

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA**  
**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**

15 DIC 1997  
RECIBIDO  
Turrialba, Costa Rica

**SISTEMA EXPERTO PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO  
DEL COMPLEJO *Bemisia tabaci*- GEMINIVIRUS EN FRIJOL,  
TOMATE Y CHILE DULCE, CON FINES DE PLANIFICACION**

**POR**

**JUAN ELISEO VALLEJOS ARNEZ**



Turrialba, Costa Rica  
1997

D. Wilsola Conmemoración  
ORTON - IICA - CATIE

15 DIC 1997

# CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

## ESCUELA DE POSTGRADO

### SISTEMA EXPERTO PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL COMPLEJO *Bemisia tabaci*-GEMINIVIRUS EN FRIJOL, TOMATE Y CHILE DULCE, CON FINES DE PLANIFICACION

Tesis sometida a la consideración del comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

POR

JUAN ELISEO VALLEJOS ARNEZ

Turrialba, Costa Rica  
1997

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

*MAGISTER SCIENTIAE*

FIRMANTES:



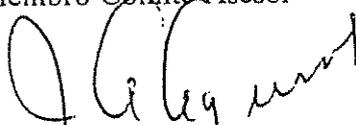
José Arze Borda, M.Sc.  
Profesor Consejero



Elkin Bustamante, Ph.D.  
Miembro Comité Asesor



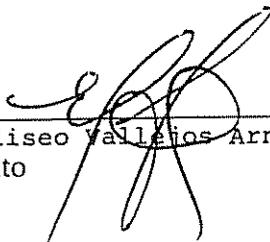
Luko Helje, Ph.D.  
Miembro Comité Asesor



Juan Antonio Aguirre, Ph.D.  
Jefe, Area de Postgrado



Markku Kanninen, Ph.D.  
Director, Programa de Enseñanza



Juan Eliseo Vallejos Arnez  
Candidato

## DEDICATORIA

A mi esposa **MIRIAM**, a quien comparto este logro

A mi adorado hijo **JUAN DANIEL**

A mis padres Guillermo y Julia a quienes debo mi formación profesional

A mis hermanos Bethy, Olimpia, Julieta y Walter por su apoyo en todo momento.

A mis cuñados y cañadas

A todos mis sobrinos y sobrinas

A mis suegros Bonifacio y Julia

## RECONOCIMIENTOS

A José Arze M.Sc., Profesor consejero, por su apoyo, orientación, conocimientos transmitidos, amistad y apoyo brindado durante la realización de este trabajo.

A Luko Hulje, Ph.D., miembro del comité por el apoyo, conocimientos y amistad brindada.

A Elkin Bustamante, Ph.D., miembro del comité por su valiosa colaboración para el desarrollo del presente trabajo.

A Sergio Velázquez, M.Sc., por su valiosa y desinteresada colaboración en la parte de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

A Carlos León, por las orientaciones oportunas.

A Douglas Cubillo, por su cooperación desinteresada.

A todos los expertos que trabajan en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) que proporcionaron sus conocimientos para la realización del estudio.

A COSUDE por el financiamiento de los estudios.

Al Programa de Investigación de la Papa (IBTA-PROINPA), a través de sus Co-Directores Andre Devaux , Ph.D y Antonio Gandarillas Ph.D., por la confianza depositada en mi persona y por su apoyo permanente para la culminación de este trabajo.

## BIOGRAFIA

El autor nació en la provincia Jordán- Cliza del Departamento de Cochabamba, Bolivia, el 17 de junio de 1958.

Inició sus estudios primarios en 1964. Desde 1969 a 1977 realizó sus estudios secundarios en el Colegio Juan de Dios Balderrama, obteniendo el título de Bachiller en Humanidades.

Desde 1982-1987 hizo sus estudios en la Universidad Mayor de San Simón, obteniendo el título de Agrónomo a nivel de Licenciatura.

Desde 1989-1990 hizo su tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo con el Proyecto de Control Integrado de Plagas (ARADO-PROCIPLA).

Desde 1991- 1995 trabajó en el Programa de Investigación de la Papa (IBTA-PROINPA) en el Departamento de Fisiología y Tecnología de Postcosecha.

Desde enero de 1996, Ingreso al Programa de Estudios de Postgrado del CATIE, egresando en diciembre de 1997 con el Grado de Magister Scientiae.

## TABLA DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	1
II.	OBJETIVOS	4
	2.1. General	4
	2.2. Específicos	4
III.	HIPOTESIS	4
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
	4.1. Evaluación de las tierras como un enfoque de sistemas	5
	4.1.1. Utilidad de la evaluación de tierras	5
	4.1.2. Algunas consideraciones para la evaluación de la tierra y su uso	6
	4.1.3. Principios básicos de un sistema de evaluación	7
	4.2. Conceptos básicos del Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES)	8
	4.2.1. Tipos de uso de la tierra	8
	4.2.3. Características de la tierra	8
	4.2.2. Los requisitos de uso de la tierra	8
	4.2.4. Cualidades de la tierra	9
	4.2.5. Unidades cartográficas	9
	4.2.6. Arboles de decisión	10
	4.2.7. Armonización	10
	4.2.8. Evaluación física	10
	4.2.9. Evaluación económica	10
	4.3. Tipos de uso de la tierra (TUT) y sus requerimientos	11
	4.3.1. <i>Bernisia tabaci</i> como TUT	11
	4.3.1.1. Ambientales	11
	4.3.1.2. Alimenticios	13
	4.3.1.3. Manejo	14
	4.3.2. Tipo de uso de la tierra: cultivo de frijol	14
	4.3.3. Tipo de uso de la tierra: cultivo de tomate	15
	4.3.4. Tipo de uso de la tierra: cultivo de chile dulce	16
	4.3. Zonas de producción de frijol, tomate y chile dulce en Costa Rica	18
	4.4. Modelos de simulación y sistemas expertos	20
	4.5. El Sistema Automatizado para Evaluación de Tierras (ALES), antecedentes de su aplicación en Latinoamérica	22
	4.6. Interfase entre el ALES y Sistemas de información geográfica (SIG)	24

<b>V.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>26</b>
	5.1. Descripción biofísica de la zona	26
	5.1.1. Localización del área de estudio	26
	5.1.2. Régimen pluvial	27
	5.1.3. Régimen térmico	28
	5.1.4. Suelos	28
	5.2. Recolección de información cartográfica y estadística	31
	5.3. Materiales	31
	5.4. Identificación y consulta expertos	32
	5.5. Procedimiento de la evaluación	33
	5.6. Método de la evaluación	35
	5.6.1. Aspectos físicos, biológicos y conocimientos	35
	5.7. Tipos de uso de la tierra (TUT)	35
	5.8. Identificación y selección de requisitos de uso de la tierra (RUT)	36
	5.8.1. Requerimientos para frijol, tomate y chile dulce	37
	5.8.1.1. Fisiológicos	37
	5.8.1.2. Manejo	37
	5.8.1.3. Conservación	37
	5.8.2. Requerimientos para <i>B. tabaci</i>	37
	5.9. Definición de unidades cartográficas	45
	5.10. Levantamiento de características y cualidades de la tierra	46
	5.11. Construcción del modelo en ALES	47
	5.12. Procesos de cómputo para la evaluación de tierras	48
	5.13. Procedimientos de decisión en ALES	48
	5.13.1. Evaluación física	48
	5.13.2. Evaluación económica	49
	5.14. Verificación y calibración del modelo	49
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>50</b>
	6.1. Mapa de unidades cartográficas	50
	6.2. Características de las unidades cartográficas	51
	6.3. Sistema experto	53
	6.4. Sistema experto vs. sistema real	54
	6.5. Modelos de los tipos de uso de la tierra	55
	6.5.1. Modelos de frijol con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	55
	6.5.2. Modelos de tomate con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	62
	6.5.3. Modelos de chile dulce con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	69
	6.5.4. Modelo de <i>B. tabaci</i>	74
	6.6. Aptitud física y económica de la zona de estudio	77
<b>VII</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>79</b>
<b>VIII</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>80</b>
<b>IX</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>81</b>

## No.

1. Formulario para el levantamiento de la base de datos	88
2. Listado de expertos consultados en los diferentes usos de la tierra	92
3. Determinación de unidades homogéneas en IDRISI	93
4. Características de la tierra por unidad cartográfica (CR1.....31)	94
5. Características en formato ALES para los TUT (por clase)	98
6. Funcionamiento del Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES)	103
7. Aptitud económica del TUT frijol con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	104
8. Aptitud económica del TUT tomate con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	105
9. Aptitud económica del TUT chile con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	106
10. Prueba de "t" para la comparación de rendimiento entre simulados y observados	107
11. Aptitud física para el modelo frijol con mosca blanca	108
12. Aptitud física para el modelo frijol sin mosca blanca	109
13. Aptitud física para el modelo tomate con mosca blanca	110
14. Aptitud física para el modelo tomate sin mosca blanca	111
15. Aptitud física para el modelo chile dulce con mosca blanca	112
16. Aptitud física para el modelo chile dulce sin mosca blanca	113
17. Aptitud física para el modelo mosca blanca	114
18. Rendimiento de frijol con mosca blanca	115
19. Rendimiento de frijol sin mosca blanca	116
20. Rendimiento de tomate con mosca blanca	117
21. Rendimiento de tomate sin mosca blanca	118
22. Rendimiento de chile dulce con mosca blanca	119
23. Rendimiento de chile dulce sin mosca blanca	120

## LISTA DE CUADROS

## No.

1. Estructura de la clasificación de la FAO sobre la aptitud de la tierra	7
2. Valores estimados de temperaturas óptimas y los límites mínimos y máximos para el desarrollo normal de chile dulce	17
3. Áreas de producción de frijol, periodo 1990-1991	18
4. Variedades de frijol tomate y chile dulce que se cultivan en Costa Rica	19
5. Zonas productoras de frijol, tomate y chile dulce en Costa Rica	20
6. Extensión aproximada de algunos órdenes importantes de suelos en Costa Rica	29
7. Requisitos de uso de la tierra para frijol. Costa Rica	39
8. Requisitos de uso de la tierra para tomate. Costa Rica	40
9. Requisitos de uso de la tierra para chile dulce. Costa Rica	41

10.	Requisitos de <i>B. tabaci</i>	42
11.	Plantas hospedantes tanto silvestres como cultivadas de <i>B. tabaci</i> seleccionadas para el estudio	44
12.	Listado de requisitos de uso de la tierra, características que los definen y fuente de determinación	47
13.	Nombres representativos y área (has) de las unidades cartográficas	50
14.	Porcentaje de casos de distribución de malezas según la altitud	53
15.	Subclase de aptitud física del TUT frijol con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	56
16.	Clases de rendimiento (kg/ha) por área para el TUT frijol con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	60
17.	Subclase de aptitud física del TUT tomate con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	64
18.	Clases de rendimiento (t/ha) por área para el TUT tomate con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	66
19.	Subclase de aptitud física del TUT chile dulce con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	71
20.	Clases de rendimiento (t/ha) por área para el TUT chile dulce con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	72
21.	Subclase de aptitud física para el modelo <i>B. tabaci</i>	75

#### LISTA DE FIGURAS

No.		
1.	Esquema metodológico de la FAO para la evaluación de tierra	33
2.	Esquema de evaluación de <i>B. tabaci</i> como un tipo de uso de la tierra	34
3.	Subclase de aptitud física para el tipo de uso de la tierra frijol con presencia de <i>B. tabaci</i>	57
4.	Rendimiento (kg/ha) según las clases de aptitud para el TUT frijol con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	59
5.	Relación entre el rendimiento observado y simulado para el modelo frijol con presencia de <i>B. tabaci</i>	62
6.	Subclase de aptitud física para el tipo de uso de la tierra tomate con presencia de <i>B. tabaci</i>	63
7.	Rendimiento (t/ha) según las clases de aptitud para el TUT tomate con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	65
8.	Relación entre el rendimiento observado y simulado para el modelo tomate con presencia de <i>B. tabaci</i>	68
9.	Subclase de aptitud física para el tipo de uso de la tierra chile dulce con presencia de <i>B. tabaci</i>	69
10.	Rendimiento (t/ha) según las clases de aptitud para el TUT chile dulce con y sin presencia de <i>B. tabaci</i>	70
11.	Relación entre el rendimiento observado y simulado para el modelo chile dulce con presencia de <i>B. tabaci</i>	74
12.	Subclase de aptitud física para el tipo de uso <i>B. tabaci</i>	76

**Vallejos Arnez, J. E.** 1997 Sistema experto para la evaluación del impacto del complejo *Bemisia tabaci* - geminivirus en frijol, tomate y chile dulce, con fines de planificación. Tesis M. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 120 p.

**Palabras claves:** Complejo *Bemisia tabaci*-geminivirus, evaluación de tierras, aptitud física, sistemas expertos, modelos de evaluación, frijol, tomate, chile dulce, ALES, IDRISI.

## RESUMEN

En Costa Rica, durante 1996-97 se evaluaron siete tipos de uso de la tierra abarcando el 63 % del país (32 286 km<sup>2</sup>); las áreas restantes (37%) corresponden a la zona atlántica (Provincia de Limón) y la zona montañosa. Para la evaluación se consideró aquellos tipos de uso de la tierra cuya tecnología de producción es de baja a moderada. Se elaboraron modelos para evaluación de frijol, tomate y chile dulce, con y sin presencia de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae), para evaluar su impacto. Además, se construyó un modelo para identificar la distribución de *B. tabaci*, utilizando el Sistema Automatizado para la Evaluación de Tierras (ALES), con 31 unidades cartográficas, 21 características de la tierra y 63 árboles de decisión, asociados con las características de la tierra, requisitos de uso, aptitud física y rendimiento proporcional. Para *B. tabaci* se construyó un árbol de decisión para determinar el porcentaje de plantas viróticas en los cultivos, a partir de características como plantas hospedantes y altitud, que permitieron inferir la incidencia de virus. La evaluación de la aptitud física para los modelos con chile mostró que el 39 % del área evaluada corresponde a la clase de aptitud moderada, mientras el 49 y 13 % pertenecen a las clases ligeramente apta y no apta, respectivamente, con pérdidas de rendimiento que alcanzan a 9 % debidas a la presencia de *B. tabaci*; en términos de margen bruto, ésta representa una ganancia superior a \$ 12000 ha/año. Con tomate, mostró que el 1.4 % del área correspondió a la clase de aptitud moderadamente apta, mientras el 92 y 6.8 % pertenecen a las clases ligeramente apta y no apta, respectivamente, con pérdidas de rendimiento de

22 % debidas a la presencia de *B. tabaci*; el margen bruto representó una ganancia superior a \$ 3000 ha/año. Con frijol mostró que el 37.5 % del área pertenecen a la clase de aptitud física moderada, mientras el 22 y 40 % representan a la clase ligeramente apta y no apta, respectivamente, con pérdidas de rendimiento superiores a 36 % debidas a la presencia de *B. tabaci*; el margen bruto fluctuó desde un valor negativo (\$ -337 ha/año) hasta una ganancia mínima de \$ 118 ha/año . Además, para el modelo "*B. tabaci*", el 94 % del área evaluada mostró un nivel de aptitud favorable para el desarrollo del insecto con porcentajes de plantas viróticas que variaron entre 2,7 - 63%; el resto (6 %) representa la clase de aptitud física restringida o muy restringida.

Vallejos Arnez, J. E. 1997. An experts system to evaluate the impact of the *Bemisia tabaci* - geminivirus complex on bean, tomato and sweet pepper for planning purposes. Tesis M. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 120 p.

**Keywords:** *Bemisia tabaci*-geminivirus complex, land evaluation, physical aptitude, experts system, evaluation model, bean, tomato, sweep pepper, ALES, IDRISI.

### SUMMARY

In Costa Rica, seven land use types were evaluated during 1996-97, which covered 63% of the country's territory (32 286 km<sup>2</sup>); the remaining areas (37%) correspond to the Atlantic zone (Provincia de Limon) and mountain zone. For this evaluation, the land use types considered were those which production technology ranged from low to moderate. Research models for bean, tomato and sweet pepper were elaborated with an without *Bemisia tabaci* present (Homptera: Aleyrodidae) in order to evaluate its impact. Furthermore, a model to identify *B. tabaci* distribution was also established using the Automatized Lands Evaluation System (ALES). Thirty one cartographic units, 21 land characteristics and 63 decision trees associated to land characteristics, use requirements, physical aptitude and proportional yield were defined. Besides that, a decision tree was constructed for *B. tabaci* in order to determine the percentage of crops' virotic plants, considering the characteristics which infer virus incidence. The physical aptitude evaluation of chile models, with and without *B. tabaci* present, showed that 39% of the area evaluated corresponded to a moderate aptitude category, while 49 and 13% belonged to slightly apt and non-apt classes, respectively. This same evaluation also showed yield losses of up to 9% caused by *B. tabaci* present, which in terms of gross income represent more than \$ 12000 ha/yr. The evaluation of tomato models with and without *B. tabaci*, showed that 1.4% of the area evaluated corresponded to the moderately apt category, while 92 and 6.8% belonged to slightly apt and non-apt

classes, respectively. This evaluation reported losses of up to 22% caused by *B. tabaci* present which in terms of gross income represent more than \$ 3000 ha/yr. The bean models with and without *B. tabaci* showed that 37.5% of the area evaluated belonged to the moderate physical aptitude class, while 22 and 40% corresponded to slightly apt and non-apt classes, respectively. The yield losses caused by *B. tabaci* present in these models were superior to 36%, whose gross margin fluctuated from a negative value (\$ -337 ha/yr) to a minimum gain of \$ 118 ha/yr. Furthermore, for the "*B. tabaci*" land use, the area evaluated reported an aptitude level which favored *B. tabaci* development with virotic plant percentages which ranged from 2.7 to 63% depending on the aptitude level; the remaining area (6%) belonged to a restricted or very restricted physical aptitude class.

## I. INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales y subtropicales, la falta de planificación hace que el uso del suelo genere impactos negativos sobre el medio ambiente, ocasionando de esta manera la degradación y pérdidas de los recursos naturales. Además, el continuo aumento de la población junto con la degradación de los recursos naturales hace que los alimentos cada vez sean más escasos en el mercado mundial.

En la actualidad existe mayor cantidad de población mal alimentada, lo cual significa la disminución de la calidad de vida. Sánchez y Salinas (1983) destacan que de acuerdo a las estimaciones de la FAO, es necesario un incremento del 60 % de la producción de alimentos para poder mantener el nivel de alimentos adecuado, esto significa la incorporación de 200 millones de hectáreas a la agricultura para alcanzar este propósito. En muchos países del mundo el aumento de la frontera agrícola se ha trasladado a áreas no aptas para la agricultura, y aun, resulta mas grave si la expansión se hace sin medidas preventivas y adecuadas que eviten la pérdida y degradación de los recursos naturales.

Para hacer un buen manejo del uso de la tierra, es necesario su planificación, entendiéndose por planificación, la actividad cuya función es orientar las decisiones de manejo de la producción, de tal forma que pueda beneficiar al hombre, conservando al mismo tiempo los recursos para el futuro. Existen muchos ejemplos de daños a los recursos naturales y de iniciativas de uso de la tierra del todo fallidas por no haberse tenido en cuenta las relaciones reciprocas entre la tierra y los usos a los que se la dedica (FAO 1976).

Un ejemplo particular es el caso de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en el cultivo tomate, que por aplicación frecuente de insecticidas, se está sometiendo al insecto a desarrollar resistencia en pocas generaciones, produciendo además intoxicaciones

laborales, contaminación de aguas subterráneas y de ambiente, disminución de enemigos naturales, cuyo valor es prácticamente imposible de medir (Hilje 1996).

En la actualidad, los agricultores enfrentan problemas de producción causados por *B. tabaci*, principalmente en los cultivos de frijol, tomate y chile dulce, produciendo pérdidas cuantiosas en el rendimiento, así por ejemplo en el Valle Central de Costa Rica, el rendimiento promedio en el cultivo de tomate ha disminuido de 35 a 21 t/ha debido al impacto de este insecto (Gustavo Calvo 1995, CATIE com. pers; cit. Hilje, 1996).

La evaluación de tierras es una herramienta útil en la organización y ordenamiento de la producción, para lo cual se toman en consideración las limitantes biofísicas y socioeconómicas de los agricultores y se desarrollan modelos basados en tipos de utilización de tierra, compatibles con su aptitud, proponiendo agroecosistemas ecológicamente viables y económicamente rentables, para garantizar un uso sostenido.

La ausencia de procesos automatizados para obtener resultados en forma sistemática y rápida, ha dado lugar a la creación del proceso de evaluación de tierras, basados en el esquema propuesto por la FAO (FAO 1976, 1985, 1994) y contempla el desarrollo de modelos de evaluación asistido por un computador. Uno de ellos es el Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES) que en la actualidad se ha convertido en una herramienta valiosa, donde el evaluador puede construir su propio sistema experto ya sea a nivel local o escala regional. En los últimos años, las microcomputadoras se han convertido en herramientas que facilitan el desarrollo de sistemas para ayudar a tomar decisiones. Los programas de computación son la base para el desarrollo de este tipo de sistemas integrados de manejo de información. Asimismo, la información requerida estará disponible en el momento que se solicite y bajo un criterio altamente especializado, sin la presencia física del experto o el material bibliográfico.

El presente trabajo de investigación permitirá a los productores de tomate, frijol y chile dulce de Costa Rica, utilizar modelos de evaluación de aptitud de la tierra automatizados, con posibilidad de monitorear cambios en el uso de la tierra, evaluar las tierras frente otros usos (actuales y futuros), mejorar los modelos y la facilidad de ampliar mas la base de datos. Además contribuirá a orientar la planificación del uso de la tierra con un enfoque de estrategias de manejo integrado de plagas, principalmente con *B. tabaci*.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 General

- Contribuir al desarrollo de la agricultura en Costa Rica, generando una metodología de evaluación de riesgo de aparición y establecimiento del complejo *B. tabaci*-geminivirus en frijol, tomate y chile dulce.

### 2.2 Específicos

- Construir un modelo para evaluación del riesgo de aparición y establecimiento del complejo *B. tabaci*-geminivirus en frijol, tomate y chile dulce, utilizando el Sistema Automatizado para la Evaluación de Tierras ( ALES).
- Evaluar la distribución del complejo *B. tabaci*-geminivirus de acuerdo a escenarios con características homogéneas (unidades cartográficas).

## III. HIPOTESIS

- Mediante el Sistema Automatizado para la Evaluación de tierras (ALES) no es posible evaluar el riesgo de aparición y establecimiento del complejo *B. tabaci*-geminivirus en frijol, tomate y chile dulce.
- No es factible establecer escenarios (unidades cartográficas) para evaluar la distribución del complejo *B. tabaci*-geminivirus para efectos de manejo.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Evaluación de las tierras como un enfoque de sistemas

La evaluación de tierras es la actividad que describe e interpreta aspectos de clima, vegetación, suelos, plagas, enfermedades y otros aspectos biofísicos y socioeconómicos, con el objetivo de identificar usos de la tierra y compararlos en cuanto al rendimiento estimado de su aplicación sostenida (FAO 1976). En forma simplificada FAO (1994) señala, que el proceso de evaluación de tierras consiste en una comparación entre los requerimientos de un determinado tipo de uso y las cualidades ofrecidas por la tierra. Un principio fundamental de este esquema es que la aptitud de la tierra se define con respecto a tipos de uso específico. Se hace una comparación entre la oferta de recursos biofísicos y económicos de la tierra, con la demanda de los mismos, para diferentes usos alternativos (Bennema *et al.* 1981).

La evaluación de la tierra tiene su origen en las ciencias del suelo. Sin embargo, ha evolucionado a un enfoque holístico, es decir, considerando todos los factores del ambiente, en especial el hombre como parte del mismo. Es conveniente distinguir entre evaluación y clasificación de tierras; las clasificaciones tienen vigencia temporal y limitada, son relativamente estáticas y su propósito es ordenar por clases o categorías. La evaluación de tierras, por el contrario, asigna y calcula valores a la tierra dentro de una connotación de aptitud física y económica (Celada 1993, Richters 1995).

#### 4.1.1 Utilidad de la evaluación de tierras

Con la evaluación de tierras se responden dos preguntas generales: 1) Cual es el mejor uso para la unidad de la tierra? y 2) Donde se encuentra la mejor área para un determinado tipo de uso? (FAO 1976). Además, se deben responder otras interrogantes como son:

¿Cómo se manejan actualmente las tierras?

¿Qué otros usos son física, económica y socialmente posibles?

¿Qué factores negativos están asociados con cada uso?

¿Cuáles son los beneficios de cada forma de uso?

#### **4.1.2 Algunas consideraciones para la evaluación de la tierra y su uso**

El esquema para la evaluación de tierras es fundamentalmente dinámico, y su finalidad es prever los efectos de los cambios en el uso de la tierra, mediante el conocimiento de las relaciones tanto físicas como socioeconómicas, entre una determinada porción de tierra y la utilización que se hace de ella (FAO 1976, 1985). Considera los siguientes criterios básicos:

La participación y solución multidisciplinaria.

La evaluación en términos biofísicos, económicos y sociales.

La evaluación supone la comparación de mas clases de usos.

En la delimitación de las unidades cartográficas deben tomarse en cuenta el principio de homogeneidad y principio de funcionalidad. Para el caso de homogeneidad, si los criterios son físicos, la unidad cartográfica puede ser homogénea en topografía, tasa de lluvia, etc.; si son económicos, puede ser uniformidad en sistemas de producción o una cierta producción. La funcionalidad involucra el concepto de interrelación espacial de una región o zona; por ejemplo, la función gubernamental/administrativa, de mercado, etc. Para proyectos de uso de la tierra es crucial la coincidencia con la infraestructura gubernamental/administrativa para lograr éxito (Rossiter 1993, Richters 1995).

### 4.1.3 Principios básicos de un sistema de evaluación

La FAO (1976), ha desarrollado un sistema de evaluación de tierras con una metodología de aceptación mundial. Este esquema define el tipo de uso de la tierra para realizar sobre ellas la armonización de características, cualidades y requisitos de uso. A partir de la comparación entre requerimientos y cualidades, el esquema propone cuatro categorías de aptitud física y su correspondiente aptitud económica (FAO 1976, 1985).

a) Reconoce dos órdenes de aptitud: **apta**, en donde se espera obtener beneficios que justifiquen insumos sin riesgo de deteriorar el ambiente, y **no apta**, en los cuales no es posible un uso sostenido (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Estructura de la clasificación de la FAO sobre aptitud de la tierra (FAO 1976, 1985 y 1994).**

No	Clase	Descripción
1	<b>A1</b> Muy apta	Tierras que no tienen limitaciones de importancia para una aplicación sostenida de un uso determinado, o que solo tienen limitaciones de menor grado que no reducirán significativamente la productividad o los beneficios ni harán elevar los insumos por encima del nivel aceptable.
2	<b>A2</b> Moderadamente apta	Tierras con limitaciones que en conjunto son moderadamente graves para la aplicación sostenida de un uso determinado; las limitaciones pueden reducir la productividad o los beneficios y aumentar los insumos necesarios hasta un grado en que las ventajas globales obtenidas de dicho uso serán inferiores a las esperadas de las tierras de la clase A1.
3	<b>A3</b> Marginalmente apta	Tierras con limitaciones que en conjunto son graves para la aplicación sostenida de un uso determinado, y reducirán la productividad o los beneficios, o incrementarán los insumos necesarios en tal medida que estos desembolsos quedarán solo marginalmente justificados.
4	<b>N1</b> Actualmente no apta	Tierras con limitaciones que pueden ser superadas en el tiempo, pero que no pueden corregirse con los conocimientos existentes a un costo actualmente aceptable; las limitaciones son tan graves que impiden un uso sostenido y satisfactorio de la tierra del modo que se ha determinado.
5	<b>N2</b> Permanentemente no apta	Tierras con limitaciones que parecen ser tan graves que impiden toda posibilidad de un uso sostenido y satisfactorio de las tierras en el modo que se ha determinado.

b) En el orden de no apta existen dos clases; la clase no apta actualmente o temporalmente y la no apta permanentemente.

c) Subclases de aptitud: reflejan dentro de las clases las causas de las limitaciones, por ejemplo, carencia de humedad y peligro de erosión. Las subclases se indican con letras minúsculas de significación nemotécnica, por ejemplo, A2m, A2e, A3me.

## **4.2 Conceptos básicos del Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES)**

### **4.2.1 Tipos de uso de la tierra**

Es una clase de uso de la tierra descrito o definido con un grado de detalle mayor que el de una clase primordial de uso (subdivisión de uso de la tierra). Esta formado por especificaciones técnicas expuestas en términos físicos, económicos y sociales. En estudios de reconocimiento se define hasta clases primordiales; en estudios a detalle los tipos de utilización pueden definirse hasta el nivel de sistemas de fincas, por ejemplo " papa semi-tecnificada con bueyes" (FAO 1976).

### **4.2.2 Características de la tierra**

Es un atributo de la tierra que puede medirse o estimarse y describir una cualidad de la tierra, influyen en el uso de la tierra de una manera particular, por ejemplo pendiente del suelo, textura, temperatura promedio anual, etc. (FAO. 1976).

### **4.2.3 Los requisitos de uso de la tierra**

Los requisitos de uso de la tierra, son las condiciones exigidas por los diferentes tipos de uso de la tierra en términos de características de la tierra. Son clasificados mediante criterios desde aptos a no aptos y sirven para determinar la aptitud de la tierra. Se clasifican en requisitos fisiológicos de los cultivos, de manejo (relacionados con la tecnología) y de conservación (para evitar la degradación).

Estos requisitos se expresan en los mismos términos que las cualidades de la tierra para confrontarlos en el proceso de armonización (FAO 1985, Merino 1989).

#### 4.2.4 Cualidades de la tierra

Es un atributo de la tierra que cualifica una o un conjunto de características y hace cambiar la aptitud según el tipo de uso, ejemplo: humedad disponible o la disponibilidad de nutrientes. Se expresan en los mismos términos que los requisitos para poder confrontarlos. La FAO (1985), define como un atributo complejo de la tierra que actúa de manera distinta en su influencia sobre la adaptabilidad de la tierra para un uso concreto.

#### 4.2.5 Unidades cartográficas

Se define como unidad cartográfica a una área de la tierra mapeada con valores de características específicas similares, es usada como base para la evaluación. En la delimitación es conveniente utilizar características estables como geomorfología, uso actual, clima, etc. (FAO 1975, 1985). La definición de las unidades de tierra debe guardar la máxima relación posible con la serie de usos de la tierra previstos por la evaluación. Es conveniente seguir las normas siguientes al definir y cartografiar las unidades de tierra.

- Las unidades deben ser lo más homogéneas posibles
- La agrupación debe tener un valor práctico, en relación con el uso de la tierra propuesto.
- Cartografiar las unidades de manera coherente
- Se deben definir en forma mas simple y basarse en propiedades observables.

#### **4.2.6 Árboles de decisión**

Los árboles de decisión son llaves multivias en orden jerárquico, contruidos con características de la tierra y con criterios lógicos, cuyos resultados son las evaluaciones de las cualidades y la aptitud de la tierra. Los árboles son estructurados por el constructor del modelo, en base a los conocimientos suministrados por las personas que funcionan como expertos (FAO 1976, 1985).

#### **4.2.7 Armonización**

Es la confrontación de los requisitos de los cultivos específicos (usos), con las condiciones de la tierra (cualidades) para dar una predicción aproximada del comportamiento de los cultivos, es decir, evalua la tierra por aptitud (FAO 1976).

#### **4.2.8 Evaluación física**

Indica el grado de capacidad para un uso de la tierra sin condiciones económicas. Enfatiza aspectos físicos poco cambiables, como clima y condiciones edáficas (Rossiter y Wambeke 1989). Tiende a concentrarse sobre riesgos y peligros, por ejemplo, del medio ambiente, o en limitaciones absolutas como el clima. En una evaluación física las unidades cartográficas son asignadas a clases de aptitud física, las cuales indican una relativa aptitud desde 1 (la mejor) hasta un número máximo especificado por el evaluador. (FAO 1976, 1985).

#### **4.2.9 Evaluación económica**

Provee una estimación de la adaptabilidad económica de cada unidad de tierra para cada propósito de uso. Se basa en la predicción de los costos y retornos. Debido a que el cálculo de la evaluación por aptitud física precede al de la aptitud económica, aquellas tierras calificadas como no aptas físicamente, no serán

consideradas para el uso sin importar los aspectos económicos. El Sistema Automatizado para la Evaluación de Tierras (ALES) no efectúa un análisis económico en aquellas tierras ubicadas en la peor clase de aptitud física (aquella designada con el número mayor) que siempre se asume que está corresponde a la clase 'n2' de la FAO, es decir, físicamente no apta para el uso (Rossiter 1993). ALES desarrolla dos tipos de evaluación: 1) Análisis de flujo descontado de capital y 2) Análisis de margen bruto. Los parámetros medidos en el flujo descontado de capital son: a) el valor presente neto estimado (VPN) y b) la relación beneficio/costo del valor presente de los ingresos comparado con el de los egresos para cada par de unidad cartográfica y tipo de uso (Rossiter 1993).

### 4.3 Tipos de uso de la tierra (TUT) y sus requerimientos

#### 4.3.1 *Bemisia tabaci* como TUT

*B. tabaci* comúnmente llamado mosca blanca, pertenece a la familia Aleyrodidae, superfamilia Aleyrodoidea en el orden Homoptera. Entre mas de 1100 especies descritas en el mundo, solamente a dos se les atribuyen características como vectores de virus (Mound y Halsey 1978, cit. Bink-Moenen y Mound 1990).

##### 4.3.1.1. Ambientales

En Costa Rica, *B. tabaci* ha sido observada en seis de las siete provincias (Hilje *et al* 1993). De las localidades registradas, la mayoría (63 %) tiene una estación seca extensa (diciembre a abril), con 70 - 150 días con déficit de agua. Su patrón de lluvias es estacional, con dos picos diferenciados, entre mayo-junio y septiembre-octubre; las localidades con déficit de agua nulo o leve, están en la vertiente Atlántica. La mayoría de las localidades (97 %) son calientes (22- 26 °C) o muy calientes (26-29 °C). En cuanto a las condiciones de humedad (relación de la precipitación media anual con la evapotranspiración potencial), el 50% son húmedas y el 40% son subhúmedas. Además el factor más importante en la ecología parece

ser la lluvia, ya que las altas precipitaciones reducen sus poblaciones (Eichelkraut y Cardona 1989). Con respecto a las zonas de vida, en las categorías mayores predominan el bosque húmedo premontano (33.4%) muy húmedo premontano (30%), bosque húmedo tropical (17 %), bosque muy húmedo tropical y bosque seco tropical transición a húmedo con 10 % ambos. Su ámbito altitudinal de distribución comprende desde 10 a 1440 m (Hilje *et al.* 1993). Los datos revelan que *B. tabaci* tiene la capacidad de adaptación a nuevas zonas geográficas, (Brown y Bird 1992).

El ciclo de vida de *B. tabaci* varía según las condiciones ambientales y el tipo de hospedante. Algunos autores indican que lo completa en 17.7 días, a 30 °C de temperatura. En condiciones de campo, a 24 °C y 70 % de humedad relativa lo completa en 22.3 días ( Eichelkraut y Cardona 1989, Salas y Mendoza 1995). Por ser *B. tabaci* poiquilotérmica, su metabolismo depende substancialmente de la temperatura ambiental la cual influye marcadamente en su crecimiento, desarrollo, sobrevivencia y potencial reproductivo (fecundidad, tiempo generacional y proporción de sexos). Se puede desarrollar desde 15 °C, el óptimo parece estar entre 20-30 °C y los valores superiores a 30-33 °C son nocivos (Gerling y Horowitz 1986, Enkegaard 1993).

La aplicación mas obvia de la humedad relativa en el manejo de *B. tabaci* es mediante el riego. Las poblaciones del insecto fluctúan marcadamente durante el año y son influenciadas por las condiciones climáticas y disponibilidad de hospedantes. En latitudes tropicales, el daño de *B. tabaci* es más severo en la estación seca. En la estación lluviosa, las poblaciones son afectadas adversamente por el daño mecánico de la lluvia y la alta humedad relativa (80 y 90 %) así como la baja (31 %) (Hilje 1995). Esto sugiere que las bajas poblaciones obedecen a la combinación de los dos mecanismos: el efecto mecánico sobre los adultos y el de la alta humedad relativa sobre las formas inmaduras jóvenes (Hilje *et al.* 1993).

A pesar de las poblaciones bajas en la estación lluviosa, es frecuente observar campos de tomate y frijol afectados en 100 % (Hilje *et al.* 1993). Esto

sugiere que de existir suficiente inóculo cercano, muy pocos adultos pueden diseminar los geminivirus eficientemente, por lo que la disminución en las poblaciones no significa que el daño decrezca. Los números de adultos y ninfas, así como el daño son mayores en los costados más expuestos al viento. La diseminación del vector está relacionada con la dirección del viento y con la existencia de plantas hospedantes aledañas al cultivo de tomate (Gerling *et al.* 1986).

Entre otros factores climáticos que afectan la susceptibilidad a la infección por geminivirus, se tiene la luz, reduciendo la intensidad, o exponiendo las plantas a una oscuridad absoluta, se aumenta la susceptibilidad a la infección por virus. Existen diferencias importantes entre las estaciones del año, las plantas varían marcadamente en su susceptibilidad a un determinado virus durante las diferentes épocas del año. Así pueden comportarse como casi inmunes a un virus en ciertas épocas, y aparecer como susceptibles en otras (Gámez 1982).

#### 4.3.1.2 Alimenticios

*B. tabaci* tiene un amplio ámbito de plantas hospedantes, tanto cultivadas como silvestres (Greathead 1992). En Costa Rica produce daños en diez cultivos: tomate (*Lycopersicon esculentum*); tabaco (*Nicotiana tabacum*); chile dulce (*Capsicum annum*); pepino (*Cucumis sativus*); frijol (*Phaseolus vulgaris*); algodón (*Gossypium hirsutum*); melon (*Cucumis melo*) (Hilje *et al.* 1993).

Entre las plantas silvestres u ornamentales, se ha encontrado con mayor frecuencia en 36 especies, pertenecientes a 12 familias (Asiatico 1991, Arias y Hilje 1993): Amaranthaceae (1 especie), Asclepiadaceae (1), Balsaminaceae (1), Commelinaceae (1), Compositae (13), Cucurbitaceae (2), Euphorbiaceae (4), Labiatae (1), Malvaceae (3), Rubiaceae (3), Solanaceae (5) y Verbenaceae (1), (Hilje *et al.* 1993).

### 4.3.1.3 Manejo

En América Latina y el Caribe, *B. tabaci* ha causado problemas, ya sea como plaga directa o como vector de virus, reduciendo el rendimiento en los diferentes cultivos. Por ejemplo en Costa Rica, en el Valle Central el rendimiento promedio en tomate ha disminuido de 35 a 21 t/ha (Hilje 1996).

No se conoce un método eficaz único y universal para el manejo del complejo *B. tabaci*-geminivirus esto ha propiciado un cambio en la manera de enfrentar el problema. Actualmente, los esfuerzos se orientan hacia el manejo integrado de plagas, que se sustenta en los principios de convivencia con las plagas, prevención y sostenibilidad. Algunas de las prácticas agrícolas evaluadas o utilizadas en el caso del manejo de *B. tabaci* son: vedas, fechas de siembra, destrucción de rastrojos, eliminación de malezas, semilleros cubiertos, altas densidades de siembra, podas, esquemas de fertilización, barreras vivas, coberturas al suelo, cultivos asociados y cultivos trampa (Hilje y Cubillo 1996).

### 4.3.2 Tipo de uso de la tierra: cultivo de frijol

Es un cultivo común en varios países tropicales y se encuentra inclusive en zonas templadas (MAG 1991). Su rango de adaptación varía desde 200 hasta 1500 msnm, con temperaturas óptimas que oscilan entre 18°C y 26°C. La temperatura media durante el periodo crítico es de 22 a 24 °C; la profundidad del suelo recomendable es más de 60 cm (Fersini 1976, Sarli 1980, Alfaro, 1983).

La sequía afecta negativamente la producción de la planta, pero favorece la aparición de muchas plagas como *B. tabaci*. Este insecto transmite virus, como el mosaico dorado del frijol (BGMV), esta enfermedad es más importante en la vertiente del Pacífico y en las zonas frijoleras a alturas menores de 800 msnm (MAG 1974). Al respecto, Murillo y Pacheco (1994) mencionan que en Costa Rica las zonas más adecuadas para sembrar frijol se encuentran sobre los 400 m en lugares donde las

condiciones climáticas favorecen su desarrollo, sin embargo se cultiva con mayor frecuencia en zonas comprendidas entre los 200 y 1200 msnm.

Suelos para su óptimo desarrollo, son profundos fértiles, preferiblemente de origen volcánico con no menos de 1.5 % de materia orgánica en la capa arable; la textura deberá ser liviana con no menos de 40 % de arcilla como los de textura franco, franco limosa y franco arcillosa (Corella 1984, MAG 1991, Saborio 1994).

No soporta suelos ácidos con altos contenidos de manganeso y aluminio. El pH óptimo para el frijol esta comprendido entre 6.5 y 7.5, aunque tolera pH entre 4.5 y 8.2 con limitaciones en la disponibilidad de otros nutrientes. El cultivo de frijol necesita entre 300 a 400 mm de lluvia. En términos de su crecimiento se señala entre la siembra y floración 100 a 180 mm de lluvia (FAO 1979, MAG 1991). El rendimiento promedio en Costa Rica alcanza a 0.5 t/ha (Garcia 1985, Murillo y Pacheco 1994).

#### **4.3.3 Tipo de uso de la tierra: cultivo de tomate**

El tomate pertenece a la familia Solanaceae y es originaria de las regiones tropicales y subtropicales de México y Perú; es un cultivo que prefiere el clima templado-caliente. El sistema radical puede fácilmente alcanzar una profundidad de 60 cm., creciendo hasta 2 o 3 cm por día (Fersini 1976, Sarli 1980).

La temperatura óptima para su desarrollo se encuentra entre 21 y 24 °C, como promedio. Las máximas no deben sobrepasar de 37°C y las mínimas no deben ser inferiores a 15°C. La temperatura nocturna puede ser determinante en el cuaje de los frutos y debe oscilar entre 15 y 20 °C para las variedades tradicionales, aunque existen líneas mejoradas que poseen resistencia a las altas temperaturas (Fersini 1976, Sarli 1980, CATIE 1990, Saborio 1994).

El cultivo de tomate es menos exigente en temperatura que el pimiento y la berenjena. La temperatura media mensual óptima para obtener una buena producción debe de estar comprendida entre 16° y 27°C, con temperaturas medias mensuales más elevadas o más bajas que estas, la planta de tomate no desarrolla bien su vegetación e incluso puede verse seriamente perjudicada si se extreman mucho tales medias (MAG 1974).

La planta se adapta a gran diversidad de zonas, desde el nivel del mar hasta los 1800 msnm. de altura. Recomiendan climas cálidos y soleados. Noches frescas y días calientes influyen favorablemente en la producción (MAG 1974, Saborio 1994).

Los terrenos recomendables son los neutros o ligeramente ácidos (pH de 7 a 5,8), pero se adaptan también, aunque ligeramente en los de alguna mayor acidez. En general, se debe fertilizar con 150 kg de nitrógeno y 150 kg de fósforo (CATIE 1990, MAG 1991, Saborio 1994).

El tipo de textura idóneo para este cultivo es el siliceo-arcilloso. El tomate crece bien en muchos tipos de suelo, siendo esencial que tenga buen drenaje; si no reúne esta última condición debe sembrarse solamente en el verano (MAG 1974).

#### **4.3.4 Tipo de uso de la tierra: cultivo de chile dulce**

El chile dulce o pimiento (*Capsicum annuum*) pertenece a la familia Solanacea. Es un cultivo que se adapta a un rango muy amplio de altitudes, desde el nivel del mar hasta 3000 msnm, de acuerdo con la especie cultivada (Saborio 1994).

Tiene requerimientos climáticos muy similares a los de tomate. Se produce en climas relativamente calurosos. En Costa Rica se cultiva en zonas con temperaturas entre 18 y 30°C. El cultivo necesita de 600 a 900 mm de lluvia (FAO 1979). El chile aparentemente resiste mejor la sequía que el tomate. Sin embargo, los mejores rendimientos están íntimamente ligados a una abundante cantidad de lluvia bien

distribuida, y a una temperatura media (18 y 27°C). Su grado térmico óptimo es alrededor de los 20°C. La planta necesita por lo menos tres meses de calor para variedades precoces y de cuatro a cinco meses para variedades tardías (Fersini 1976, Casseres 1980, Sarli 1980).

CATIE (1993) considera que la temperatura media anual factible esta en el ámbito de 13 a 24°C. Dentro de este ámbito, las temperaturas altas aumentan la tasa de crecimiento del cultivo, y las bajas la reducen. Las temperaturas óptimas son similares durante la floración y la fructificación, ambos etapas son afectados por una interacción compleja entre la temperatura diurna, nocturna y el nivel de luz. La mayor fructificación se logra dentro de los ámbitos de 18 a 27°C durante el día, y 12 a 16 °C durante la noche. Se considera que las temperaturas altas son las mas dañinas, porque provocan aborto de botones florales y flores. A continuación se presenta un resumen de los requerimientos de temperatura (Cuadro 2).

**Cuadro 2 Valores estimados de temperaturas óptimas y los límites mínimos y máximos para el desarrollo normal del chile dulce.**

Etapa fenológica	Ámbito óptimo	Límite mínimo	Límite máximo
Germinación	25-35	20	-
Desarrollo vegetativo	17-30	10	35
Fructificación	18-27	13	35

Fuente CATIE, 1990

El chile dulce prefiere terrenos sueltos, profundos, frescos y bien trabajados, ricos en materia orgánica. El suelo ideal es areno-arcilloso. El chile no es sensitivo a la acidez del suelo, tolera pH de 5.5 a 6.5. La fertilización es similar a la del tomate sin embargo , el pimiento parece requerir de un poco mas de nitrógeno y de potasio que el tomate (MAG 1974, 1991).

La profundidad de las raíces puede llegar hasta 1 m. aunque bajo riego, las raíces se concentran principalmente en los primeros 30 cm. del suelo. Para alcanzar rendimientos óptimos, en la mayoría de los climas el agotamiento del agua del suelo

no debe exceder del 30 al 40 % del agua total disponible en el suelo, para ello, se necesitan aplicaciones ligeras de riego, por lo que se acostumbra regar cada 4 ó 7 días (CATIE 1993).

#### 4.3 Zonas de producción de frijol, tomate y chile dulce en Costa Rica

Las áreas (ha), producción (t/ha) y rendimiento (kg/ha) para el frijol, por regiones, para la campaña 1990-91 se presenta en el Cuadro 3.

**Cuadro 3 Áreas de producción de frijol, periodo 1990-1991.**

Regiones	Área (ha)	Producto (t)	Rendimiento (t/ha)
Valle Central	3800	26602	0.491
Pacífico Central	4520	2008	0.444
Chorotega	9450	4029	0.426
Brunca	22980	9388	0.409
Huetar Norte	13210	9187	0.695
Huetar Atlántica	165	86	0.521
Promedio	54125 (total)	26602	0.491

Fuente: Consejo Nacional de Producción, 1990.

La provincia de Alajuela concentra la mayoría de la producción de tomate (60%) distribuida en los cantones de Grecia, Alajuela, Sarchí, Palmares y San Ramón. En la Provincia de San José, se destaca el cantón de Santa Ana y en la Provincia de Heredia el cantón de Belén (20%). El resto del área cultivada, (20%) se distribuye equitativamente en los cantones de Cartago, Paraíso, Tilarán y Nicoya (Guanacaste), Orotina y San Carlos (Alajuela). El rendimiento promedio en las principales áreas de producción oscila entre 35-40 t/ha. En el Cuadro 4 se presenta las variedades de frijol, tomate y chile dulce que se cultivan en Costa Rica.

#### Cuadro 4 Variedades de frijol, tomate y chile dulce que se cultivan en Costa Rica

Especie	Variedades
Frijol	Grano negro: Talamanca, Porrillo sintético, Brunca, Huasteco, México 29. Grano rojo: Huetar, Chorotega, México 80, Alajuela 1.
Tomate	De mesa: Ortega, Heinz 1370, Jubiton, Tropic, Floradel, Catalina, Hayslip, Duke y Catalina. Para industria: Peto Pride2, Mystro, A-llegro, Alajuela 85
Chile dulce	Keystone Resistant Giant, California Wonder, Mild California, Ruby King, Yoio Wonder, Florida giant, Tres puntas, Mil frutos, Agronómico 10G, Tropical Irazu.

Fuente MAG 1991

Las áreas de siembra de chile pueden variar según la región y la época. Se estima que generalmente son plantadas entre 800 y 1000 ha, el 75% corresponde a Chile dulce. Las principales regiones de producción se localizan en el Valle Central. La distribución porcentual y localización de áreas de producción es muy similar a las del tomate, dado que ambos cultivos tienen exigencias agroclimáticas similares y, debido a que generalmente el productor de tomate también cultiva chile dulce. Con relación al chile picante, la mayoría de las siembras se ubican en los cantones de San Carlos (25%), Sarapiquí (20%), Siquirres (18%) y Limón (13%). El 24% restante se distribuye en otros cantones de las provincias de Alajuela, Cartago, Heredia y Guanacaste. En el Cuadro 5 se observan las zonas de producción y épocas de siembra para los cultivos de frijol, tomate y chile dulce (Saborio 1994).

Cuadro 5 Zonas productoras de frijol, tomate y chile dulce en Costa Rica.

Cultivo	Zonas productoras	Epocas de siembra
Frijol	Valle Central, Pérez de Zeledon, Buenos Aires y Puriscal.	Comienza con el inicio de las lluvias, marzo hasta el 15 de junio.
	En la zona sur en Buenos Aires, Pérez de Zeledon, San Isidro, Corredores, Coto Brus, Palmar y Puerto Jiménez.	15 de septiembre al 16 de octubre.
	Limón, Guápiles, San Carlos, Santa Rosa, Santa Cecilia, La Fortuna, Upala, Los Chiles y Guatuso.	Desde finales de noviembre hasta la primera semana de enero.
Tomate	Valle Central, Orotina, Tilaran y en menor grado en Paquera, San Carlos y Bijagua.	Inicio de las lluvias y en octubre.
	Zonas con alta producción industrial, Alajuela y Guanacaste	Octubre hasta diciembre.
Chile dulce	Grecia, Alajuela, Cartago (El Yas y Birris), Sardinal y Tilaran en Guanacaste y Cañas recientemente.	Desde mayo hasta principios de agosto y otra en noviembre.

Fuente MAG, 1991

#### 4.4 Modelos de simulación y sistemas expertos

El modelo es un nivel de abstracción de la realidad por tanto representa lo que podría ocurrir dadas condiciones reales. No se puede incluir todos los aspectos del sistema real, sino los mas relevantes; lo relevante refleja el objetivo. Es considerado como un elemento de razonamiento, no es instrumento de programación, si no de reflexión, y de planificación. Los modelos de simulación se caracterizan por que: son causa-efecto, son de procesamiento, constituidos por un conjunto de ecuaciones que una vez suministrados los datos hacen inferencias y proyecciones traducidos en conocimientos (Arze 1989). Por otra parte se indica que la simulación de sistemas es la técnica de resolver problemas siguiendo los cambios en el tiempo mediante un modelo dinámico. Es una técnica numérica que utiliza modelos matemáticos dinámicos (Gordon 1982).

Se han desarrollado modelos para simular la distribución de biomasa, fotosíntesis del dosel, respiración y crecimiento. El CERES (Crops Environmental

Resources Evaluation Systems), SOYGRO y BEANGRO son modelos de crecimiento para los cultivos de maíz, soya y frijol respectivamente, se pueden utilizar para zonificación de cultivares, prueba y aplicación de estrategias y tácticas de manejo de cultivos en un área, y finalmente útiles para pronóstico de rendimiento (Arze 1989, Orozco 1993).

Un sistema experto es un nuevo tipo de software que puede almacenar el conocimiento de expertos para un campo de especialidad determinada y muy estrechamente delimitada. Contribuye a la solución de un problema mediante deducción lógica de conclusiones imitando el comportamiento de un experto humano. Estos sistemas encuentran su aplicación donde hay conocimientos especializados y experiencias valiosas. (Nbendahl 1988, Arze 1989, Merino 1989, Camas 1995).

La conformación de un sistema experto esta dado por: a) la base de conocimientos que contienen los hechos y experiencias de los expertos en un dominio determinado; b) los mecanismo de inferencia; c) el componente explicativo y d) la interfase del usuario para realizar consultas en un lenguaje muy natural y adecuado (Arze 1992).

En el CATIE, hay varios estudios sobre sistemas de expertos principalmente en aplicaciones para la agricultura; por ejemplo, el "CHERO", esta orientado al diagnóstico de insectos en maíz; "PAPAPUNO", para el manejo del cultivo de la papa en el altiplano (Perú); "PLATANO", para el manejo integrado del cultivo de plátano. Todos estos sistemas han sido creados con fines educativos y divulgativos (Orozco 1993).

#### 4.5 El Sistema Automatizado para Evaluación de Tierras (ALES), antecedentes de su aplicación en Latinoamérica

El Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES), es un programa para ordenador (computadora) desarrollado en la Universidad de Cornell (USA), con la finalidad de asistir el proceso de evaluación de tierras basado en el esquema de la FAO. Puede utilizarse a nivel de proyecto o escala regional. Permite al evaluador de tierras construir su propio sistema experto con el cual puede establecer la aptitud física y económica de unidades de tierra respecto a tipos de utilización seleccionados. El ALES no incluye ningún conocimiento acerca de la tierra y uso de la tierra; es un esqueleto dentro del cual el evaluador puede expresar su propio conocimiento local (FAO 1976, 1985, 1994, Rossiter 1989).

La implementación del programa ALES requiere de un esfuerzo considerable al comienzo, sin embargo una vez establecido permite la actualización rápida de la información y de la evaluación en su totalidad en un ambiente variable. El modelo desarrollado puede ser clasificado como un modelo empírico de la realidad, ya que su procedimiento describe la relación de los atributos de la tierra a su aptitud para usos específicos. Sin embargo, se puede considerar como un modelo de conocimientos (Rossiter 1990).

En la construcción del modelo se utilizan árboles de decisión, estos son considerados llaves multivias en orden jerárquico. Se toman las características de la tierra como base de la evaluación y con criterios lógicos se establecen las cualidades de la tierra para confrontarlas con los requisitos de uso de la tierra, cuyos resultados se expresan en términos de aptitud de la tierra (Arze 1993, Rossiter *et al.* 1993).

En relación al uso del ALES, como instrumento de análisis para la automatización del proceso de evaluación de tierras en la región latinoamericana y centroamericana, ha ido incrementándose. En Guatemala, se desarrollaron modelos de evaluación de tierras, para ser utilizados por extensionistas del ICTA (Instituto de

Ciencia y Tecnología Agrícola), y hacer recomendaciones a los agricultores del área fueron considerados sistemas de cultivo semi-intensivo, hortalizas y cereales, (De Roller 1989).

Moncada (1990), en Nicaragua, desarrolló un modelo con el ALES, para la evaluación de tierras de uso agrícola de secano en sistemas semitecnificado y tecnificado de maíz y café. Por su parte, Celada (1993) desarrolló modelos de evaluación para tierras del trópico seco de Guatemala, considerando sistemas de cultivos anuales en asocio a un sistema agroforestal y una plantación forestal.

En todos los estudios realizados, los modelos simularon adecuadamente los rendimientos, en comparación con recomendaciones de técnicos extensionistas. Además el ALES fue considerado como herramienta efectiva para integrar conocimientos técnicos (investigadores y extensionistas) y de los agricultores. Este dominio de conocimientos es puesto a disposición de los usuarios del modelo. Una característica común de los estudios anteriores es que fueron realizados a nivel de regiones geográficas definidas por criterios políticos (Arze 1993).

León (1994), utilizó este sistema de evaluación en la cuenca del río Reventazon Turrialba, Costa Rica considerando los usos de tierra predominantes dentro de la cuenca: agrícola (caña de azúcar y papa), agroforestales (café tecnificado), pastos bosque húmedo tropical. En el caso de este último uso de la tierra, el producto identificado fue la producción de agua. Un resultado interesante de este estudio lo constituyó el hecho de que la mayor aptitud física y económica de las tierras fue bajo el uso de bosque tropical húmedo como productor de agua.

Camas (1995), utilizó el ALES con fines de determinar la aptitud física y económica de las tierras de la zona productora de maíz, La Fraylesca, México con el objetivo de contribuir a la producción sostenible del cultivo de maíz, considerando prioridades de conservación. Con este estudio determinó como varía la aptitud (física y económica) de las tierras bajo diferentes prácticas de conservación de suelos en

cultivo de maíz, es decir se pudo evaluar la influencia de la conservación de suelos en el mejoramiento de la aptitud de la tierras.

En base a estos estudios se considera al ALES, como un instrumento de análisis valioso, que orienta la toma de decisiones para el uso adecuado de la tierra, permite con facilidad la actualización de la base de datos y la experiencia de la base de conocimientos. Con lo anterior el sistema adquiere características de dinamismo, lo cual hace que los modelos construidos puedan ser actualizados y mejorados, en tanto se provea mayor información sobre las cualidades de la tierra y variaciones en las especificaciones del uso y por lo tanto de sus requisitos (Rossiter 1990)

#### **4.6 Interfase entre el ALES y Sistemas de información geográfica (SIG)**

ALES provee varios mecanismos para intercambiar datos con otros sistemas de base de datos, incluyendo programas de bases de datos relacionados.

El termino Sistema de Información Geográfica (SIG), mas que un sistema es una tecnología para apoyar la toma de decisiones , y consiste en almacenar analizar y desplegar datos espaciales y no espaciales (Saborio 1992).

El dato espacial representa objetos de dimensiones físicas, cuyas características se pueden especificar mediante descriptores: puntos, líneas y polígonos; siempre y cuando se especifique donde se ubica geográficamente, cual es su característica o atributo y la relación entre esta y otras características del mapa (León 1994).

Dos unidades fundamentales caracterizan un SIG: a) un componente operativo o funcional, y b) la base de datos espaciales y atributos. El componente operativo es un conjunto de procedimientos y operaciones actuando sobre la información contenida en la base de datos. La parte central del sistema es la base de datos (una colección de mapas e información asociada en forma digital). A la

base de datos le concierne las características de la tierra, pueda ser vista en dos elementos, una base de datos espaciales que describe la geografía (forma y posición ) de una determinada unidad de tierra y una base de datos de atributos que describen las características o cualidades de las mismas (Eastman 1992).

## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Descripción biofísica de la zona

#### 5.1.1 Localización del área de estudio.

Costa Rica está ubicada entre los 08°26'26" y 11°13'12" de latitud norte, y los 82°33'48" y 85°57'57" de longitud oeste. Abarca una superficie de 51 900 km<sup>2</sup> del territorio ístmico de la América Central. Limita al norte con Nicaragua, al sur y oeste con el Océano Pacífico, al este con el Océano Atlántico y al sureste con Panamá (Tosi 1969, Vega 1982, Herrera 1985, Valerio 1991).

Un sistema montañoso central, con orientación NW-SE, divide en dos partes iguales al país: Vertiente Caribe y Vertiente Pacífica. La vertiente Caribe (24 115 km<sup>2</sup>) es disectada por una densa red de drenaje que desciende de la Cordillera Volcánica de Guanacaste, Cordillera de Tilarán, Cordillera Volcánica Central y Cordillera de Talamanca. El 51.2 % de territorio de esta vertiente no alcanza los 300 msnm; el 48.8 % restante varía entre los 300 y 3819 msnm (Herrera 1985, Valerio 1991).

La vertiente Pacífica comprende un territorio de 26 585 km<sup>2</sup> disectado por una red hídrica densa con marcado carácter estacional y alto poder erosivo. el 51.1% del área esta comprendida entre los 0 y 300 msnm. La superficie restante (48.8%) varía entre los 300 msnm y la divisoria de aguas continental (Herrera 1985, Valerio 1991).

El sistema montañoso central, constituido por rocas volcánicas, alcanza los 3 819 msnm en el Cerro Chirripó Grande (Cordillera de Talamanca). Este sistema montañoso y otras cadenas más pequeñas, paralelas a la costa, confieren un relieve muy empinado, salpicado por valles fértiles en el interior (Herrera 1985, Valerio 1991).

### 5.1.2 Régimen pluvial

El Instituto Meteorológico Nacional reconoce tres regímenes de precipitación bien definidos: Régimen Pacífico, Régimen Costero Atlántico y Régimen Atlántico.

1. El Régimen Pacífico esta caracterizado por precipitaciones abundantes en los meses comprendidos de mayo a noviembre. Los meses mas lluviosos suelen ser septiembre y octubre. Es propio de las tierras ubicadas entre las cumbres de las montañas y la Costa Pacífica. También se presenta en las Llanuras de los Guatusos (Herrera 1985, Valerio 1991, Vahrson 1993).

2. El Régimen Costero Atlántico comprende la faja del litoral y las llanuras circunvecinas. No exhibe una estación seca a lo largo del año, solamente presenta un descenso considerable de la precipitación durante marzo, abril, septiembre y octubre, especialmente en la baja Talamanca (Herrera 1985, Valerio 1991).

El territorio costarricense muestra, en distancias muy cortas cambios bruscos de precipitación. La media anual oscila 1300 y 7700 mm. habiéndose registrado una máxima de 9583.6 mm. En las cuencas medias, la precipitación suele ser muy elevada, especialmente entre los 1400 y 2000 msnm. Registros de precipitación indican de 7000 a 7200 mm en la cuenca superior y media del Río Banano (Vertiente Caribe), de 5500 a 6500 en el Río Naranjo (Pacífico) y precipitaciones de 5000 a 5500 mm en la Vertiente Caribe de la Cordillera de Tilarán (Herrera 1985, Valerio 1991, Vahrson 1993).

3. Las zonas costeras del Pacífico Central y Sur y gran parte de las llanuras del Caribe, reciben una precipitación superior a los 3000 mm. En el extremo noreste (Barra del Colorado) supera los 5500 mm; en la costa occidental de la Península de

Osa la precipitación pluvial media es mayor a los 6000 mm (Herrera 1985, Valerio 1991).

En los valles intermontanos y en la cuenca del Golfo de Nicoya la precipitación media es de 2000 mm aproximadamente. Las zonas menos lluviosas son Cartago (Cuenca del Río Reventazón), el sector Bagaces-Cañas, (Cuenca del Golfo de Nicoya) y el litoral del Golfo de Papagayo (Provincia de Guanacaste); sectores con una precipitación inferior a los 1400 mm anuales (Herrera 1985, Valerio 1991).

### 5.1.3 Régimen térmico

El régimen térmico del país exhibe una oscilación diaria mayor que la oscilación mensual. En las tierras bajas del Guanacaste la variación entre la temperatura máxima y mínima del día es de 11°C, en el Valle Central es de 8°C, en las tierras bajas y húmedas del Caribe, la caída diaria es de 9°C. En las cumbres de las montañas la variación es de 6°C a 10°C (Herrera 1985, Valerio 1991).

Las temperaturas más altas se dan en las fajas costeras y tierras bajas, especialmente en el pacífico. En la Vertiente del Caribe la temperatura media a nivel del mar es de 26°C. En la Vertiente Pacífica es de 27.7°C. Conforme aumenta la altitud, la temperatura decrece a razón de 0.57°C/100 m. de elevación en el Pacífico, y a razón de 0.52/100 m. en el Caribe (Herrera 1985, Valerio 1991).

### 5.1.4 Suelos

En Costa Rica es posible encontrar suelos de los nueve órdenes que contempla la Taxonomía de Suelos; sin embargo, seis de ellos son los mas importantes (Bertsch 1995) (Cuadro 6).

**Cuadro 6 Extensión aproximada de algunos órdenes importantes de suelos en Costa Rica.**

Orden	km <sup>2</sup>	%
Entisoles	4963	12.4
Inceptisoles	15642	38.6
Andisoles	5874	14.4
Vertisoles	621	1.6
Alfisoles	3857	9.6
Ultisoles	8402	21.0

Fuente: Bertsch, 1995

Los entisoles son suelos muy superficiales en las zonas montañosas, con alto riesgo de erosión y deslizamientos masales, muy pedregrosos, que ocurren en pendientes muy escarpadas arriba del 60 %. En las zonas planas tienden a ser más profundos, de origen aluvial muy reciente, con alto riesgo de inundación, fertilidad de alta a media, fáciles de labrar, con problemas de drenaje en algunos casos (Cordero 1984, Teuscher y Adler 1987, Bertsch 1995).

Los inceptisoles de las zonas montañosas son suelos de poca a moderada profundidad, de variable pedregosidad, de fertilidad media a alta, con riesgo de erosión, con pendientes comprendidas entre 0.1 a 70 %. Contrariamente los de las zonas planas se encuentran en llanuras aluviales cerca de los ríos, presentando un drenaje desde bueno a malo. Las texturas son muy variadas, desde moderadamente livianas hasta pesadas. Los suelos son profundos. La fertilidad y saturación de bases son variables. La aptitud de uso es caña, café, frutales, pastos, banano, palma africana, cacao, arroz y sorgo (Vasquez 1984, Teuscher y Adler 1987, Bertsch 1995).

Los andisoles son suelos profundos, oscuros, muy friables, de texturas medias a moderadamente livianas, altamente fijadores de fósforo, de alta retención de

humedad susceptibles a la erosión, con pendientes comprendidas entre 0.1 a 70 %. La aptitud de uso es café, hortalizas, caña, pastos, sistemas agroforestales, ornamentales (Cubero 1994, Bertsch 1995).

Los vertisoles son suelos oscuros, casi negros, pero muy bajos en materia orgánica. Muy pegajosos en invierno y agrietables en verano; muy duros en seco, difíciles de laborar, poco permeables, de fertilidad alta a media, pH ligeramente ácido a neutro, con alta saturación de bases. Son muy arcillosos, con pendientes de <1 %; cuyos limitantes son deficiencia en fósforo, fijación de potasio, frecuentes encharcamientos. La aptitud de uso es arroz, sorgo, caña y pastos (Cubero 1994, Bertsch 1995).

Los alfisoles son suelos pardo rojizos, arcillosos, pero bien estructurados, altos en bases, de pH ligeramente ácido a neutro; de fertilidad alta a media, pegajosos y plásticos, profundos con pendientes entre 4 a 40 %. Los limitantes principales son: Riesgo de erosión, fijación de fósforo, pedregosidad, deficiencia de Fe, Mn. La aptitud de uso es, frutales, caña de azúcar, granos básicos, café, sistemas agroforestales y pastos (Teuscher y Adler 1987, Bertsch 1995).

Los ultisoles son suelos arcillosos, pardo rojizos, bien estructurados, bajos en bases de pH ácido, fijadores de fósforo, de baja CICE, poca retención de nutrientes, de alto a mediano contenido de materia orgánica especialmente en el horizonte A; son profundos y bien drenados, con una pendiente entre 5 a 50 %. Las limitaciones más importantes son: riesgo de erosión, fijación de fósforo, deficiencia de Ca, Mg; toxicidad de aluminio. La aptitud de uso es: piña, caña, café, frutales, yuca, ornamentales, sistemas agroforestales, pejibaye y pastos (Teuscher y Adler 1987, Bertsch 1995).

## 5.2 Recolección de información cartográfica y estadística

Se recopiló toda la información biofísica de cada unidad cartográfica, de acuerdo a un formulario (Anexo 1). Paralelo a esto, en las bibliotecas ORTON del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y la Universidad de Costa Rica, se procedió a la búsqueda de información referente a los trabajos realizados con frijol, tomate y chile dulce asociados a *B. tabaci*.

Se recabó información cartográfica relacionada a características climáticas como precipitación, temperatura y altitud base para la delimitación de las unidades homogéneas. También se recogió información sobre suelos, plantas hospedantes tanto silvestres como cultivadas de *B. tabaci*. La información proveniente del campo, sobre las plantas silvestres, fue respaldada con la información proveniente del Herbario Nacional ubicado en el Museo Nacional de Costa Rica.

## 5.3 Materiales

Se utilizaron los siguientes medios, materiales y programas de computo.

- **Materiales de gabinete**
  - Mapas correspondientes a temperatura, altitud, precipitación, brillo solar y suelos a una escala 1:750.000.
  - Registros de temperatura y precipitación promedio anual y mensual basada en 19 años (1961-1980).
  - Mapa ecológico de Costa Rica a una escala 1: 750.000
  - Base de datos climáticos
  - Altímetro y termómetro con censor
  - Formulario para consulta a expertos

- **Fuentes de consulta**

- Estadísticas de producción de los cultivos.
- Costos de producción
- Precios de los productos para los tipos de uso de la tierra.
- Expertos en los usos de la tierra considerados en la evaluación
- Información secundaria sobre las características y cualidades de la tierra en función de los requisitos de uso.

- **Programas de computo**

- ALES, versión 4.1
- IDRISI versión 4.1
- ArcView Gis versión 3.0a
- RFLOW versión 3.1

#### **5.4 Identificación y consulta a expertos**

La identificación y consulta a expertos en frijol, tomate, chile dulce y *B. tabaci* se realizó mediante:

- Identificación y selección de los expertos en los usos de la tierra en estudio. Se hizo a nivel local (8) y nacional (21) (Anexo 2).
- Contacto con los expertos. Después de contar con su anuencia para participar y colaborar, se remitió anticipadamente información (resumen del anteproyecto) sobre el trabajo de investigación, para su conocimiento. Antes de la consulta se procedió a exponer los objetivos del trabajo y el papel especial de los expertos dentro de la investigación.

- La primera entrevista a los expertos fue para determinar sus juicios de valor, opiniones y conocimientos sobre los usos de la tierra frijol, tomate, chile dulce y *B. tabaci*, especialmente en cuanto al manejo de este insecto, manejo agronómico, rendimiento óptimo bajo las condiciones del área, insumos y precios.

## 5.5 Procedimiento de la evaluación

El esquema para la evaluación de tierras fue el de la FAO, proceso que permite determinar la aptitud física y económica de un área específica contrastando usos alternativos (Figura 1).

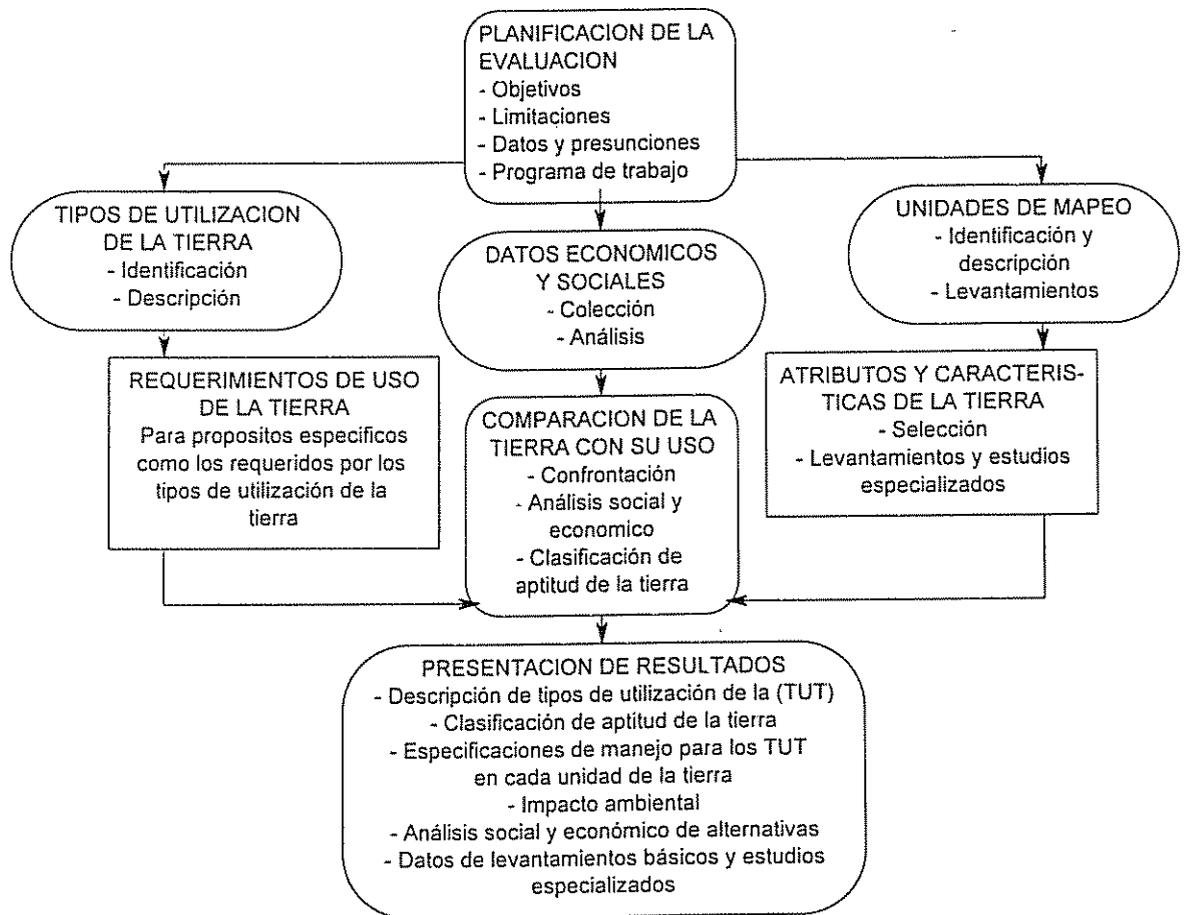


Figura 1. Esquema metodológico de la FAO para la evaluación de tierras

El procedimiento general parte de comparar la oferta de los recursos de la tierra (biofísicos y socioeconómicos), con la demanda de los mismos, para diferentes

usos alternativos. Para facilitar este procedimiento se determinaron las unidades cartográficas tomando en consideración algunos parámetros generales como temperatura, precipitación y altitud que influyen en el comportamiento de *B. tabaci*.

En el ALES se inició la evaluación por aptitud física. La evaluación física actúa como un filtro, si el uso califica en la escala de aptitud física desde apto hasta marginalmente apto, entonces procede la evaluación económica. Si el resultado de la evaluación de aptitud física, por el contrario, es "no apto", automáticamente se considera como no apto económicamente.

Para la evaluación de *B. tabaci*, como otro tipo adicional de uso de la tierra, se utilizó el mismo esquema, con las siguientes indicaciones (Figura 2).

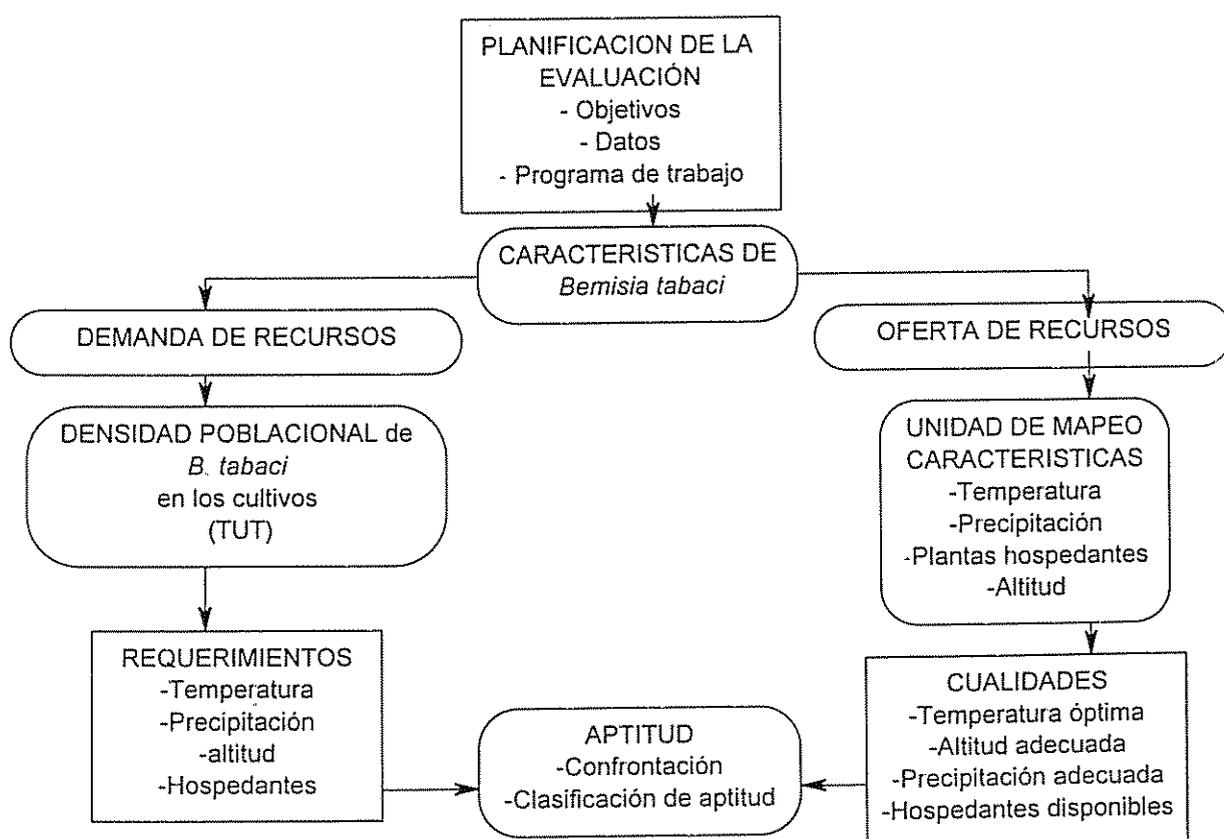


Figura 2. Esquema de evaluación de *B. tabaci* como un tipo de uso de la tierra

## 5.6. Método de la evaluación.

Para la evaluación se utilizó el método de **Abajo-Arriba** y el **Intermedio**, (Rossiter 1990), por ser los mas apropiados a los objetivos y a la estructura del trabajo. El primer método se utilizó para manejar la información disponible en las bibliotecas, base de datos, informes anuales y otros. El método intermedio se utilizó para completar el mínimo de información requerida, en este caso, se realizaron consultas a expertos y visitas de campo.

### 5.6.1 Aspectos físicos, biológicos y conocimientos

Fueron referidos a la tierra misma y construidos con datos biofísicos (altitud, precipitación, temperatura y suelos), con ellos se definieron las unidades cartográficas o unidades de mapeo. En cada unidad de mapeo se levantó información referida a las características de la tierra. Para los aspectos biológicos fueron identificados los tipos de usos de la tierra como frijol, tomate, chile y *B. tabaci*. Los conocimientos fueron suministrados por los expertos durante la visita a las unidades cartográficas.

## 5.7 Tipos de uso de la tierra (TUT)

Los tipos de uso de la tierra (TUT) están referidos a los cultivos de frijol, tomate y , chile dulce, con y sin presencia de *B. tabaci*. Una alta frecuencia de *B. tabaci* estará relacionada a una alta incidencia de plantas viróticas y altas pérdidas en el rendimiento. Contrariamente una baja frecuencia de *B. tabaci* estará relacionada a una baja incidencia de plantas viroticas y bajas pérdidas en el rendimiento. Además, *B. tabaci* se consideró como otro tipo adicional de uso de la tierra muy independiente de los tipos de usos productivos (frijol, tomate y chile). Los

TUT considerados en la presente evaluación fueron seleccionados con base en los siguientes criterios.

- Presencia de los TUT en la zona evaluada
- Disponibilidad de información
- Extensión y magnitud de daño de *B. tabaci* debidos a altas poblaciones

A efecto de definir las especificaciones y requerimientos de cada TUT, previamente se hizo una consulta a los expertos que trabajan en los cultivos de frijol, tomate y chile dulce, así como de su conocimiento sobre *B. tabaci*. Se enfatizó en usos que a juicio de los expertos son los más importantes, tanto por su adaptabilidad a las condiciones de la región como por la relación de *B. tabaci* con los usos señalados. En un inicio fueron seleccionados otros dos usos adicionales (chile picante y el frijol-vainica), los que posteriormente no reunieron los criterios de selección considerados.

#### 5.8 Identificación y selección de requisitos de uso de la tierra (RUT)

Una vez definidos los TUT se procedió a determinar los requisitos o requerimientos de cada uno de ellos, tomando en cuenta la importancia del tipo de uso, la disponibilidad de información (bibliografía y aporte de los expertos), las recomendaciones de las directivas de la FAO (1976, 1985, 1994) y las experiencias de otros autores que han trabajado en evaluación de tierras. Se hizo especial énfasis al manejo de *B. tabaci* en el contexto de los tipos de uso de la tierra seleccionados. Los requisitos fueron indicados mediante valores dados en rangos, desde "aptos" a "no aptos" a cada una de las características. De acuerdo al esquema de la FAO, los RUT fueron divididos en tres grupos: fisiológicos, manejo y conservación para tipos de usos productivos, mientras para el tipo de uso no productivo *B. tabaci*, en climáticos, biológicos y manejo.

### 5.8.1 Requerimientos para frijol, tomate y chile dulce.

**5.8.1.1 Fisiológicos:** comprendieron principalmente clima y suelos, necesarios para desarrollo exitoso y crecimiento de los TUT productivos.

**5.8.1.2 Manejo:** comprendieron los relacionados con la tecnología de los sistemas de manejo como ser la capacidad de laboreo.

**5.8.1.3 Conservación:** son las condiciones que con probabilidad afectan la respuesta de los suelos y por ende a los TUT, como ser riesgo de erosión de los suelos.

**5.8.2 Requerimientos de *B. tabaci*:** fueron divididos en climáticos, biológicos y manejo.

Los requisitos de uso de la tierra para frijol, tomate, chile dulce y *B. tabaci* se presentan en los Cuadros 7, 8, 9 y 10. Para determinar los requisitos, las cualidades de la tierra se dividieron en cinco clases a fin de buscar mayor precisión en la evaluación.

Clase 1= Muy apta; 80-100 % del rendimiento óptimo.

Clase 2 = Apta; 60-80 % del rendimiento óptimo.

Clase 3 = Moderadamente apta; 40-60 % del rendimiento óptimo.

Clase 4 = Ligeramente apta; 20-40 % del rendimiento óptimo.

Clase 5 = No apta; menor que 20 % del rendimiento óptimo.

**Clase 1:** Tierras que no tienen limitaciones importantes para la aplicación permanente de un uso determinado, o con limitaciones muy pequeñas que no tienen importancia por no influir en el rendimiento total.

**Clase 2:** Tierras con limitaciones que en conjunto son ligeramente graves para la aplicación de un uso determinado. Las limitaciones producen aumentos en los costos de producción, reducciones en los beneficios, pero bastante inferiores a las obtenidas en las tierras de clase 1.

**Clase 3:** Tierras con limitaciones que en conjunto son moderadamente graves para la aplicación de un uso determinado, pero muy inferiores a las obtenidas en tierras de clase 2.

**Clase 4:** Tierras con limitaciones que en conjunto son graves para la aplicación de un uso determinado y reducen la productividad o los beneficios, incrementan los insumos.

**Clase 5 (No apta):** Tierras con problemas muy graves que impiden la aplicación satisfactoria de un uso determinado.

En base a la información proporcionada por los expertos, para la evaluación de presencia de *B. tabaci*, se utilizó las mismas clases de aptitud, se tomó como referencia una escala de incidencia promedio de plantas viróticas, en lugar del rendimiento de los cultivos, con las siguientes modificaciones:

Clase 1 = 0-5 % de incidencia, muy baja (muy restringido )

Clase 2 = 5.1-15 % de incidencia, baja (restringido)

Clase 3 = 15.1-40 % de incidencia, moderada (moderadamente favorable)

Clase 4 = 40.1-80 % de incidencia, alta (favorable)

Clase 5 = >80 % de incidencia, muy alta (muy favorable)

Cuadro 7 Requisitos de uso de la tierra para frijol. Costa Rica. 1997

Requisitos	Característica de la tierra	Unidad de medida	Clases				
			Apta				No apta
			1	2	3	4	5
<b>FISIOLOGICOS</b>							
Humedad para el cultivo	Precipitación durante el ciclo	mm	300-400	400-500	500-1000 100-200	----	< 300 >400
	Textura del suelo	Clase	F,FL,F-arc	Arn-L	L-arc	Arc-L	Arci ó arn
	Riesgo por sequía	Nivel	MB	B	M	A	MA
Requerimiento de temperatura	Temperatura promedio anual	°C	20-24	24-26 15-20	-----	-----	< 18 >26
	Altitud	msnm	500-1000	300-500 1000-1200	100-300 1200-1500	50-100	<200 >1500
Condición de enraizamiento	Profundidad efectiva del suelo	cm	>30	40-50	30-40	----	<30
Nutrientes disponibles	Tipo de suelo	Grupo taxonómico	UI	In	An	Ver	----
<b>MANEJO</b>							
Capacidad de laboreo del suelo	Textura superficial	clase	Arn-L	F, FL, F-arc	L-arc	Arc-L	Arci ó arn
<b>CONSERVACION</b>							
Riesgo por <i>B. tabaci</i>	Frecuencia	nivel	MB	B	M	A	MA
	Altitud	msnm	500-1000	100-500	1000-1500	-----	<100 >1500
	Hosp. silvestres	nivel	MB	B	M	A	MA
	Hosp. cultivadas	nivel	MB	B	M	A	MA
Riesgo por plagas y enfermedades	Frecuencia	nivel	MB	B	M	A	MA

**Referencias:**

MB = muy bajo

B = bajo

M = moderado

A = alto

MA = muy alto

Arn = arenoso

L = limo

F = franco

Arc = arcilloso

UI = ultisol

In = inceptisol

An = andisol

Ver = vertisol

Cuadro 8 Requisitos de uso de la tierra para tomate. Costa Rica. 1997

Requisitos	Característica de la tierra	Unidad de medida	Clases				
			Apta				No apta
			1	2	3	4	5
<b>FISIOLOGICOS</b>							
Humedad para el cultivo	Precipitación durante el ciclo	mm	400-600	300-400 600-700	200-300 700-800	100-200 800-900	< 100 >600
	Textura del suelo	Clase	FL, F-arn	Arn-L	L-arc	Arc-L	Arci. ó arn
	Riesgo por sequía	Nivel	MB	B	M	A	MA
Requerimiento de temperatura	Temperatura promedio prom. anual	°C	18-20	15-18 20-25	-----	-----	< 15 >25
	Altitud	msnm	1000-1500	1500-1800 500-1000	-----	-----	<800 >1500
Condición de enraizamiento	Profundidad efectiva del suelo	cm	>60	40-60	30-40	---	<30
Nutrientes disponibles	Tipo de suelo	Grupo taxonómico	UI	In	An	Ver	-----
<b>CONSERVACION</b>							
Capacidad de laboreo del suelo	Textura superficial	Clase	Arn-L	FL, F-aren	L-arc	Arc-L	Arci. ó arn
<b>MANEJO</b>							
Riesgo por <i>B. tabaci</i>	Frecuencia	nivel	MB	B	M	A	MA
	Altitud	msnm	500-1000	100-500	1000-1500	-----	<100 >1500
	Hosp. silvestres	nivel	MB	B	M	A	MA
	Hosp. cultivadas	nivel	MB	B	M	A	MA
Riesgo por plagas y enfermedades	Frecuencia	nivel	MB	B	M	A	MA

**Referencias:**

MB = muy bajo  
 B = bajo  
 M = moderado  
 A = alto  
 MA = muy alto

Arn = arenoso  
 L = limo  
 F = franco  
 Arc = arcilloso

UI = ultisol  
 In = inceptisol  
 An = andisol  
 Ver = vertisol

Cuadro 9 Requisitos de uso de la tierra para chile dulce. Costa Rica. 1997

Requisitos	Característica de la tierra	Unidad de medida	Clases				
			Apta				No apta
			1	2	3	4	5
<b>FISIOLOGICOS</b>							
Humedad para el cultivo	Precipitación durante el ciclo	mm	600-900	400-600 900-1200	-----	-----	< 400 >1200
	Textura del suelo	Clase	Are-arc	Arn-L	L-arc	Arc-L	Arci ó arn
	Riesgo por sequía	Nivel	MB	B	M	A	MA
Requerimiento de temperatura	Temperatura promedio anual	°C	18-25	15-18 25-28	-----	-----	< 15 >28
	Altitud	msnm	1000-1500	500-1000 1500-1800	-----	-----	<500 >1800
Condición de enraizamiento	Profundidad efectiva del suelo	cm	>60	40-60	30-40	-----	<30
Nutrientes disponibles	Tipo de suelo	Grupo taxonómico	UI	In	An	Ver	-----
<b>MANEJO</b>							
Capacidad de laboreo del suelo	Textura superficial	Clase	Arn-L	Arn-arc	L-arc	Arc-L	Arci ó arn
<b>CONSERVACION</b>							
Riesgo por <i>B. tabaci</i>	Frecuencia	nivel	MB	B	M	A	MA
	Altitud	msnm	500-1000	100-500	1000-1500	-----	<100 >1500
	Hosp. silvestres	nivel	MB	B	M	A	MA
	Hosp. cultivadas	nivel	MB	B	M	A	MA
Riesgo por plagas y enfermedades	Frecuencia	Nivel	MB	B	M	A	MA

**Referencias:**

MB = muy bajo  
 B = bajo  
 M = moderado  
 A = alto  
 MA = muy alto

Arn = arenoso  
 L = limo  
 F = franco  
 Arc = arcilloso

UI = ultisol  
 In = inceptisol  
 An = andisol  
 Ver = vertisol

Cuadro 10 Requisitos de *Bemisia tabaci*

Requisitos	Características	Unidad medida	clases de restricción				
			1	2	3	4	5
<b>AMBIENTALES CLIMÁTICOS</b>							
Humedad para <i>B. tabaci</i>	Precipitación promedio anual	mm	>3000	2500-3000	2000-2500	1500-2000	<1500
	Meses secos consecutivos	mes	<1	1-2	2-3	3-4	>4
Requerimiento de temperatura	Temperatura promedio anual	°C	<19 >30	26-30	-----	19-22	22-26
	Altitud	msnm	<100 >1500	1500-2000	1000-1500	-----	500-1000
<b>BIOLOGICOS</b>							
Disponibilidad de hospedantes para la alimentación	Plantas cultivadas	Nivel	MB	B	M	A	MA
	Plantas silvestres	Nivel	MB	B	M	A	MA
<b>MANEJO</b>							
Incidencia de virus	Frecuencia de mosca blanca	nivel	muy bajo	bajo	moderado	alto	muy alto
	Altitud	msnm	<100 >1500	1500-2000	1000-1500	-----	500-1000
	Hosp. silvestres	nivel	MB	B	M	A	MA
	Hosp. cultivadas	nivel	MB	B	M	A	MA

**Referencias:**

MB = muy bajo; B = bajo; M = moderado ; A = alto; MA = muy alto

Las características utilizadas para el análisis fueron estimadas a partir de diversas fuentes, siguiendo varios procedimientos de sobreposición de información:

1. **Temperatura promedio anual.** Estimada en grados centígrados (°C), sobreponiendo un mapa de isotermas de temperatura media anual.

2. **Altitud.** Estimada en msnm, sobreponiendo mapa topográfico de Costa Rica.

3. **Precipitación media anual.** Estimada en mm, sobreponiendo un mapa de isoyetas de precipitación media anual (Atlas climatológico de Costa Rica, registros meteorológicos de 1961 a 1980).

4. **Precipitación media durante el ciclo de los cultivos.** Se determinó a partir de la sobreposición de un mapa de isoyetas de precipitación media mensual (Atlas climatológico de Costa Rica, registros meteorológicos de 1961 a 1980).

5.- **Riesgo de sequía.** Se determinó a partir de una encuesta a los expertos que trabajan en cada unidad cartográfica, utilizando una escala de riesgo de 1(bajo) al 5 (muy alto) (Anexo 1).

6. **Textura del suelo y profundidad efectiva del suelo.** Se obtuvo por sobreposición de un mapa de "Suelos Ingeniería-Costa Rica" (RESOURCES INVENTORY CENTER, CORPS OF ENGINEERS, U. S. ARMY 1965) con el mapa base de la evaluación.

7. **Meses secos consecutivos.** Se determinó por sobreposición de un mapa de meses secos consecutivos.

8. **Clase de suelo.** Se determinó por sobreposición a partir de una ampliación del mapa de suelos de Costa Rica a una escala de 1: 750 000 (Bertsch 1995).

9. **Frecuencia de mosca blanca y frecuencia de otras plagas y enfermedades** Determinadas a través de una escala 1) Muy bajo, 2) Bajo, 3) Moderado, 4) Alto 5) Muy alto ( Anexo 1). Para ello se hizo consultas a expertos que trabajan en los tipos de uso, ubicados en las unidades cartográficas. Dicha información fue respaldada con revisiones de literatura para su mayor solidez.

10. **Plantas hospedantes cultivadas y silvestres** La selección de plantas hospedantes para *B. tabaci* fue realizada en consulta con expertos, considerando dos aspectos: a) importancia para *B. tabaci* como hospedante, b) frecuencia como hospedantes a nivel local, otros países y el Caribe. Además, las plantas hospedantes silvestres seleccionadas, fueron corroboradas con la información del Herbario Nacional. Se eligieron 20 hospedantes entre cultivadas y silvestres (Cuadro

11). Tomando esta referencia se consultó a expertos que trabajan con los tipos de uso de la tierra (cultivos), sobre el nivel de importancia de los hospedantes (silvestres y cultivadas) en el tipo de uso específico considerado (frijol, tomate y chile dulce), así como la ubicación en orden de importancia (frecuencia) en cada unidad cartográfica. Al principio los hospedantes se registraron en el formulario (Anexo 1) y luego fueron ordenados de acuerdo a la frecuencia en cada unidad cartográfica. Para ello se utilizó la siguiente escala: 1) Muy poco, 2) Poco, 3) Moderado, 4) Alto 5) Muy alto.

**Cuadro 11 Plantas hospedantes silvestres y cultivadas de *B. tabaci* seleccionadas para el estudio.**

No hosp.	Cultivadas		Silvestres	
	N. común	N. científico	N. común	N. científico
1	Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Escobilla	<i>Sida acuta</i> y <i>Sida rhombifolia</i>
2	Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Escobon	<i>Malvastrum corchorifolium</i>
3	Chile	<i>Capsicum annuum</i>	Moriseco	<i>Bidens pilosa</i>
4	Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	Pastora	<i>Euphorbia heterophylla</i>
5	Pepino	<i>Citrullus lanatus</i>	Girasol	<i>Tithonia</i> sp.
6	Algodon	<i>Gossypium hirsutum</i>	Farolillo	<i>Physalis angulata</i>
7	Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Tomatillo	<i>Solanum nigrum</i>
8	Soya	<i>Glycine max</i>	Flor amarilla	<i>Melampodium</i> spp.
9	Melon	<i>Cucumis melo</i>	Totalquelite	<i>Melanthera nivea</i>
10	Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>	Bledo	<i>Amaranthus</i> spp.

Para mayor facilidad durante la consulta a los expertos, las especies *Sida acuta* y *Sida rhombifolia* se formularon como una sola pregunta. Los niveles de calificación utilizados para los hospedantes, determinaron la frecuencia baja o alta de hospedantes en cada unidad cartográfica.

- Muy bajo = por lo menos un hospedante
- Bajo = por lo menos tres hospedantes
- Moderado = por lo menos cinco hospedantes
- Alto = por lo menos siete hospedantes
- Muy alto = por lo menos ocho hospedantes

**11. Zonas de vida:** se determinó por sobreposición del mapa ecológico de Costa Rica.

### 5.9 Definición de unidades cartográficas

Se identificaron como áreas de trabajo, aquellas donde los cultivos de frijol, tomate y chile dulce se encuentran en producción o existen condiciones adecuadas para ello. Las unidades cartográficas temporales fueron homogeneizadas en base a algunos parámetros climatológicos.

- Temperatura promedio anual
- Altitud
- Precipitación promedio anual

Se utilizaron tres mapas digitalizados sobre temperatura, altitud y precipitación de Costa Rica, y aplicando el módulo RECLASS del programa IDRISI, se procedió a reclasificar independientemente en categorías definidas. Para la creación temporal del mapa base se utilizó el módulo COSSTAB, sobreponiendo dos mapas se creó un mapa temporal, este último se combinó con un tercero, dicha combinación permitió crear el mapa base temporal o preliminar de la evaluación (Anexo 3).

El mapa desarrollado en IDRISI permitió por sobreposición con otros mapas como suelos y brillo solar, subdividir en unidades más pequeñas, las cuales formaron las unidades homogéneas de la evaluación. Estos describen modelos de representación espacial discreta, y separan áreas con igual valor para límites diferentes.

La fotointerpretación ha sido también una de las herramientas que permitió identificar la geomorfología de Costa Rica principalmente altitud.

### 5.10 Levantamiento de características requisitos y cualidades de la tierra

La definición de las cualidades, características, requisitos de uso y clases de aptitud para los seis TUT productivos y uno no productivo (*B. tabaci*), se hizo inicialmente con base en el análisis de información disponible y las recomendaciones de la FAO (1976, 1985); posteriormente mediante consulta con expertos en las unidades cartográficas. Fueron considerados 21 características (Anexo 4), seis cualidades para los tipos de uso frijol, tomate y chile dulce, y cuatro para *B. tabaci*.

Los requisitos para los TUT productivos y *B. tabaci*, fueron definidos vía consulta a expertos en cada uso, y vía revisión de literatura. Para determinar los requisitos, las cualidades de la tierra se dividieron en cinco clases para mayor precisión en la evaluación.

En el Cuadro 12 se presentan las características consideradas, los requisitos con que se relacionan, las unidades de medida y las fuentes de obtención. En el Anexo 5 se presentan los grupos de características en formato de ALES, cada una con sus categorías o clases.

**Cuadro 12. Listado de requisitos de uso de la tierra, características que los definen y fuente de determinación.**

Requerimientos	Factor (es) diagnóstico características	Unidad de medida	Fuente
Disponibilidad de humedad	Precipitación para frijol, tomate, chile y <i>B. tabaci</i>	mm	Registros meteorológicos comprendidos de 1961 a 1980
	Textura del suelo	clase	Suelos-Ingeniería de Costa Rica L13
	Riesgo por sequía	Nivel	Información secundaria
Requerimiento de temperatura	Temperatura para frijol, tomate, chile y <i>B. tabaci</i>	°C	Atlas climatológico de Costa Rica, de 1961 a 1980.
	Altitud	msnm	Atlas climatológico de Costa Rica e información secundaria
Condición de enraizamiento	Profundidad efectiva del suelo	cm	Suelos-Ingeniería de Costa Rica L13
	Grupo de suelo	Grupo taxonómico	Mapas de suelos elaboradas por Gloria Bertsch (1995)
Disponibilidad de hospedantes	Plantas silvestres y cultivadas		Información secundaria. Herbario Nacional de Costa Rica
Riesgo por <i>B. tabaci</i>	Frecuencia	Nivel	Información secundaria
	Meses secos consecutivos	Mes	Atlas climatológico de Costa Rica, de 1961 a 1980.
	Zonas de vida	Nivel	Mapa ecológico de Costa Rica, por Tosi, 1969; Holdridge 1996.
	Disponibilidad de hosp.	Nivel	Información secundaria
Riesgo plagas y enfermedades	Frecuencia	Nivel	Información secundaria

### 5.11 Construcción del modelo en ALES

El instrumento utilizado para la evaluación fue el modelo utilizado por la FAO (1976) y automatizado bajo el nombre de Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES), el cual permite al evaluador construir su propio sistema experto. Las entidades evaluadas son las unidades cartográficas, definidas de acuerdo al nivel de estudios y a los objetivos.

Se determinaron los tipos de uso de la tierra, sus requisitos y las características que forman cada requisito. Se determinaron las unidades de la tierra y sus características, que determinan a la vez las cualidades. De la confrontación de

las cualidades y requisitos se obtuvieron las evaluaciones de la tierra en términos de la aptitud física y económica.

La estructuración de los modelos en el ALES se efectuó por medio del diseño de árboles de decisión, los cuales trabajan a través de información clasificada. Los árboles de decisión se utilizaron para determinar los niveles de severidad de los requisitos de la tierra a partir de características de la tierra. Con los valores de severidad se construyeron los árboles de decisión para evaluar la aptitud física, para predecir los rendimientos proporcionales de acuerdo a la influencia de los requisitos de uso de la tierra. El esquema del funcionamiento del ALES se presenta en el Anexo 6.

## **5.12 Procesos de cómputo para la evaluación de tierras**

El procedimiento para la evaluación de tierras se realizó con dos pasos:

- Cómputo de valores para las cualidades de la tierra, fueron obtenidos a partir de los valores de las características de cada unidad cartográfica.
- Cómputo para las clases de aptitud física y económica, se basaron en los valores de cualidades de la tierra, tipos y requisitos de uso en cada unidad cartográfica, para determinar la evaluación física.

## **5.13 Procedimientos de decisión en ALES**

### **5.13.1 Evaluación física**

Se establecieron diferencias entre clases y subclases de aptitud física. Las clases se usaron para expresar la aptitud física. Dentro de cada clase de aptitud se definieron las subclases, con el fin de designar el tipo de limitación, por medio de las cuales se ubica una unidad cartográfica en una clase determinada. Estas subclases

son identificadas con códigos nemotécnicos que hacen referencia al nombre de la característica que influyen en la definición de la clase de aptitud.

### 5.13.2 Evaluación económica

Para los TUT productivos, se recolectó la información mínima necesaria para la evaluación económica tales como, insumos, costos, precios y rendimientos. A partir de la relación beneficio/costo, se determinaron los límites de las clases económicas. En función del margen bruto, fueron definidas las clases, tomando como punto de partida la máxima ganancia posible en una unidad cartográfica clasificada físicamente como muy apta (clase 1). No se realizó la evaluación económica para el TUT *B. tabaci* por considerarse innecesario su aplicación.

### 5.14 Verificación y calibración del modelo

Para la verificación se hicieron nuevos encuentros con los expertos. Este proceso fue difícil ya que existen pocas fuentes oficiales de información o evaluaciones previas para comparar la aptitud física. En esta fase se visitaron unidades cartográficas representativas ubicadas en la región de Huetar Norte, Chorotega, Pacífico Central, Brunca y la Zona Central. De esta manera se pretende lograr un ajuste final de la evaluación de aptitud de la tierra.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 Mapa de unidades cartográficas

El área de evaluación representa a 3.228.639 ha, que equivale a 63 % de Costa Rica; las áreas restantes (37 %) corresponden a la zona atlántica y la zona montañosa. Cada unidad cartográfica esta representada por un código formato ALES, nombre y área, expresada en hectáreas y su equivalencia en porcentaje respecto al área total evaluada (cuadro 13).

**Cuadro 13 Nombres representativos y área (ha) de las unidades cartográficas**

Código ALES	Nombres representativos	Área (has)	Área (%)
CR1	Bagaces, Cañas, Liberia	110471.5	3.42
CR2	Zona norte de Cartago	1094.9	0.03
CR3	Paraiso (este), San Rafael (Oreamuno)	1459.7	0.05
CR4	El Guarco	6082.8	0.19
CR5	Carrillo, Sta Cruz, La Cruz, Liberia	546623.1	19.9
CR6	Paraiso (norte)	6202.5	0.19
CR7	Alajuela (sud), Palmares	37673.1	1.17
CR8	Sto. Domingo, (Heredia), Aserri	27247.8	0.84
CR9	Santa Ana (San Jose)	6933.1	0.21
CR10	La Unión, Guarco (Cartago)	43433.9	1.35
CR11	Nicoya (Hojancha, Nandayure), Miramar	424648	13.1
CR12	Naranjo	20027.7	0.62
CR13	Grecia, Sarchi, San Joaquín	104974.2	3.25
CR14	Acosta, Aserri (parte), Barva	22019.4	0.68
CR15	Villa Colon, Aserri (norte)	13507.8	0.42
CR16	San Isidro (SJ), Vazques de Coronado	29922.2	0.93
CR17	Aserri	486.8	0.02
CR18	Los Chiles, Eparza, Parrita	672196.3	20.82
CR19	Turrialba	40332.7	1.25
CR20	Santiago, Moravia	136079.9	4.21
CR21	San Pedro, Sta. Bárbara	31014.8	0.96
CR22	Acosta	12045	0.37
CR23	Zarcelero (alturas)	26751.2	0.83
CR24	Valle de la Estrella (sur)	487.1	0.02
CR25	Upala, Guatuso	551487.2	17.08
CR26	Pérez Zeledon, Turrialba	58104	1.8
CR27	San Ramón, Puriscal, Turrubares	157127.4	4.87
CR28	Naranjo, Grecia (sur), Alajuela	55356.6	1.71
CR29	Acosta (parte), Turrialba (parte)	3528.8	0.11
CR30	Turrialba (Zona montañosa)	80106.9	2.48
CR31	Miravalles (Bagaces, Upala)	1212.8	0.04
<b>Total</b>		<b>3228639</b>	<b>100</b>

## 6.2 Características de las unidades cartográficas

En relación a las características que afectan el crecimiento de los cultivos (fisiológicos), en general las unidades tienen una precipitación mayor a 400 mm durante el ciclo, exceptuando la unidad CR11(Nicoya, Nandayure, Hojancha) que tienen una precipitación irregular (350 mm), a veces no alcanza la cantidad requerida por la planta (300-500 mm para frijol, 400-600 mm para tomate y 600-900 mm para chile dulce). En la actualidad estas son las zonas donde se presentan problemas de sequía. La profundidad efectiva es adecuada para los cultivos (>1 m). Las texturas en su mayoría son livianas, excepto las unidades pertenecientes a la zona de Cartago, que son consideradas como suelos arcillosos. En el caso de los grandes grupos de suelos, generalmente se agrupan en cuatro: inceptisoles, ultisoles, andisoles y vertisoles, estos grupos son considerados desde el punto de vista de fertilidad, como moderados o altos (Bertsch 1995). La mayor parte del área de Costa Rica corresponde al grupo de inceptisoles, son suelos con características poco problemáticos, permiten una amplia gama de producción agropecuaria. Sin embargo es conveniente resaltar que el suelo es solo uno de los factores en la producción del cultivo, y que no se pueden esperar altos rendimientos con solo considerar este factor.

En la mayoría de las unidades se observan cualidades de la tierra como: el riesgo de *B. tabaci* (frecuencia baja o alta), requerimiento de temperatura y humedad disponible, ya sea como un valor en exceso o defecto que limitan el rendimiento potencial de los TUT.

El riesgo por *B. tabaci* es generalizado en Costa Rica debido a diferentes condiciones así como: amplio ámbito de hospedantes, potencial reproductivo asociado a las condiciones favorables que presenta el área de estudio y la gran capacidad de esta plaga para desarrollar resistencia a los insecticidas. Además otros factores como la alta temperatura, la estabilidad térmica, la alta precipitación y el

fotoperíodo casi constante y típicos del trópico mesoamericano, permiten a *B. tabaci* mantenerse activa y reproducirse durante todo el año (Hilje 1996).

Las unidades cartográficas donde se produce mas el frijol, están entre 18 y 26 °C de temperatura, característica que esta muy relacionada con la altitud cuyos valores corresponden a regiones ubicadas entre 800 y 1500 msnm. Así mismo, unidades de tierra para tomate y chile presentan una temperatura de 19 a 24 °C, estos valores tienen mucha relación con la altitud (500-1200 msnm) y la presencia de *B. tabaci* (Saborio 1994). A temperaturas mayores a 24 °C existen problemas con el proceso reproductivo de los TUT, posiblemente este sea el factor limitante para el desarrollo de *B. tabaci*; es así, unidades de tierra ubicadas en la zona de Guanacaste, por tener altas temperaturas presentan poblaciones bajas o moderadas de este insecto (Francisco Alvarez 1997, MAG, com. pers.).

La frecuencia de plagas y enfermedades fue considerada desde baja a muy alta, dependiendo de la temperatura y precipitación, por ejemplo en las unidades de tierra localizadas en el Valle Central los problemas son mas severos, que en las unidades ubicadas en Guanacaste, dicha tendencia se observa también para *B. tabaci*. En la zona norte del país (Upala, Los Chiles, Guatuso), los problemas de enfermedades son debidos principalmente a la alta precipitación, mientras que bajo las mismas condiciones la frecuencia de plagas son consideradas de un nivel bajo a moderado. Mientras, en la zona sur (Valle del General), por la diversidad de cultivos, la rotación que practican y ubicación topográfica, no se observan problemas acentuados de plagas y enfermedades (Mario Chavez 1997, MAG com. pers.).

La frecuencia de malezas es considerada como baja, a medida que la característica altitud incrementa; la mayor (89.4 %) frecuencia esta por debajo de 1500 msnm, en este nivel se encuentran *Amaranthus* spp., las especies *Sida acuta* y *Sida rhombifolia* y *Melampodium* spp., esta última especie se observa más en los potreros abandonados, hecho que coincide con la apreciación de los expertos.

Además, la información proveniente del Herbario Nacional permitió disponer la frecuencia de malezas silvestres según la altura msnm (Cuadro 14).

**Cuadro 14 Porcentaje de casos de distribución de malezas según la altitud (msnm).**

No	Maleza	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	>2000	Total
1	<i>Sida acuta</i> y <i>Sida rhombifolia</i>	9.8	2.2	2.1	0.0	0.4	14.4
2	<i>Bidens pilosa</i>	0.4	2.1	4.7	2.1	0.0	9.4
3	<i>Tithonia</i> sp.	0.9	3.8	0.9	0.4	0.0	6.0
4	<i>Euphorbia heterophylla</i>	2.6	3.0	1.7	0.9	0.0	8.1
5	<i>Solanum nigrum</i>	1.3	2.1	3.8	0.9	2.6	10.6
6	<i>Physalis angulata</i>	5.5	0.9	0.4	0.4	0.4	7.7
7	<i>Melanthera nivea</i>	3.8	2.6	3.4	0.4	0.0	10.2
8	<i>Malvastrum corchorifolium</i>	2.1	0.4	0.4	0.0	0.0	3.0
9	<i>Melampodium</i> spp.	2.6	4.3	4.3	1.3	1.3	12.8
10	<i>Amaranthus</i> spp.	12.8	1.7	3.0	0.4	0.4	17.9
	Total	41.7	23	24.7	6.8	3.8	100

Durante la visita a las unidades de mapeo, se ha observado la presencia de *S. acuta* y *S. rhombifolia* creciendo en diferentes ambientes sobre todo en las orillas de los caminos junto a *Impatiens balsamina*, esta última con mas frecuencia en lugares sombreados, frescos y húmedos, hecho que coincide con la información proporcionada por los expertos (Nelson Kopper 1997, MAG, com. pers.). En lugares secos como Guanacaste la frecuencia de *S. acuta* y *S. rhombifolia* parece ser de baja a moderada, lo que podría influir en la frecuencia de *B. tabaci* (Francisco Alvarez 1997, MAG, com. pers). En el Cuadro 14 se observa que ambas malezas se encuentran con mas frecuencia de 0-500 msnm, sin embargo valores próximos a 500 msnm son donde más se ha observado estas malezas.

### 6.3 Sistema experto

Se construyó 63 árboles de decisión, asociados a características de la tierra, requisitos de uso, aptitud física y rendimiento proporcional para los siete TUT. La construcción de los árboles de decisión para rendimiento proporcional de frijol, tomate y chile, se elaboró a partir de la reducción del rendimiento óptimo ocasionado

por limitaciones en cada unidad cartográfica. De igual forma se hizo para *B. tabaci* con el propósito de determinar la incidencia de plantas viróticas, a partir de características que infieren la incidencia de virus, como ser la frecuencia de *B. tabaci*, altitud y disponibilidad de hospedantes tanto silvestres como cultivadas. Sin embargo, la incidencia no solo está dado por las cualidades indicadas, si no también de varios factores como la calidad de semilla, rotación de cultivos y nivel de tecnología del agricultor, los cuales no se tomaron en cuenta en el estudio. La base de conocimientos que dieron los expertos conformaron un conjunto de parámetros para evaluar cada característica y cualidad de la tierra, niveles de severidad para las distintas cualidades y árboles de decisión, para las inferencias y clasificación en clases de aptitud física y económica de las unidades cartográficas.

#### 6.4 Sistema experto vs. sistema real

Una vez construido el sistema experto se hizo una verificación para comparar lo simulado contra el observado en el campo, esta comparación se hizo entre el rendimiento de cada uno de los TUT, con los procedentes de las unidades cartográficas, dicho análisis no muestra diferencias significativas, lo cual demuestra la representación de la realidad de los datos. Este proceso fue difícil, pues existen pocas fuentes oficiales de información o evaluaciones previas, para comparar la aptitud física o los rendimientos por unidad cartográfica, en el mejor de los casos se contó con el auxilio de algunos datos de producción con fuertes variaciones anuales especialmente para el frijol; a pesar de estas limitaciones los expertos pudieron establecer patrones de comportamiento biofísico, como criterio de verificación de los modelos.

Esta fase del proceso en el ALES tiene un importante valor, pues a partir del reconocimiento de algunos errores en la construcción del modelo es posible replantear las prioridades y el tipo de investigación que debe efectuarse, evitando el sesgo de guiarse por preferencias o gustos personales.

## 6.5 Modelos de los tipos de uso de la tierra

### 6.5.1 Modelos de frijol con y sin presencia de *B. tabaci*

Los valores de la aptitud física se presentan en el Cuadro 15 y en los Anexos 11 y 12. Ambos modelos (frijol con y sin presencia de *B. tabaci*) presentan la ausencia de unidades cartográficas con aptitud física 1 (muy apta), debido a la existencia de cualidades que limitan el desarrollo potencial de los TUT: como requerimiento de temperatura, humedad disponible y riesgo por *B. tabaci*, las cuales disminuyen la producción de 891 kg/ha para el modelo frijol sin presencia de *B. tabaci* a 558 kg/ha para frijol con presencia de *B. tabaci*, esto significa una pérdida de rendimiento del 37 %. Al respecto Madrigal (1990), reporta un valor de rendimiento promedio nacional de 530 kg/ha, valor que tiene mucha relación con el modelo de frijol con presencia de *B. tabaci*. Sin embargo es posible encontrar rendimientos superiores a los señalados, en zonas donde existen microclimas especiales y que favorecen el desarrollo del frijol, pero por la escala utilizada no se ha podido detectar los niveles de aptitud 1 y 2.

Los niveles tecnológicos que se aplican marcan las diferencias de rendimiento entre unidades cartográficas. En la zona norte considerada como zona frijolera por el sistema de siembra semimecanizado para la preparación del terreno, se observan rendimientos superiores con respecto a los demás unidades de tierra. Es el caso de Santa Rosa de Pocosol, Los Chiles, donde se produce con mayor tecnología y alto uso de insumos agrícolas. En las zonas, como el Valle Central, Pacífico Central, Upala y Pérez Zeledon, predominan el sistema de siembra a "espeque" con un menor uso de insumos (Nelson Kopper y Norman Mora 1997, MAG, com. pers.). Similares resultados (902 kg/ha) se encontró con el modelo frijol sin presencia de *B. tabaci* para la zona norte del país, valor que concuerda con la apreciación de los expertos.

Cuadro 15 Subclase de aptitud física del TUT frijol con y sin presencia de *B. tabaci* (B. t)

Unidad Cartográfica	Subclase de aptitud física		Rendimiento kg/ha		Diferencia	%
	con presencia	sin presencia	con presencia	sin presencia		
CR1	5	5	0	0	0	0
CR2	4Rmos	4	850	855	5	0.7
CR3	4	4	550	902	352	39
CR4	5 Rtemp	5 Rtemp	0	0	0	0
CR5	5 Rtemp	5 Rtemp	0	0	0	0
CR6	3Rmos	3	550	950	400	42
CR7	3	3	330	950	620	65
CR8	4	4	550	902	352	39
CR9	4	4	550	902	352	39
CR10	5Rtemp	5Rtemp	0	0	0	0
CR11	3Rmos	3	550	902	352	39
CR12	4Rmos	4	850	902	0	0
CR13	4Hudis	4Hudis	300	855	555	65
CR14	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR15	3Hudis/Rmos	2Hudis	550	855	305	36
CR16	5Hudis/Rtemp	5Hudis/Rtemp	0	0	0	0
CR17	5Hudis/Rtemp	5Hudis/Rtemp	0	0	0	0
CR18	3Rtemp/Rmos	3Rtemp	550	902	352	39
CR19	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR20	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR21	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR22	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR23	5Rtemp/Rmos	5Rtemp	0	0	0	0
CR24	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR25	4	4	550	902	352	39
CR26	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR27	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR28	3Hudis/Rmos	2Hudis	550	855	305	36
CR29	5	5	0	0	0	0
CR30	5Hudis/Rtemp	5Hudis/Rtemp	0	0	0	0
CR31	5Rtemp/Rmos	5Rtemp	0	0	0	0
PROMEDIO			558	891	333	37

Rtemp = Requerimiento de temperatura; Rmos = Riesgo por mosca blanca; Hudis = Humedad disponible

Hernandez *et al.* (1993), determinaron los principales zonas de producción del cultivo de frijol, correspondiendo a la región Brunca, Upala, el Valle Central y en menor proporción a la región del Pacífico Central y algunas zonas de la región de Chorotega. De todas estas zonas, la única que realmente reúne las mejores características agroecológicas para la producción de frijol es el Valle Central, sin

embargo en esta zona el cultivo debe competir tanto con el desarrollo urbanístico como con el desarrollo de otros cultivos de alta rentabilidad. Así mismo el modelo califica con un nivel de aptitud moderado a dos zonas grandes de productoras de frijol como es Los Chile, Upala y Hojanca (Anexo 11).

En el modelo frijol con presencia de *B. tabaci* se reportan seis unidades cartográficas con una aptitud física 3 (moderadamente apta), cuyas zonas principales son: Los Chiles, Naranjo Grecia, Villa Colon entre otros, representan 1.209.584 ha equivalentes a 37.5 % del total del área evaluada (Figura 3 y Anexo 11); en estas unidades se concentran la mayor actividad frijolera del país, principalmente en los chiles (zona norte de San Carlos). Por otro lado, el modelo castiga el rendimiento por los limitantes que presentan estas unidades como la alta precipitación (> 2400 mm) y la alta temperatura (> 24 °C). En la mayoría de estas zonas, las siembras se realizan en las épocas de menor precipitación. Estas tierras tienen un limitante principal que es la humedad excesiva, este factor esta fuera del alcance del hombre lo cual significa hacer un plan riguroso de épocas de siembra para tener cosechas aceptables.

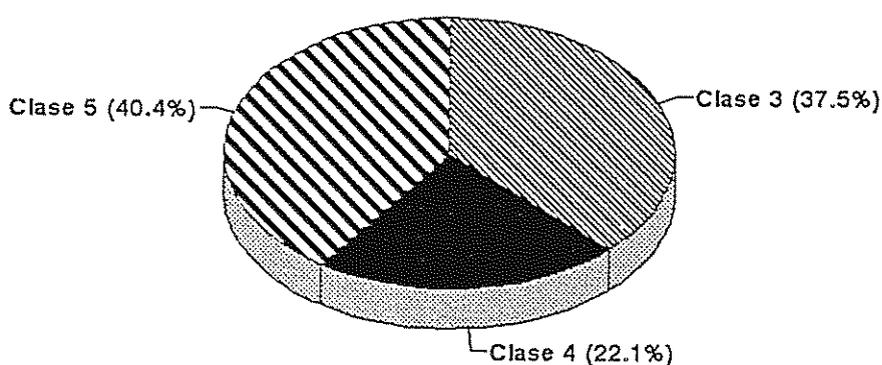


Figura 3 Subclase de aptitud física para el tipo de uso de la tierra frijol con mosca blanca según áreas de producción simulados.

Las cualidades frecuencia de enfermedades y humedad disponible están en un nivel moderado, dichas cualidades en épocas de siembras recomendables, se traducen en incrementos de rendimiento. Sin embargo la cualidad "humedad disponible" excesiva en la estación lluviosa facilita la proliferación de enfermedades radiculares y foliares como el tizón tardío (*Phytophthora* sp.), y la pudrición por *Erwinia* sp.. Si se considera la precipitación durante el ciclo del cultivo en su mayoría presentan valores mayores a 550 mm, esta cantidad de lluvia es considerado como excesiva según los requerimientos de humedad del frijol (300-400 mm). Los suelos en su mayoría presentan una profundidad adecuada (>1 m), con una fertilidad de moderada a alta, textura franco arenosa y franco arcillosa, lo cual caracteriza como suelos con capacidad de laboreo bueno (Mario Chaves 1997, MAG, com. pers.).

Para la aptitud 4 (ligeramente apta), se encuentran siete unidades cartográficas, que representan 713.225 ha equivalentes a 22.1 % del total del área evaluada, estas unidades están ubicadas en las zonas montañosas, en donde la precipitación es alta, valor que no satisface los requerimientos del frijol. El total de has entre la aptitud 3 y 4 es 1.922.809 ha (59.6 %) para Costa Rica, sin embargo el área efectiva de siembra para frijol es solo de 55.000 ha por año, sin considerar los niveles de aptitud (Murillo y Pacheco 1994).

Para la categoría 5 (no apta ) se reportan 18 unidades con 1.298.809 ha que representan el 40.4 % (Figura 3 y Anexo 11). De esta clase de aptitud, gran parte pertenece a áreas como parques nacionales, áreas urbanas y zonas montañosas. Estas unidades tienen cualidades limitantes muy severos como: la disponibilidad de humedad en exceso, pertenecen a altitudes mayores a 1500 msnm donde las precipitaciones son mayores a 2500 mm y el riesgo de sequía de bajo a moderado; las zonas superiores a esta altitud coinciden con temperaturas bajas, y las inferiores a las de temperaturas altas.

La figura 4 presenta los rendimientos según los niveles de aptitud. Cuando se pasa del nivel de aptitud 3 a 4, las pérdidas de rendimiento son de 46 kg/ha (9%) con

presencia de *B. tabaci*, mientras bajo las mismas condiciones pero sin presencia de *B. tabaci* las pérdidas son menores (10 kg/ha). Contrariamente si el análisis se hace dentro del mismo nivel de aptitud y para ambos modelos, las pérdidas son altas (343 kg/ha para el nivel 3 y 373 kg/ha para el nivel de aptitud 4). El resultado marca la importancia de la cualidad riesgo por *B. tabaci* como un factor desequilibrante en la determinación de la perdidas de los TUT productivos. La diferencia en pérdidas de rendimiento entre el nivel de aptitud 3 y 4 no es significativo, esto posiblemente se debe a la escala utilizada en la evaluación. Las diferencias rendimiento entre los dos modelos se pueden observar en el Anexo 18 y 19.

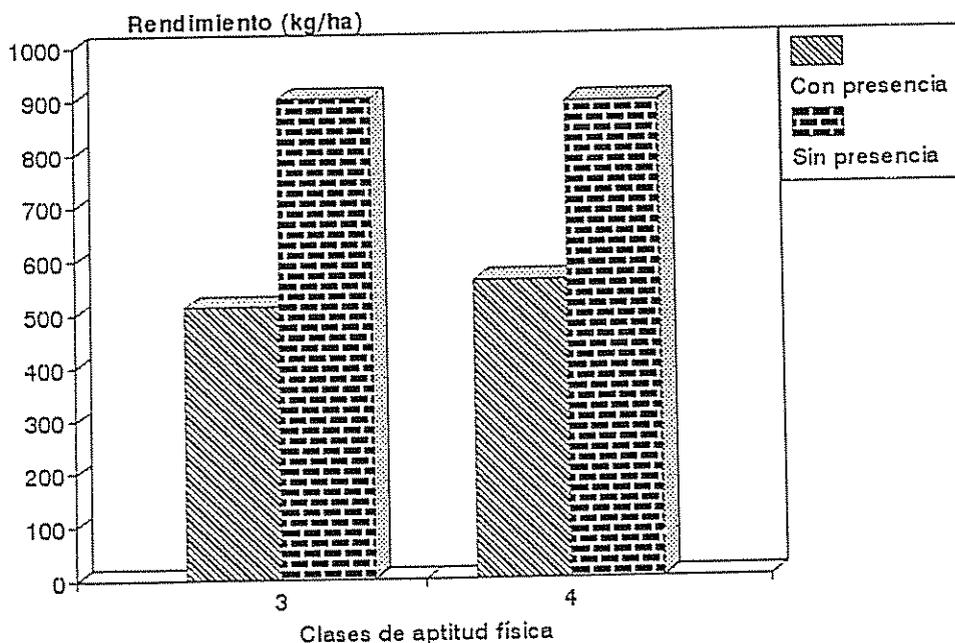


Figura 4 Rendimiento (kg/ha) según clases de aptitud física para modelo frijol con y sin presencia de mosca blanca.

El rendimiento promedio es 555 kg/ha para el modelo frijol con presencia de *B. tabaci* y 891 kg/ha para el modelo frijol sin presencia de *B. tabaci*, con una diferencia de 333 kg/ha. Las cualidades disponibilidad de hospedantes tanto silvestres como cultivadas, requerimiento de temperatura y frecuencia de *B. tabaci*, marcan esta diferencia. Si bien en las valoraciones por aptitud física entre frijol con y sin presencia de *B. tabaci* no se detectan diferencias importantes, es porque en el

modelo se esta reflejando las cualidades de la tierra para el crecimiento potencial del frijol, mientras que en las evaluaciones por rendimiento y económicas, las diferencias entre frijol con y sin presencia de *B. tabaci* se hacen evidentes, debido a que en el modelo se están considerando aspectos del frijol que interesan al productor (rendimiento de grano). Esto quiere decir que existen unidades de mapeo con alto potencial para el frijol, pero debido a la presencia de *B. tabaci* que influyen en la disminución del rendimiento en grano, pero debido a la escala utilizada no se reflejan en la evaluación (José Arze 1997, CATIE, com. pers).

En el Cuadro 16 se muestran las superficies (km<sup>2</sup>) de frijol con y sin presencia de *B. tabaci* por clases de rendimiento. Si se toma en cuenta el riesgo por *B. tabaci*, el 5.4 % del área evaluada tienen una producción de 300 kg/ha, estas áreas pertenecen a las zonas no tradicionales de producción de frijol, con problemas severos de humedad y temperatura. En contraste solo el 1,1 % presenta una producción de 850 kg/ha y pertenece a la unidad CR12 (Naranjo), esta unidad tiene condiciones agroecológicas buenas para la producción, pero la alta frecuencia de *B. tabaci* se traduce en alta incidencia de plantas viróticas, produciendo inversiones altas en compra de insecticidas. Sin embargo gran parte del área evaluada (91%) presenta una producción de 550 kg/ha, valor que representa el promedio nacional de producción (Madrigal 1990, Saborio 1994). Por otra parte, sin no existieran problemas por *B. tabaci* el 89 % del área presentaría una producción de 902 kg/ha.

**Cuadro 16 Clases de rendimiento (kg/ha) por área para el TUT frijol con y sin presencia de *B. tabaci*.**

Con presencia de <i>B. tabaci</i>				Sin presencia de <i>B. tabaci</i>			
Rend.	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	%	Rend.	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	%
300	1.050	104.974	5.4	855	1.749	174.933	9.1
330	377	37.673	2.0	902	17.040	1.703.999	88.6
550	17.590	1.759.039	91.5	950	439	43.876	2.3
850	211	21.123	1.1				

En términos de la evaluación económica en el Anexo 7 se observa que hay un efecto marcado de *B. tabaci* en las ganancias totales. Por ejemplo en el modelo frijol

con presencia de *B. tabaci*, el margen bruto fluctúa entre -377 (CR3) (no apta económicamente) y \$ 118 ha/año (CR2) (apta económicamente), el valor negativo corresponden a la mayoría de las unidades que tienen como indicador la cualidad "humedad disponible", mientras el valor positivo pertenece a las unidades que tienen limitantes de "requerimiento de temperatura". Esta diferencia de valores, permite deducir que la humedad tiene mas influencia sobre el rendimiento que la temperatura y el riesgo por *B. tabaci*. Cuando se evalúa el modelo frijol sin presencia de *B. tabaci* en las mismas unidades cartográficas, se observan ganancias mínimas de \$ 144 a \$ 187 ha/año. De manera general, el cultivo de frijol no trae buenos retornos económicos por problemas de presencia de *B. tabaci*, alta precipitación y requerimiento de temperatura, que influyen ya sea por exceso o por defecto. En términos de beneficio/costo también existe diferencia entre los dos modelos, 0,68 con presencia de *B. tabaci* y 1.11 sin presencia de *B. tabaci*, esta diferencia en términos de rendimiento significa una pérdida del 37 % de frijol en grano. Sin embargo, si se analizan los modelos separadamente, el valor de la relación beneficio/costo para el TUT frijol con presencia de *B. tabaci*, esta entre 0.37 y 1.06, mientras para el TUT frijol sin presencia de *B. tabaci* la relación es mayor respecto a los indicados (1.1 a 1.22). Saborio (1994) indica que el ingreso neto para sistemas de siembra "frijol tapado", es cerca de \$ 150 ha/año valor que concuerda con los resultados obtenidos para el TUT frijol sin *B. tabaci*.

La validación del modelo de frijol se realizó comparando los valores de rendimiento por hectárea proporcionado por los expertos (observados) para las diferentes unidades de mapeo, con los correspondientes valores de rendimiento estimadas por el modelo (simulados) para el mismo unidad de mapeo. Para el modelo frijol con presencia de *B. tabaci* se hizo una prueba de "t" para datos pareados entre simulados y observados, no se detecto diferencia significativa al nivel de 5 % de error (Anexo 10). Además, mediante la prueba de correlación se encontró un valor de  $r = 0.89$ , lo cual explica la estrecha relación lineal entre estas dos variables. Debido a las dificultades de los expertos para estimar las pérdidas de frijol debidas a la presencia de *B. tabaci* en las unidades de mapeo, no se valido el

modelo de frijol sin *B. tabaci*. La Figura 5 presenta la desviación de rendimientos simulados y observados respecto a la línea 1:1 para el modelo frijol con *B. tabaci*.

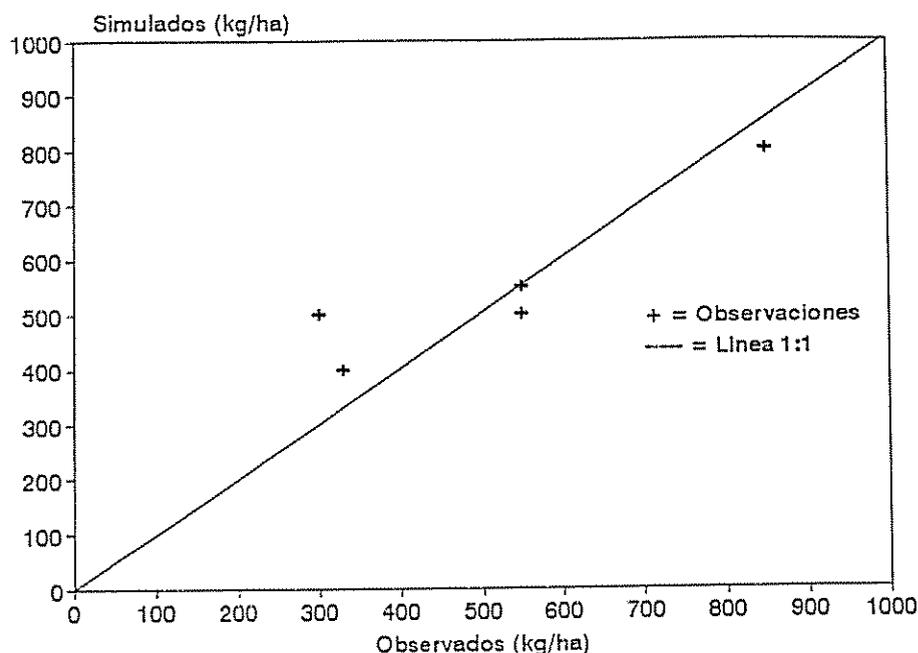


Figura 5 Relación entre el rendimiento observado y simulado para el modelo frijol con mosca blanca.

### 6.5.2 Modelos de tomate con y sin presencia de *B. tabaci*

Los resultados de la aptitud física para el modelo tomate con presencia de *B. tabaci* se reportan en el Cuadro 17 y Anexo 13, donde se observan tres unidades con una aptitud 3 (moderadamente apta), estas unidades (CR3 y CR6) se ubican en la zona de Cartago (La Unión, Guarco), donde la producción es exclusivamente de autoconsumo y con menos problemas de plagas y enfermedades. El modelo califica con esta clase por el nivel bajo o moderado de "riesgo de *B. tabaci*", alta "humedad disponible" (900 -1450 mm) y bajo requerimiento de temperatura (15-20°C). Además, la unidad de tierra CR 7 que es de la misma clase de aptitud física que los anteriores, es castigada con esta clase por el exceso de temperatura (25 °C). Este nivel de aptitud (moderadamente apta) representa 45.335 ha equivalentes a 1.4 % del total de área evaluada (Figura 6).

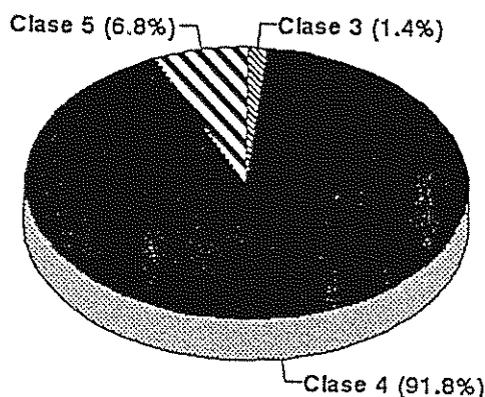


Figura 6 Subclase de aptitud física para el tipo de uso de la tierra tomate con mosca blanca según áreas de producción simulados.

En la categoría de aptitud 4 (tomate con presencia de *B. tabaci*), se encuentran 20 unidades cartográficas, representan el 2.962.488 ha equivalentes a 91.6 % del total de área evaluada (Figura 6), sin embargo de este porcentaje solo 1000 a 1200 ha se siembran anualmente (Saborio 1994), lo cual significa que gran parte del área evaluada pertenece a parques nacionales, zonas de recreo y zonas urbanas. En contraste, para el nivel 5 se reportan siete unidades con 220.816 ha que equivale a 6.8 % del total del área.

Cuando se evalúa el modelo tomate sin presencia de *B. tabaci* (Anexo 14) por lo general mantienen los mismos niveles de aptitud excepto para la unidad CR3. Este modelo muestra rendimientos máximos de 30 t/ha, cuyas características biofísicas como altitud, precipitación y temperatura favorecen la expresión del tomate. Estas unidades de tierra están ubicadas en la zona de alta producción de tomate como es el Valle Central. Al respecto Saborio (1995), indica que el 60 % de la producción de tomate proviene de la provincia de Alajuela, el resto del área cultivada

se distribuyen en los cantones de Cartago, Paraíso, Tilarán y Nicoya (Guanacaste), Orotina y San Carlos (Alajuela). Por otra parte las pérdidas de rendimiento debidas a la cualidad "riesgo por *B. tabaci*" varia de 2 a 15 t/ha, estas representan el 7 y 50 % de pérdida en producto. Al respecto el rendimiento en el Valle Central (Costa Rica) ha disminuido de 35 a 21 t/ha (40 %) debidas a altas poblaciones de *B. tabaci* (Gustavo Calvo 1995, com. pers., cit. Hilje 1996), esta pérdida tiene semejanza con los valores encontrados en la evaluación.

**Cuadro 17 Subclase de aptitud física del TUT tomate con y sin presencia de *B. tabaci* (B. t)**

Unidad Cartográfica	Subclase de aptitud física		Rendimiento t/ha		Diferencia	%
	con presencia	sin presencia	con presencia	sin presencia		
CR1	4 Rtemp	4 Rtemp	21	28	7	25
CR2	4Rmos	4	25	27	2	7
CR3	3Rmos	2	21	28	7	25
CR4	4 Rmos	4	25	28	3	11
CR5	4 Rtemp/Rmos	4 Rtemp	25	28	3	11
CR6	3Rmos	3	21	30	9	30
CR7	3	3	15	30	15	50
CR8	4	4	21	28	7	25
CR9	4	4	21	27	6	22
CR10	4Hudis/Rmos	4Hudis	25	27	2	7
CR11	4Rtemp	4Rtemp	21	28	7	25
CR12	4Rmos	4	25	28	2	7
CR13	4Hudis	4Hudis	15	27	12	44
CR14	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR15	4Hudis	4Hudis	21	27	6	22
CR16	4Rmos	3	25	27	2	7
CR17	3Hudis/Rmos	3Hudis	25	27	2	7
CR18	4Rtemp	4Rtemp	21	28	7	27
CR19	4Hudis/Rmos	4Hudis	25	27	2	7
CR20	4Hudis	4Hudis	15	27	12	44
CR21	3Hudis/Rmos	4Hudis	25	27	2	7
CR22	4Hudis	4Hudis	21	27	6	22
CR23	4Rmos	3	25	28	3	11
CR24	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR25	4Rtemp	4Rtemp	21	28	7	25
CR26	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR27	4Hudis	4Hudis	15	27	12	44
CR28	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR29	5	5	0	0	0	0
CR30	5Hudis/Rtemp	5Hudis/Rtemp	0	0	0	0
CR31	5Rtemp	5Rtemp	0	0	0	0
Promedio			21.6	27.6	6	22

Rtemp = Requerimiento de temperatura; Rmos = Riesgo por mosca blanca; Hudis = Humedad disponible

La figura 7 presenta los rendimientos según los niveles de aptitud. Cuando se pasa del nivel de aptitud 3 a 4, las pérdidas de rendimiento son de 2 t/ha (9%) con presencia de *B. tabaci*, mientras bajo las mismas condiciones pero sin presencia de *B. tabaci* las pérdidas son menores (1t/ha). Contrariamente si el análisis se hace dentro del mismo nivel de aptitud y para ambos modelos, las pérdidas son altos (7 t/ha para el nivel 3 y 8 t/ha para el nivel de aptitud 4). El resultado marca la importancia de la cualidad riesgo por *B. tabaci* como un factor desequilibrante en la determinación de la perdidas del tomate. La diferencia en pérdidas de rendimiento entre el nivel de aptitud 3 y 4 no es significativo, esto posiblemente se debe a la escala utilizada en la evaluación. Las diferencias rendimiento entre los dos modelos se pueden observar en el Anexo 20 y 21.

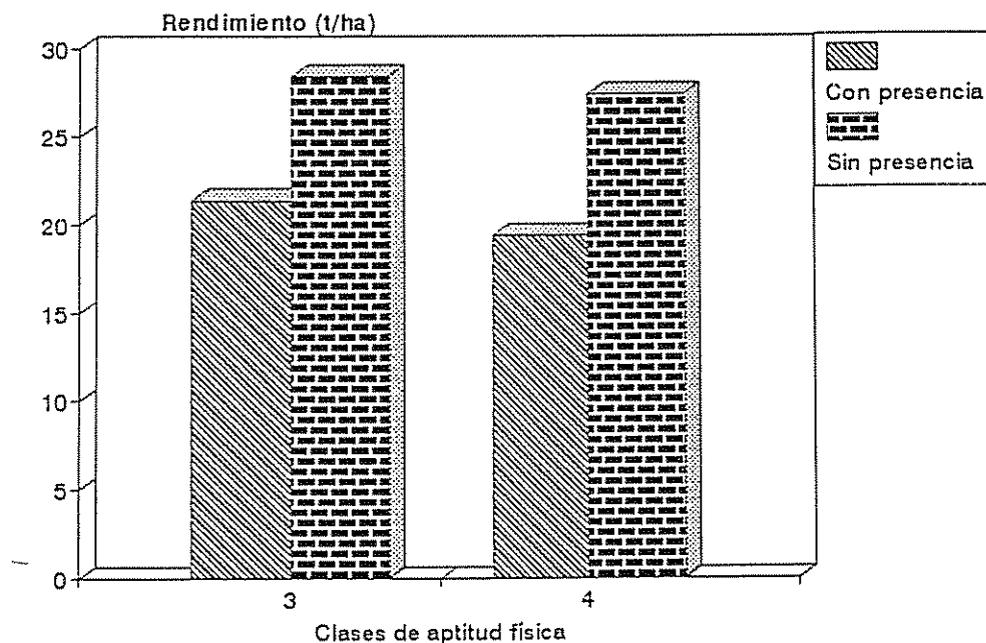


Figura 7 Rendimiento (t/ha) según clases de aptitud física para modelo tomate con y sin presencia de mosca blanca.

En el Cuadro 18 se muestran las superficies (km<sup>2</sup>) de tomate con y sin presencia de *B. tabaci* por clases de rendimiento. Si se toma en cuenta el riesgo por

presencia de *B. tabaci*, el 14.5 % del área evaluada tiene una producción de 15 t/ha, estas áreas pertenecen a las zonas no tradicionales de producción de tomate. En contraste solo el 25 % del área evaluada presenta una producción de 25 t/ha, se localizan en áreas donde las condiciones agroecológicas son buenas para la producción de tomate. Sin embargo gran parte del área evaluada (61 %) reporta una producción de 21 t/ha. Por otra parte, zonas sin problemas por presencia de *B. tabaci* presentan una producción de 28 t/ha que representa el 79 % del área evaluada. Cuando se consideran ambos modelos, se observan pérdidas superiores a 6 t/ha que equivale a 22 % en favor al modelo tomate sin presencia de *B. tabaci*; en términos económicos representa una pérdida de \$ 4000 ha/año, si los cálculos se hacen con los precios actuales de mercado. Hilje *et al.* (1992) indican que en evaluaciones realizadas en Abangares, Guanacaste, en mayo de 1992 se perdieron 150 ha de tomate y 20 ha de sandía, debido a la virosis; en el primero observaron una amplia multiplicación de *B. tabaci*, en tanto que en el segundo fue leve (Hilje *et al.* 1992). La diferencia de rendimiento entre los dos modelos muestra la importancia de *B. tabaci* como vector de virus; varios expertos consultados concuerdan urgencia de realizar estudios referidos a variables climáticas como el brillo solar y la velocidad del viento para afinar y enriquecer el modelo. Al respecto expertos de la zona norte de Costa Rica, mencionan que la duración de horas sol influye en el desarrollo de *B. tabaci* y recomiendan poner mas énfasis en futuras evaluaciones, atribuyen a este factor la baja o moderada frecuencia de *B. tabaci* en dicha zona. Según el procedimiento del ALES, zonas no aptas no presentan valores de producción.

**Cuadro 18 Clases de rendimiento (t/ha) por área, para el TUT tomate con y sin presencia de *B. tabaci*.**

Con presencia de <i>B. tabaci</i>				Sin presencia de <i>B. tabaci</i>			
Rend.	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	%	Rend.	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	%
15	4358.5	435.855	14.5	27	5769.5	576.952	19.2
21	18262	1.826.198	60.7	28	23870	2.386.995	79.4
25	7457.7	745.770	24.8	30	438.8	43.876	1.5

La evaluación económica muestra (Anexo 8) una diferencia significativa entre los valores del margen bruto. En el modelo tomate con presencia de *B. tabaci* para un mismo nivel de aptitud económica 4, las unidades CR 7, CR13, CR20 y CR27 (Alajuela, Palmares, Grecia, Sarchí, Santiago, San Ramón), muestran un margen bruto muy bajo de \$ 53 ha/año, frente al modelo tomate sin presencia de *B. tabaci*, la misma es de \$ 7.194 ha/año. Esta diferencia se debe a la frecuencia alta de *B. tabaci*, que acarrea costos altos en la compra de insumos, principalmente insecticidas. Las poblaciones altas de este insecto en las zonas indicadas ha hecho que los agricultores utilicen masivamente los insecticidas, hasta a veces alcanzan los 30 aplicaciones durante el ciclo del cultivo, principalmente en la zona de Cartago (Nelson Kopper 1997, MAG, com. pers.). Al examinar el porque del ALES, se atribuye a la cualidad humedad disponible y al alto riesgo por *B. tabaci*, como las responsables de las pérdidas en el rendimiento. Contrariamente el modelo tomate sin presencia de *B. tabaci*, a pesar de tener un costo superior en compra de insecticidas respecto al modelo tomate con presencia de *B. tabaci*, presenta un margen bruto mayor a \$ 7.200 ha/año. Sin embargo, este margen fácilmente podría tomar valores bajos debido al precio fluctuante del tomate en el mercado. Es importante recordar que el margen bruto es un buen indicador para los cultivos de ciclo corto, donde el efecto del tiempo y depreciaciones no es importante como en los cultivos de mediano y largo plazo.

Con respecto a la relación beneficio/costo, el valor para el modelo tomate con presencia de *B. tabaci* varía de 0.82 a 1.39, el primer valor significa que se gasta mas en compras de insumos como insecticidas y fertilizantes, de lo que se percibe como beneficios por rendimiento del cultivo, mientras el segundo valor indica lo contrario. En contraste para el modelo tomate sin presencia de *B. tabaci* la relación es mucho mayor, esta es de 1,61 a 1.78 que equivalen a un rendimiento de 27 y 30 t/ha respectivamente. Los altos rendimientos se deben a la baja frecuencia de hospedantes, requerimiento de temperatura moderadamente buena (15-19 °C) para los cultivos, además estas cualidades determinan la población baja de *B. tabaci* y por ende baja incidencia de plantas viróticas.

La validación del modelo de tomate con presencia de *B. tabaci*, se realizó comparando los valores de rendimiento por hectárea proporcionado por los expertos (observados) para las diferentes unidades de mapeo, con los correspondientes valores de rendimiento estimadas por el modelo (simulados) para el mismo unidad de mapeo. Para el modelo tomate con presencia de *B. tabaci* se hizo una prueba de "t" para datos pareados entre simulados y observados, no se detecto diferencia significativa al nivel de 5 % de error (Anexo 10). Además, mediante la prueba de correlación se encontró un valor de  $r = 0.8$ , lo cual explica la estrecha relación lineal entre estas dos variables. Debido a las dificultades de los expertos para estimar las pérdidas de tomate debidas a *B. tabaci* en las unidades de mapeo, no se valido el modelo de frijol sin *B. tabaci*. Para el modelo tomate con *B. tabaci*, la Figura 8 presenta la desviación de rendimientos simulados y observados respecto a la línea 1:1

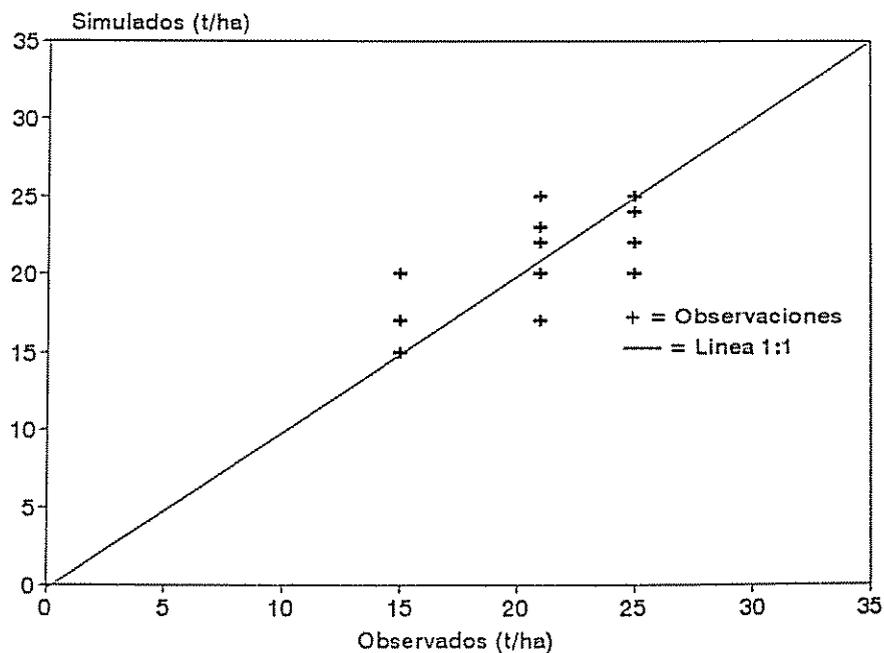


Figura 8 Relación entre el rendimiento observado y simulado para el modelo tomate con mosca blanca.

### 6.5.3 Modelos de chile dulce con y sin presencia de *B. tabaci*

La evaluación de la aptitud física (Cuadro 19 y Anexo 15) para el modelo chile con presencia de *B. tabaci* presenta cuatro unidades con aptitud física 3, de los cuales dos tienen limitantes de temperatura y dos con riesgo alto de *B. tabaci*. Esta categoría representa 1.244.989 ha equivalentes a 38.6 % del total de área evaluada (Los Chiles, Upala, Guatuso, Carrillo, Santa Cruz). El rendimiento para esta clase es de 17 t/ha, sin embargo si se evalúa el modelo chile sin presencia de *B. tabaci* en las mismas unidades de tierra los rendimientos son de 18 t/ha, la diferencia no es significativa (8 %), lo cual explica que la presencia de *B. tabaci* no tiene un efecto marcado en el rendimiento. Esta diferencia mínima podría deberse al debilitamiento por extracción de savia y formación de fumaginas. Para el mismo modelo (chile con presencia de *B. tabaci*), la categoría de aptitud 4 y 5 tienen 11 y 15 unidades de tierra que representan a 1.572.765 y 420.885 ha respectivamente. Estas unidades equivalen a 48.7% para la aptitud 4, y 12.7 % para la aptitud 5 (Figura 9).

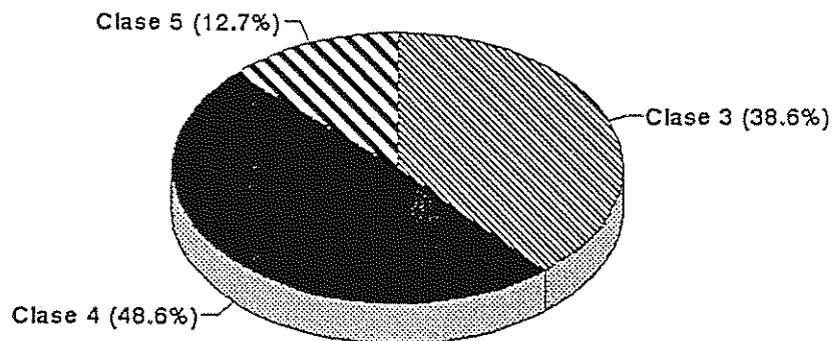


Figura 9 Subclase de aptitud física para el tipo de uso de la tierra chile dulce con mosca blanca según áreas de producción simulados.

En la evaluación del modelo chile sin presencia de *B. tabaci* (Anexo 16) la mayoría de las unidades mantienen la clase de aptitud, excepto la unidad CR5 (Carrillo, Sta. Cruz, Liberia) que cambió de nivel de aptitud con respecto al modelo con presencia de *B. tabaci*, representa el 19.9 % del área evaluada. Si se toma en cuenta el riesgo moderado de *B. tabaci* y alto riesgo de enfermedades, esta unidad se califica de un nivel de aptitud moderadamente apta para producción de chile. Del porcentaje señalado (19.9 %), gran parte son áreas de restricción de tipo legal, por corresponder a zonas como parques nacionales y reservas biológicas.

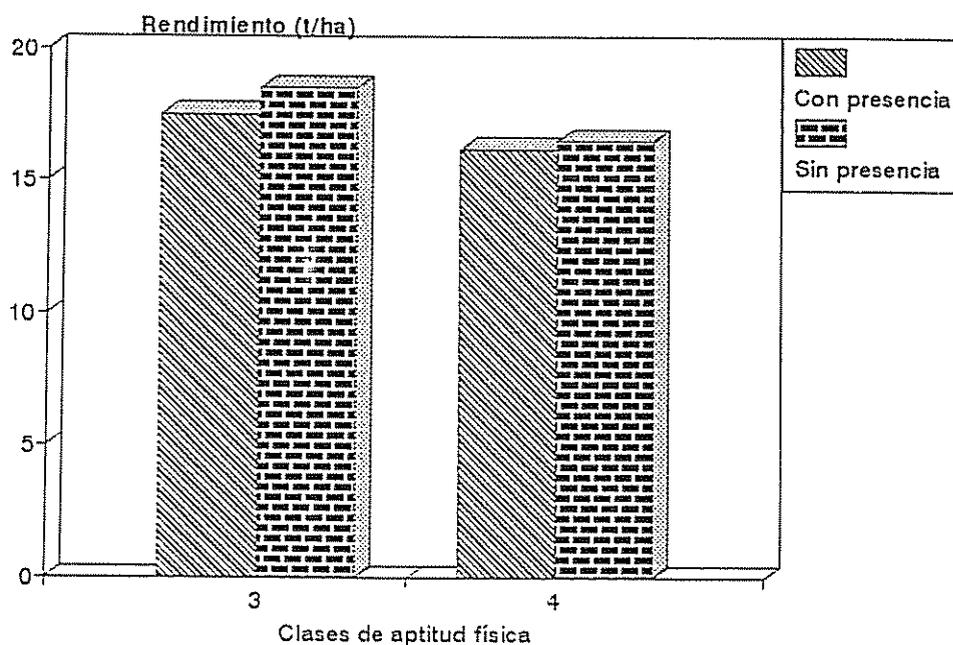


Figura 10 Rendimiento (t/ha) según clases de aptitud física para modelo chile dulce con y sin presencia de mosca blanca.

La figura 10 presenta los rendimientos según los niveles de aptitud. Cuando se pasa del nivel de aptitud 3 a 4, las pérdidas de rendimiento son de 1.3 t/ha (9%) con presencia de *B. tabaci*, mientras bajo las mismas condiciones pero sin presencia de *B. tabaci* las pérdidas son menores (2t/ha). Contrariamente si el análisis se hace dentro del mismo nivel de aptitud y para ambos modelos, las pérdidas son menores (1 t/ha para el nivel 3 y no existen pérdidas para el nivel de aptitud 4). Para un mismo modelo (chile con presencia de *B. tabaci* ó chile sin presencia de *B. tabaci*), el paso

del nivel de aptitud 3 al nivel de aptitud 4 tiene un efecto marcado en las pérdidas, que cuando el análisis se hace dentro del mismo nivel de aptitud. Esto indica que se deben tomar muy en cuenta los niveles de aptitud para futuras evaluaciones, utilizando para ello escalas menores de evaluación, ya que el factor desequilibrante "riesgo por *B. tabaci*" aparentemente no tiene efecto en ambos modelos. Las diferencias de rendimiento entre los dos modelos se pueden observar en el Anexo 22 y 23.

**Cuadro 19 Subclase de aptitud física del TUT chile dulce con y sin presencia de *B. tabaci* (B. t)**

Unidad Cartográfica	Subclase de aptitud física		Rendimiento t/ha		Diferencia	%
	con presencia	sin presencia	con presencia	sin presencia		
CR1	3Rmos	3	17	18	1	5.5
CR2	4Rmos	4	14	18	4	22
CR3	4	4	17	18	1	5.5
CR4	5 Rtemp	5 Rtemp	0	0	0	0
CR5	4Rtemp	3 Rtemp	14	18	4	22
CR6	4	4	17	18	1	5.5
CR7	3	3	19	20	1	5.5
CR8	4	4	17	18	1	5.5
CR9	4	4	16	16	0	0
CR10	5Rtemp	5Rtemp	0	0	0	0
CR11	3Rmos	3	17	18	1	5.5
CR12	4Rmos	4	14	18	4	22
CR13	4Hudis	4Hudis	16	16	0	0
CR14	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR15	4Hudis	4 Hudis	16	16	0	0
CR16	5Rtemp	5 Rtemp	0	0	0	0
CR17	5Hudis/Rtemp	5/Hudis/Rtemp	0	0	0	0
CR18	3Rtemp	3Rtemp	17	18	1	5.5
CR19	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR20	4Hudis	4Hudis	16	16	0	0
CR21	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR22	5 Hudis	5Hidis	0	0	0	0
CR23	5Hudis/Rtemp	5 Hudis/Rtemp	0	0	0	0
CR24	5 Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR25	4	4	17	18	1	5.5
CR26	5 Rtemp	5 Rtemp	0	0	0	0
CR27	4Hudis	4Hudis	16	16	0	0
CR28	5Hudis	5Hudis	0	0	0	0
CR29	5	5	0	0	0	0
CR30	5 Hudis/Rtemp	5 Hudis/Rtemp	0	0	0	0
CR31	5Rtemp	5Rtemp	0	0	0	0
promedio			16	17.5	1.5	8.6

Rtemp = Requerimiento de temperatura; Rmos = Riesgo por mosca blanca ; Hudis = Humedad disponible

Se estima que anualmente son plantadas entre 800 y 1000 ha de chile, de esta área el 75 % corresponde a chile dulce y el resto (25 %) a chile picante. Las principales regiones de producción se localizan en el Valle Central. La distribución porcentual y localización de las áreas de producción es muy similar a las de tomate, dado que ambos cultivos tienen exigencias agroclimáticas similares y, debido a que, generalmente el productor de tomate también cultiva chile (Saborio 1994). El área indicada (800 y 1000 ha), no concuerda con los resultados obtenidos por el modelo, debido a que en la evaluación se consideran otras áreas como las zonas urbanas y bosques naturales.

**Cuadro 20 Clases de rendimiento (t/ha) por área para el TUT chile dulce con y sin presencia de *B. tabaci*.**

Con presencia de <i>B. tabaci</i>				Sin presencia de <i>B. tabaci</i>			
Rend.	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	%	Rend.	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	%
14	5677.5	567.746	20.1	16	4186	418.622	14.9
16	4186.2	418.622	14.9	18	23615	2.361.455	83.8
17	17937	1.793.713	63.7	20	376.7	37.673	1.3
19	376.7	37.673	1.3				

El Cuadro 20 se muestran las superficies (km<sup>2</sup>) de chile dulce con y sin presencia de *B. tabaci* por clases de rendimiento (t/ha). Si se toma en cuenta el riesgo por *B. tabaci*, el 20 % del área evaluada tienen un rendimiento de 14 t/ha, estas áreas pertenecen a las zonas no tradicionales de producción de chile con fuertes daños indirectos producidos por esta plaga. En contraste solo el 1.3 % de las áreas tienen una producción de 19 t/ha, estas áreas presentan condiciones agroecológicas buenas para la producción de chile. Sin embargo, gran parte del área (64 %) evaluada presentan una producción de 17 t/ha. Por otra parte zonas sin problemas por *B. tabaci*, reportan una producción de 18 t/ha que representa el 84 % del área evaluada, mientras solo el 1.3 % del área evaluada presentan rendimientos superiores a 20 t/ha.

Durante la construcción del modelo, los precios del chile mantenían relativamente, y es así, que el margen bruto fue de \$ 24500 ha/año, margen que fue calculado a partir del rendimiento óptimo (20 t/ha) del cultivo y el precio al momento de la construcción (1 kg = \$ 1.2). Esta situación temporal de precios hace posible que unidades de aptitud física marginalmente aptas tengan una aptitud económica S2 con un margen bruto superior a \$ 12162 ha/año y un rendimiento promedio 16 t/ha (Anexo 9). Para el TUT chile sin presencia de *B. tabaci* el margen bruto es superior a \$ 14685 ha/año con un rendimiento promedio de 17.5 t/ha, lo cual significa un incremento de 8 % en las ganancias totales. Los indicadores de rentabilidad dan una buena idea de los buenos ingresos económicos que se consigue con este cultivo, ya sea en condiciones de alto o bajo riesgo de *B. tabaci*. Las unidades no aptas físicamente, aparecen como clase n2, es decir corresponden a las físicamente no aptas.

Por las diferencias mínimas encontradas en el rendimiento, los resultados coinciden con lo mencionado por Hilje *et al.* (1992), quienes indican que en el chile se multiplican masivamente, sin producir síntomas viróticos, esto posiblemente no afecte el rendimiento. Las grandes devastaciones de *B. tabaci* en chile son debidas a los daños directos (debilitamiento por extracción de savia) e indirectos (formación de fumaginas) y no por la transmisión de geminivirus.

La validación del modelo de chile se realizó comparando los valores de rendimiento por hectárea proporcionado por los expertos (observados) para las diferentes unidades de mapeo, con los correspondientes valores de rendimiento estimadas por el modelo (simulados) para el mismo unidad de mapeo. Para el modelo chile dulce con presencia de *B. tabaci* se hizo una prueba de "t" para datos pareados entre simulados y observados, no se detecto diferencia significativa al nivel de 5 % de error (Anexo 10). Mediante la prueba correlación se encontró un valor de 0.87 lo cual explica la estrecha relación y lineal entre estas dos variables. Por la dificultad de estimar los pérdidas de rendimientos en campo por los expertos, para el modelo chile sin *B. tabaci*, no se presenta la comparación entre simulados y

observados. La Figura 11 presenta para modelo chile dulce con presencia de *B. tabaci* la desviación de rendimientos simulados y observados respecto a la línea 1:1.

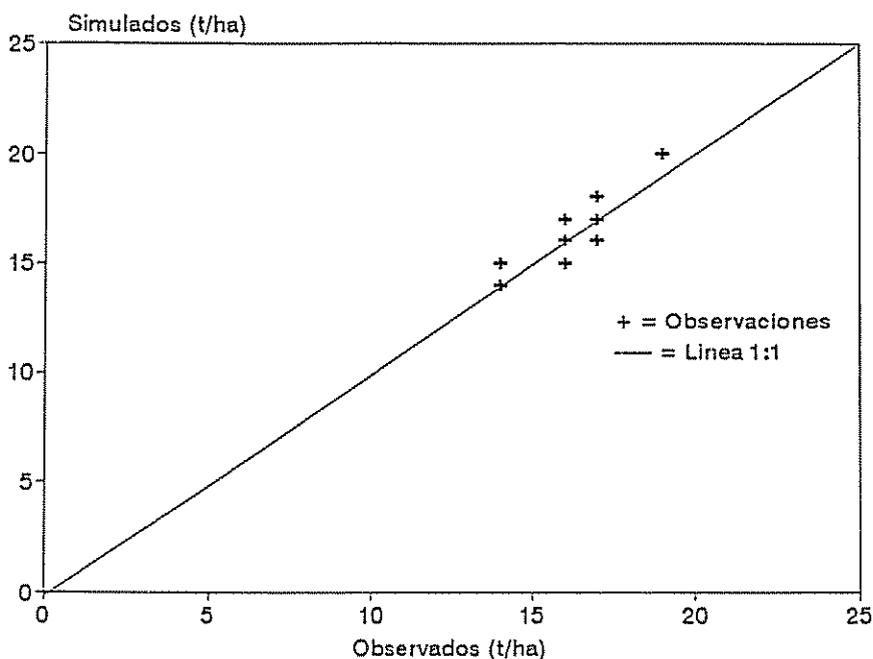


Figura 11 Relación entre el rendimiento observado y simulado para el modelo chile dulce con mosca blanca.

#### 6.5.4 Modelo de *B. tabaci*

Como se observa en el Cuadro 21 existen tres unidades que pertenecen a la clase de aptitud física 1 (muy restringido) y cuatro a la clase 2 (restringido), estas representan el 2.7 y el 3.1% del área evaluada (Figura 12 y Anexo 17), tienen cualidades limitantes como la baja disponibilidad de hospedantes tanto silvestres como cultivadas, alta humedad y bajo requerimiento de temperatura, que afectan el desarrollo normal de *B. tabaci*. Entre las características que influyen estas cualidades están: altitud mayor a 1500 msnm, temperatura <18 °C, precipitación mayores a 3000 mm, baja disponibilidad de hospedantes. Esta situación disminuye la probabilidad de encontrar *B. tabaci* bajo esas condiciones.

A la clase de aptitud física 3 pertenecen 10 unidades cartográficas (moderadamente favorable) que equivalen a 731.912 ha y representan el 22.7 % del total de área evaluada (Figura 12). De manera general en estas unidades de tierra, las cualidades disponibilidad de hospedantes en nivel moderado y requerimiento de temperatura moderado, determinan la población moderada de *B. tabaci*, con una incidencia de plantas viróticas que alcanzan entre 31 y 49 %.

**Cuadro 21 Subclase de aptitud física para el modelo *B. tabaci***

Unidad cartográfica	Subclase de aptitud física	% de incidencia de plantas viróticas
CR1	4	49
CR2	3Rtmos	49
CR3	3	49
CR4	1	2.7
CR5	3	31.5
CR6	4	63
CR7	5Rtmos	>63
CR8	3	49
CR9	4Rtmos	49
CR10	2	2.7
CR11	3Rtmos	49
CR12	4	63
CR13	5Rtmos	>63
CR14	3	49
CR15	4Rtmos	49
CR16	2	2.7
CR17	2	2.7
CR18	4Rtmos	49
CR19	3Rtmos	49
CR20	5Rtmos	>63
CR21	3	49
CR22	4Rtmos	49
CR23	2	4
CR24	3	31.5
CR25	4Rtmos	49
CR26	3Rtmos	49
CR27	5Rtmos	>63
CR28	4	63
CR29	3	49
CR30	1	2.7
CR31	1	2.7

Rtmos = Requerimiento de temperatura para mosca blanca;

1) muy restringido; 2) restringido; 3) moderadamente favorable; 4) apta y 5) muy favorable.

Para la clase de aptitud 4 (favorable) se observan 10 unidades de tierra con 1.872.876 ha equivalentes a 58 % del total del área evaluada. Mientras para la clase

además no permite el desarrollo del insecto ni de los hospedantes. Por otro lado en la clase de aptitud 5 (muy favorable) la incidencia de plantas viróticas sobrepasan los 63% debido a la alta frecuencia de *B. tabaci*, sin embargo, bajo el mismo nivel de aptitud 5 y en condiciones tropicales, *B. tabaci* es capaz de reproducirse ininterrumpidamente y presentar inclusive generaciones superpuestas (Hilje 1995).

## 6.6 Aptitud física y económica de la zona de estudio

El objetivo de una evaluación de tierras es orientar la toma de decisiones sobre el ordenamiento de carácter agrícola y de los recursos naturales con el menor deterioro ambiental. De acuerdo a la evaluación realizada se encontró que existen mas áreas de producción para tomate y chile, que para frijol (Figuras 3, 5 y 7), esto posiblemente se debe a la similitud de requerimientos biofísicos de estos cultivos (tomate y chile) (Saborio, 1994). Por otra parte se encontró mas áreas no aptas para frijol debido a la alta precipitación durante el ciclo del cultivo, en algunos casos alcanza hasta 1100 mm, dicho valor no compensa los requerimientos de humedad (300 -400 mm).

Según la apreciación de los expertos, se observan tres áreas muy notorias desde el punto de vista de frecuencia de *B. tabaci*, 1) la zona de Chorotega y Pacifico Central que es considerada de baja a moderada, 2)Huetar Norte y Brunca como baja, y el 3) Valle Central tipificado como de alto riesgo.

Las pérdidas de rendimiento por virosis son altos para frijol (37%) y tomate (22%), los cuales son fuertemente apetecidos por el insecto, mientras que para el chile dulce las pérdidas son menores (9%), a pesar de su multiplicación masiva en este cultivo, (Hilje *et al.* 1992). Aunque el chile dulce es excelente para la multiplicación del insecto, no muestra síntomas de virosis. Es posible que el geminivirus de tomate y frijol se multiplique en chile dulce, pero de manera asintomática y que los adultos originados en este cultivo (chile dulce) porten el virus. De esta manera el chile dulce se convierte en fuente de inóculo permanente de

enfermedades virales, esto se demuestra en tomates cercanos donde la virosis se desarrolla rápidamente. (Hilje *et al.* 1993). A esto deben sumarse, las áreas productoras de hortalizas que por microclimas variados y la presencia de muchas fincas pequeñas y medianas, donde se siembran generalmente frijol, tomate, chile dulce y otros hospedantes de *B. tabaci*, permiten la multiplicación permanente de este insecto (Hilje 1996).

En la evaluación económica, los TUT chile dulce y tomate son los agroecosistemas de mayores retornos económicos, y superan los \$ 6300 ha/año con respecto a los ingresos obtenidos por el frijol (- 377 y 144 \$/ha/año). Para el TUT *B. tabaci*, el 94 % del área evaluada se considera de un nivel de aptitud moderadamente favorable a muy favorable, el resto (6%) pertenece a la clase restringida o muy restringida. El resultado es muy preocupante si se compara con los estudios hechos por Rosset *et al.* (1990), quienes estudiaron en 1988, el impacto de *B. tabaci* sobre el cultivo de tomate en la provincia de Alajuela, hasta ese año la plaga no había sido siquiera reportada como problema en el tomate. Esta demuestra que esta plaga tiene gran habilidad de adaptarse rápidamente e invadir nuevas zonas geográficas, convirtiéndose en un problema grave para los productores de tomate y frijol.

Son evidentes las ventajas proporcionadas por el sistema de evaluación ALES, principalmente por la facilidad de incluir o modificar precios de productos o insumos, cambiar cualidades, requisitos y evaluación de rendimiento, así como adicionar nuevas unidades cartográficas o aumentar su nivel de detalle.

## VII. CONCLUSIONES

- El 94 % del área evaluada (30.253 km<sup>2</sup> ) tienen riesgos altos de virosis debido a la frecuencia de *B. tabaci*, solo el 6% (2.071 km<sup>2</sup> ) son restringidos para esta plaga.
- Los mayores riesgos de pérdidas en rendimiento debidos a la presencia de *B. tabaci*, son en frijol (37 %) y en tomate (22 %), mientras en chile dulce son menores (9%).
- Las variaciones de temperatura y disponibilidad de hospedantes crean escenarios con mayor influencia en el nivel de la población de *B. tabaci*.
- El tipo de uso de la tierra cultivo de frijol con y sin presencia de *B. tabaci* es muy afectado por escenarios que incluyen humedad, temperatura y hospedantes. Las áreas favorables para el rendimiento representan el 38% (12.230 km<sup>2</sup>), mientras el 22 (7.084 km<sup>2</sup>) y el 40% (12.988 km<sup>2</sup>) representan a las clases ligeramente apta y no apta respectivamente.
- El tipo de uso de la tierra cultivo de tomate con y sin presencia de *B. tabaci* es muy afectado por escenarios que incluyen humedad, temperatura, altitud y hospedantes. Las áreas favorables para el rendimiento representan el 1% (453 km<sup>2</sup>), mientras el 92 (29.475 km<sup>2</sup>) y el 7% (2.197 km<sup>2</sup> ) representan a las clases ligeramente apta y no apta respectivamente.
- El tipo de uso de la tierra cultivo de chile dulce con y sin presencia de *B. tabaci* es muy afectado por escenarios que incluyen humedad, temperatura y hospedantes. Las áreas favorables para el rendimiento representan el 39% (12.407 km<sup>2</sup>), mientras el 48 (15.628 km<sup>2</sup>) y el 13% (4.090 km<sup>2</sup> ) representan a las clases ligeramente apta y no apta respectivamente.
- La validación de los modelos para los tipos de uso de la tierra frijol, tomate y chile dulce fue satisfactoria ( $r = 0.85$ ).
- La distribución georeferenciada de aptitud física y rendimientos favorece el reconocimiento y ubicación de escenarios en la evaluación.

## VIII RECOMENDACIONES

- Organizar y sistematizar la información dispersa en bases de datos con las características más importantes de la tierra para futuras evaluaciones.
- Con base en el sistema experto construido, mejorar su nivel de precisión incorporando información con una escala mas detallada.
- Concentrarse en áreas específicas de producción de frijol, tomate y chile dulce, como por ejemplo el Valle Central, para realizar una evaluación a escala mas detallada.
- Perfeccionar el modelo de *B. tabaci*, introduciendo características claves para el monitoreo de frecuencia de *B. tabaci*, como por ejemplo la velocidad del viento, época de siembra, asociación, etc.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- ALFARO, R. 1983. El cultivo del frijol. San José, Costa Rica. CAFESA. 100 p.
- ARZE B. J. 1989. Desarrollo de modelos para la transferencia de agrotecnología en el altiplano peruano. In *Perspectivas de la investigación agropecuaria para el altiplano*. Proyecto de Investigación de Sistema Agropecuarios Andinos. Eds. L. Arguelles y R. D. Estrada. CIID. Lima, Perú. p. 47-66.
- 1992. Sistemas de expertos y fase de diseño de la metodología para la investigación y desarrollo de alternativas tecnológicas. In *IV. Reunión de RIMISP*. 27 de junio al 5 de julio de 1992. Texcoco, México. 20 p.
- 1993. Sistema de expertos: Una herramienta para tomar decisiones sobre Agrotecnología. In *Seminario latinoamericano sobre Investigación y Extensión en Sistemas Agropecuarios*. Quito, Ecuador. Marzo 3-5 de 1993. Turrialba, C.R., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. 32 p..
- BENNEMA J.; GELENS H. F.; LABAN P. 1981. Principles, basic concepts and procedure in land evaluation, considered from a forestry angle. In *Proceedings of the Workshop on Land Evaluation for Forestry*, Wageningen, The Netherlands). Laban P. (de.). Wageningen, The Netherlands, International Institute for Land Reclamation and improvement, ILRI. p. 182-202.
- BERTSCH F. 1995. Fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la ciencia del suelo. San José, Costa Rica. p. 43-121.
- BINK-MOENEN, R. M. y L.A. MOUND 1990. Whiteflies: Diversity, biosystematics and evolutionary patterns. In *Whiteflies: Their bionomics, pest status and management*. D. Gerlin. Athenaeum Press, New Castle. UK. p. 1-12.
- BROWN J. K. 1992. Evaluación crítica sobre los biotipos de mosca blanca en América, de 1989 a 1992. In *Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe*. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 205. 66 p.
- BROWN J. K.; BIRD J. 1992. Whitefly-transmitted geminivirus in the Americas and the Caribbean Basin: Past and present. *Plant Disease*. 76:220-225.
- CAMAS G. R. 1995. Desarrollo de un modelo para la Evaluación Automatizada de Tierras con énfasis en la conservación de recursos naturales en La Fraylesca, Chiapas, México. Tesis Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica 135 p.

- CASSERES E. 1980. Producción de Hortalizas. Ed. IICA. San José, Costa Rica. p. 71-223.
- CATIE 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico. no. 151. 138 p.
- 1993. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de chile dulce. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico. no. 201. 201 p.
- CELADA ROBLES J. E. 1993. Desarrollo de modelos para evaluación de tierras en el Trópico seco de Jutiapa, Guatemala: aplicación de Sistema Automatizado ALES. Tesis Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica 109 p.
- CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION 1990. Compendio mensual estadístico de las actividades de la división de fomento. San José, Costa Rica. (11):2.
- CORDERO V., A. 1984. Clasificación de los suelos arroceros en Costa Rica y en resto del mundo, según la taxonomía de suelos. In Taxonomía de suelos. Memoria del sexto foro realizado en Turrialba, Costa Rica del 24 de octubre al 3 de noviembre de 1983. Informe Técnico No 43. CATIE, Turrialba, Costa Rica p. 173-189.
- CORELLA F., J. 1984. El cultivo de frijol en Costa Rica: Clasificación y manejo. Taxonomía de suelos. In Memoria del sexto foro realizado en Turrialba, Costa Rica del 24 de octubre al 3 de noviembre de 1983. Informe Técnico. No 43. CATIE, Turrialba, Costa Rica 173-189 p.
- CUBERO F.,D. 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. Edi Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 278 p.
- De ROLLER, C. H. 1989. Farm scaleland evaluation models for land use recommendations in the Guatemala highlands. Thesis Mag. Sc. Faculty of the graduate School cornell University. 207 p.
- EASTMAN, J. 1992. IDRISI User's guide. Clark University Massachusetts. USA 178 p.
- EICHELKRAUT, K.; CARDONA, C. 1989. Biología, cría masal y aspectos ecológicos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), como plaga del frijol común. Turrialba (Costa Rica) 39 (1): 51-55.
- ENKEGAARD A. 1993. The poinsettia strain of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae), biological and demografic parameters on poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) in relation to temperature. Bulletin of Entomological Research. Department of pest management Research Centre Plant Protection Lyngby Denmark. no. 83: 535-546.

- FAO 1976. Esquema para la evaluación de tierras. Boletín de suelos de la FAO. no. 32. Roma, Italia. 66 p.
- 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y drenaje no. 33 FAO. Roma, Italia. 212 p.
- 1985. Directivas: evaluación de tierras para agricultura secano. Boletín de suelos de la FAO no. 52. Roma, Italia. 228 p.
- 1994. Directrices sobre la planificación del aprovechamiento de la tierra. Colección FAO. Desarrollo 1. Roma, Italia. 96 p.
- FERSINI A. 1976. Horticultura práctica. Ed. Diana México. p. 328-486.
- GAMEZ R. 1982. Efecto de los factores meteorológicos sobre los virus de las plantas. In Agroambiente CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 270-274.
- GARCIA CHUVAC, A. 1985. Estudio fenológico de ocho variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de campo e invernadero en el municipio de Guatemala. Universidad de San Carlos. Facultad de Agronomía. 73 p.
- GERLING D.; HOROWITZ A. R. 1986. Autecology of *Bemisia tabaci* Agriculture Ecosystems and Environment Amsterdam 17: 5-19.
- GORDON, G. 1982. Simulación de sistemas. Tad. Sergio Fernandez E.. Ed. Diana. México. 344 p.
- GREATHEAD, A.H. 1992. Host plantas. In *Bemisia tabaci*: A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography M. J. W. Cock. FAO-CAB\_IICA ascot Uk. p. 17-25.
- HERNANDEZ C G.; DIAZ M.S.; RODRIGUEZ R.J. 1993. Situación actual y perspectivas del cultivo de frijol en Costa Rica. In sesiones de actualización y perspectivas. La agricultura de hoy para la Costa Rica del mañana. 18-22 de octubre. San José, Costa Rica. vol. 1. 77: 1-19.
- HERRERA W. 1985. Clima de Costa Rica. In Vegetación y clima de Costa Rica L. D. Gomez. San José, Costa Rica. EUNED. 118 p.
- HILJE L. 1995. Aspectos bioecológicos de *Bemisia tabaci* en Mesoamérica. Manejo Integrado de Plagas. (Costa Rica). 35: 46-54.

- HILJE L. ; LASTRA R.; ZOEBSCH T.; CALVO G.; SEGURA L.; BARRANTES L.; ALPIZAR DE.; AMADOR R. 1992. Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. Serie Técnica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 58-63.
- HILJE L.; CUBILLO D. 1996. Prácticas agrícolas. In Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. Serie de Materiales de Enseñanza No. 37. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 51-59.
- HILJE L., CUBILLO D., SEGURA L. 1993. Observaciones ecológicas sobre la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas. (Costa Rica). 30: 24-30.
- HILJE L. 1996. Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. Serie Materiales de Enseñanza. No. 37. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 133 p.
- HOLDRIDGE L. 1996. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Humberto Jimenes IICA, San José Costa Rica. p. 1-53.
- LEON P. C. 1994. Evaluación de tierras en la cuenca superior del río Reventazón costa Rica: aplicación de un sistema automatizado - ALES- y un Sistema de Información Geográfica-IDRISI. Tesis Magister Scientiae, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 239 p.
- MADRIGAL J. C. 1990. Aspectos agroecológicos y zonificación del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Secretaria Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. San José, Costa Rica. p. 5-44.
- MBENDAHL D. De. 1988. Sistemas de expertos: introducción a la técnica y aplicación. Marcombo S. A., Barcelona, España. 209 p.
- MERINO CISNEROS F. L. 1989. Desarrollo de un sistema experto para el diagnóstico de plagas insectiles: una aplicación a maíz (*Zea maiz*) en América Central. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. 139 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA, DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION Y EXTENSION AGRICOLA 1991. Cultivos agrícolas de Costa Rica, C.R. Boletín técnico. No. 74. p. 231-287.
- 1974 Manual de recomendaciones: Cultivos agrícolas de Costa Rica. Boletín técnico. No 62. San José, Costa Rica. p. 165-284.
- MONCADA, S. O. 1990. Desarrollo de un modelo automatizado para la evaluación de tierras en Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua. Tesis Magister Scientiae, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 156 p.

- MONGE GUEVARA J. E. 1993. Diagnóstico sobre la problemática de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en el Valle Central de Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. 30: 31-34.
- MURILLO M., F.; PACHECO R., CL. 1994. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). In Atlas agropecuario de Costa Rica. Ed. Gonzalo Cortez. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. p. 121-136.
- NBENDAHL D. 1988. Sistemas expertos: Introducción a la técnica y aplicación. Morcombo S. A. Barcelona España. 209 p.
- OROZCO, G. 1993. Desarrollo de un modelo de evaluación y utilización de sistemas agroforestales en la Región IV, Nicaragua, con el sistema automatizado de evaluación de tierras ALES, Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 140 p.
- RAMIREZ P. 1982. Efecto de los factores meteorológicos sobre las plagas. In Agroambiente CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 249-262.
- RICHTERS J. E. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: Hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. IICA. San José, Costa Rica. 440 p.
- ROSSET P.; MENESES R.; LASTRA R.; GONZALES W. 1990. Estimación de pérdidas e identificación de geminivirus transmitido al tomate por la mosca blanca *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). 15: 24-34.
- ROSSITER D. G.; VAN WAMBEKE A. R. 1989. Automated Land Evaluation System. Versión 3 Users Manual. Department of Agronomy, Cornell University, Ithaca, NY. p. irr.
- ROSSITER D. G.; VAN WAMBEKE A. R.; JIMENES A. 1993. Sistema Automatizado para la Evaluación de Tierras. ALES versión en español Manual para usuarios. Department of soil, crop & atmospheric science, Cornell University, Ithaca, NY. 177 p.
- ROSSITER, D. 1990. ALES: a framework for land evaluation using a microcomputer. Soil Use and Management, Cornell University. New York, USA.
- SABORIO M., M. 1994. Hortalizas. In Atlas agropecuario de Costa Rica. Ed. Gonzalo Cortez. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. p. 387-409.
- SABORIO, J. 1992. Sistemas de información geográfica. Material de apoyo al curso de SIG. 39 p.

- SALAS, J.; MENDOZA, O. 1995. Biology of the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato. *Florida Entomologist*. 78 (1): 154-160.
- SANCHEZ, P.; SALINAS, J.G. 1983. Suelos ácidos. Estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. 93 p.
- SARLI E. A. 1980. Tratado de horticultura. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina p. 228-444.
- TEUSCHER Y ADLER 1987. El suelo y su fertilidad. Ed. Continental, S. A. de C. V., México. p. 219-225.
- TOSSI, J. 1969. Mapa ecológico de la República de Costa Rica, Según la clasificación de zonas de vida del mundo de L. R. Holdridge. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical.
- VAHRSON G. W. 1993. Clima y erosión hídrica. Sesiones de actualización y perspectivas. In *La agricultura de hoy para la Costa Rica del mañana* Colegio de Ingenieros Agrónomos. San José, Costa Rica. Vol. I. p.12.
- VALERIO C., E. 1991. Diversidad biológica de Costa Rica. Heliconia. Fundación Neotrópica. 153 p..
- VASQUEZ M., A. 1984. Taxonomía de suelos en áreas cafetaleras y zonas de riego en Costa Rica. In *Memoria del sexto foro realizado en Turrialba, Costa Rica del 24 de octubre al 3 de noviembre de 1983*. Informe Técnico No 43. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 173-189.
- VEGA N. 1982. La atmósfera y los vientos en Centroamérica. In *Agroambiente*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 168-179.

ANEXOS

## Anexo 1 Formulario para el levantamiento de la base de datos

Unidad de mapeo

Nombre del experto

Altitud

### 1.- Frecuencia de plantas hospedantes

#### a) Plantas hospedantes silvestres (Número de especies frecuentes/UM):

Muy alto (>10)  Alto (7-10)  Moderado (5-7)  Bajo (3-5)  Muy bajo (1-3)

- Sida acuta* y *Sida rhombifolia* (Escobilla) (M)
- Malvastrum corchorifolium* (Escobom) (M)
- Bidens pilosa* (Moriseco) (C)
- Euphorbia heterophylla* (Pascuita, pastora, lechosa) (E)
- Tithonia* sp. (Girasol) (C)
- Physalis angulata* (Farolillo chino, popa, topetón) (S)
- Solanum nigrum* (Tomatillo, hierba mora) (S)
- Melampodium* spp. (Flor amarilla) (C)
- Melanthera nivea* (Botón blanco, totolquelite) (C)
- Amaranthus* spp. (Bledo) (A)

**Intensidad**

Muy alto (>10)  Alto (7-10)  Moderado (5-7)  Bajo (3-5)  Muy bajo (1-3)

#### b) Plantas hospedantes cultivadas

Cultivos que se siembran con mas frecuencia, enumere en orden de importancia:

Tomate  Tabaco  Chile dulce  Pepino  Frijol  Algodón  Camote  
 Soya  Cucurbitaceas.

Muy alto (>9)  Alto (7-9)  Moderado (5-7)  Bajo (3-5)  Muy bajo (<3)

**Intensidad**

Muy alto (>10)  Alto (7-10)  Moderado (5-7)  Bajo (3-5)  Muy bajo (1-3)

### 2) Frecuencia de mosca blanca

Estación seca:

Muy alto (>10)  Alto (3-10)  Moderado (2-3)  Bajo (1-2)  Muy bajo (1)

Cultivos mas afectados:  Tomate  Frijol  Chile dulce

Estación lluviosa:

Muy alto (>10)  Alto (3-10)  Moderado (2-3)  Bajo (1-2)  Muy bajo (1)

Cultivos mas afectados:  Tomate  Frijol  Chile dulce

**3) Frecuencia de plagas y enfermedades:**

Plagas:

Muy alto (>80)  Alto (40-80)  Mod. (20-40)  Bajo (10-20)  M.bajo (<10)

Enfermedades:

Muy alto (>80)  Alto (40-80)  Mod. (20-40)  Bajo (10-20)  M.bajo (10)

Indique los importantes:

Plagas.....

Enfermedades.....

**4) Frecuencia de utilización de insecticidas:**

Estación seca:

Tomate:

Muy alto (>25)  Alto (17-25)  Moderado(15-17)  Bajo (10-15)  Muy bajo (<10)(.....)

Frijol

Muy alto (>25)  Alto (17-25)  Moderado(15-17)  Bajo (10-15)  Muy bajo (<10)(.....)

Chile dulce

Muy alto (>25)  Alto (17-25)  Moderado(15-17)  Bajo (10-15)  Muy bajo (<10)(.....)

Estación lluviosa:

Tomate:

Muy alto (>20)  Alto (15-20)  Moderado(10-15)  Bajo (5-10)  Muy bajo (<5)(.....)

Frijol:

Muy alto (>20)  Alto (15-20)  Moderado(10-15)  Bajo (5-10)  Muy bajo (<5)(.....)

Chile dulce:

Muy alto (>20)  Alto (15-20)  Moderado(10-15)  Bajo (5-10)  Muy bajo (<5)(.....)

**5) Riesgo por sequía (Expresado en días) (Si) (No)**

Muy alto (>30)  Alto (21-30)  Moderado (14-21)  Bajo (7-14)  Muy bajo (<7)

6) Durante el ciclo del cultivo se presenta sequia? (Si) (No)

En caso de presentarse en que fase del cultivo:

Plantula  Desarrollo vegetativo  Floración  Fructificación En todas

7) Variedades importantes que se siembran (indique en orden de importancia):

Tomate .....

Frijol .....

Chile dulce .....

8) Rendimientos estimados para:

Estación seca:

Tomate  Frijol  Chile dulce

Estación lluviosa:

Tomate  Frijol  Chile dulce

9) Incidencia por virus (Expersado en %):

Estación seca:

Muy alto (>80)  Alto (40-80)  Moderado (20-40)  Bajo (10-20)  Muy bajo (<10)

Estación lluviosa:

Muy alto (>80)  Alto (40-80)  Moderado (20-40)  Bajo (10-20)  Muy bajo (<10)

10) Fecha de siembra de los cultivos:

Estación seca

Estación lluviosa

Tomate: .....

Frijol: .....

Chile dulce: .....

11) Rotación de cultivos:

a) .....

b) .....

c) .....

12) Siembra en asociación o monocultivo.

Tomate:

Asociación (Si) (No)

Monocultivo (Si) (No)

Y si es asociación como? .....

Frijol:

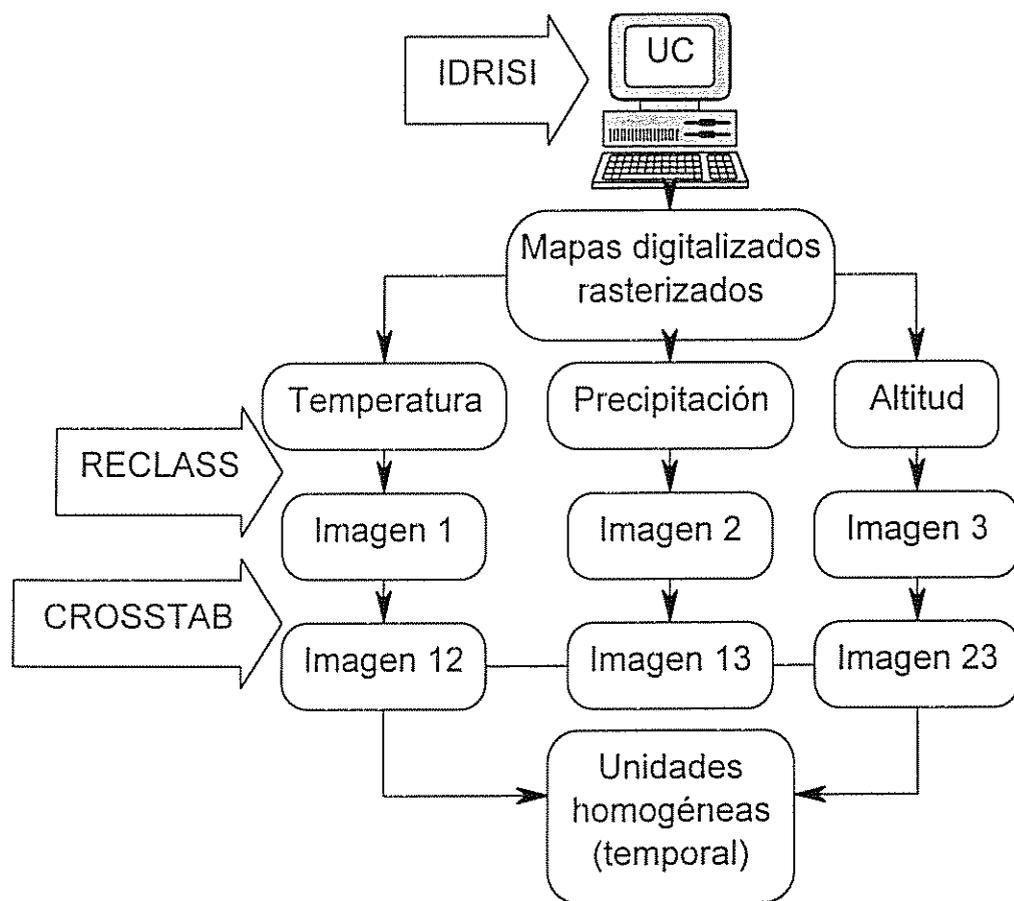
Asociación (Si) (No)

Monocultivo (Si) (No)



**Anexo 2 Listado de expertos consultados en los diferentes usos de la tierra.**

Nombre	Especialidad/experiencia	Institución/empresa
Alep Días	Extensionista	MAG (Montes de Oro)
Alfredo Bolaños	Fitomejoramiento	MAG (Siquirres)
Anibal Albares	Extensionista	MAG
Carlos Barbosa	Extensionista	MAG (San Mateo)
Carlos León	Sistemas expertos	CATIE
David Meneses	Extensionista	MAG (San Carlos)
Denis Alpizar	Investigador	MAG (Guapiles)
Douglas Cubillo	Manejo de insectos	CATIE
Edgar Solano	Agricultor	Paraíso (Cartago)
Edwin Orozco	Extensionista	MAG (Esparza)
Elkin Bustamante	Manejo de enfermedades	CATIE
Fernando Vargas	Extensionista	MAG (San Carlos)
Francisco Alvarez	Entomólogo	MAG (Liberia)
Francisco Jiménez	Agrometereologia, Climatología	CATIE
Galileo Rivas	Virología	CATIE
Gustavo Calvo	Economía	CATIE
Herbert Rojas	Extensionista	MAG (Parrita)
Jorge Solano	Agricultor	Cartago
José A. Lewis	Suelos	MAG (Cartago)
José Arze	Sistemas expertos	CATIE
Luis Arroyo	Evaluación de tierras (ALES)	MAG (San Jose)
Luko Hilje	Manejo de insectos	CATIE
Mario Chavez	Suelos	MAG (P. Zeledon)
Miguel Acosta	Extensionista	MAG (P. Zeledon)
Nelson Kopper	Extensionista	MAG (Grecia)
Norman Mora	Extensionista	MAG (Los Chiles)
Omar Campos	Extensionista	MAG (Liberia)
Sergio Velázquez	Sistemas de información geográfica	CATIE
Willan Aguilar	Extensionista	MAG (Puntarenas)



Anexo 3 Determinación de unidades homogéneas en IDRISI

## Anexo 4 Características de la tierra por unidad cartográfica (CR1....31).

N.	Características de la tierra	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5
1	Temperatura promedio anual	26.3	18.8	18.5	18.9	26.6
2	Altitud	0-500	1000-1500	1000-1500	1500-2000	0-500
3	Precipitación promd anual	<1500	<1500	<1500	<1500	1500-2000
4	Precipitación prom en el ciclo frijol	250	700	600	500	450
5	Precipitac. prom en el ciclo tomate	450	725	525	675	396
6	Precipitac. prom en el ciclo chile	500	1500	1225	1450	612
7	Riesgo de sequía	muy alto	moderado	moderado	moderado	alto
8	Textura del suelo	limo-arcillo	arcilloso	limo- arcillo	limo arcillo	limo arcillo
9	Clase de suelo	Inceptisol	Inceptisol	andisol	Inceptisol	Inceptisol
10	Profundidad efectiva del suelo	1-6	2-6	1-6	1-6	2-6
11	Frecuencia de mosca blanca	moderado	moderado	moderado	muy bajo	bajo
12	Frecuencia de plagas y enfermed.	moderado	alto	moderado	moderado	moderado
13	Disponib de hospedantes silvestres	bajo	muy bajo	bajo	bajo	moderado
14	Disponib de hospedant. cultivadas	muy bajo	moderado	bajo	bajo	bajo
15	Aplicaciones de insecticidas tomate	-	30	25	25	0
16	Aplicaciones de insecticidas frijol	-	0	0	0	0
17	Aplicaciones de insecticidas chile	-	25	25	25	5
18	Incidencia de virus	moderado	bajo	moderado	bajo	bajo
19	Brillo solar anual	6-7	4-5	4.5	4-5	6-6
20	Meses secos consecutivos	4-5	1-3	1-3	1-3	4-5
21	Zonas de vida	bs-T	bh-P	bh-P	bh-P	bs-T

N.	Características de la tierra	CR6	CR7	CR8	CR9	CR10
1	Temperatura promedio anual	19	25.5	18.1	25.5	18.2
2	Altitud	500-1000	500-1000	1000-1500	1000-1500	1500-2000
3	Precipitación promd anual	1500-2000	1500-2000	1500-2000	1500-2000	1500-2000
4	Precipitación prom en el ciclo frijol	550	700	700	650	667
5	Precipitac. prom en el ciclo tomate	600	800	725	725	625
6	Precipitac. prom en el ciclo chile	1400	900	1675	1500	1400
7	Riesgo de sequía	moderado	alto	muy alto	muy alto	moderado
8	Textura del suelo	arena arcill	arena limo	limo arcillo	arcilloso	limo arcillos
9	Clase de suelo	andisol	Inceptisol	andisol	vertisol	andisol
10	Profundidad efectiva del suelo	2-6	2-6	1-2	2-6	1-2
11	Frecuencia de mosca blanca	moderado	muy alto	moderado	moderado	muy bajo
12	Frecuencia de plagas y enfermed.	alto	moderado	alto	alto	alto
13	Disponib de hospedantes silvestres	bajo	alto	alto	muy alto	muy alto
14	Disponib de hospedant. cultivadas	bajo	moderado	moderado	muy bajo	muy bajo
15	Aplicaciones de insecticidas tomate	28	16	15	25	16
16	Aplicaciones de insecticidas frijol	1	2	1	7	12
17	Aplicaciones de insecticidas chile	23	16	15	23	16
18	Incidencia de virus	moderado	alto	moderado	moderado	bajo
19	Brillo solar anual	3-4	5-6	5-6	5-6	4-5
20	Meses secos consecutivos	1-3	3-4	4-5	4-5	2-3
21	Zonas de vida	bh-P	bh-P	bh-P	bh-P	bmh-P

continua.....

N.	Características de la tierra	CR11	CR12	CR13	CR14	CR15
1	Temperatura promedio anual	23.1	18.1	25.5	20	25.5
2	Altitud	0-500	500-1000	500-1000	1000-1500	1000-1500
3	Precipitación promedio anual	2000-2500	2000-2500	2000-2500	2000-2500	2000-2500
4	Precipitación promedio en el ciclo frijol	300	700	700	892	500
5	Precipitación promedio en el ciclo tomate	350	1000	1000	1000	950
6	Precipitación promedio en el ciclo chile	450	1400	1425	1825	1176
7	Riesgo de sequía	muy alto	moderado	moderado	alto	muy alto
8	Textura del suelo	limo arcillo				
9	Clase de suelo	inceptisol	andisol	andisol	vertisol	ultisol
10	Profundidad efectiva del suelo	2-6	0-2	0-2	0-2	0-2
11	Frecuencia de mosca blanca	moderado	moderado	muy alto	moderado	moderado
12	Frecuencia de plagas y enfermedades	moderado	alto	alto	alto	alto
13	Disponibilidad de hospedantes silvestres	moderado	moderado	muy bajo	alto	alto
14	Disponibilidad de hospedantes cultivadas	muy bajo				
15	Aplicaciones de insecticidas tomate	7	13	18	14	15
16	Aplicaciones de insecticidas frijol	2	13	3	1	1
17	Aplicaciones de insecticidas chile	6	13	18	15	15
18	Incidencia de virus	moderado	moderado	alto	moderado	moderado
19	Brillo solar anual	6-7	4-5	3-4	5-6	4-5
20	Meses secos consecutivos	4-5	2-3	2-3	3-4	4-5
21	Zonas de vida	bh-T	bmh-P	bh-T	bmh-P	bp-P

N.	Características de la tierra	CR16	CR17	CR18	CR19	CR20
1	Temperatura promedio anual	18.1	21.9	23.8	19.4	25.5
2	Altitud	1500-2000	1500-2000	0-500	500-1000	500-1000
3	Precipitación promedio anual	2000-2500	2000-2500	2500-3000	2500-3000	2500-3000
4	Precipitación promedio en el ciclo frijol	917	1017	383	1183	850
5	Precipitación promedio en el ciclo tomate	450	875	750	950	1000
6	Precipitación promedio en el ciclo chile	1150	2050	800	2300	1500
7	Riesgo de sequía	moderado	alto	moderado	moderado	alto
8	Textura del suelo	limo arcillo	limo arcillo	arcillo limo	limo arcillo	limo arcillo
9	Clase de suelo	andisol	ultisol	ultisol	ultisol	inceptisol
10	Profundidad efectiva del suelo	0-2	0-2	1-6	0-2	0-2
11	Frecuencia de mosca blanca	muy bajo	muy bajo	moderado	moderado	muy alto
12	Frecuencia de plagas y enfermedades	muy alto	alto	alto	bajo	alto
13	Disponibilidad de hospedantes silvestres	bajo	bajo	bajo	moderado	muy bajo
14	Disponibilidad de hospedantes cultivadas	bajo	moderado	bajo	bajo	muy bajo
15	Aplicaciones de insecticidas tomate	16	16	1	9	11
16	Aplicaciones de insecticidas frijol	15	1	1	4	7
17	Aplicaciones de insecticidas chile	15	16	1	9	11
18	Incidencia de virus	bajo	bajo	moderado	moderado	alto
19	Brillo solar anual	4-5	4-5	5-6	2-3	2-3
20	Meses secos consecutivos	1-2	3-4	1-3	2-3	3-4
21	Zonas de vida	bmh-P	bmh-P	bh-T	bmh-P	bmh-P

continua...

N.	Características de la tierra	CR21	CR22	CR23	CR24	CR25
1	Temperatura promedio anual	18.8	25.5	17.5	20.9	25.5
2	Altitud	1000-1500	1000-1500	1500-2000	0-500	0-500
3	Precipitación promd anual	2500-3000	2500-3000	2500-3000	3000-3500	3000-3500
4	Precipitación prom en el ciclo frijol	883	875	700	1000	567
5	Precipitac. prom en el ciclo tomate	975	975	850	1500	1000
6	Precipitac. prom en el ciclo chile	2275	2100	1975	1800	1300
7	Riesgo de sequía	moderado	alto	moderado	muy bajo	alto
8	Textura del suelo	limo arcillo	limo arcillo	arena limo	limo arcillo	arcillo limo
9	Clase de suelo	andisol	ultisol	andisol	ultisol	ultisol
10	Profundidad efectiva del suelo	0-2	0-2	0-2	0-2	1-6
11	Frecuencia de mosca blanca	moderado	moderado	muy bajo	bajo	moderado
12	Frecuencia de plagas y enfermed.	moderado	alto	alto	alto	alto
13	Disponib de hospedantes silvestres	moderado	muy alto	moderado	alto	bajo
14	Disponib de hospedant. cultivadas	muy bajo	moderado	moderado	muy bajo	muy bajo
15	Aplicaciones de insecticidas tomate	12	16	15	15	4
16	Aplicaciones de insecticidas frijol	8	1	2	1	0
17	Aplicaciones de insecticidas chile	15	16	15	15	5
18	Incidencia de virus	moderado	alto	bajo	bajo	moderado
19	Brillo solar anual	3-4	4-5	3-4	4-5	4-5
20	Meses secos consecutivos	2-3	3-4	1-2	4-5	0-2
21	Zonas de vida	bp-P	bp-P	bp-P	bp-P	bmh-P

N.	Características de la tierra	CR26	CR27	CR28	CR29	CR30
1	Temperatura promedio anual	17.5	25.5	18.8	21.8	17.5
2	Altitud	500-1000	500-1000	1000-1500	1000-1500	1500-2000
3	Precipitación promd anual	3000-3500	3000-3500	3000-3500	3000-3500	3000-3500
4	Precipitación prom en el ciclo frijol	1133	1100	400	917	1000
5	Precipitac. prom en el ciclo tomate	1050	738	1200	1300	1500
6	Precipitac. prom en el ciclo chile	1450	1187	1650	1875	1950
7	Riesgo de sequía	muy bajo				
8	Textura del suelo	limo arcillo				
9	Clase de suelo	andisol	andisol	andisol	inceptisol	andisol
10	Profundidad efectiva del suelo	0-2	0-2	0-2	2-6	0-2
11	Frecuencia de mosca blanca	moderado	alto	moderado	moderado	muy bajo
12	Frecuencia de plagas y enfermed.	alto	alto	alto	alto	alto
13	Disponib de hospedantes silvestres	bajo	muy bajo	moderado	bajo	bajo
14	Disponib de hospedant. cultivadas	muy bajo	bajo	bajo	moderado	muy bajo
15	Aplicaciones de insecticidas tomate	15	15	6	15	3
16	Aplicaciones de insecticidas frijol	3	2	3	1	1
17	Aplicaciones de insecticidas chile	15	15	6	15	4
18	Incidencia de virus	moderado	alto	moderado	moderado	bajo
19	Brillo solar anual	4-5	2-3	3-4	4-5	4-5
20	Meses secos consecutivos	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1
21	Zonas de vida	bp-P	bp-P	bp-P	bmh-P	bmh-P

Continúa .....

No	Características de la tierra	CR31
1	Temperatura promedio anual	18.8
2	Altitud	1500-2000
3	Precipitación promedio anual	3000-3500
4	Precipitación promedio en el ciclo frijol	1083
5	Precipitación promedio en el ciclo tomate	1500
6	Precipitación promedio en el ciclo chile	1800
7	Riesgo de sequía	muy bajo
8	Textura del suelo	limo arcilloso
9	Clase de suelo	ultisol
10	Profundidad efectiva del suelo	2-6
11	Frecuencia de mosca blanca	muy bajo
12	Frecuencia de plagas y enfermedades	bajo
13	Disponibilidad de hospedantes silvestres	bajo
14	Disponibilidad de hospedantes cultivadas	muy bajo
15	Aplicaciones de insecticidas tomate	-
16	Aplicaciones de insecticidas frijol	-
17	Aplicaciones de insecticidas chile	-
18	Incidencia de virus	bajo
19	Brillo solar anual	4-5
20	Meses secos consecutivos	0-1
21	Zonas de vida	bmh-p

**Referencias:**

CR 1... 31 = Unidades cartográficas

N = 1... 21 = características de la tierra

**Anexo 5 Características en formato ALES para los TUT, frijol, tomate chile y *Bemisia tabaci* (por clases)**

**Grupo 1: Fisiológicos**

**1. Fppc, Precipitación promedio durante el ciclo del frijol (mm)**

- <250 (Deficiente) [0-250]
- 250-300 (Moderadamente baja) [250-300]
- 300-500 (Óptima) [300-500]
- 500-700 (Moderadamente alta) [500-700]
- > 700 (Excesiva) [700-3000]

**2. Tppc, Precipitación promedio durante el ciclo del tomate (mm)**

- <350 (Deficiente) [0-350]
- 350-400 (Moderadamente baja) [350-400]
- 400-600 (Óptima) [400-600]
- 600-800 (Moderadamente alta) [600-800]
- > 800 (Excesiva) [800-3000]

**3. CHppc, Precipitación promedio durante el ciclo del chile dulce (mm)**

- <400 (Deficiente) [0-400]
- 400-600 (Moderadamente baja) [400-600]
- 600-900 (Óptima) [600-900]
- 900-1500 (Moderadamente alta) [900-1500]
- > 1500 (Excesiva) [1500-3000]

**4. Ftext, Textura superficial del suelo para frijol (Clase)**

- Are-arc (Arena arcillosa)
- Are-lim (Arena limoso)
- Lim-arc (Limo arcilloso)
- Arc-lim (Arcilla limoso)
- Arc (Arcilloso)

**5. CHtext, Textura superficial del suelo para chile dulce (Clase)**

- Are-arc (Arena arcilloso)
- Arn-lim (Arena limoso)
- Lim-arc (Limo arcilloso)
- Arc-lim (Arcilla limoso)
- Arc (Arcilloso)

**6. Ttext, Textura superficial del suelo para tomate (Clase)**

- F-FI-Fa (Franco, franco limoso, franco arcilloso)
- Arn-lim (Arena limoso)
- Lim-arc (Limo arcilloso)
- Arc-lim (Arcilla limoso)
- Arc (Arcilloso)

**7. Rsequ, Riesgo de sequía (Nivel)**

- Mbj (Muy baja)
- Bj (Baja)
- Mod (Moderado)
- Al (Alto)
- Mal (Muy alto)

**8. CHtpc, Temperatura promedio durante el ciclo del chile dulce (°C)**

- <18 (Baja) [15-18]
- 18-22 (Mod. baja) [18-22]
- 22-26 (Apta) [22-26]
- 26- 30 (Mod. alta) [26-30]
- >30 (Alta) [30-35]

**9. Ftpc, Temperatura promedio durante el ciclo de frijol (°C)**

- <15 (Baja) [12-15]
- 15-20 (Mod. baja) [15-20]
- 20-24 (Apta) [20-24]
- 24- 26 (Mod alta) [24-26]
- >26 (Alta) [26-35]

**10. Ttpc, Temperatura promedio durante el ciclo del tomate (°C)**

- <15 (Baja) [12-15]
- 15-19 (Mod baja) [15-19]
- 19-24 (Apta) [19-24]
- 24- 28 (Mod alta) [24-28]
- >28 (Alta) [28-35]

**11. CHalt, Altitud para chile dulce (m.s.n.m.)**

- <100 (No apta) [0-100]
- 100-500 (Ligeramente apta) [100-500]
- 500-1000 (Óptimo) [500-1000]
- 1000-1500 (Ligeramente apta) [1000-1500]
- >1500 No apta) [1500-3000]

**12. Falt, Altitud para frijol (m.s.n.m.)**

- <200 (No apta) [0-200]
- 200-500 (Ligeramente apta) [200-500]
- 500-1000 (Óptimo) [500-1000]
- 1000-1500 (Ligeramente apta) [1000-1500]
- >1500 No apta) [1500-3000]

**13. Talt, Altitud para tomate (m.s.n.m.)**

- <800 (No apta) [0-800]
- 800-1000 (Ligeramente apta) [800-1000]
- 1000-1200 (Óptimo) [500-1200]
- 1200-1500 (Ligeramente apta) [1200-1500]
- >1500 No apta [1500-3000]

**14. Profr, Profundidad efectiva del suelo para frijol (m)**

- <0.3 (Malo) [0-0.3]
- 0.3-1 (Bueno) [0.3-1]
- >1 (Muy bueno) [1-10]

**15. Profr, Profundidad efectiva del suelo para tomate y chile dulce (m)**

- <0.6 (Malo) [0-0.6]
- 0.6-1.2 (Bueno) [0.6-1.2]
- >1.2 (Muy bueno) [1.2-10]

**16. Suelo, Tipo de suelo (Clase)**

- Ult (Ultisol)
- Inc (Inceptisol)
- And (Andisol)
- Ver (vertisol)

**Grupo 2: Manejo****17. Text, Textura superficial del suelo (Clase)**

- Arn- lim (Arena limoso)
- Fc-Fco-lim-Fco-arc (Franco, franco limoso, franco arcilloso)
- Lim arc (Limo arcilloso)
- Arc-lim (Arcilla limoso)
- Arc (Arcilloso)

**Grupo 3: Conservación****18. FREmo, Frecuencia de mosca blanca (*B. tabaci*) (Nivel)**

- Mbj (Muy baja)
- Bj (Baja)
- Mod (Moderado)
- Al (Alto)
- Mal (Muy alto)

**19. Mesec, Meses secos consecutivos (Meses)**

- <2 (No apto)[0-2]
- 2-3 (Moderadamente apta) [2-3]
- 3-5 (Altamente apta) [3-5]

**20. Plaenf, Frecuencia de plagas y enfermedades (Nivel)**

- Mbj (Muy baja)
- Bj (Baja)
- Mod (Moderado)
- Al (Alto)
- Mal (Muy alto)

**b) Características formato ALES, TUT *B. tabaci*****Grupo 1: Ambientales climáticos****21. MOSpp, Precipitación promedio anual (mm)**

- <1500 (Altamente apta) [0-1500]
- 1500-2000 (Moderadamente apta) [1500-2000]
- 2000-2500 (Ligeramente apta) [2000-2500]
- 2500-3000 (Marginalmente apta) [2500-3000]
- >3000 (No apta) [3000-4500]

**22. MOSms, Meses secos consecutivos (Mes)**

- Mal (Muy alto) [4-5]
- Al (Alto) [3-4]
- Mod (Moderado) [2-3]
- Bj (Bajo) [1-2]
- Mbj (Muy bajo) [0.5-1]

**23. MOSstem, Temperatura promedio anual (°C)**

- <19 (No apto) [15-19]
- 19-22 (Ligeramente apto) [19-22]
- 22-26 (Apto) [22-26]
- 26-30 (Ligeramente apto) [26-30]
- >30 (No apto) [30-35]

**24. MOSalt, Altitud (m.s.n.m.)**

- <100 (Ligeramente apta) [0-100]
- 100-500 (Moderado apto) [100-500]
- 500-1000 (Altamente apto) [500-1000]
- 1000-1500 (Ligeramente apto) [1000-1500]
- >1500 (No apto) [1500-2000]

**Grupo 2: Biológicos****25. MOSdpc, Disponibilidad de plantas cultivadas (Nivel)**

- Mal (Muy alto) [1-2 especies/unidad cartográfica (pl/UC)]
- Al (Alto) [3-4]
- Mod (Moderado) [5-6]
- Bj (Bajo) [7-8]
- Mbj (Muy bajo) [9-10]



**26. MOSdps, Disponibilidad de plantas silvestres (Nivel)**

Mal (Muy alto) [1-2 especies silvestres/UC]

Al (Alto) [3-4]

Mod (Moderado) [5-6]

Bj (Bajo) [7-8]

Mbj (Muy bajo) [9-10]

**Grupo 3: Manejo****27. FREmo, Frecuencia de mosca blanca (Nivel)**

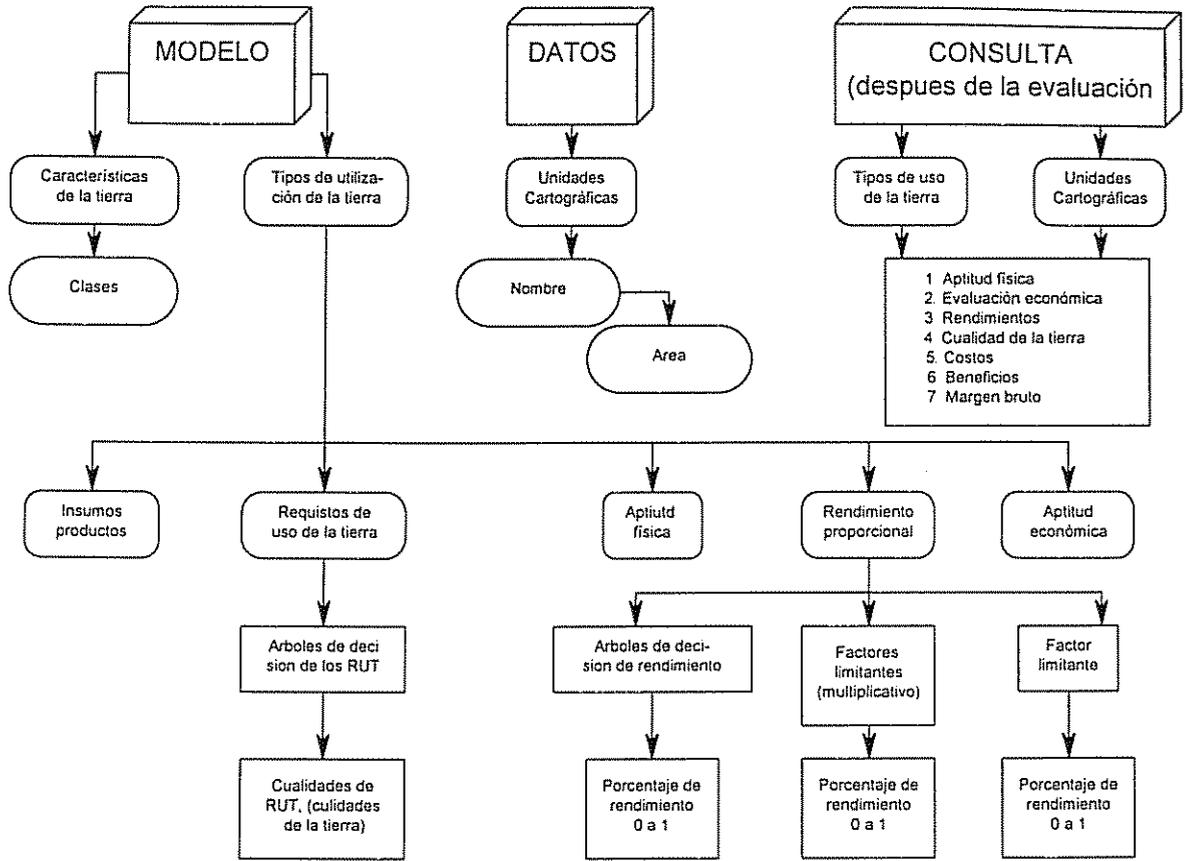
Mal (Muy alto)

Al (Alto)

Mod (Moderado)

Bj (Bajo)

Mbj (Muy bajo)



Anexo 6 Funcionamiento del Sistema Automatizado de Evaluación de Tierra (ALES)

Anexo 7 Aptitud económica del TUT frijol, con y sin presencia de *B. tabaci* (B. t)

Unidad Cartográfica	Margen bruto \$us/ha/año		Clase de aptitud económico		Relación beneficio/costo B/C	
	con B.t	sin B. t.	con B.t	sin B. t.	con B.t	sin B. t.
CR1	0	0	n2	n2	0	0
CR2	118	144	s2	s1	1.06	1.1
CR3	-152	187	n1	s1	0.68	1.16
CR4	0	0	n2	n2	0	0
CR5	0	0	n2	n2	0	0
CR6	-152	230	n1	s1	0.68	1.22
CR7	-377	230	n1	s1	0.37	1.22
CR8	-152	187	n1	s1	0.68	1.16
CR9	-152	144	n1	s1	0.68	1.1
CR10	0	0	n2	n2	0	0
CR11	-152	187	n1	s1	0.68	1.16
CR12	118	187	s2	s1	1.06	1.16
CR13	-377	144	n1	s1	0.37	1.1
CR14	0	0	n2	n2	0	0
CR15	-152	144	n1	s1	0.68	1.1
CR16	0	0	n2	n2	0	0
CR17	0	0	n2	n2	0	0
CR18	-152	187	n1	s1	0.68	1.16
CR19	0	0	n2	n2	0	0
CR20	0	0	n2	n2	0	0
CR21	0	0	n2	n2	0	0
CR22	0	0	n2	n2	0	0
CR23	0	0	n2	n2	0	0
CR24	0	0	n2	n2	0	0
CR25	-152	187	n1	s1	0.68	1.16
CR26	0	0	n2	n2	0	0
CR27	0	0	n2	n2	0	0
CR28	-153	144	n1	s1	0.68	1.1
CR29	0	0	n2	n2	0	0
CR30	0	0	n2	n2	0	0
CR31	0	0	n1	n1	0.5	0.7

s1 = Sumamente apta  
s2 = Moderadamente apta  
s3 = marginalmente apta

n1= No apta temporalmente  
n2 = No apta permanentemente

Anexo 8 Aptitud económica del TUT tomate, con y sin presencia de *B. tabaci* (B. t).

Unidad Cartográfica	Margen bruto \$us/ha/año		Clase de aptitud económico		Relación beneficio/costo B/C	
	con B.t	sin B. t.	con B.t	sin B. t.	con B.t	sin B. t.
CR1	3652	8094	s3	s3	1.14	1.7
CR2	6352	7194	s3	s3	1.39	1.61
CR3	3652	8094	s3	s3	1.14	1.7
CR4	6352	8094	s3	s3	1.39	1.7
CR5	6352	8094	s3	s3	1.39	1.7
CR6	3652	8994	s3	s3	1.14	1.78
CR7	53	8994	n1	s3	0.82	1.78
CR8	3652	8094	s3	s3	1.14	1.7
CR9	3652	7194	s3	s3	1.14	1.61
CR10	6352	7194	s3	s3	1.39	1.61
CR11	3652	8094	s3	s3	1.14	1.7
CR12	6352	8094	s3	s3	1.39	1.7
CR13	53	7194	n1	s3	0.82	1.61
CR14	0	0	n2	n2	0	0
CR15	3652	7194	s3	s3	1.14	1.61
CR16	6352	7194	s3	s3	1.39	1.61
CR17	6352	7194	s3	s3	1.39	1.61
CR18	3652	8094	s3	s3	1.14	1.7
CR19	6352	7194	s3	s3	1.39	1.61
CR20	53	7194	n1	s3	0.82	1.61
CR21	6352	7194	s3	s3	1.39	1.61
CR22	3652	7194	s3	s3	1.14	1.61
CR23	6352	8094	s3	s3	1.39	1.7
CR24	0	0	n2	n2	0	0
CR25	3652	8094	s3	s3	1.14	1.7
CR26	0	0	n2	n2	0	0
CR27	53	7194	n1	s3	0.82	1.61
CR28	0	0	n2	n2	0	0
CR29	0	0	n2	n2	0	0
CR30	0	0	n2	n2	0	0
CR31	0	0	n2	n2	0	0

s1 = Sumamente apta

s2 = Moderadamente apta

s3 = marginalmente apta

n1= No apta temporalmente

n2 = No apta permanentemente

**Anexo 9 Aptitud económica del TUTchile dulce, con y sin presencia de *B. tabaci* (B. t).**

Unidad Cartográfica	Margen bruto \$us/ha/año		Clase de aptitud económico		Relación beneficio/costo B/C	
	con B.t	sin B. t.	con B.t	sin B. t.	con B.t	sin B. t.
CR1	16062	17285	s2	s2	3.27	3.42
CR2	12162	17285	s2	s2	2.69	3.42
CR3	16062	17285	s2	s2	2.27	3.42
CR4	0	0	n2	n2	0	0
CR5	12162	17285	s2	s2	2.69	3.42
CR6	16062	17285	s2	s2	3.27	3.42
CR7	18662	19885	s2	s2	3.65	3.8
CR8	16062	17285	s2	s2	3.27	3.42
CR9	14762	14685	s2	s2	3.08	3.04
CR10	0	0	n2	n2	0	0
CR11	16062	17285	s2	s2	3.27	3.42
CR12	12162	17285	s2	s2	2.69	3.42
CR13	15022	14945	s2	s2	3.11	3.08
CR14	0	0	n2	n2	0	0
CR15	15022	14945	s2	s2	3.11	3.08
CR16	0	0	n2	n2	0	0
CR17	0	0	n2	n2	0	0
CR18	16062	17285	s2	s2	3.27	3.42
CR19	0	0	n2	n2	0	0
CR20	15022	14945	s2	s2	3.11	3.08
CR21	0	0	n2	n2	0	0
CR22	0	0	n2	n2	0	0
CR23	0	0	n2	n2	0	0
CR24	0	0	n2	n2	0	0
CR25	16022	14945	s2	s2	3.27	3.42
CR26	0	0	n2	n2	0	0
CR27	15022	14945	s2	s2	3.11	3.08
CR28	0	0	n2	n2	0	0
CR29	0	0	n2	n2	0	0
CR30	0	0	n2	n2	0	0
CR31	0	0	n2	n2	0	0

s2 = Moderadamente apta

n2 = No apta permanentemente

## Anexo 10 Prueba de "t" para la comparación de rendimiento entre simulados y observados.

```

Programa en SAS
data expeto;
input simulado observado;
diferen = simulado - observado;
cards;
proc means mean t prt;
var diferen;
proc corr;
var simul obser;
run;

```

### a) Frijol con *B. tabaci*

Análisis de la variable diferencia:

No observaciones	media	T	Prob> T
13	13.8	0.67	0.51

Análisis de correlación: Coeficiente de pearson / Prob> R under Ho: Rho=0 / N=13

	Simulados	Observados
Simulados	1	0.89
Observados	0.89	1

### b) tomate con *B. tabaci*

No observaciones	media	T	Prob> T
24	0.08	0.18	0.85

Análisis de correlación: Coeficiente de pearson / Prob> R under Ho: Rho=0 / N=24

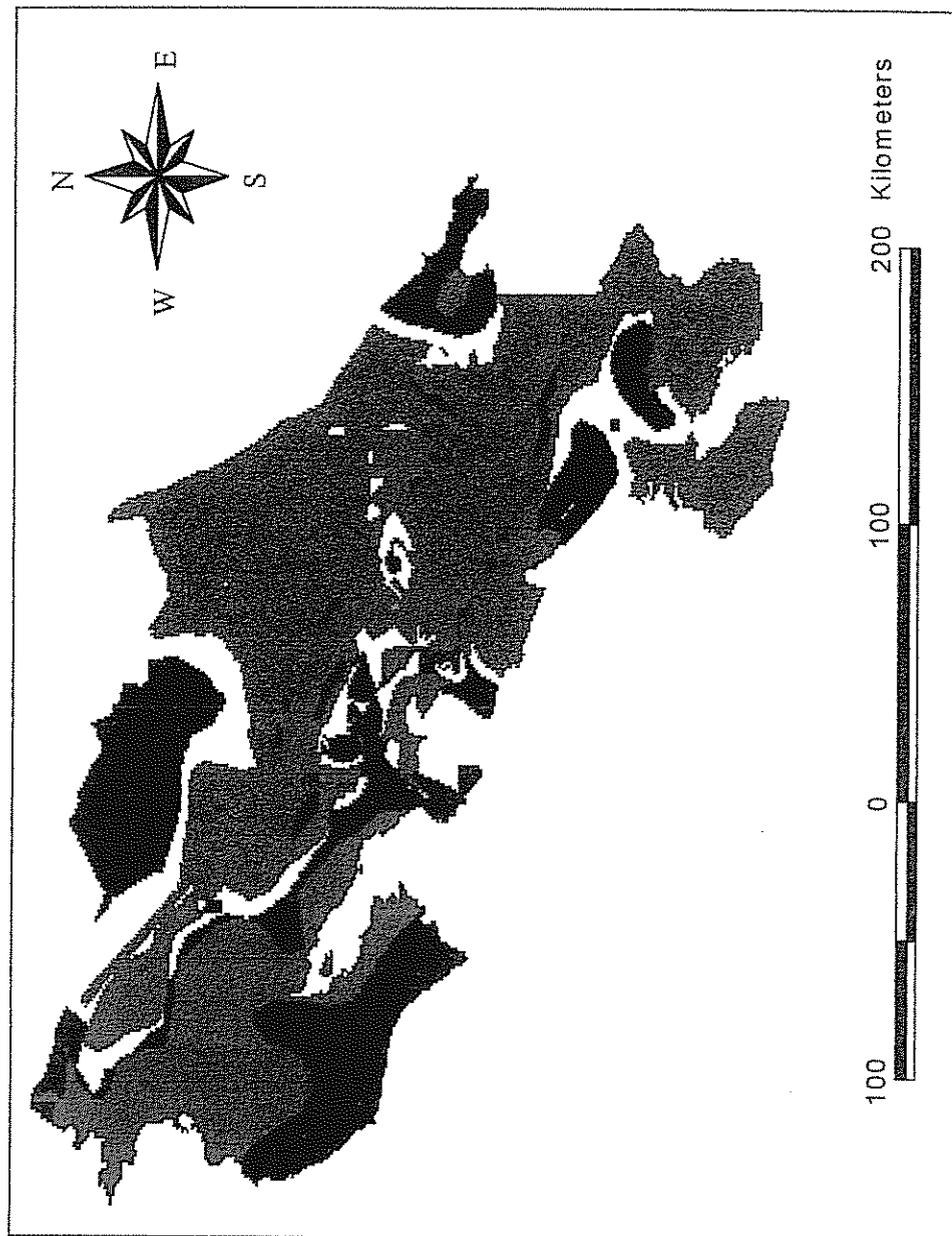
	Simulados	Observados
Simulados	1	0.80
Observados	0.80	1

### c) chile con *B. tabaci*

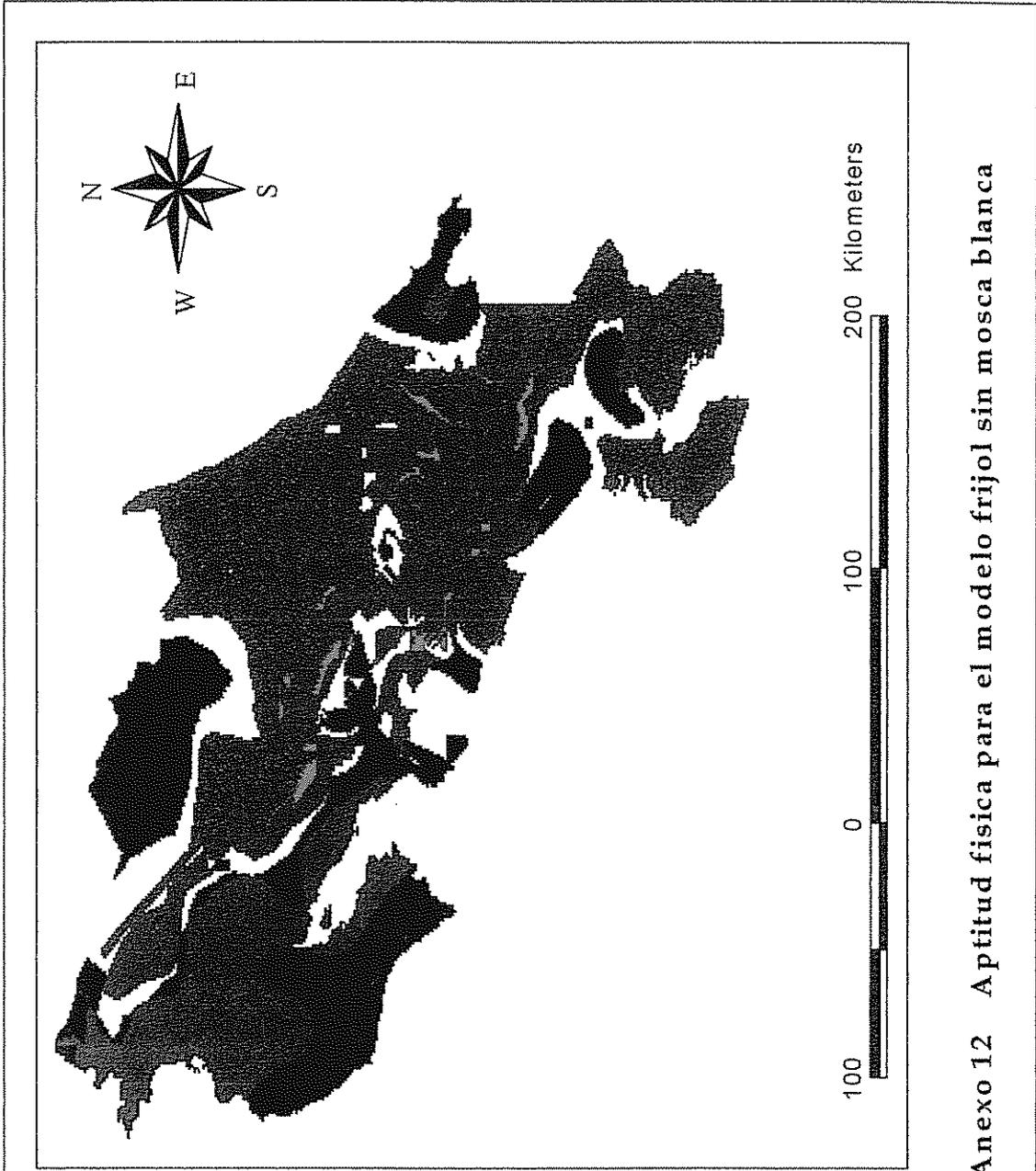
No observaciones	media	T	Prob> T
16	-0.37	-2.08	0.055

Análisis de correlación: Coeficiente de pearson / Prob> R under Ho: Rho=0 / N=16

	Simulados	Observados
Simulados	1	0.87
Observados	0.87	1

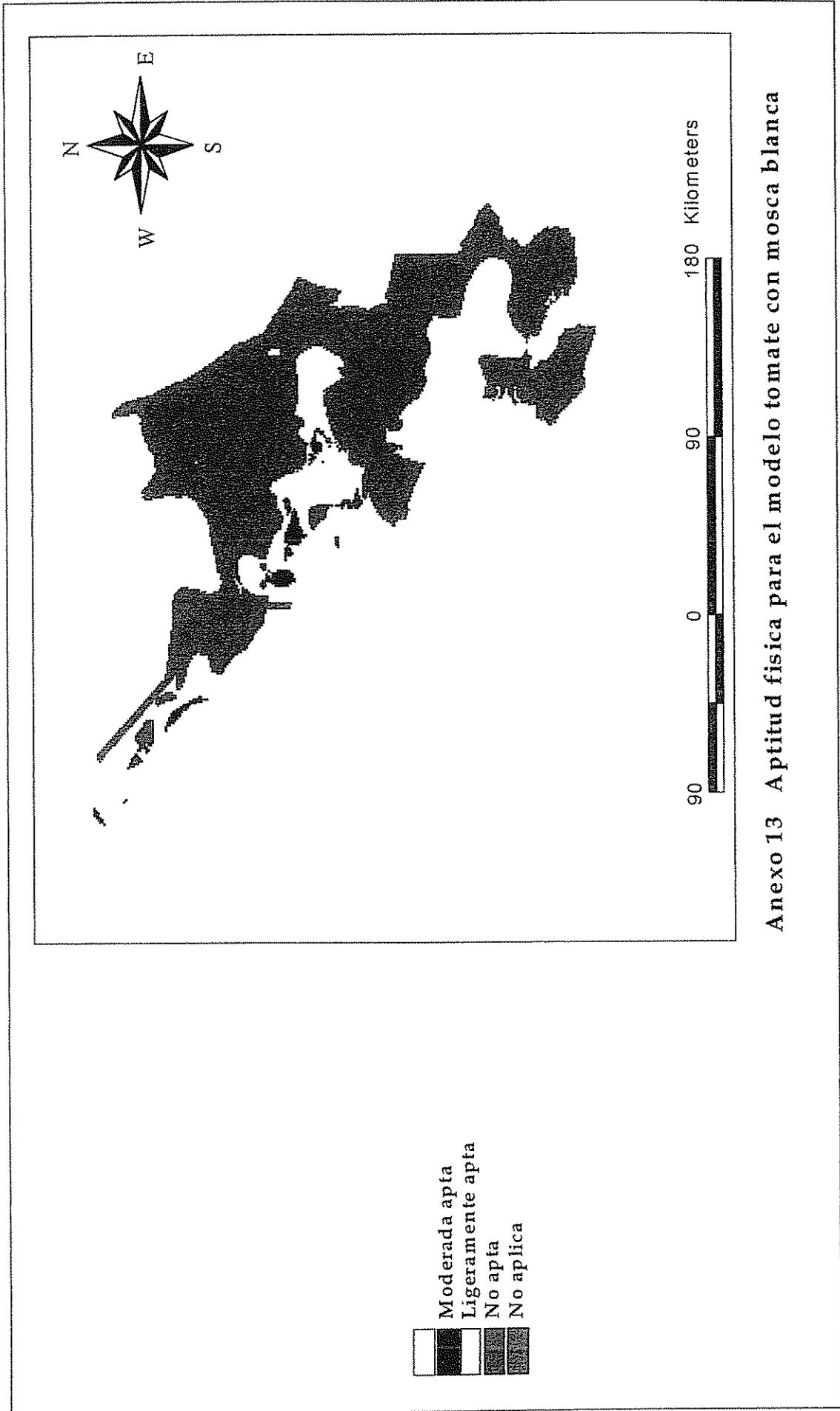


Anexo 11 Aptitud física para el modelo frijol con mosca blanca

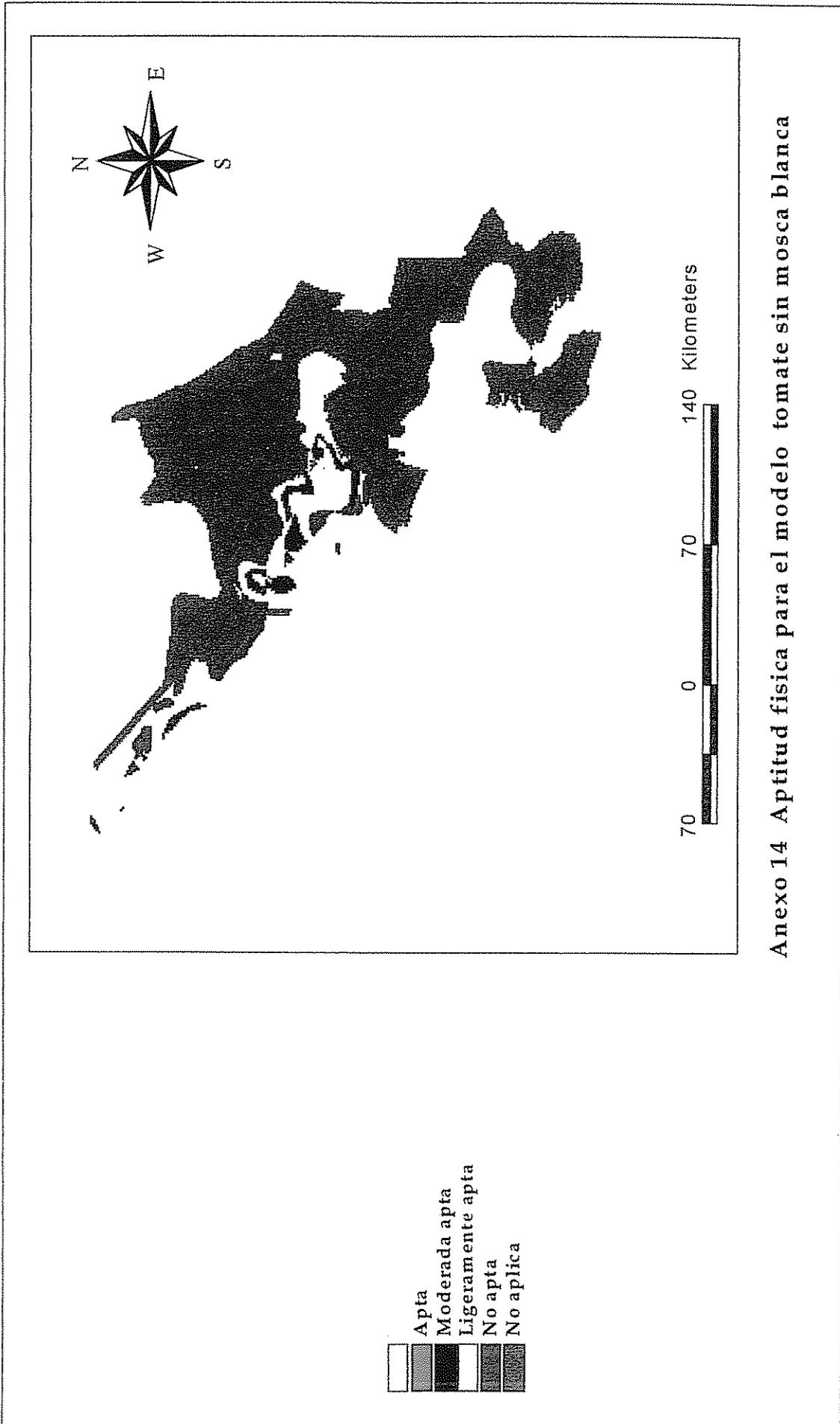


- Apta
- Moderada apta
- Ligeramente apta
- No apta
- No aplica

Anexo 12 Aptitud física para el modelo frijol sin mosca blanca



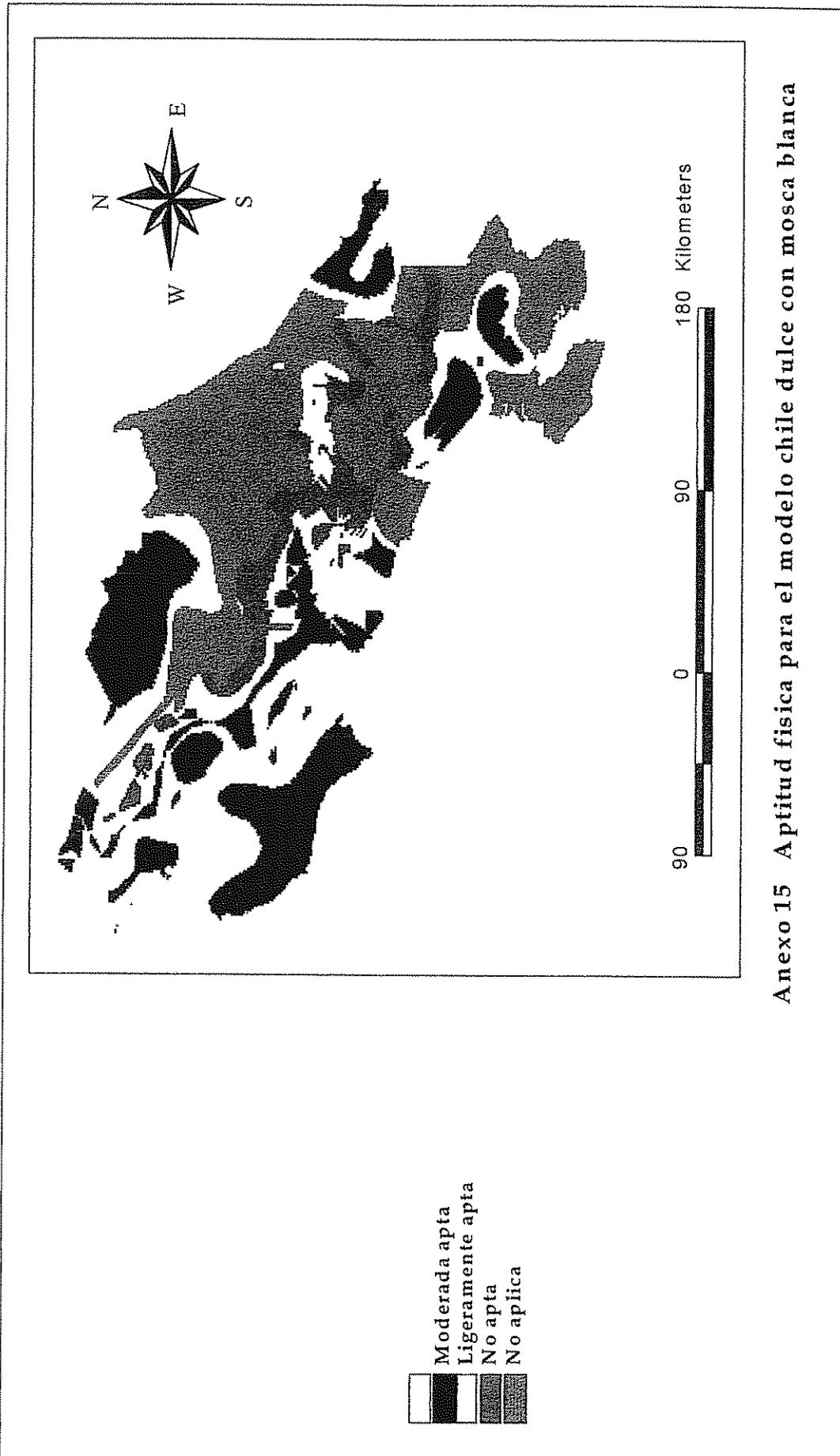
Anexo 13 Aptitud física para el modelo tomate con mosca blanca



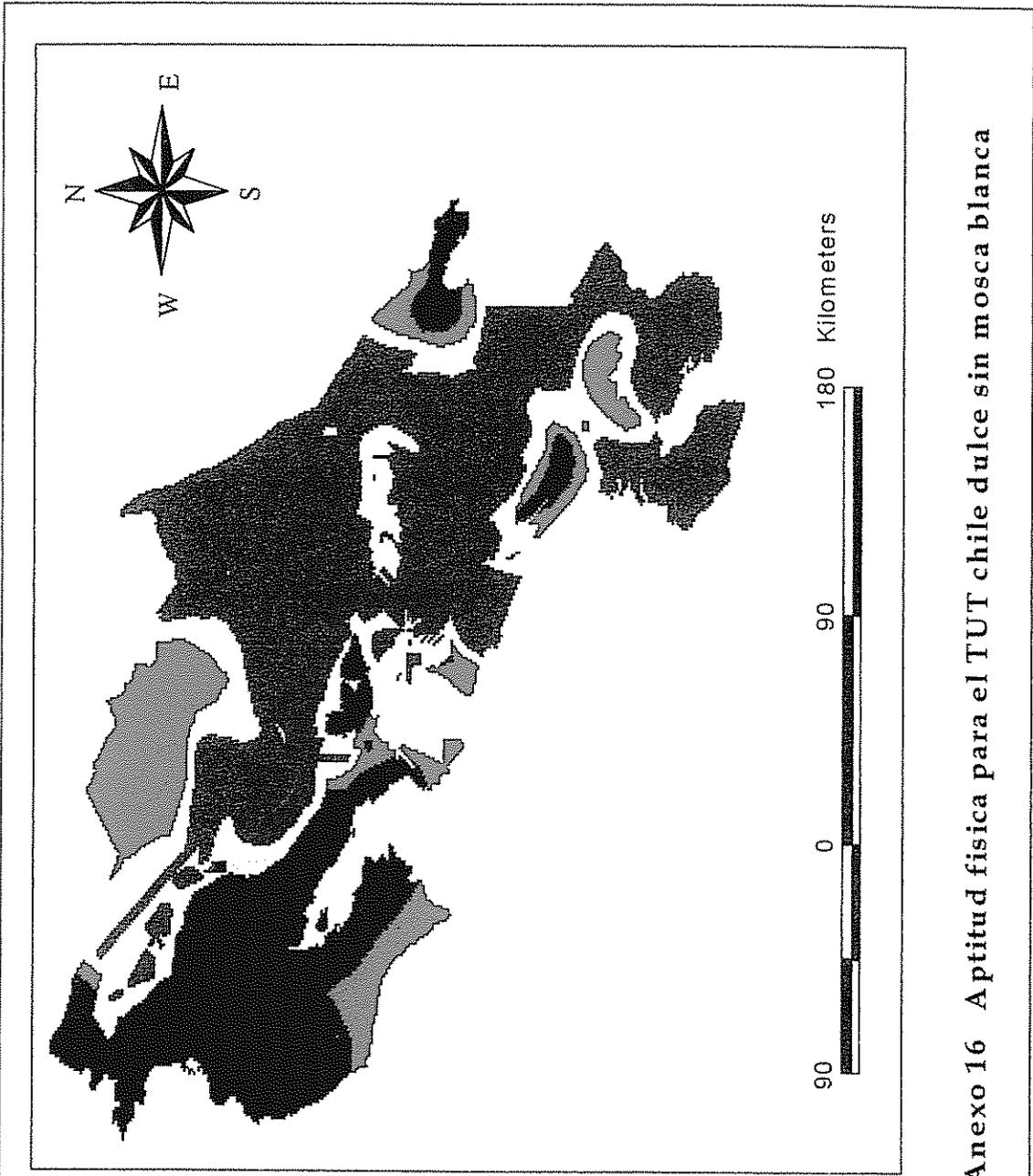
- Apta
- Moderada apta
- Ligeramente apta
- No apta
- No aplica

70 0 70 140 Kilometers

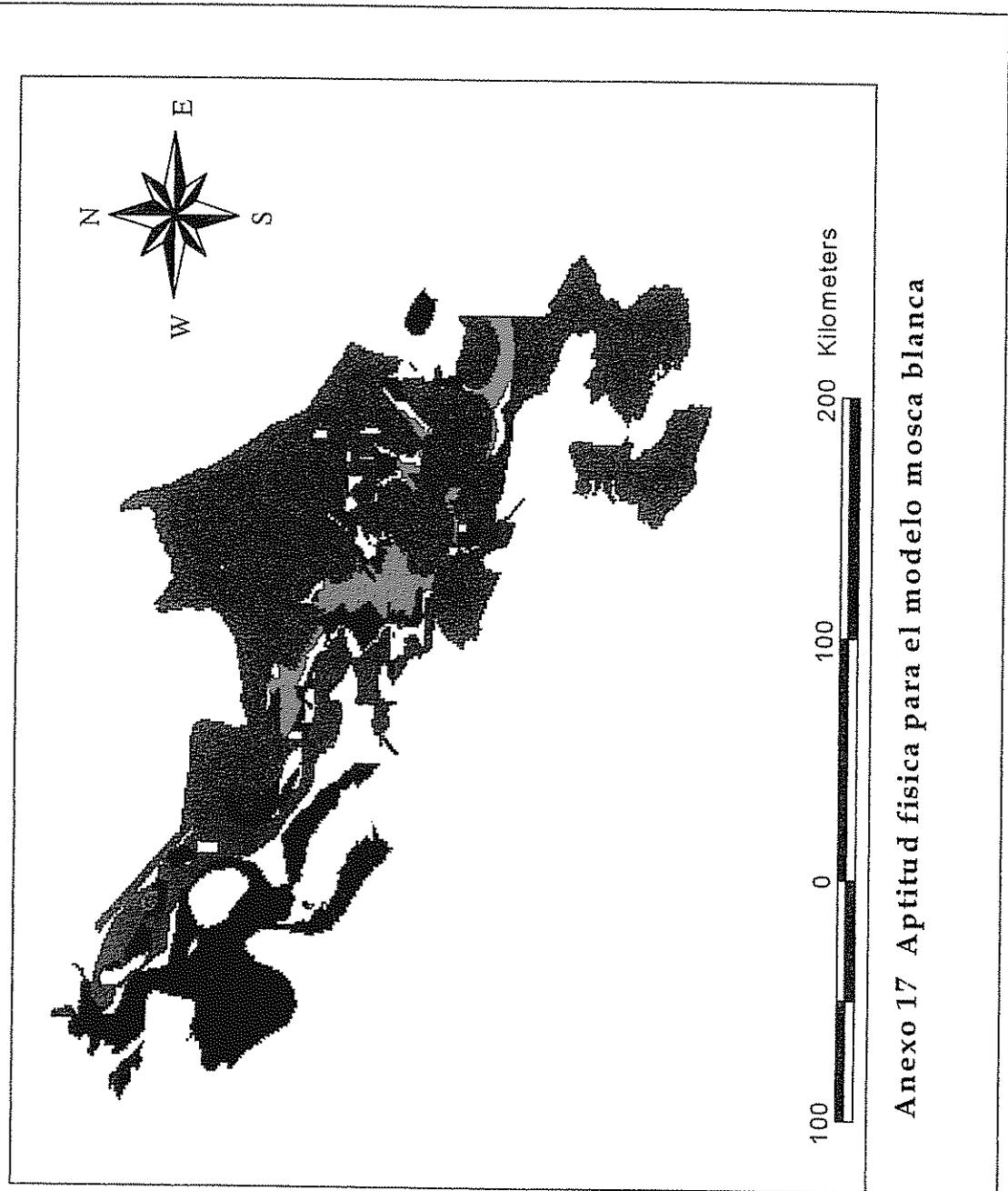
Anexo 14 Aptitud física para el modelo tomate sin mosca blanca



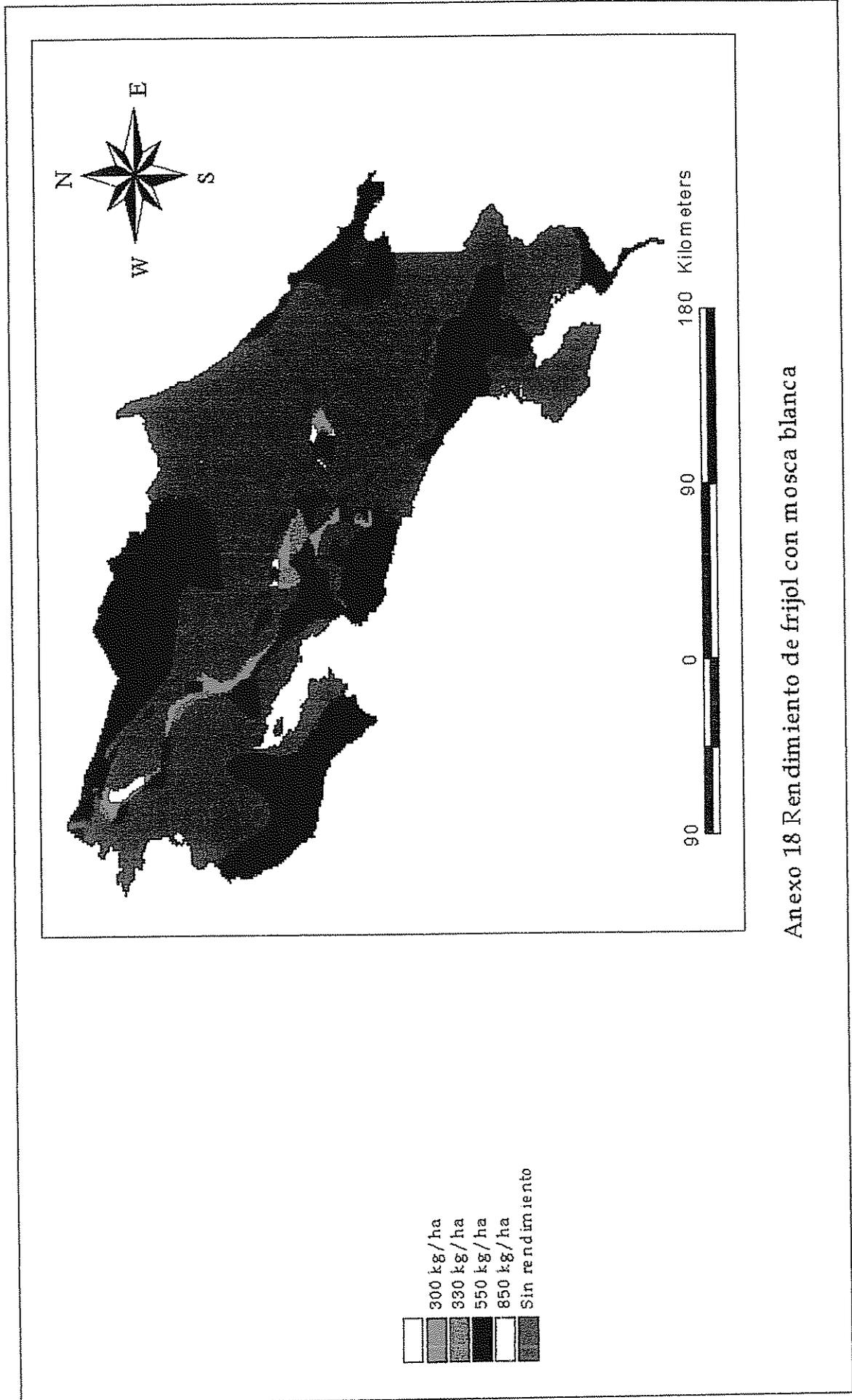
Anexo 15 Aptitud física para el modelo chile dulce con mosca blanca



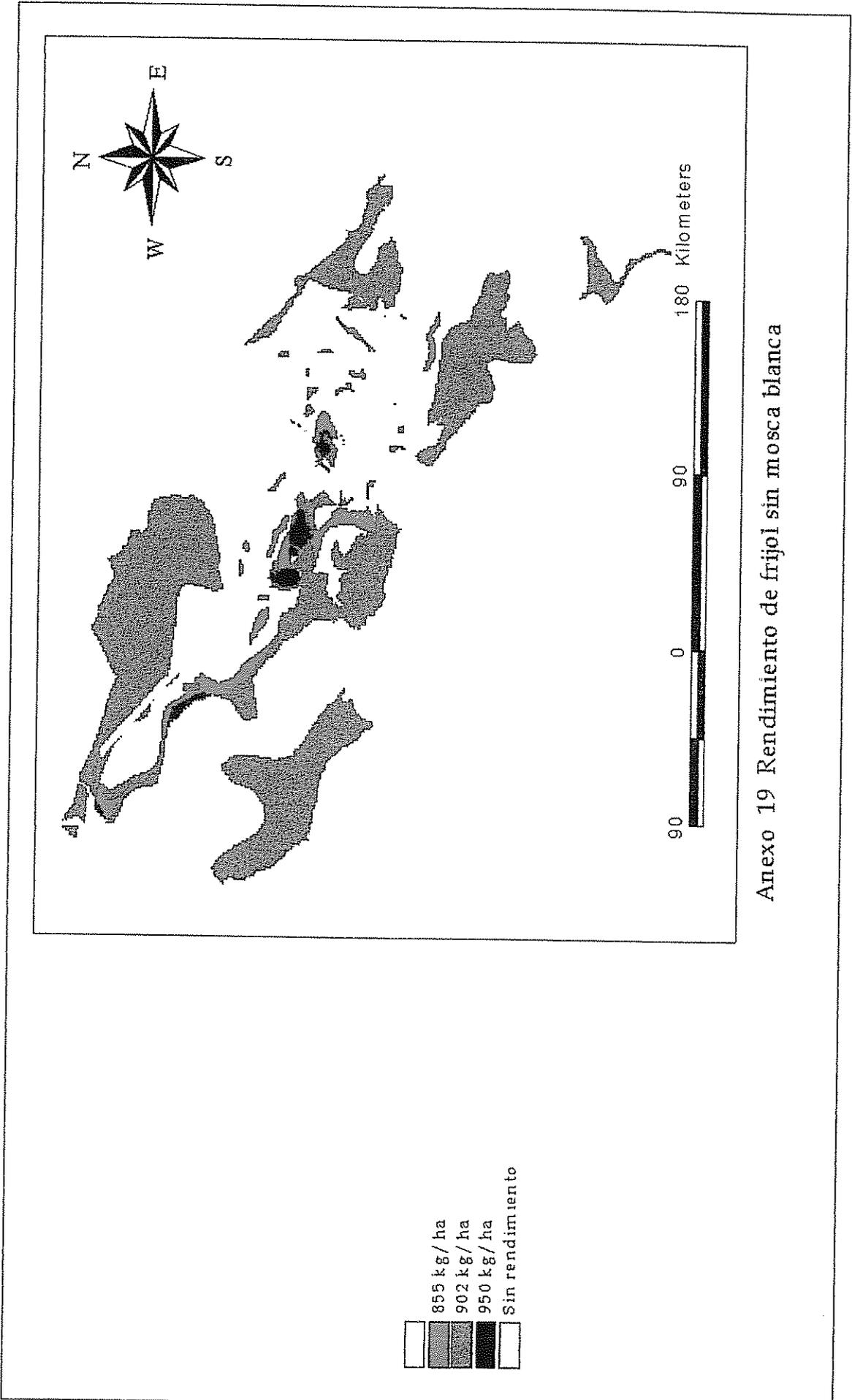
Anexo 16 Aptitud física para el TUT chile dulce sin mosca blanca



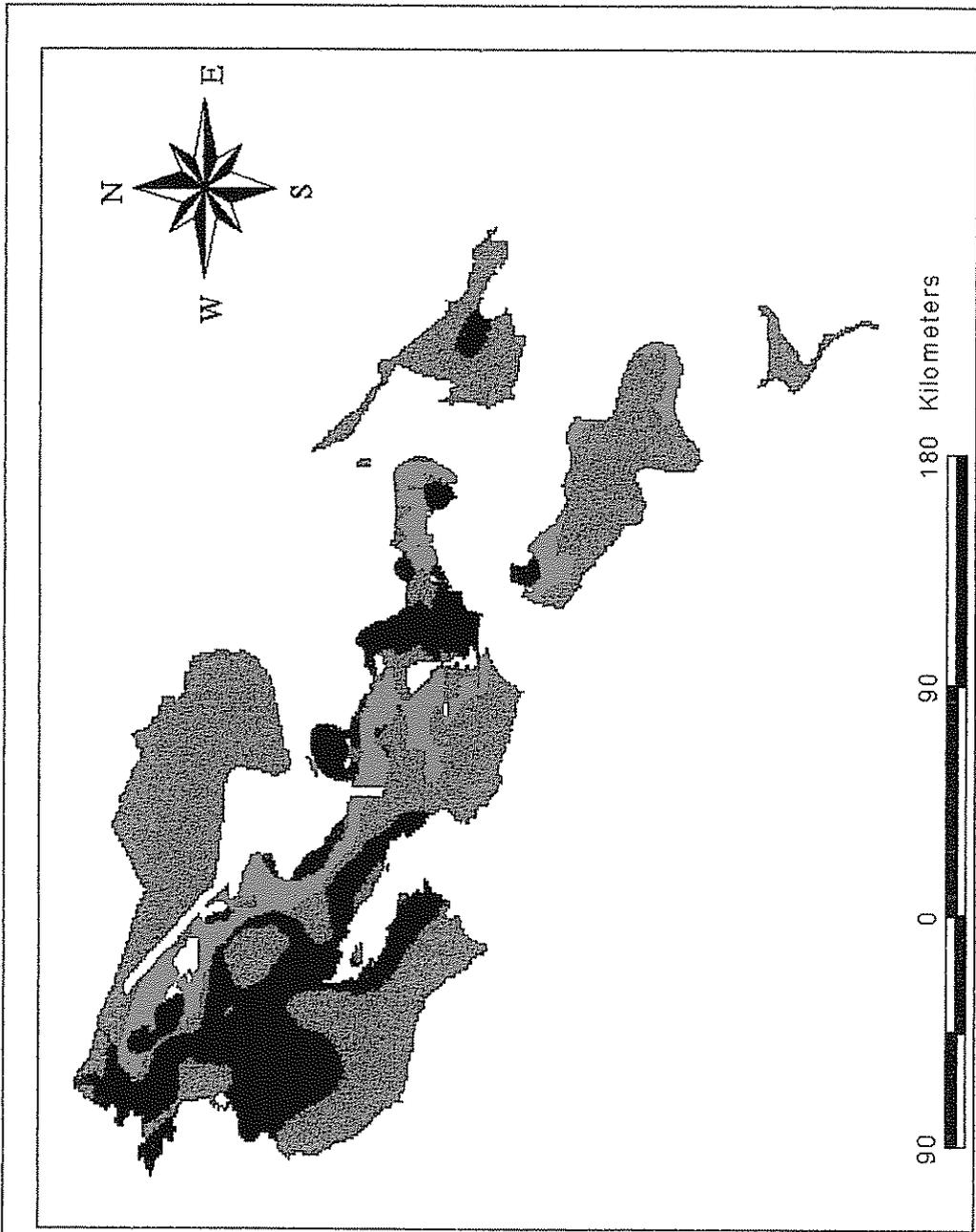
Anexo 17 Aptitud física para el modelo mosca blanca



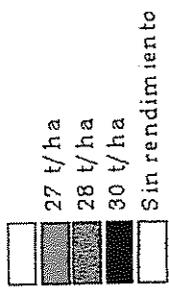
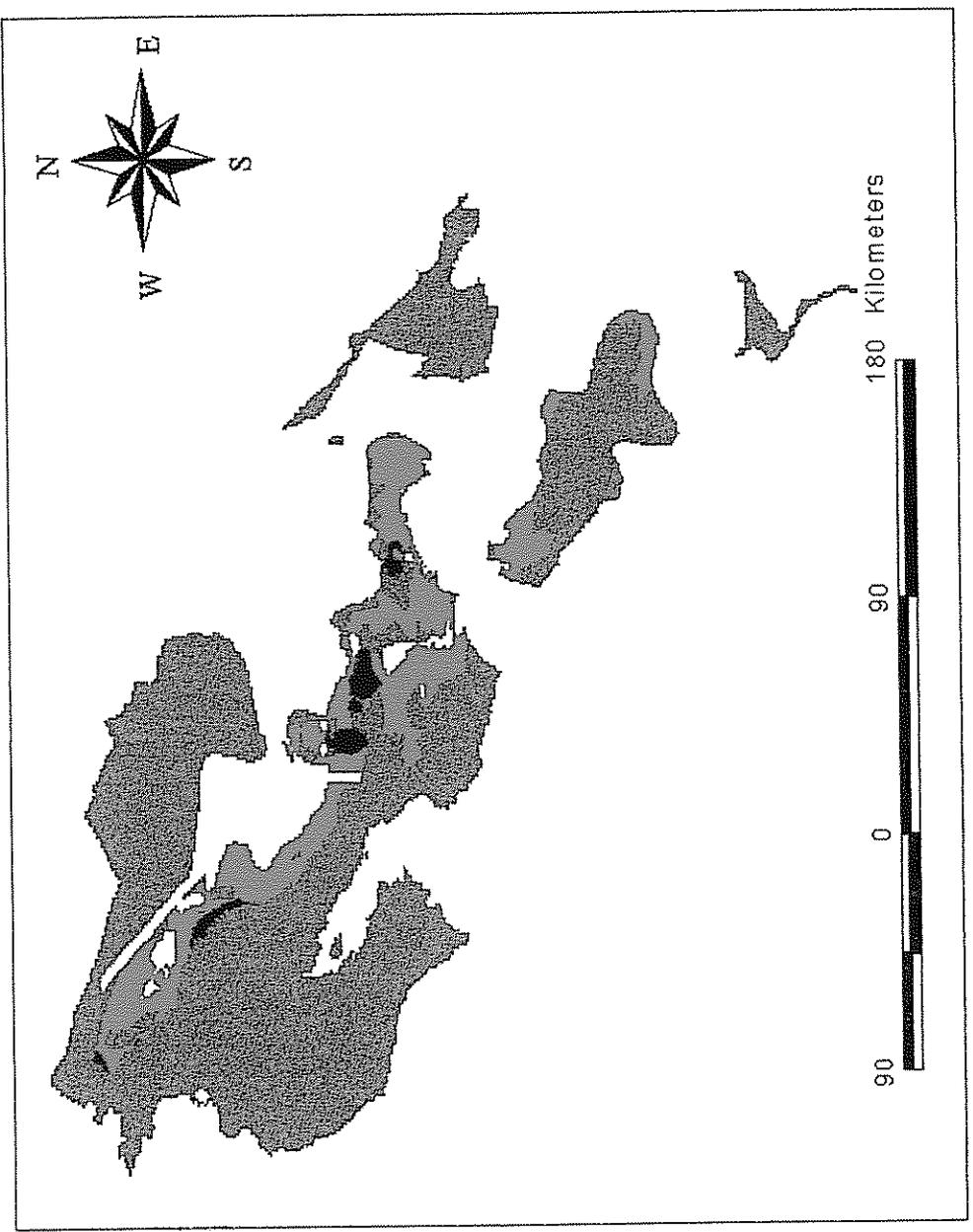
Anexo 18 Rendimiento de frijol con mosca blanca



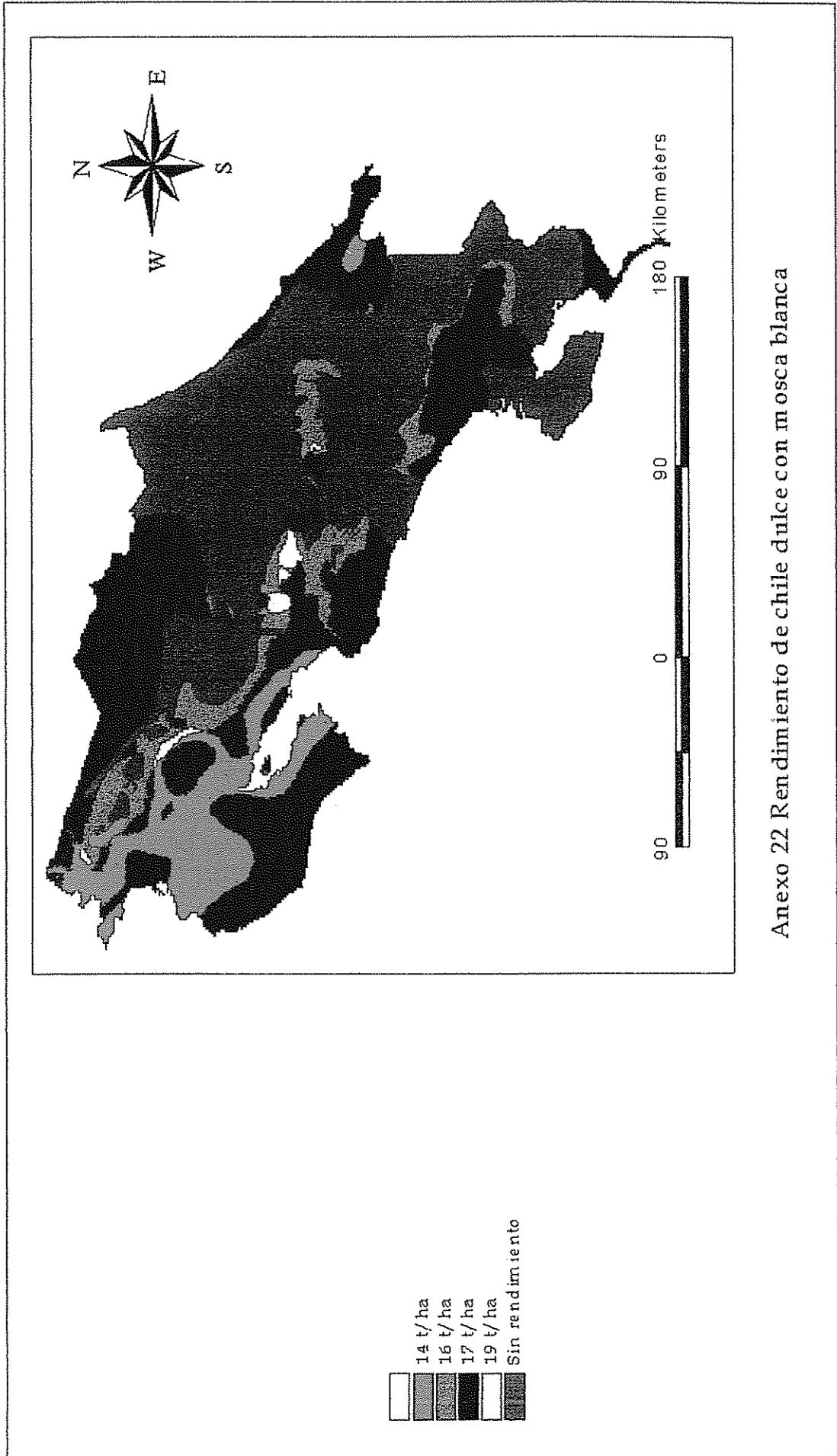
Anexo 19 Rendimiento de frijol sin mosca blanca



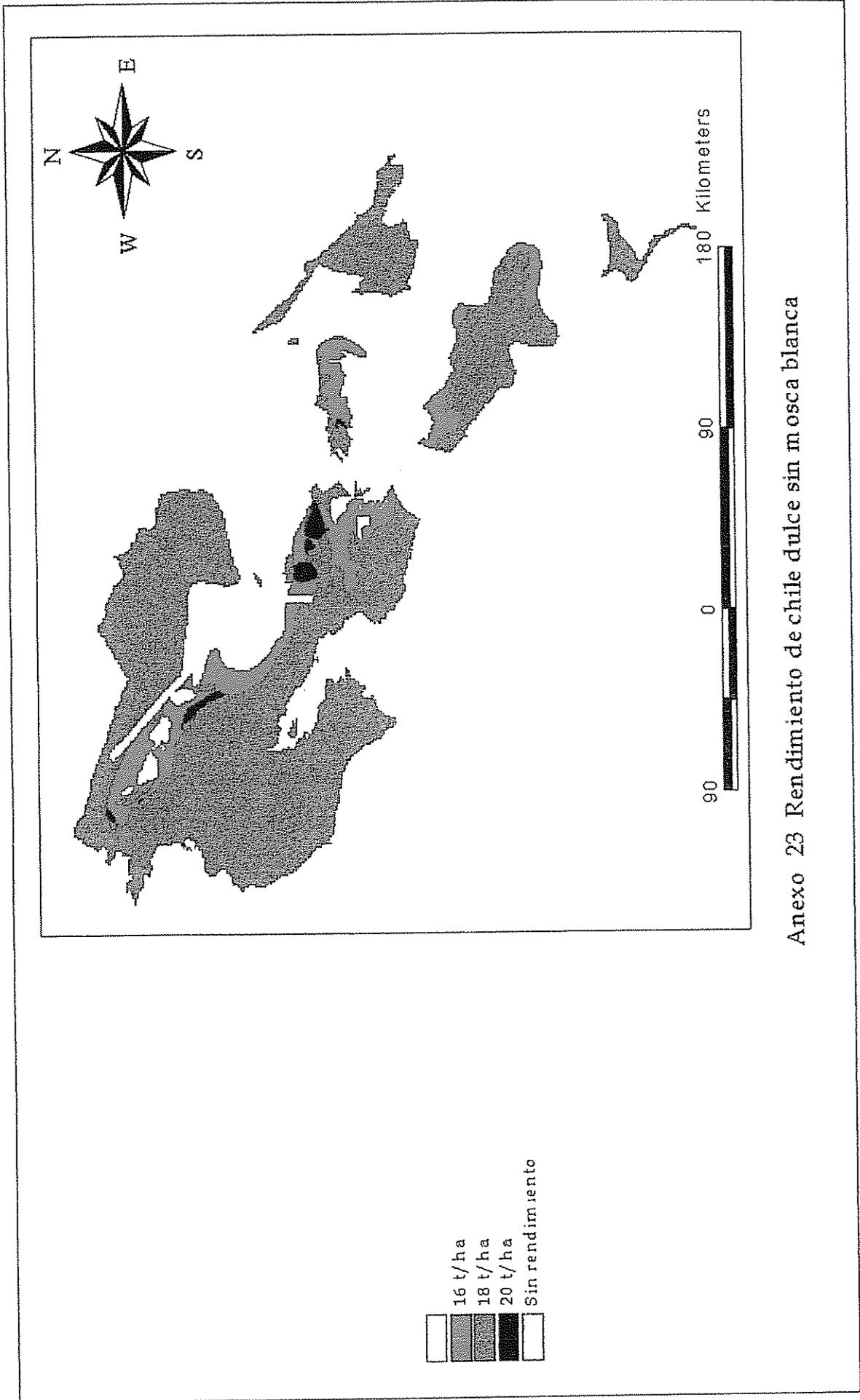
Anexo 20 Rendimiento de tomate con mosca blanca



Anexo 21 Rendimiento de tomate sin mosca blanca



Anexo 22 Rendimiento de chile dulce con mosca blanca



Anexo 23 Rendimiento de chile dulce sin mosca blanca