos, grises y pardos; estructura en bloques angulares muy finos, fuerte; adherente y plástico en mojado; friable en húmedo; frecuentes poros muy finos; abundantes raíces muy finas; límite brusco plano a:
- Bw1** 10-34 cm. Rojo amarillento (5YR 4/6) en húmedo; arcilloso; estructura 70 % en bloques angulares finos, moderada y 30 % migajosa, fina, débil; adherente, plástico en mojado; muy friable en húmedo; muchos poros muy finos, algunos finos; abundantes raíces muy finas; límite neto, ondulado a:
- Bw2** 34-150 cm. Rojo amarillento (5YR 4/6) en húmedo; arcilloso; estructura 70 % en bloques angulares medianos, moderada y 30 % migajosa, fina, débil; adherente, plástico en mojado; muy friable en húmedo; muchos poros muy finos, pocos finos; pocas raíces muy finas.

Cuadro 4. Datos analíticos de un perfil representativo del suelo Silencio.

Profundidad	0-10	10-34	34-150
pH(H <sub>2</sub> O)	5.2	5.2	5.2
pH(KCl)	4.1	4.2	4.2
pH(NaF)	8.6	9.0	9.3
Acidez extr (meq/100g)	3.5	6.9	6.8
CIC (meq/100g)	19.6	14.8	12.7
Intercambio cationes			
Ca (meq/100g)	0.8	0.4	0.2
Mg (meq/100g)	1.3	0.4	0.3
K (meq/100g)	0.3	0.2	0.2
Na (meq/100g)	0.02	0.02	0.06
Materia orgánica (%)	8.8	2.7	1.2
Extr. por ácido oxal.			
Fe (%) (húmedo)	0.3	0.2	0.1
Al (%) (húmedo)	0.4	0.4	0.4
Retención de P (%)	86	85	90
Textura			
Arcilla (%)	58	72	72
Limo (%)	28	24	22
Arena (%)	14	4	6
Densidad aparente	0.90	0.75	0.80
Ret. agua a pF4.2 (%)	45.3	45.6	47.8

## PACIDAD DE USO

De acuerdo con el manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica (CCT, 1985), el suelo Neguev pertenece a la clase VI<sup>1</sup> o IX<sup>2</sup> según el sistema de manejo tradicional. Se utilizó la clave correspondiente a la zona de vida "bosque muy húmedo tropical". El pH(H<sub>2</sub>O) del suelo determina si es clase VI o IX.

El suelo Silencio generalmente pertenece a la clase VIII<sup>3</sup> o IX de capacidad de uso de las tierras de Costa Rica (CCT, 1985) debido al

<sup>1</sup> Clase VI: pastoreo extensivo

<sup>2</sup> Clase IX: producción forestal extensiva

<sup>3</sup> Clase VIII: producción forestal intensiva

5b El suelo Silencio generalmente pertenece a la clase VIII<sup>3</sup> o IX de capacidad de uso de las tierras de Costa Rica (CCT, 1985) debido al pH y a la pendiente. Como en el caso del suelo Neguev, el pH determina si el suelo es clase VIII o IX.

#### **HORIZONTE PETROFERRICO**

Un aspecto interesante del punto 5b es que presenta un horizonte petroférico (Ironstone sheet); esto es una capa endurecida, en donde el hierro constituye un elemento de cementación importante.

#### **AGRICULTURA**

Los primeros cultivos del asentamiento fueron granos básicos (maíz (Zea mays) y frijol (Phaseolus vulgaris)) sembrados en el suelo Neguev. Pero estos cultivos fracasaron; el rendimiento decreció rápidamente y se dejó de sembrar granos. El chile (Capsicum annuum) tuvo cierto éxito, con rendimientos de hasta 30 ton/ha, pero fue atacado por la "maya" y la enfermedad no se pudo erradicar.

En los últimos años, el IDA ha promovido la siembra de piña (Ananas comosus), maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa) y palmito (Bactris gasipaes) como cultivos alternativos.

#### **Piña**

Los requisitos más importantes de este cultivo con respecto al suelo son la acidez y el drenaje. La piña requiere suelos ácidos, con un pH de entre 4.6 y 5.5 (Gutierrez, 1967) y muy bien drenados.

El IDA recomienda una densidad de siembra de 70000 pl/ha; considerando el área ocupada por los callejones, la densidad real es de 58000 pl/ha.

Se aplican fórmulas completas 10-30-10 y 15-3-31 y un fertilizante foliar compuesto por urea, nitrato de potasio, sulfato de zinc y sulfato de magnesio. Si la plantación lo requiere, se hacen aplicaciones de boro (Valverde, s.f.).

El ciclo del cultivo es de aproximadamente 18 meses. La floración se induce mediante la aplicación de hormonas; esta práctica permite acortar el ciclo vegetativo y programar la cosecha (Valverde, s.f.).

Según Valverde (1990), en el Neguev, una ha de piña hawaiana produce 66 ton de calidad exportable y 20 ton para el mercado nacional, lo que equivale a \$ 933.000 y \$ 160.000 respectivamente.

---

<sup>3</sup> Clase VIII: producción forestal intensiva

## Maracuyá

El maracuyá puede sembrarse en muchos tipos de suelos, aunque se deben evitar los suelos muy pesados que son mal drenados (Purseglove, 1987).

A la siembra se abona con una fórmula completa alta en fósforo; a los dos meses se aplica un fertilizante de fórmula completa con elementos menores y a los cuatro meses, nutrán. A partir de los seis meses, cuando la plantación ya está en producción, se aplica una fórmula completa rica en potasio cada 60 días (Centeno, 1990).

El maracuyá es una planta trepadora; como soporte se utiliza la conducción lineal, que consiste de dos hilos de alambre colocados a 1.5 y a 2 m del suelo. La distancia de siembra es de 2.5 m entre calles y 5 o 7 m entre plantas. Después de cuatro años la plantación pierde vigor y hay que resembrar (Centeno, 1990).

El problema más importante del maracuyá en el asentamiento Neguev es una especie de comején que entra por las raíces de la planta. Un parcelero perdió el 50 % de su plantación por el ataque de esta plaga que aún no se sabe cómo combatir (Centeno, 1990).

La producción promedio es de 20000 kg/ha/año. Algunos agricultores obtienen hasta 40000 kg/ha/año; la diferencia no se explica por el tipo de suelos sino por el manejo del cultivo (Centeno, 1990). Actualmente el precio es de ¢ 18.00 el kilo; el agricultor debe pagar ¢ 3.00 por kilo de fruta transportado.

## Palmito

El pejibaye no soporta el mal drenaje, pero exige poco del suelo, y gracias a una micorriza asociada a sus raíces puede utilizar fósforo aún en suelos muy ácidos. Naturalmente será mucho más vigoroso cuanto más fértil sea el suelo y mejor balanceado el abonamiento (Haan, 1988).

Se recomienda aplicar abono después de cada corta. El palmito responde más al nitrógeno, pero no debe aplicarse solo; para evitar el desbalance en la nutrición es preferible utilizar una fórmula más completa. CORBANA recomienda aplicar 350 kg N, 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 200 kg K<sub>2</sub>O, pero la fertilización del palmito es un aspecto que requiere más investigación (Sancho & Zomora, 1990).

Inicialmente el IDA recomendaba una densidad de siembra de 3330 pl/ha (3x1 m); ahora se recomienda instalar 5000 pl/ha (2x1 m).

Un problema importante del cultivo es la taltuza, un roedor que se come las raíces de la planta. Se puede combatir en forma relativamente sencilla mediante el uso de trampas (Núñez, 1990).

La producción (para una densidad de 3300 pl/ha) es de aproximadamente 5000 palmitos/ha/año con cuatro cortas anuales (Haan, 1988). El palmito se vende a ¢ 23.00 la unidad a Pejibayera Zapote (Núñez, 1990).

Actualmente se está negociando un contrato con COPASA (Río Jiménez) para una producción de alrededor de 4900 unidades/ha en el segundo año y 9600 unidades/ha/año a partir del tercer año, que es

la que se obtiene con la nueva densidad de siembra y una corta mensual (Valverde, 1990).

Naturalmente con el nuevo sistema de siembra el palmito es mucho más delgado, pero esto está de acuerdo con las exigencias del mercado internacional, que busca un palmito de menor peso, que en cierta medida compita con el espárrago (Mora, 1989).

### Proyectos futuros

El IDA tiene en perspectiva un proyecto de vainilla. Actualmente se está produciendo el material de siembra a partir de semilla proveniente de Quepos; ya se cuenta con 2500 plantas. La vainilla no penetra en el suelo, sino que vive del material orgánico en descomposición que se aplica en la superficie; por lo tanto, es un cultivo promisorio para los suelos pobres de la zona. Además se adapta muy bien al clima, porque está en su ambiente natural (Valverde, 1990).

### Piscicultura

En la parcela de José Nuñez hay un estanque en el que se está produciendo tilapia y carpa. La piscicultura parece una opción interesante para los valles que abundan en el paisaje disectado del suelo Neguev. El parcelero considera que en el asentamiento se está desperdiciando mucho terreno que sí tiene un uso potencial.

### **POBLACIONES DE LOMBRICES EN DIFERENTES SUELOS BAJO VARIOS TIPOS DE USO**

Las lombrices de tierra son importantes para consolidar y mantener la estructura del suelo y para facilitar la descomposición e incorporación del material orgánico y la mezcla del material del suelo.

Se estudiaron poblaciones de lombrices en diferentes suelos bajo varios tipos de uso. Martínez (1991) comparó un suelo fértil (Guineas, que está en la fase 3 de desarrollo) con el suelo Neguev y calculó la población de lombrices bajo diferentes tipos de uso de la tierra (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 5. Tipos de uso de la tierra

Tipo de uso de la tierra	Suelo	
	Guineas	Neguev
1	tubérculos (ñampi y camote)	piña
2	pejibaye (palmito)	pejibaye (palmito)
3	pejibaye (fruta)	cacao

Cuadro 6. Población de lombrices en los suelos Guineas y Neguev bajo diferentes tipos de uso de la tierra.

Tipo de uso de la tierra	Suelo	
	Guineas	Neguev
1	18 ind./m <sup>2</sup>	9 ind./m <sup>2</sup>
2	122 ind./m <sup>2</sup>	44 ind./m <sup>2</sup>
3	208 ind./m <sup>2</sup>	153 ind./m <sup>2</sup>

En otro estudio (Schouten & Senhorst, 1989) se midió la población de lombrices bajo bosque y bajo pasto en los suelos Milano y Silencio. El suelo Milano se clasifica como Andic Humitropept y está en la fase 6 de desarrollo según el esquema de los suelos con relación a la fase de desarrollo y al ambiente físico. Los resultados se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Población de lombrices en los suelos Milano y Silencio bajo pasto y bajo bosque.

Tipo de uso de la tierra	Suelo	
	Milano	Silencio
Bosque	220 ind./m <sup>2</sup>	220 ind./m <sup>2</sup>
Pasto	240-530 ind./m <sup>2</sup>	40 ind./m <sup>2</sup>

En el caso de la piña y de los tubérculos, la población de lombrices era baja en ambos suelos (Neguev y Guineas). Sin embargo, en el caso del palmito y del pasto, la población de lombrices era más baja en los sitios de los suelos Silencio y Neguev con mayor grado de desarrollo que en los suelos Milano y Guineas. El suelo Neguev bajo cacao, el suelo Guineas bajo pejibaye (fruta) y los suelos Milano y Silencio bajo bosque mostraron poblaciones similares.

Considérese la siguiente hipótesis: cuando los suelos se usan para pasto o para cultivos anuales, la degradación de la estructura es más grave en los suelos con mayor grado de desarrollo.

Dado que las lombrices juegan un papel importante en el desarrollo y conservación de la estructura del suelo, los resultados obtenidos parecen confirmar la hipótesis sugerida, suponiendo que la situación de partida en los suelos estudiados era similar. Bajo esta misma suposición, los datos acerca de la física y la micromorfología de los suelos Silencio y Milano, bajo pasto y bajo bosque (Spaans *et al.*, 1989), también confirman esta hipótesis.

## REFERENCIAS

- CENTENO, C., 1990. Funcionario Instituto de Desarrollo Agrario. Neguev, Costa Rica. Comunicación personal.
- CCT. 1985. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
- GUTIERREZ, D., 1967. Compendio preliminar sobre investigaciones del cultivo de la piña. Instituto de Fomento Nacional. Managua, Nicaragua.
- HAAN, J.C.M. de, 1988. El cultivo de pejibaye en la Zona Atlántica de Costa Rica. Departamento de Agronomía Tropical, Universidad Agrícola Wageningen. Wageningen, Holanda.
- MARTINEZ, E.D., 1990. Poblaciones de lombrices de tierra en suelos agrícolas de la Zona Atlántica de Costa Rica. Investigación por Tutoría. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- MORA, J., 1989. Densidades de siembra para producción de palmito. En: UCR, 1989. Serie Técnica Pejibaye. Boletín informativo Vol. 1, N° 1. Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica.
- NUÑEZ, J., 1990. Parcelero del asentamiento Neguev. Costa Rica. Comunicación personal.
- PURSEGLOVE, J.W., 1987. Tropical crops, Dicotyledons. Longman Scientific & Technical. Harlow, Inglaterra.
- ROJAS, J.A., 1989. Informe taller final (Talleres de investigación y capacitación campesina). Programa Zona Atlántica. Guápiles, Costa Rica.
- SANCHO, H. & C. ZAMORA, 1990. Ingenieros CORBANA, S.A. La Rita, Costa Rica. Comunicación personal.
- SCHOUTEN L.A.M. & J.E. SENHORST, 1989. Estudiantes Universidad Agrícola Wageningen. Wageningen, Holanda. Comunicación personal.
- SPAANS, E.J.A., G.A.M. BALTISSEN, J. BOUMA, R. MIEDEMA & A.L.E. LANSU, 1989. Changes in physical properties of young and old volcanic surface soils in Costa Rica after clearing of tropical forest. Hydrological Processes, Vol. 3: 383-392.
- VALVERDE, R.U., 1990. Funcionario del Instituto de Desarrollo Agrario. Neguev, Costa Rica. Comunicación personal.
- VALVERDE, R.U., s.f. Guía técnica para el cultivo de la piña var. Cayena Lisa en Costa Rica. Instituto de Desarrollo Agrario. San



José, Costa Rica.

WIELEMAKER, W.G & A.P. OOSTEROM, 1991. Un sistema de información para paisajes y suelos. en: W.G. WIELEMAKER & S.B. KROONENBERG, (eds.). Generación y aplicación de la información de suelos en la Zona Atlántica de Costa Rica. Serie Técnico, Informe Técnico N° 170. Programme Paper N° 13. Programa Zona Atlántica (CATIE-UAW-MAG). Turrialba, Costa Rica.



#### SECCION IV: ANEXOS

---

---

Para formarse una idea sobre el tipo de información que contiene el presente sistema de información para paisajes y suelos, se presentan a continuación algunos productos. Los productos son (1) del área total mapeada, (2) del área de la excursión o área de Guacimo 3) de una corte del área total: el área de Pocora.

Anexos 1,2,3 y 10 presentan información referente al paisaje. Las seis categorías de información del paisaje son explicadas en Oosterom et al. (1991). Anexo 1 da un ejemplo de la primera categoría tratando las unidades mayores de la fisiografía. Anexo 2 presenta la información de la segunda categoría, la geología. Anexo 3 (tercera categoría) presenta suelos según su edad relativa (generalmente muy relacionado al la edad y el relieve de los paisajes ya que los suelos de mayor edad ocupan normalmente una superficie más disectada y ondulada que los suelos de menor edad). Anexo 10 presenta para el área de Pocora un mapa con códigos que representan las seis categorías de información fisiográfica (Oosterom et al. 1991).

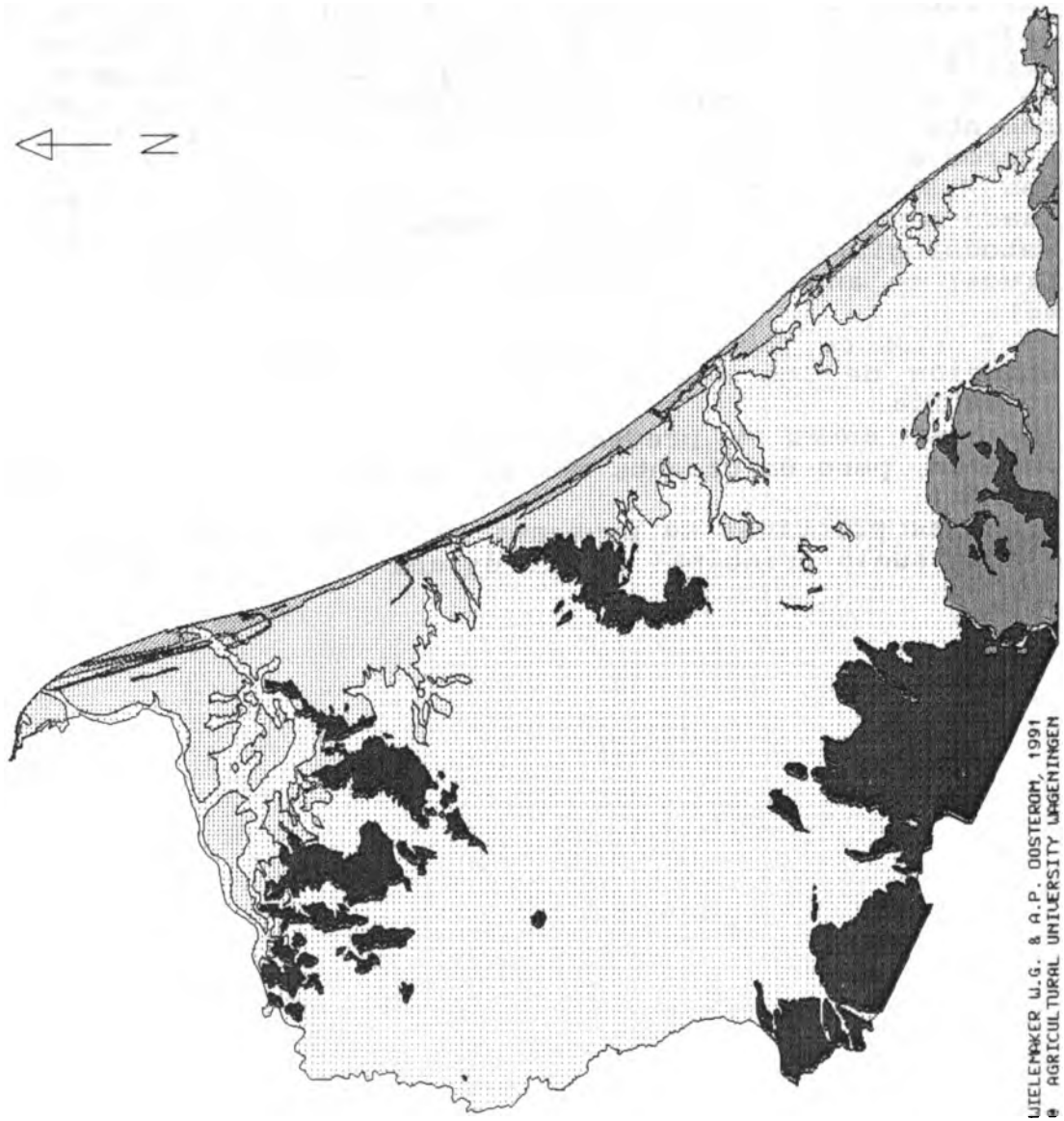
Anexos 4,5,6 y 7 dan la aptitud de los suelos del área piloto evaluado según dos conceptos diferentes. En anexos 4,5 y 6 se sigue la metodología de la FAO tomando en cuenta las exigencias de los cultivos; en anexo 7 se presenta la capacidad de uso según CCT (1985).

Anexo 8 ilustra para el área de Pocora todos los atributos de información de los suelos y como se relacionan con la unidad cartográfica.

Por último anexo 9 presenta para la misma área la leyenda taxonómica, pero únicamente de las unidades que ocurren dentro de esta área.

Por razones prácticas se presenta solamente la información de la unidad de suelo principal dentro de una unidad cartográfica.















# NORTH EASTERN ATLANTIC ZONE



# ZONA ATLANTICA NORESTE



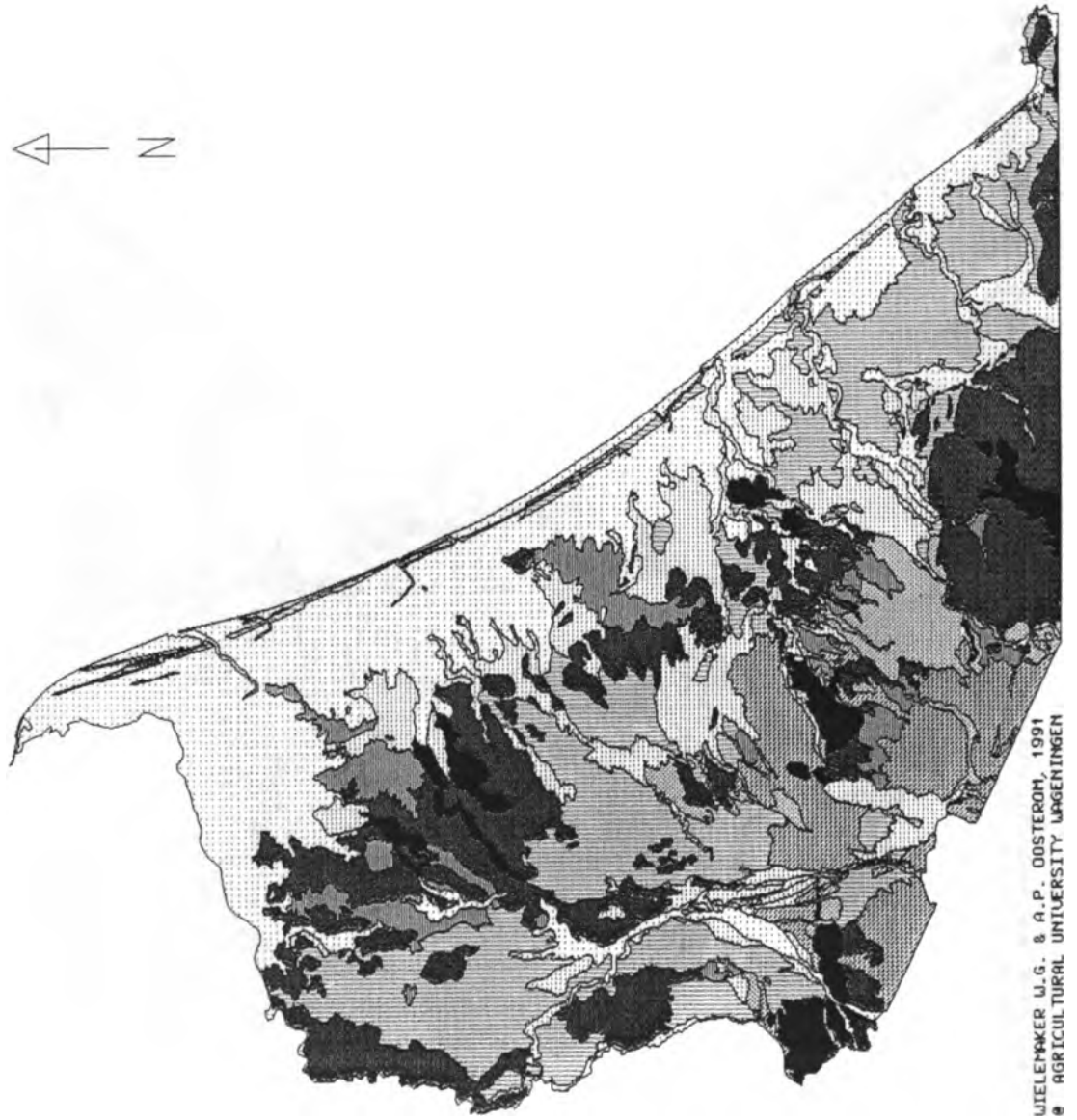
## GEOLOGIA PREDOMINANTE

-  DEPOSITOS DE TURBA (HOLOCENO)
-  DEPOSITOS DE PLAYA (HOLOCENO)
-  DEPOSITOS DE PLAYA (PLEISTOCENO)
-  DEPOSITOS FLUVIALES (HOLOCENO)
-  DEPOSITOS FLUVIALES (PLEISTOCENO)
-  DEPOSITOS FLUVIO-LAHARICOS (HOLOCENO)
-  DEPOSITOS FLUVIO-LAHARICOS (PLEISTOCENO)
-  ROCAS ANDESITICAS VOLCANICAS DE CORDILLERA CENTRAL (HOLOCENO)
-  ROCAS ANDESITICAS VOLCANICAS DE CORDILLERA CENTRAL (PLEISTOCENO)
-  ROCAS ANDESITICAS VOLCANICAS DE TALAMANCA (PLIO-PLEISTOCENO)
-  ROCAS BASALTICAS VOLCANICAS (PLIO-PLEISTOCENO)
-  CONGLOMERADOS (PLIO-PLEISTOCENO, F. SURETKA)
-  CALIZAS CORALINAS (PLIOCENO, F. RIO BANANO)
-  ARENISCAS (MIOCENO INF. O PLIOCENO, F. RIO BANANO)



WIELENKOPF U.G. & A.P. DOOSTEROM, 1991  
 e AGRICULTURAL UNIVERSITY URGENTINGEN

# ZONA ATLANTICA NORESTE



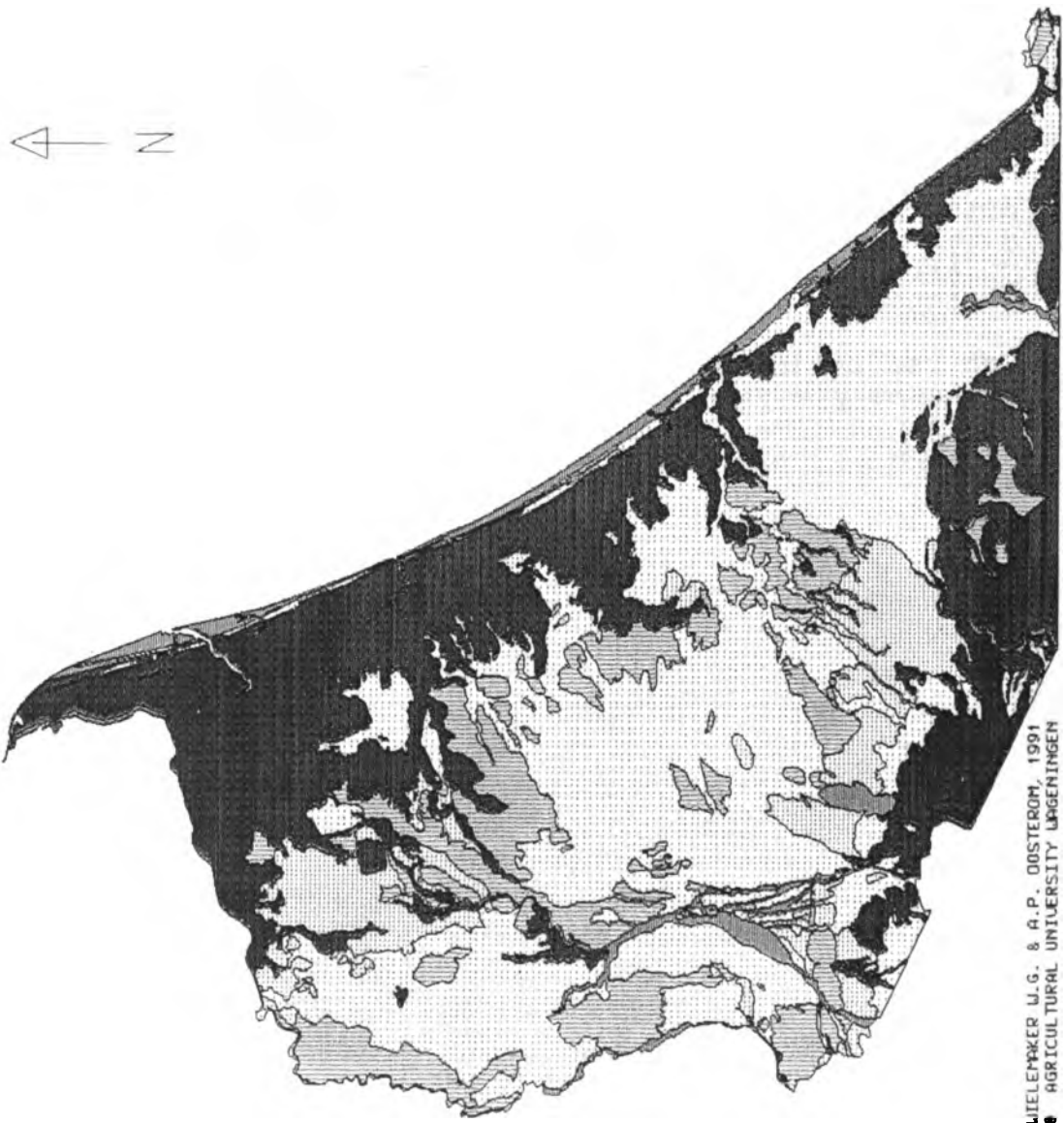
#### **ANEXO 4 APTITUD DE LOS SUELOS**

La clasificación de la aptitud presentada a continuación toma como factor principal la fase de desarrollo del suelo (Wielemaker & Oosterom, 1991) ya que este factor tiene una buena correlación con la fertilidad del suelo. La clase 5 se reserva para áreas a proteger por ser pantanosas o por tener pendientes muy fuertes (ver mapa).






#### **CLASIFICACION DE LA APTITUD PARA TIPOS DE USO DE LA TIERRA MAYORES EN LA ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA**

- 1 Aptos para cultivos exigentes en cuanto a fertilidad como banana, plátano y maíz: non-ácidos, moderadamente profundo hasta profundos franco arenoso a franco arcillosos.**
- 2 Aptos para cultivos moderadamente exigentes en cuanto a fertilidad como chiles, maracuya, raíces, agroforestería: moderadamente ácidos, moderadamente profundos a muy profundos franco arcillosos a arcillosos.**
- 3 Aptos para cultivos muy poco exigentes en cuanto a fertilidad y tolerantes a la acidez como piña, algunas especies de palmas y árboles forestales: ácidos, arcillosos, moderadamente profundos a muy profundos.**
- 4 Con uso agrícola muy restringido siendo muy poco profundos, arenosos y a veces pedregosos.**
- 5 Areas a proteger.**

# NORTH EASTERN ATLANTIC ZONE



## SUITABILITY CLASSIFICATION FOR MAJOR LAND-USE TYPES

- 
 QUALIFIED FOR REQUIRING CROPS  
 ( 224,487.8 HA; 41.3% TOTAL )
- 
 QUALIFIED FOR MODERATELY REQUIRING CROPS  
 ( 38,804.5 HA; 7.1% TOTAL )
- 
 QUALIFIED FOR VERY LITTLE REQUIRING CROPS  
 ( 46,452.5 HA; 8.6% TOTAL )
- 
 QUALIFIED FOR STRONGLY RESTRICTED AGRICULTURAL USE  
 ( 25,209.9 HA; 4.6% TOTAL )
- 
 QUALIFIED FOR PROTECTION  
 ( 204,840.7 HA; 37.2% TOTAL )

NOTE: ONLY DOMINANT TERRAIN UNIT (TU1) INDICATED ON MAP

WIELEPARKER U.G. & A.P. DOOSTEROM, 1991  
 • AGRICULTURAL UNIVERSITY URGENINGEN

0 10 20 30 km



## ANEXO 5 APTITUD DE LOS SUELOS PARA CULTIVOS EXIGENTES

En este anexo y el siguiente se estima la aptitud de los suelos para cultivos exigentes y poco exigentes en cuanto a fertilidad, siguiendo la metodología de la FAO. Se compara los requerimientos de un tipo de uso de la tierra con el grado en que el suelo lo satisface (grado de suficiencia).

Se estiman en este caso los requerimientos de nutrientes, agua, oxígeno y labranza; además se estima el peligro de erosión. El grado de suficiencia está presentada en los mapas 6a-e. Sobreponiendo los 5 mapas se obtiene el mapa de aptitud para cultivos exigentes (mapa 6f) en el cual la calidad de la tierra que menos satisface al tipo de uso determina la clase de aptitud.

Para estimar el grado de suficiencia de nutrientes se tomó la fase de desarrollo del suelo como criterio de evaluación (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Relación entre grado de suficiencia y fase de desarrollo del suelo para cultivos exigentes y no exigentes.

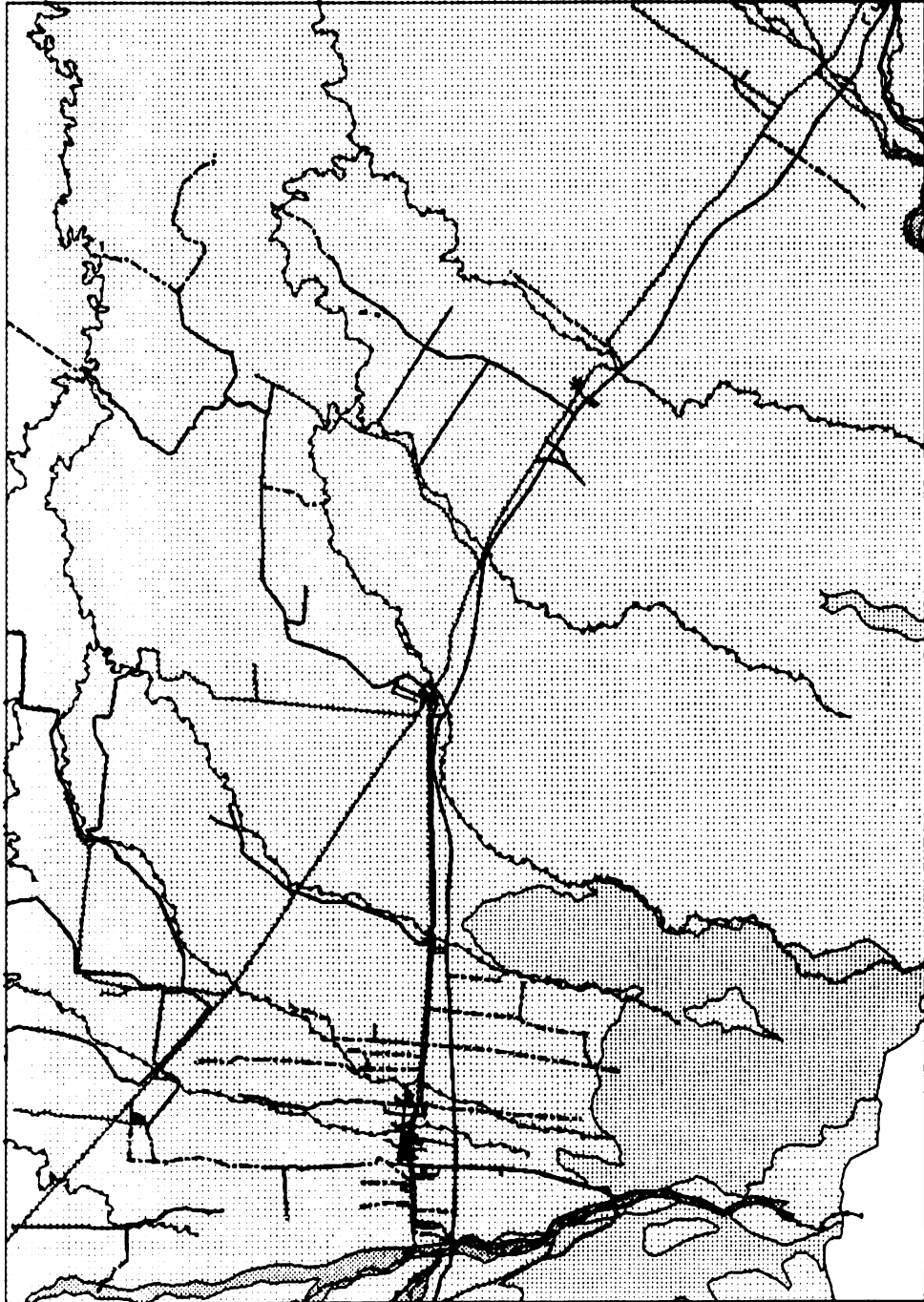
<u>Grado de suficiencia</u>	<u>CULTIVOS</u>	
	<u>exigentes</u>	<u>no exigentes</u>
1. alta	1,2,3	1,2,3,4
2. moderadamente alta	4	5,6,7
3. moderada	5,6	8
4. insuficiente	7 y 8	-

Criterios usados para estimar el grado de suficiencia para el requerimiento de agua (b), oxígeno (c), labranza (d) y el peligro de erosión (e) eran:

- b. profundidad, textura y pedregosidad superficial
- c. clase de drenaje
- d. clase de drenaje
- e. pendiente.

Anexo 5A. Mapa de requerimiento de labranza de cultivos exigentes y no-exigentes.

## AREA DE GUACIMO



WIELEMAKER U.G. & A.P. OOSTEROM, 1991 • AGRICULTURAL UNIVERSITY URGENTINGEN

**REQUERIMIENTO DE LABRANZA DE CULTIVOS EXIGENTES Y NO EXIGENTES**

GRADO DE SUFICIENCIA DEI  
SUELO PREDOMINANTE

ALTO



MODERADAMENTE ALTO



MODERADO



INSUFICIENTE



NO INFORMACION



0 2 4 6 km

## AREA DE GUACIMO

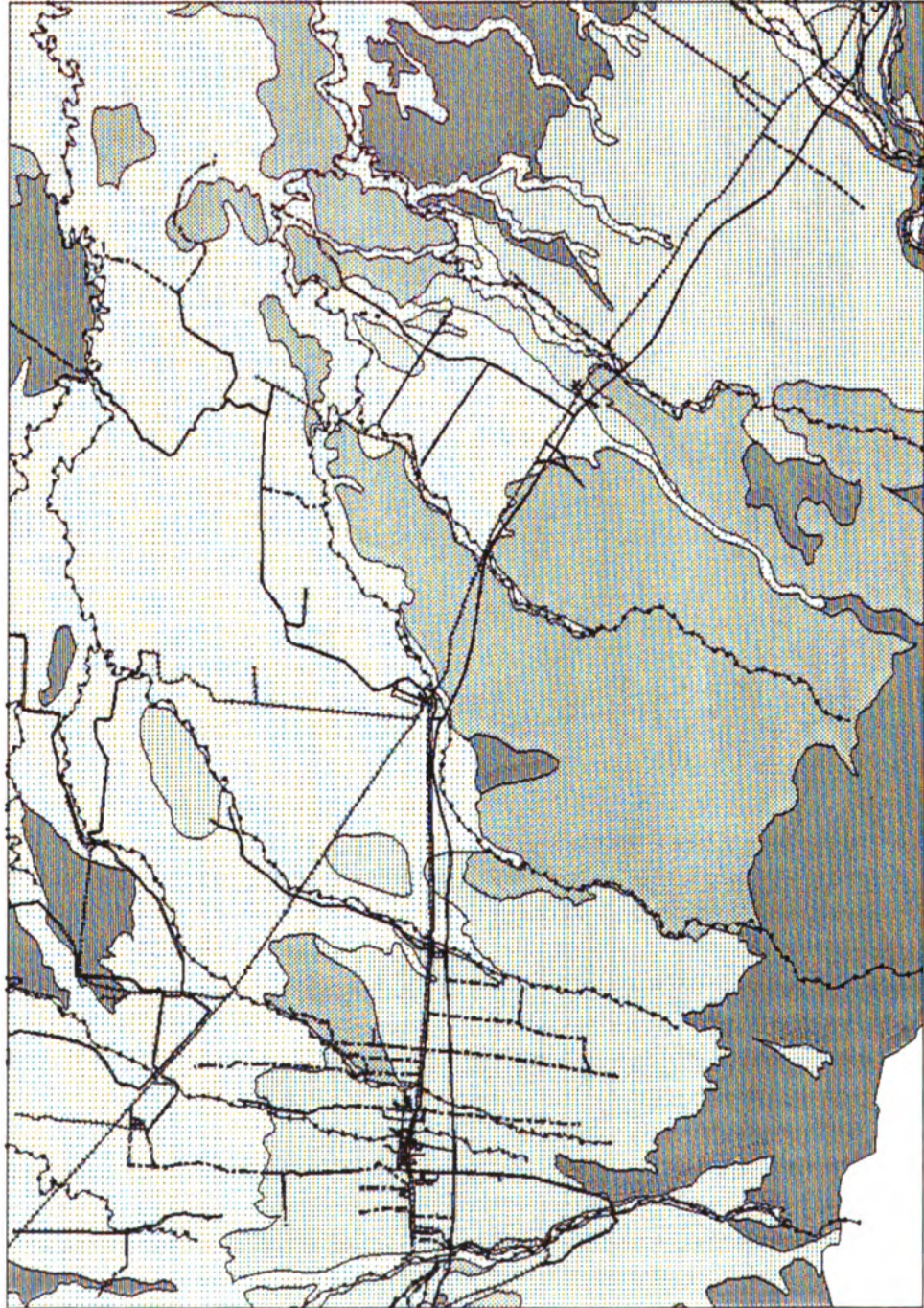


WIELEPAPER U.G. & A.P. OOSTEROM, 1991 • AGRICULTURAL UNIVERSITY ARGENTINGEN

### REQUERIMIENTO DE NUTRIENTES DE CULTIVOS EXIGENTES

Anexo 5C. Mapa de riesgo de erosión de cultivos exigentes.

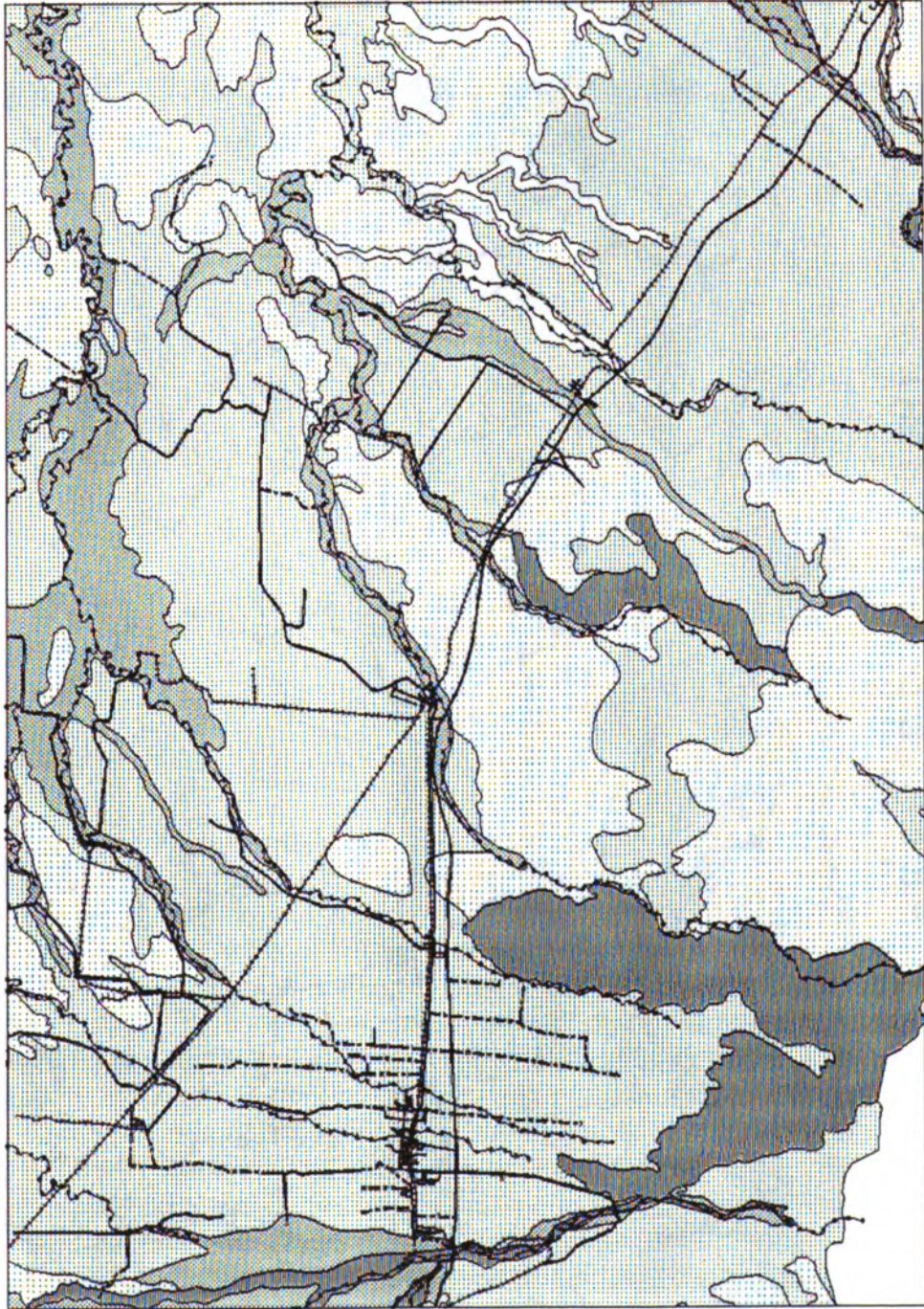
## AREA DE GUACIMO



RIESGO DE EROSION DE CULTIVOS EXIGENTES

Anexo 5D. Mapa de requerimiento de agua de cultivos exigentes y no-exigentes.

## AREA DE GUACIMO

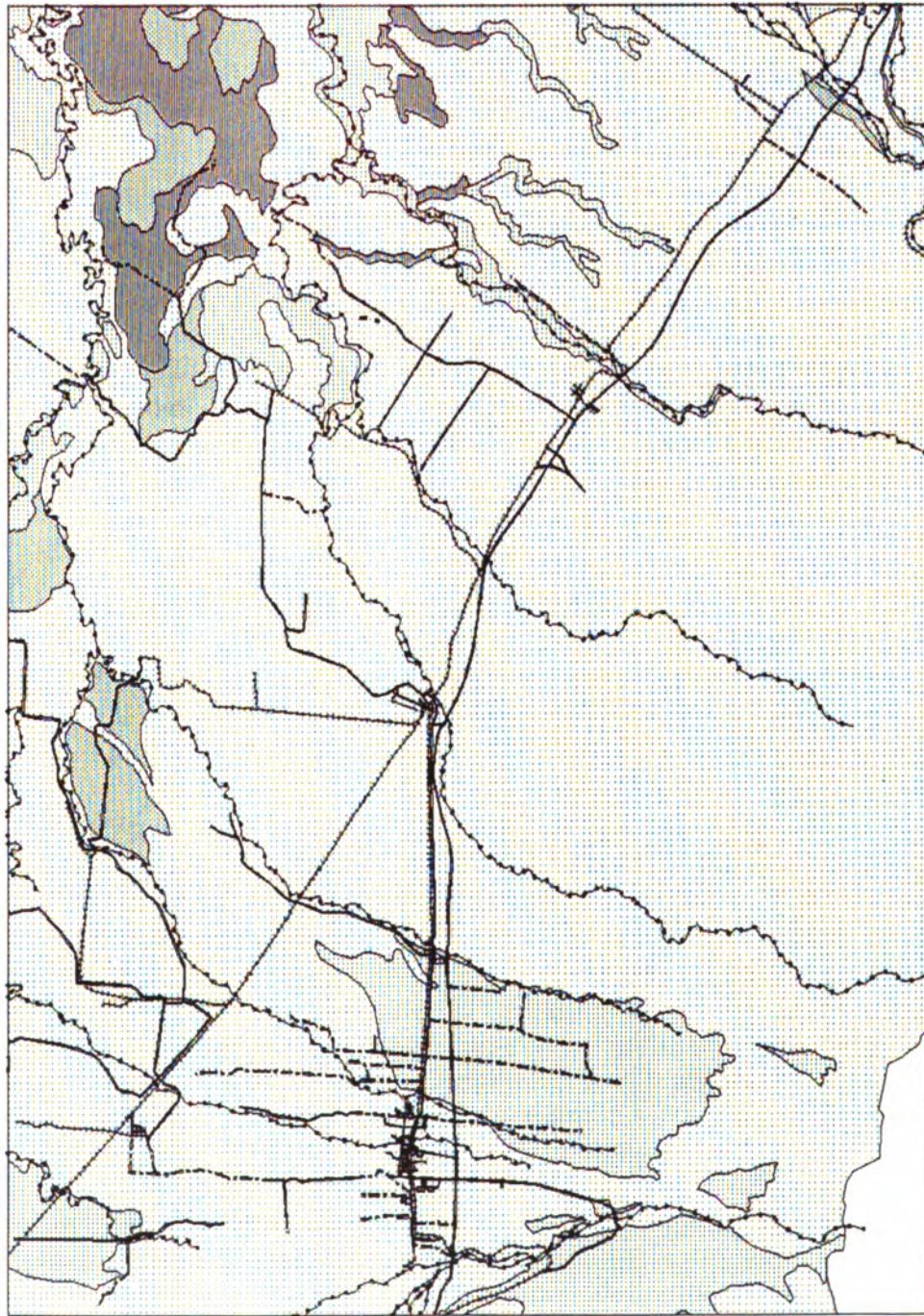


WIELEMAKER U.G. & A.P. DOOSTEROM, 1991 • AGRICULTURAL UNIVERSITY URGENTINGEN

**REQUERIMIENTO DE AGUA DE CULTIVOS EXIGENTES Y NO EXIGENTES**

ANEXO DE. Mapa de requerimiento de oxígeno de cultivos exigentes y no exigentes.

## AREA DE GUACIMO



WIELEPKER U.G. & A.P. OOSTEROM, 1991 • AGRICULTURAL UNIVERSITY URGENTINGEN

**REQUERIMIENTO DE OXIGENO DE CULTIVOS EXIGENTES Y NO EXIGENTES**

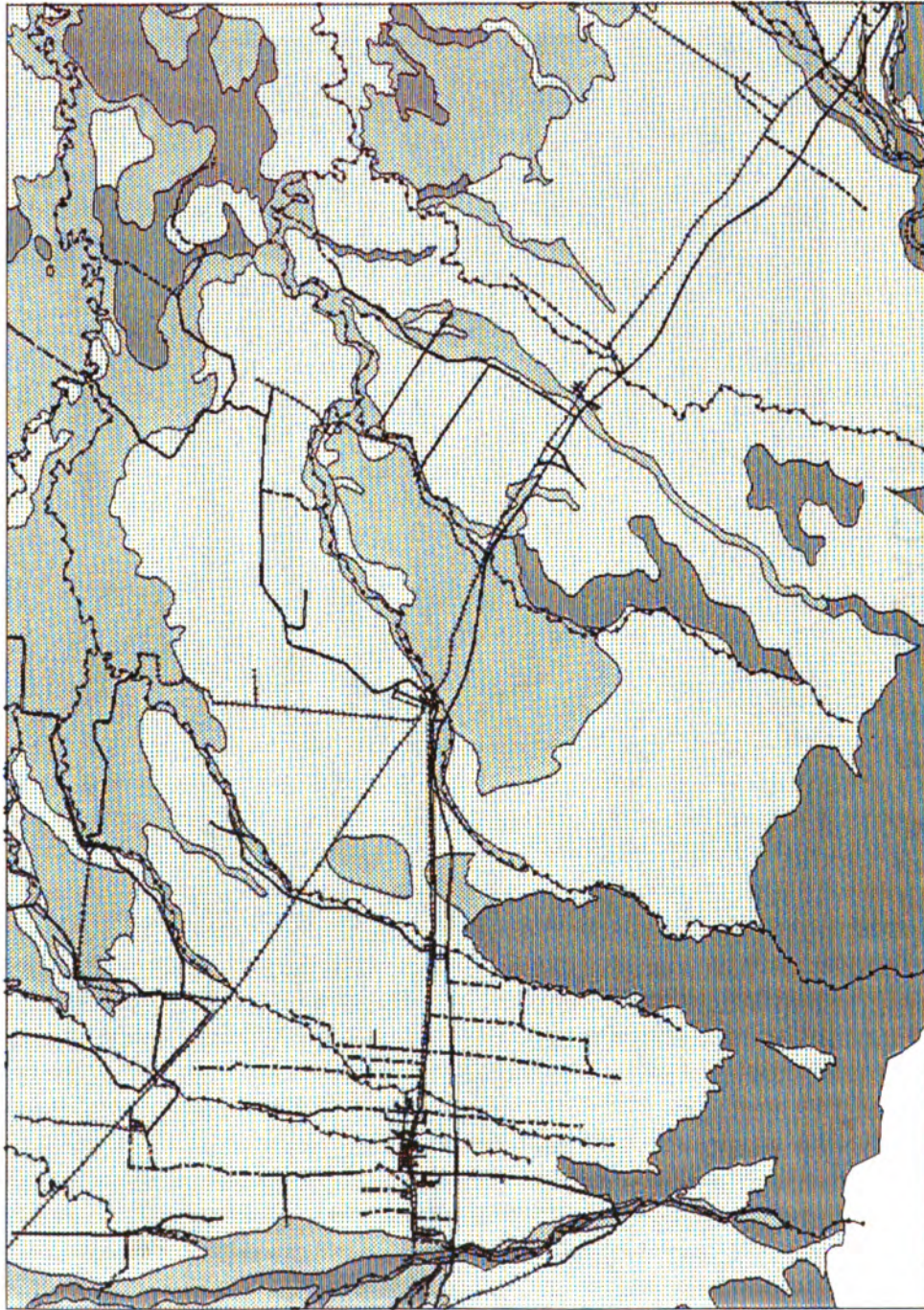
# AREA DE GUACIMO



WJELFMER U.G. & A.P. OOSTEROM, 1991 © AGRICULTURAL UNIVERSITY WAGENINGEN

## APTITUD PARA CULTIVOS EXIGENTES

# AREA DE GUACIMO

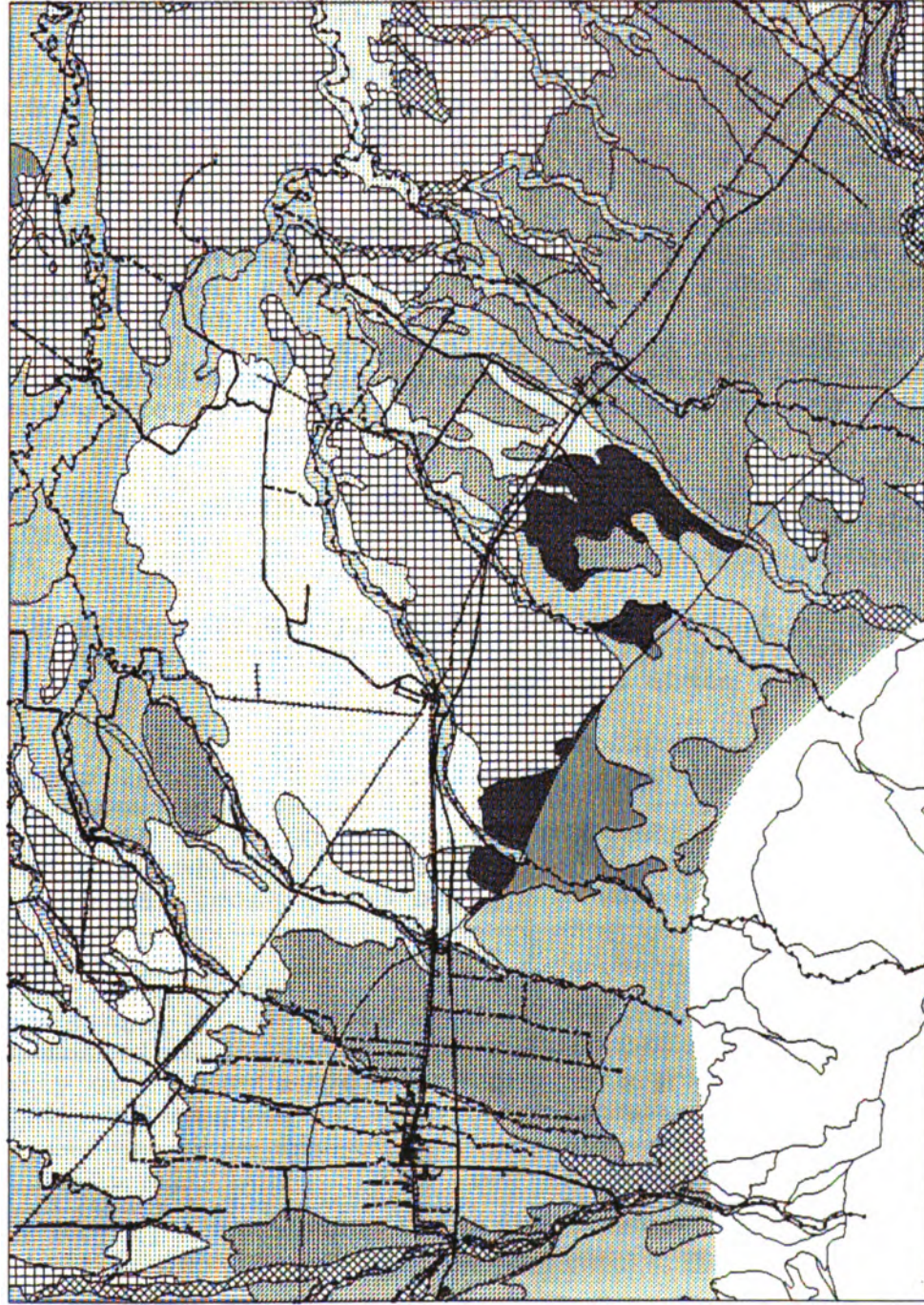


WIELEPKER U.G. & A.P. OOSTEROM, 1991 © AGRICULTURAL UNIVERSITY URGENTINGEN

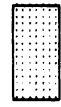
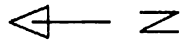
APTITUD PARA CULTIVOS NO EXIGENTES



## AREA DE GUACIMO



CLASES DE CAPACIDAD DE USO  
DEL SUELO PREDOMINANTE



I



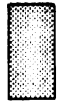
II



III



IV



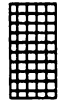
V



VI



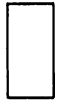
VII



VIII



IX



X



NO INFORMACION



0 2 4 6 km

CAPACIDAD DE USO SEGUN CCT (1985)

**ANEXO 8: ATRIBUTOS DE INFORMACION DE SUELOS**

**Código Descripción de la propiedad**

**A Propiedades ándicas**

- 1 cumple los requisitos de los Andisoles según ICOMAND (Densidad aparente < 0.9, retención de P >85% etc. y además un pH en NaF > 10 )
- 2 como 1 pero tiene retención de P entre 70 y 85 % y un alto contenido de material volcaniclastico; son suelos franco arenosos a arenosos
- 3 tiene retención de P entre 70 y 85 %, pero no tiene un pH en NaF sobre 10 y no tiene un alto contenido de material volcaniclastico: andic subgroup
- 4 su mineralogía es kandic (kaolinitica a haloisitica) con retención de P de 70-85%, con densidad aparente menor a 0.9 y un un pH en NaF inferior a 10. Andisol o subgrupo de Andisol.
- 5 no cumple los requisitos

**Y Propiedades hidricas (hydric properties)**

- 1 con mas de 100 % de agua con 15 atmósfera (Hydrudands)
- 2 con 70 a 100 % de agua al 15 atmósfera (hydric subgroup)

**O Propiedades hísticas (histic properties)**

- 1 Cumple los requisitos de suelos organicos
- 2 tiene un histic epipedon

**M Madurez**

- 0 no maduro, muy alto contenido de agua
- 1 medio maduro
- 2 maduro con consistencia

**H Horizonte A, profundidad, porcentaje M.O. y color**

(colores 2/1 y 2/2 son negro y colores 3/1, 3/2 y 3/3 del Munsell son pardo oscuros)

cod.	Profundidad		codigo
	30-60cm	>60cm	
1f 3f	> 11.15% M.O melanic: negro fulvic : pardo osc.	>9.35 % M.O negro: pardo osc.:	pachic melanic 2f pachic fulvic 4f
1d 3d	6 - 11.15 debil mel. :negro debil fulv.:pardo osc.	5 - 9.35% negro: pardo osc.:	debil pachic mel. 2d debil pachic fulv.4d
5	1.8 - 6.0 no humic,mollic/umbric	1.8 - 5.0	pachic 6
7	humic > 2.0 kg materia org. /m3		





# LEYENDA DE SUELOS DEL AREA DE POCORA

## A SUELOS ORGANICOS ACUATICOS (HISTOSOLS)

- A1 POCO DESCOMPUESTO (TROPOFIBRISTS)
- A2 MODERADAMENTE DESCOMPUESTO (TROPOMENISTS)
  - A21 Turba hemica
  - A211 Suelo Caño Moreno

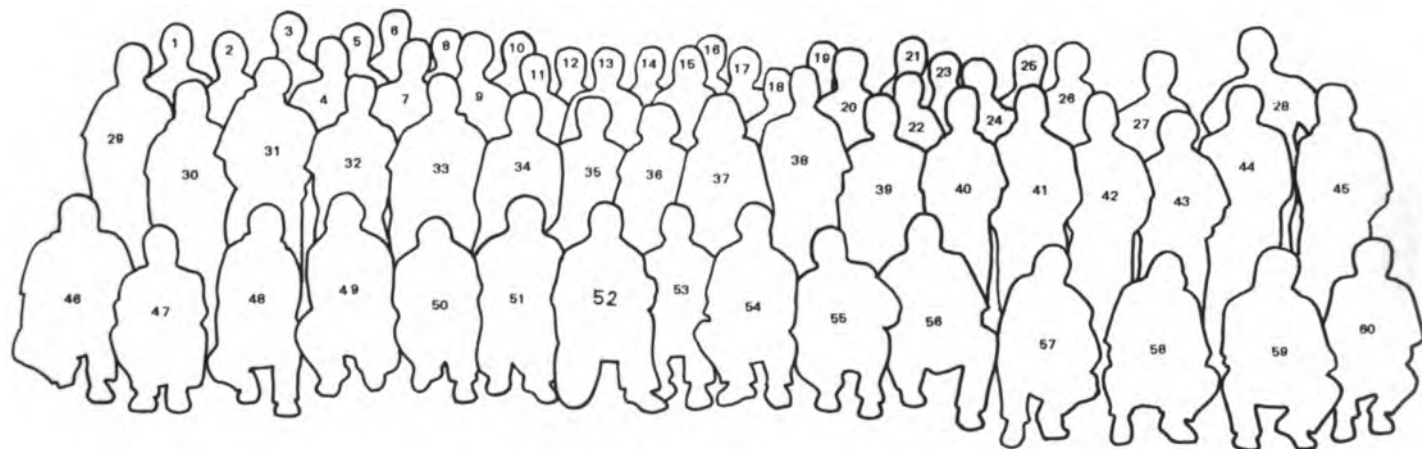
## M SUELOS MINERALES CON UNA MODERADA ALTERACION DE LA ROCA O LOS SEDIMENTOS Y POCO LIXIVIADOS (ANDISOLS, INCEPTISOLS Y MOLLISOLS)

- M1 CON CARACTERÍSTICAS ÁNICAS BIEN DESARROLLADAS (ANDISOLS)
  - M12 moderadamente bien a bien drenados y con menos de 100% de agua a 15 bar (Udands, excepto los Hydrudands)
    - M121 con un A pardo oscuro a negro de mas de 60 cm
      - M1211 franco a franco arenoso de reacción no ácida (pH >5.5)
        - M12111 Suelo Corinto, profundo sobre un substrato cementado, con un A negro hasta un metro sobre un B pardo amarillento (Pachic Melanudands)
        - M12114 Suelo Las Delicias, profundo sobre roca, con un A pardo muy oscuro pedregoso sobre un B pardo muy pedregoso (Pachic Fulvudands)
      - M122 con un A negro a pardo oscuro de 30 a 60 cm
        - M1221 franco a franco arenoso de reacción no ácida (pH >5.5), (Eutric Hapludands)
          - M12211 Suelo Los Diamantes, moderadamente profundo a profundo sobre arena suelta, con un A pardo muy oscuro sobre un B franco pardo amarillento oscuro (Eutric Hapludands, con fases pedregosas y muy pedregosas0)
        - M123 con un A menos oscuro o profundo
          - M1232 franco a franco arcilloso de reacción ácida
            - M12323 Suelo Alegría, moderadamente profundo franco limoso con un Bw pardo sobre material cementado (Typic Hapludands)
            - M12325 Suelo Iroquois, moderadamente profundo franco arcillo limoso sobre un Bw pardo sobre brechas de lava (Typic Hapludands)
  - M2 CON ALGUNAS CARACTERÍSTICAS ÁNICAS Y UN ALTO CONTENIDO DE ARENA VOLCANICLASTICA (PSEUDO VITRUDANDS)
    - M21 moderadamente bien a bien drenados
      - M211 con un A pardo oscuro de mas de 30 cm
        - M2111 franco arenosos de reacción no ácida (pH >5.5)
          - M21111 Suelo Dos Novillos, moderadamente profundo sobre arena y grava
  - M3 CON CARACTERÍSTICAS ÁNICAS MODERADAMENTE DESARROLLADAS (ANDIC SUBGROUP)
    - M32 moderadamente bien a bien drenados
      - M321 sin un A pardo oscuro o profundo
        - M3211 franco arcilloso a franco arcillo limoso, de reacción no ácida (pH >5.5)
          - M32111 Suelo Destierro, profundo franco arcilloso con un Bw pardo con moteados anaranjados sobre un substratum franco arcilloso a veces con grava y piedras (Andic Eutropepts)

## F SUELOS MINERALES ARCILLOSOS, LIXIVIADOS, CON UNA FUERTE ALTERACION DE LA ROCA O LOS SEDIMENTOS (ALIC HAPLUDANDS, HUMITROPEPTS Y DYSTROPEPTS)

- F1 CON CARACTERÍSTICAS ÁNICAS MODERADAS A FUERTES
  - F11 bien drenados
    - F111 con grava y piedra poco meteorizada dentro de los primeros 50 cms, de reacción neutral a ácida (Andic Humitropepts)
      - F1111 Suelo Lagunitas, profundo con un AB pardo oscuro, franco arcilloso sobre lava
    - F112 con piedras y sedimentos poco meteorizados a menos de 100 cms de profundidad, de reacción ácida (Andic Humitropepts)
      - F1121 Suelo Lomas de Sierpe, moderadamente profundo a profundo sobre brechas de lava
      - F1122 Suelo Milano, moderadamente profundo, franco arcilloso a arcilloso pardo oscuro sobre brechas y areniscas
    - F113 con roca o sedimentos poco meteorizados entre los cien y doscientos cms de

profundidad, de reacción ácida a muy ácida (> 1 me de Al +H) (Andic Humitropepts)  
F1131 Suelo Cocori, arcilloso pardo amarillento oscuro sobre lava  
F1132 Suelo Neguev, arcilloso, pardo oscuro sobre breccias o aroniscas



**LISTA DE PARTICIPANTES EN FOTOGRAFIA**

- |                                |                                  |                                  |                                |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| (1) Adrian Vogel (ISA)         | (16) Salomon Kroonenberg (UAW)   | (31) Francisco Romero (CATIE)    | (46) Antonio Zumbado (MAG)     |
| (2) Carlos Elizondo (IGN)      | (17) Louise Fresco (UAW)         | (32) Oscar Brenes (BNCR)         | (47) Theo Guiking (UAW)        |
| (3) Ed Veldkamp (PZA)          | (18) Wilhelmina Brooijmans (PZA) | (33) Carlos León (CATIE)         | (48) Antonio López (CORBANA)   |
| (4) José Carrillo (MAG)        | (19) Juan Comera (IBSNAT)        | (34) Carlos Madrigal (SEPSA)     | (49) Walter Herrera (CORBANA)  |
| (5) Bryan Finagan (CATIE)      | (20) Johan Bouma (UAW)           | (35) Susana Schweizer (MAG)      | (50) Donald Kass (CATIE)       |
| (6) Gerard Verschoor (PZA)     | (21) Sytze de Bruin (PZA)        | (36) Celia Alfaro (PZA)          | (51) Fernando Cambronero (PZA) |
| (7) Julio Fraile (UNA)         | (22) José Arze (CATIE)           | (37) Olga Carvajal (PZA)         | (52) Henk Waaijberg (PZA)      |
| (8) Bert Boerrigter (UAW)      | (23) Wicher Krabbe (UAW)         | (38) Wim Wielemaker (PZA)        | (53) Freddy Sancho (UCR)       |
| (9) Miguel Martín (SEPSA)      | (24) Douglas Alvaro (MAG)        | (39) Luis Quirós (PZA)           | (54) Rodrigo Alfaro (PZA)      |
| (10) Jochem Finnema (Est. PZA) | (25) Kees Tazelaar (est. PZA)    | (40) Víctor Villalobos (MIRENEN) | (55) Ignacio Ibarra (ISCA)     |
| (11) Rolando Rivera (CEPAS)    | (26) Diógenes Cubero (MAG)       | (41) Greivin Delgado (MAG)       | (56) Guillermo Valverde (PZA)  |
| (12) Piet Oosterom (UAW)       | (27) Andrés Nieuwenhuys (PZA)    | (42) Jorge Mora (MAG)            | (57) Pieter Derksen (MAG)      |
| (13) Marco Ugalde (MAG)        | (28) Hans Bronkhorst (PZA)       | (43) Alexis Vásquez (CCT)        | (58) Jeroen Huising (PZA)      |
| (14) Sergio Abarca (MAG)       | (29) Milton Porras (MAG)         | (44) Carlos Rivas (CATIE)        | (59) Robert Tan (est. PZA)     |
| (15) Gerardo Ramírez (MAG)     | (30) Alexis Vargas (MAG)         | (45) Robert Schipper (UAW)       | (60) Pieter Riezebosch (UVA)   |







## SUMARIO

En este volumen se publican las contribuciones presentadas durante el Taller "Información de Suelos" celebrado del 2 al 4 Octubre 1990 en Guápiles, y repetido en forma parcial el 8 de Octubre en CATIE, Turrialba y el 22 de Octubre en la Universidad Nacional Autónoma en Heredia, Costa Rica.

El volumen consta de cuatro partes:

Sección I abarca el texto de todas las contribuciones orales y en forma de paneles demostrativos presentadas de 2 de Octubre en Guápiles, y repetidas en Turrialba y Heredia posteriormente.

Sección II comprende la síntesis de las discusiones que se tuvieron en Guápiles el 4 de Octubre sobre la aplicación de los datos recolectados y sobre las futuras líneas de investigación.

Sección III comprende la descripción de las excursiones de campo presentadas el 3 de Octubre en el sector de Guápiles - Los Diamantes - Guácimo y Pocora.

Sección IV (Anexos) presenta algunos mapas generados con el Sistema de Información y Evaluación de Suelos y Tierras del Atlántico (SIESTA) presentado en la contribución de Wielemaker y Oosterom (Sección I), y alguna información adicional.