

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



APTITUD DE LA TIERRA PARA LA PRODUCCION DE MAIZ DE
TEMPORAL, EN EL ESTADO DE GUERRERO.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

ORIENTACION "SUELOS"

P R E S E N T A:

JOSE MANUEL REYES

GUADALAJARA, JAL., AGOSTO 1993



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION COM. DE TIT.
EXPEDIENTE _____
NUMERO 0825/93

10 de agosto de 1993

C. PROFESORES:

M.C. DAVID PAJARO HUERTAS, DIRECTOR
M.C. ARTURO CURIEL BALLESTEROS, ASESOR
M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

APTITUD DE LA TIERRA PARA LA PRODUCCION DE MAIZ DE TEMPORAL,
EN EL ESTADO DE GUERRERO

presentado por el (los) PASANTE (ES) JOSE MANUEL REYES

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto, me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO

H.C. ELIAS SANDOVAL ISLAS



SECCION COM. DE TIT

EXEDIENTE _____

NUMERO 0825/93

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

10 de agosto de 1993

H.C. SALVADOR MENA MUNGUIA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (s) JOSE MANUEL REYES

titulada:

APTITUD DE LA TIERRA PARA LA PRODUCCION DE MAIZ DE TEMPORAL,
EN EL ESTADO DE GUERRERO

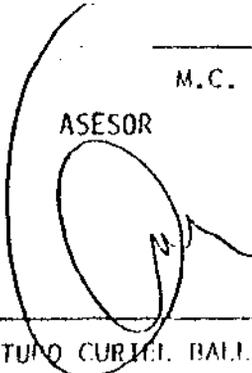
damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR



M.C. DAVID PAJARO HUERTAS

ASESOR



M.C. ARTURO CURIEL BALLESTEROS

ASESOR



M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA

DEDICATORIA

En forma especial a mi Madre señora Graciela Reyes Luna que supo a pesar de todas las circunstancias con su ejemplo y cariño, forman en mí el concepto de ser.

A mi esposa, María Xochitl que con amor, comprensión y ayuda sirvió de base para el desarrollo del presente trabajo.

A mis hijos José Manuel, Xochitl Catalina y Balam Canek como un ejemplo de que nunca es tarde cuando se quiere.

Para mi hermano Francisco Javier y su esposa María de Lourdes.

Para mis sobrinas Cristina, Gabriela y Sara.

Para la familia Cañedo Castañeda.

A G R A D E C I M I E N T O S

A las Instituciones.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de Guadalajara por brindarme en sus aulas los elementos necesarios para el desarrollo profesional.

A la Coordinación General de Investigación Científica de la Universidad Autónoma de Guerrero por permitir el uso de parte de la información generada en el Proyecto Marco de Referencia Agrícola Pecuario y Forestal, que institucionalmente desarrolla.

A las personas.

Al M.C. David Pájaro Huertas profesor-investigador del CEDAF-CP por las sugerencias hechas a través del desarrollo del trabajo y su paciente revisión y corrección hasta la impresión final.

Al M.C. Salvador Mena Munguía por su amistad, revisión y sugerencias en el presente trabajo.

Al M.C. Arturo Curiel Ballesteros por su amistad, revisión y sugerencias en el presente trabajo.

Al M.C. Ricardo González Mateos por su ayuda en el desarrollo del trabajo, las sugerencias y revisión de parte del escrito.

A los integrantes de la brigada de servicio social Sebastian Muñiz, Fernando Martínez y Luis René Curiel, que con entusiasmo participaron en la ejecución del proyecto.

En forma especial a Víctor Lisandro Velázquez E. por su magnífico trabajo de dibujo y rotulación en mapas y figuras.

Para todos los que de alguna manera participaron.

Gracias

4.1.3.	Caracterización socioeconómica.....	54
4.1.3.1.	Población económicamente acti- va en el Estado de Guerrero.....	54
4.1.4.	Estadística agrícola.....	55
4.1.4.1.	Principales cultivos de temporal	56
4.2.	Descripción de la metodología utilizada.....	59
4.2.1.	Definición del área de estudio.....	60
4.2.2.	Selección del cultivo.....	61
4.2.3.	Tipos de utilización de la tierra.....	61
4.2.4.	Inventario climático.....	61
4.2.4.1.	Definición de las divisiones climáticas.....	62
4.2.4.2.	Períodos de crecimiento.....	63
4.2.4.3.	Clasificación agroclimática.....	64
4.2.5.	Inventario edáfico.....	66
4.2.5.1.	Unidades de suelos.....	67
4.2.5.1.1.	Calificaciones de las unidades de suelos...	68
4.2.5.2.	Clases texturales.....	69
4.2.5.2.1.	Modificaciones por textura.....	70
4.2.5.3.	Clases de pendiente.....	70
4.2.5.3.1.	Modificaciones por clase de pendiente...	71
4.2.5.4.	Fases.....	71
4.2.6.	Indices de aptitud.....	72
4.2.6.1.	Índice de aptitud global (Iag)..	72
4.2.6.2.	Índice de aptitud parcial (Iap)..	73
4.2.6.3.	Índice de aptitud económico (Iae).....	73
4.2.7.	Estimaciones de rendimientos.....	74
4.2.7.1.	Producción total estimada.....	75
4.2.7.2.	Estimación de rendimientos municipales.....	76
4.2.8.	Comparación de resultados.....	76
V.	RESULTADOS	78
5.1.	Inventario climático.....	78
5.1.1.	Divisiones climáticas mayores.....	78
5.1.2.	Períodos de crecimiento.....	79
5.1.3.	Aptitud agroclimática.....	80
5.2.	Inventario edáfico.....	81
5.2.1.	Unidades de suelos.....	82
5.2.2.	Textura.....	83
5.2.3.	Pendiente.....	83
5.2.4.	Fases del suelo.....	84
5.3.	Zonificación agroecológica del maíz.....	84
5.4.	Indices de Aptitud.....	90
5.4.1.	Índice de aptitud global, parcial y eco- nómico para el nivel de inversión bajo...	91
5.4.1.1.	Índice de aptitud global.....	91

	Página
5.4.1.2. Índice de aptitud parcial.....	93
5.4.1.3. Índice de aptitud económico....	94
5.4.2. Índice de aptitud global, parcial y económico para el nivel de inversión alto.....	95
5.4.2.1. Índice de aptitud global.....	95
5.4.2.2. Índice de aptitud parcial.....	96
5.4.2.3. Índice de aptitud económico....	97
5.5. Producción total estimada.....	100
5.6. Estimación de rendimientos municipales.....	104
5.7. Comparación entre rendimientos estimados y observados.....	109
VI. DISCUSION DE RESULTADOS.....	116
6.1. Inventario climático.....	116
6.2. Inventario edáfico.....	117
6.3. Clasificaciones agroecológicas.....	118
6.4. Estimación de rendimientos.....	118
6.5. Comparación entre rendimientos estimados y observados.....	118
6.6. Utilidad de los resultados.....	119
VII. CONCLUSIONES.....	120
VIII. RECOMENDACIONES.....	123
IX. BIBLIOGRAFIA.....	125
X. ANEXO CARTOGRAFICO.....	128

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Climas Mayores (FAO, 1981)	15
2	Grupo de adaptabilidad de cultivos, en base a la forma fotosintética y respuesta a la radiación y temperatura	16
3	Clasificaciones agroclimáticas propuestas por la FAO (1978, 1980)	22
4	Unidades y subunidades propuestas por la FAO	24
5	Clases texturales	25
6	Clases de pendiente	26
7	Fases del suelo	27
8	Características de los niveles de inversión .	29
9	Variedades de maíz recomendadas por SARH para el ciclo primavera-verano en 1991	33
10	Extensión por regiones y municipios del Estado de Guerrero	38
11	Ubicación y datos climatológicos de las estaciones meteorológicas utilizadas en la zonificación agroecológica del cultivo de maíz de temporal en el Estado de Guerrero	46
12	Uso actual del suelo en el Estado de Guerrero	52
13	Unidades y subunidades de suelos (Clasificación FAO/UNESCO), correspondientes al Estado de Guerrero	54
14	Distribución sectorial de la población económicamente activa, para el Estado de Guerrero, 1980	55
15	Superficie sembrada (ha) de cinco cultivos básicos en condiciones de temporal, para el período 1980-1986, en el Estado de Guerrero.	56
16	Superficie sembrada y cosechada, según tipo de cultivo y principales cultivos	57

Cuadro		Página
17	Volumen de la producción en el año agrícola 1991, por disponibilidad de agua, principales cultivos y Distritos	58
18	Clasificación agroclimática propuesta por la FAO (1978, 1981), para maíz en condiciones de temporal	66
19	Calificaciones de las unidades de suelos para cultivos de temporal en el Estado de Guerrero	69
20	Calificaciones para clases de pendiente . . .	71
21	División climática del Estado de Guerrero . .	79
22	Períodos de crecimiento en el Estado de Guerrero	80
23	Unidades de suelos dominantes de acuerdo al sistema FAO/UNESCO, en el Estado de Guerrero	82
24	Superficie por clase de textura en el Estado de Guerrero	83
25	Clasificación agroecológica a nivel estatal para dos niveles de inversión, en el cultivo de maíz de temporal en el estado de Guerrero . .	85
26	Superficie de Aptitud Agroecológica por Municipio. Cultivo Maíz; Nivel de inversión Bajo	86
27	Superficie de Aptitud Agroecológica por Municipio. Cultivo Maíz; Nivel de inversión Alto	87
28	Clasificación Agroecológica por regiones, para dos niveles de inversión, en el cultivo de maíz de temporal, en el Estado de Guerrero	90
29	Indices de aptitud global, parcial y económico a nivel estatal y municipal. Cultivo Maíz, nivel de inversión Bajo	92
30	Indices de aptitud global, parcial y económico a nivel estatal y municipal. Cultivo Maíz, nivel de inversión Alto	96
31	Indices de aptitud global, parcial y económico, por regiones geoeconómicas. Cultivo Maíz, para dos niveles de inversión	99

Cuadro		Página
32	Rendimientos estimados (ton/ha), por clase de aptitud, división climática y nivel de inversión para maíz de temporal (FAO, 1981)	100
33	Superficie por división climática, con dos niveles de inversión, para el cultivo de maíz en el Estado de Guerrero	102
34	Producción total estatal estimada (ton) . .	103
35	Estimación de rendimientos municipales máximos del cultivo de maíz de temporal para la región Norte del Estado de Guerrero, con un nivel de inversión Bajo	107
36	Estimación de rendimientos municipales máximos, del cultivo de maíz de temporal para la región Norte del Estado de Guerrero, con un nivel de inversión Alto	108
37	Rendimientos promedio del cultivo de maíz en condiciones de temporal, por municipio para la zona Norte, promedios anuales y regionales para el período 1982-1991 (excepto 1985)	110
38	Rendimientos municipales estimados y observados, para maíz de temporal en la región Norte del Estado de Guerrero	111
39	Diferentes tipos de modelos de regresión simple entre los rendimientos máximos estimados y observados	112
40	Análisis de varianza entre los rendimientos estimados y observados, para el nivel de inversión bajo	113
41	Análisis de varianza entre los rendimientos estimados y observados, para el nivel de inversión alto	114

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Metodología simplificada de la zonificación agroecológica de cultivos (Ortiz, 1981)	12
2	Tipos de períodos de crecimiento (FAO, 1981)	18
3	Producción del Maíz a un nivel de inversión alto	20
4	Producción del Maíz a un nivel de inversión bajo	20
5	Localización geográfica del Estado de Guerrero, dividido en Regiones	36
6	Localización de las estaciones meteorológicas utilizadas en la zonificación agroecológica del cultivo del maíz en condiciones de temporal	47
7	Suelos dominantes (Clasificación FAO/UNESCO), en el Estado de Guerrero	53

INDICE DE MAPAS

Mapa	Página
1 Aptitud agroecológica a nivel municipal, para maíz de temporal en el estado de Guerrero. Nivel de inversión Bajo.	128
2 Aptitud agroecológica a nivel municipal, para maíz de temporal en el estado de Guerrero. Nivel de inversión Alto.	129

RESUMEN

Se aplicó la metodología de Zonas Agroecológicas FAO (1978, 1981), con modificaciones propuestas por Ortiz (1987), para evaluar la aptitud de las tierras del Estado de Guerrero para la producción de maíz en condiciones de temporal, a la escala de 1:250,000, con dos niveles de inversión: Alto, para agricultura comercial, y nivel bajo, para agricultura de subsistencia.

El estudio tiene dos niveles de aplicación, el primero corresponde al Estado de Guerrero y se limita a señalar las zonas (por regiones climáticas, geoeconómicas y municipales), de diferente potencial agroecológico para el cultivo de maíz en condiciones de temporal, para los dos niveles de inversión y, el segundo, se aplica a la región Norte del Estado, donde se efectúa una comparación entre los rendimientos estimados máximos, para los dos niveles de inversión, determinados a través de la metodología de zonas agroecológicas FAO, y los rendimientos observados en los productores de maíz de la región.

En el inventario climático, se utilizó el factor altura sobre el nivel del mar para las subdivisiones climáticas. Con relación al inventario edáfico, la producción del cultivo de maíz está limitada inicialmente en un 23.57% por el tipo de unidades de suelos dominantes; la clasificación agroclimática no se degradó por la calificación de las fases del suelo.

Se realizó la zonificación agroecológica para el cultivo de maíz a dos niveles de inversión, se determinaron las regiones (climáticas y geoeconómicas) y municipios con mayor aptitud agroecológica.

Para los dos niveles de inversión, la región Tropical Caliente (áreas con alturas menores de 1500 m), presenta la mayor superficie con

mejor aptitud agroecológica (MA), para la producción de maíz en condiciones de temporal, en comparación con la región Tropical Templada, en el Estado de Guerrero.

Las regiones geoeconómicas con mayor aptitud agroecológica para un nivel de inversión bajo son: Costa Chica, Tierra Caliente y Costa Grande. Para el nivel de inversión alto, resultaron también mejores: Costa Chica, Tierra Caliente, y Costa Grande. Para los dos niveles de inversión, la zona de la Montaña presenta menor aptitud agroecológica.

El mejor municipio en función de su mayor eptitud agroecológica (tierras Muy Aptas), para la producción de maíz en condiciones de temporal, para los dos niveles de inversión, es el municipio de Cuajinicuilapa, ubicado en la región de la Costa Chica del Estado de Guerrero.

Se calcularon los índices de aptitud global, parcial y económico a nivel estatal, regional y municipal, para los dos niveles de inversión.

La división climática Tropical Caliente, para los dos niveles de inversión, resultó más Apta (índice de aptitud parcial), para la producción de maíz en condiciones de temporal.

Considerando el índice de aptitud parcial, a un nivel de inversión bajo, la mejor región para la producción de maíz de temporal en el Estado de Guerrero, es la Costa Grande, y el mejor municipio, Coyuca de Catalán. Para el nivel de inversión alto, la mejor región es la Costa Chica y el mejor municipio, Coyuca de Catalán.

Desde el punto de vista económico, el productor de maíz, en la zona Tropical Caliente, obtendrá las máximas ganancias económicas, en comparación con el productor de la zona Tropical Templada.

Cuando se utilizó el índice de aptitud económico, en el nivel de inversión bajo, la mejor región para la producción de maíz de temporal con las máximas ganancias económicas, es la Costa Chica, y el mejor municipio, La Unión. Para el nivel de inversión alto, la mejor región también es la Costa Chica, y el mejor municipio Acapulco de Juárez.

Se estimaron los rendimientos máximos a nivel estatal, para cada división climática y nivel de inversión.

Se estimaron los rendimientos máximos con los dos niveles de inversión a nivel municipio para la zona Norte del Estado de Guerrero, y con los rendimientos observados para la misma zona, se realizó la comparación de los resultados.

Se analizó, mediante cuatro modelos de regresión simple, la relación entre los rendimientos estimados (X), en los dos niveles de inversión ; y los rendimientos observados (Y), en los productores de maíz en condiciones de temporal de la zona Norte del Estado de Guerrero; concluyendo que la relación entre los rendimientos estimados y observados en función de los coeficientes de determinación (R^2), cuyos valores oscilan entre 9.31 y 12.09%, resultan poco confiables para predecir la producción en el cultivo de maíz.

Se realizó análisis de varianza, en cada nivel de inversión, entre los rendimientos estimados y observados, encontrándose diferencias altamente significativas en ambos casos; se concluye que los promedios estimados y observados son diferentes entre sí.

Los rendimientos estimados en el nivel de inversión bajo, subestiman a los rendimientos observados, en cambio, los rendimientos estimados en el nivel de inversión alto, sobrestiman a los rendimientos.

La diferencia entre los rendimientos observados y estimados en los dos niveles de inversión, se presentan debido a que al obtener los rendimientos observados **no se tipificó** al productor de manera que pudiesen compararse los rendimientos observados y estimados al mismo nivel de inversión.

I. INTRODUCCION

El aumento constante de la población y la posibilidad de sostenerla ha preocupado a diversas instituciones, tanto nacionales como internacionales, dentro de éstas últimas la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y en forma especial a la Organización Alimentaria de las Naciones Unidas (FAO). Dicha organización inicia en 1976 un estudio del uso potencial de las tierras por medio de Zonas Agroecológicas, para obtener una primera aproximación de la producción potencial de los recursos terrestres en el mundo y con ella poder planificar para el futuro.

Así la FAO en 1978 y 1981 dio a conocer la Metodología de Zonificación Agroecológica de cultivos, la cual fue elaborada por un grupo interdisciplinario de especialistas, obteniendo así la primera aproximación de la producción potencial de los recursos terrestres del mundo.

Utilizando como base el estudio de la FAO, el Centro de Edafología, del Colegio de Postgraduados, México, en 1980, realizó una modificación y/o adaptación de la metodología original para las condiciones de este país; sobre todo en lo referente a la adecuación para el tipo de información meteorológica disponible.

La metodología de Zonas Agroecológicas FAO se fundamenta en los principios de evaluación de tierras, es decir, considerando un uso específico y sostenido de la tierra, sin causar deterioro y considerándolo además, el aspecto económico mediante un enfoque multidisciplinario.

En síntesis, la metodología consiste en la elaboración de un inventario climático utilizando información de temperatura, precipitación y evaporación, con ello se caracteriza agroclimáticamente al cultivo;

posteriormente con la información de un inventario edáfico, la aptitud agroclimática es evaluada en lo referente a las unidades de suelo, la pendiente, la fase y la textura, generándose así la clasificación agroecológica, que finalmente indica las zonas Muy Aptas, las Aptas, las marginalmente Aptas y las No Aptas, para la producción del cultivo.

Ortiz (1987), aplicó la metodología FAO (1978), a nivel nacional para los cultivos de maíz, frijol y sorgo. Para los tres cultivos en estudio concluye que el 55% de todas las áreas son clasificadas como Aptas.

A nivel Estado de Guerrero, el 42% de la superficie se encuentra entre marginalmente Apta a Muy Apta, para la producción de maíz en condiciones de temporal, en los dos niveles de inversión.

La producción de este cultivo se encuentra limitada inicialmente por el aspecto edáfico, ya que el 23.57% de la superficie estatal corresponde a Litosoles y Rendzinas, clasificados como No Aptos permanentemente para la producción de maíz.

En el Estado de Guerrero, el cultivo de maíz de temporal ocupa la mayor superficie cosechada (INEGI, 1991), sin embargo no existe información en lo referente a la ubicación de las zonas de mayor potencial para la producción de este cultivo que involucre aspectos como el edáfico, climático y económico. De esta manera se podrá hacer un uso más adecuado de las tierras agrícolas y de la canalización de recursos económicos y de personal técnico en las políticas de desarrollo agrícola.

Para todos los estudios de planificación agrícola, en cualquiera de sus niveles: nacional, estatal, regional o municipal, se necesita de la base física disponible para el desarrollo de ese sector. Lo básico en

este tipo de análisis, pueden ser las preguntas: qué producir, donde producir, y cuanto se podrá producir.

Para la realización de este trabajo se utilizó la metodología de zonas agroecológicas FAO (1978, 1981) con algunas modificaciones propuestas por Ortiz et al. (1987).

El intento básico del proyecto fue hacer, a partir de la información existente, una primera aproximación del uso potencial de las tierras del Estado de Guerrero para la producción de maíz en condiciones de temporal, y así proveer la base de datos físicos necesarios para la planeación del desarrollo agrícola de este cultivo.

El estudio tiene dos niveles de aplicación, el primero corresponde al Estado de Guerrero (75 municipios), el segundo, a la región de la Zona Norte (que incluye 16 municipios).

A nivel estatal el estudio se limita a señalar la ubicación de las zonas (por división climática, geoeconómica y municipal), de diferente potencial agroecológico, así como sus índices de aptitud global, parcial y económico, a dos niveles de inversión para el cultivo de maíz en condiciones de temporal. Y a nivel regional (Zona Norte), se efectúa una comparación de los rendimientos estimados a través de metodología de zonas agroecológicas FAO, y los rendimientos obtenidos por los productores de maíz en dicha zona.

II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1. Objetivos

Establecer la aptitud de las tierras del Estado de Guerrero, para la producción de maíz en condiciones de temporal, utilizando la metodología de zonas agroecológicas propuesta por FAO (1978, 1981), a la escala de 1:250 000.

Ubicar las zonas con mayor aptitud a nivel estatal para la producción del cultivo de maíz de temporal a dos niveles de inversión: alto, para una agricultura comercial y nivel bajo para una agricultura de subsistencia.

Comparar los rendimientos estimados en los dos niveles de inversión, utilizando la metodología de zonas agroecológicas FAO, para la producción de maíz en condiciones de temporal, en los municipios de la zona Norte del Estado de Guerrero, con los rendimientos observados en los productores de la región.

Contribuir en la planeación agrícola ubicando las zonas recomendables para la producción de este cultivo.

2.2. Hipótesis

Mediante la metodología de zonas agroecológicas FAO (1978, 1981), es posible ubicar a nivel estatal y a dos niveles de inversión, las zonas con mayor aptitud para la producción de maíz en condiciones de temporal, en el Estado de Guerrero.

2.3. Problema

A pesar de la importancia a nivel estatal del cultivo de maíz, no se cuenta con una ubicación, a escala 1 : 250 000, de las zonas de mayor potencial para el cultivo en condiciones de temporal que involucre aspectos edáficos, climáticos y económicos.

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1. La zonificación agroecológica

Papadakis (1966), citado por De Llamas (1990), inicia la zonificación agroecológica en el Oeste de Africa, en la que se realiza un análisis agroclimático y consideraciones edáficas simples.

García (1972), confirma como una metodología formal a la zonificación agroecológica; su trabajo incluye: un análisis agroclimático detallado, la consideración de la variación edáfica y una expresión cartográfica final, que sintetiza las variables empleadas, llegándose a determinar áreas con potenciales ecológicos para el cultivo que se desea estudiar.

La FAO (1976), inicia un estudio del uso potencial de las tierras por medio del método de las zonas agroecológicas, para obtener una primera aproximación de la producción potencial de los recursos terrestres en el mundo y con ella poder planificar para el futuro. Los proyectos se desarrollan cronológicamente en Africa, Asia, América del Sur y Central. Con estos estudios se establece una metodología de Zonificación Agroecológica de cultivos, que hoy es conocida a nivel mundial.

La FAO (1978, 1981), citado por Ortiz, Ojeda y Pájaro (1987) propone una metodología que integra los factores clima-suelo-cultivo; además propone algunos métodos de estimación de rendimientos con factores climáticos y fisiológicos. Contempla además la tecnología de producción; proponiendo dos niveles de inversión, correspondiendo el nivel alto a una agricultura comercial, caracterizada por la utilización de variedades de alto rendimiento, aplicación de fertilizantes y estricto control de

plagas y enfermedades. Caracterizando al nivel bajo como a una agricultura de subsistencia con baja inversión de capital.

La metodología consiste en la elaboración de un inventario climático en base a datos de temperatura; determinación de períodos de crecimiento con información de valores de precipitación, evapotranspiración, evapotranspiración potencial y temperatura; elaboración de un inventario edáfico; determinación de las zonas de aptitud agroecológica a dos niveles de inversión mediante el inventario climático y el de suelo; realizando una estimación de rendimientos al final.

Según Primault (1979), citado por Romo (1985), la determinación de las áreas geográficas donde prosperan con mayor éxito los cultivos, puede realizarse a través de dos grandes grupos de métodos, los agroclimáticos y los agroecológicos, sustentándose éstos últimos en los primeros. Sin embargo estos métodos solo abarcan el medio físico de la zonificación dejando fuera los aspectos socioeconómicos. Por lo tanto un tercer grupo de métodos de zonificación, lo constituyen los métodos integrales, que toman en cuenta los dos marcos de referencia, el biofísico (clima-suelo-cultivo-agrotecnia) y el socioeconómico. Desde este punto de vista, son pocos los trabajos efectuados en México: Palacios (1979), para Zacatecas; García (1979), para Puebla; Tlaxcala y México, SPP (1981); Turrent (1981), Ortiz (1981) trabajando estos a nivel Nacional; según Romo (1985).

García (1979) , propone una estructura metodológica para la caracterización agroecológica de áreas por procedimientos cuantitativos de análisis y su posterior zonificación, contemplando diferentes niveles de precisión, dependiendo de la exhaustividad con que es tratada la caracterización y de acuerdo a la cantidad y calidad de la información disponible.

Morales (1983), evalúa la aptitud de producción de maíz, frijol y trigo, aplicando la metodología de las zonas agroecológicas propuesta por FAO, en la parte sur del Estado de Zacatecas, estimando además el rendimiento para el cultivo de maíz en el municipio de Juchipila, Zac.

Moreno (1983), trabajando a nivel municipal en el Estado de Tlaxcala, y utilizando la metodología FAO, con los cultivos de maíz, frijol y trigo, con dos niveles de inversión, considera a este Estado como apto para la producción de trigo.

Ortiz (1987), aplicó la metodología FAO a nivel nacional para los cultivos de maíz, frijol y sorgo. Para los tres cultivos en estudio concluye que el 55% de todas las áreas son clasificadas como Aptas, excepto para las áreas con períodos de crecimiento desde 240 hasta 365 días y las que se encuentran entre cero y 74 días, unas por exceso de agua y otras por aridez o salinidad, que son consideradas como No Aptas.

Blas (1987), realiza una caracterización agroecológica del Valle de Atlacomulco, utilizando la metodología FAO, en el Estado de México, para los cultivos de maíz, trigo y papa; dando énfasis al análisis agroclimático debido a que el factor limitante de esta zona son principalmente las bajas temperaturas y las heladas, por otra parte, desde el punto de vista edáfico el problema lo constituyen los bajos valores de pH.

Tarín (1987), al evaluar la metodología FAO, en Chapingo, México, encontró que no existe diferencia significativa entre los rendimientos estimados derivados de la metodología y los obtenidos por los productores en el cultivo de maíz, para el caso del nivel bajo de inversión.

Solís (1988), aplicó la metodología FAO para estudiar cinco cultivos (maíz, frijol, trigo, cebada y papa), en el Distrito de

Desarrollo Rural Integral No. III de Texcoco, México, encontró que la adaptabilidad agroecológica bajo condiciones de temporal para los cultivos en estudio fue en el orden: cebada, trigo, papa, frijol y maíz. Definiendo como mejores zonas de adaptabilidad a los municipios de Ayapango, Ozumba, Cocotitlán, Tepetlixpa, Amecameca, Ecatzingo y Chalco.

García et al (1989) al aplicar la metodología de la FAO, a nivel nacional, encontraron que los estados con mayor aptitud agroecológica para el cultivo de Maíz en condiciones de temporal son Veracruz y Michoacán. Los mismos autores al evaluar los resultados encontrados con los rendimientos experimentales para 18 sitios llegaron a concluir que sus estimaciones presentan una efectividad de 61.2%; por lo tanto concluyen que es necesario considerar un mayor número de sitios experimentales para tener una evaluación más confiable.

Márquez (1990), aplicando la metodología para el Estado de México encontró que los Distritos que presentan una mayor aptitud para la producción de maíz son: Toluca y Texcoco para un nivel de inversión alto. Para el nivel de inversión bajo resultaron ser mejores Tejupilco, Toluca y Coatepec Harinas. En relación a la validación de los resultados, al comparar los rendimientos observados con los estimados para el cultivo de maíz encontró mayor relación con el nivel de inversión bajo. Por esta razón concluye que este nivel es el más cercano a la realidad.

Hernández et al. (1990), utilizando la metodología FAO, para el cultivo de frijol a nivel nacional, concluyen que las bajas precipitaciones, la fisiografía accidentada y los suelos inapropiados, provocan que la mayor parte de la República Mexicana tenga condiciones No Aptas para el cultivo del frijol; ya que las zonas de mayor adaptabilidad agroecológica al nivel de inversión bajo son: 0.24% del Territorio Nacional para Muy Aptas; 1.56% para Aptas; y 1.98% para marginalmente Aptas. Mientras que para el nivel de inversión alto los

resultados fueron: 0.32% de la superficie total para Muy Aptas; 0.80% para Aptas y finalmente 1.76% de la superficie nacional para marginalmente Aptas.

Contreras (1992), aplicando la metodología de zonificación agroecológica de la FAO (1978, 1981), para maíz de temporal en el Estado de Guerrero, e introduciendo dos modificaciones que fueron la estimación de los Periodos de Crecimiento a partir de la lluvia probabilística (20, 40, 60 y 80%), y la determinación de las divisiones climáticas mayores por el concepto de eficiencia térmica. Establece que el período de lluvias se presenta entre Junio y Octubre, y que el período de crecimiento, con lluvia al 80% de probabilidad de excedencia, cubre las necesidades del ciclo vegetativo del maíz. Señala como limitante principal a la temperatura cuya máxima eficiencia térmica no coincide con la época de lluvias, además, la fisiografía del Estado limita el establecimiento del cultivo.

3.2. Descripción general del método

Con la finalidad de proporcionar una idea general del procedimiento empleado en la metodología de zonas agroecológicas FAO (1978, 1981), con modificaciones propuestas por Ortiz (1987), en los siguientes párrafos se bosqueja el método y posteriormente se describe paso a paso.

Una vez establecida la zona de estudio se selecciona el cultivo y el nivel de inversión con los cuales se trabajará (véase Figura 1).

En el área de estudio se definen las Divisiones Climáticas (en base a la temperatura) y con ellas es posible decidir si la zona es **Apta (A)** o **No Apta (NA)**, para la producción del cultivo de interés.

Si la zona resulta Apta, entonces se calculan los Períodos de Crecimiento por medio de un balance hídrico que determinará el número de días con disponibilidad de agua para el cultivo. Comparando tal cantidad de días con la duración del ciclo y los rendimientos (que pueden obtenerse), se clasifican las diferentes áreas según la duración de su período de crecimiento en **Muy Apta (MA)**, **Apta (A)**, **marginalmente Apta (mA)** y **No Apta (NA)**; ésta última significa que aunque térmicamente el cultivo puede adaptarse, el temporal no es suficiente para obtener producción.

Las áreas con determinada aptitud (**MA**, **A** y **mA**) son reanalizadas por unidades de suelos (de acuerdo al sistema FAO/UNESCO), las fases cartográficas, la textura y la pendiente. Si todo es favorable para el desarrollo del cultivo, la clasificación agroclimática no cambia, pero si existen restricciones en alguno o varios de los factores considerados, entonces la clasificación agroclimática se va demeritando. Es posible encontrar las mejores condiciones climáticas y los peores suelos para el desarrollo de un cultivo, lo cual resultaría en rendimientos muy bajos y en un nivel de aptitud, **NA**.

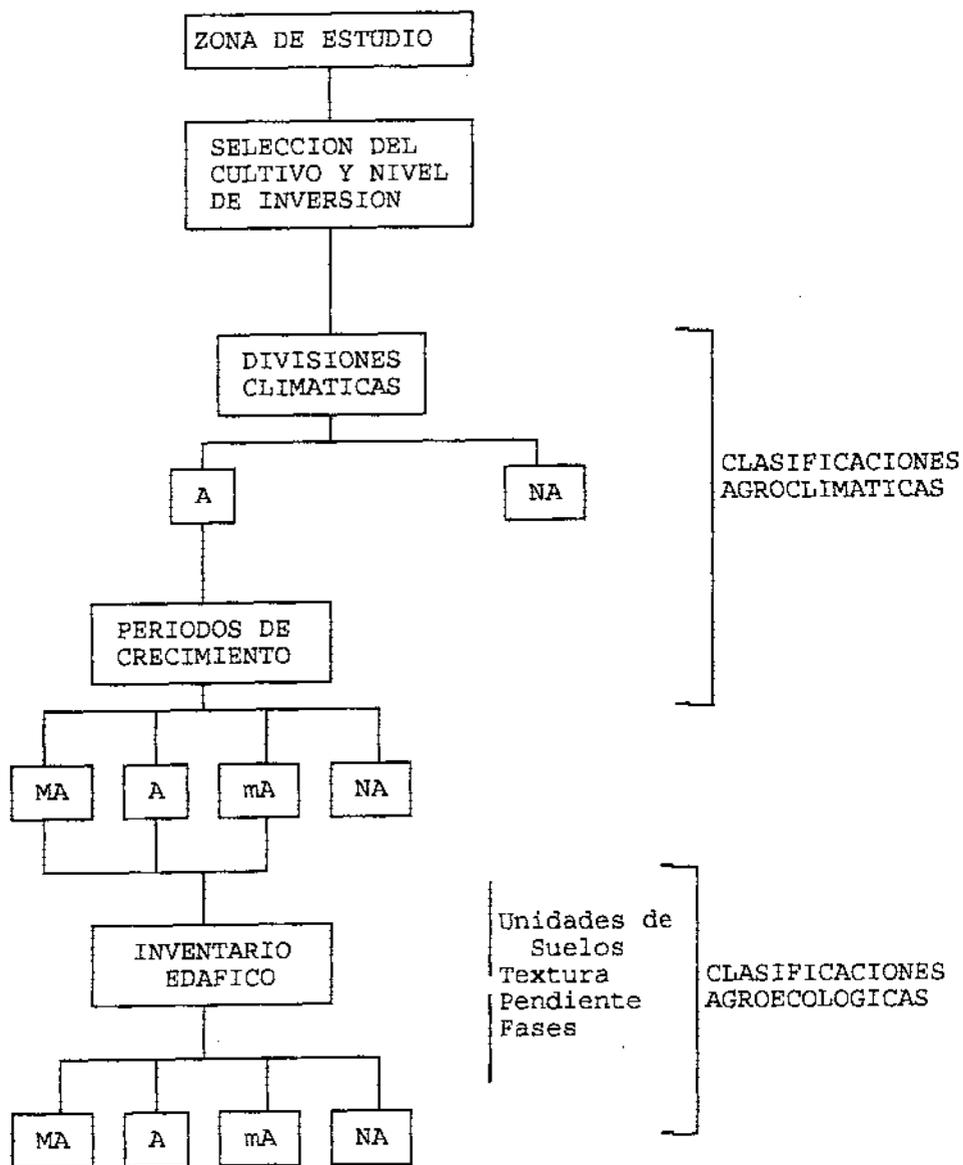


Figura 1.. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica de cultivos (Ortiz, 1987)

Para analizar la posibilidad de producción de cultivos con base en lo anterior, la metodología puede dividirse en dos grandes etapas: a) realizar un inventario climático y b) un inventario edáfico.

3.2.1. Inventario climático

La elaboración de un inventario climático de acuerdo a los lineamientos de FAO (1978, 1981) consta de dos etapas: 1) Definición de las Divisiones Climáticas Mayores, y 2) Obtención de los Períodos de Crecimiento.

Para la obtención del inventario climático y la determinación de los períodos de crecimiento, se utiliza la información climática de las normales climatológicas, de las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio.

3.2.1.1. Divisiones Climáticas.

La FAO (1978), citado por Ortíz (1987); menciona que para establecer las divisiones climáticas, como primer paso se considera el efecto de la latitud, en espacio y tiempo, sobre la temperatura media. Para lo cual, las temperaturas medias mensuales son convertidas a temperaturas a nivel del mar, considerando un gradiente altotérmico de 0.5 °C/100 m de elevación. Si todos los meses resultan con una temperatura media mayor de 18 °C se le denomina **Tropical**, cuando existe un período con temperaturas medias mensuales menores a 18 °C pero mayores a 5 °C se le llama **subtropical** y cuando éstos últimos son menores a 5 °C se designa como **templada**. Las zonas subtropicales a su vez se dividen de acuerdo a la estación lluviosa (esto es, subtropical con lluvias en invierno o subtropical con lluvias en verano).

Posteriormente se considera el efecto de la altitud sobre las temperaturas medias durante el período de crecimiento (y por ende la distribución de los cultivos) y las divisiones tropicales y subtropicales con lluvias en verano se dividen en cuatro climas mayores, esto es: CALIENTE (mayor de 20 °C), MODERADAMENTE FRESCO (entre 15 y 20 °C), FRESCO (entre 5 y 15 °C) y FRÍO (menor de 5 °C).

Las divisiones subtropical con lluvias en invierno y templada, son divididas a su vez en dos climas mayores: Frescos y Fríos.

Lo anterior origina un total de 14 climas mayores para todo el mundo, como se muestra en el cuadro 1 y los cultivos que son adaptables se indican en el cuadro 2.

3.2.1.2. Períodos de Crecimiento.

La FAO (1978), define al período de crecimiento como el número de días durante el año en los que existe disponibilidad de agua y de temperaturas favorables para el desarrollo de un cultivo.

Metodológicamente el período de crecimiento es el número de días durante el año en el cual la precipitación (P) excede a la mitad de la evapotranspiración potencial, más el período requerido para evapotranspirar 100 mm de agua proveniente del exceso de precipitación (o menos si no es disponible) y almacenada en el perfil del suelo. Adicionalmente, en cualquier intervalo de tiempo durante el cual existe disponibilidad de agua, si la temperatura es muy baja (menor de 5 °C) para el desarrollo de una planta se elimina.

Cuadro 1. Climas Mayores (FAO 1981)

CLIMA	Climas mayores durante el periodo de crecimiento.		Régimen de temperatura media diaria °C durante el período de crecimiento	Apto para la consideración del grupo de cultivos 1 (*)	
	No.	Nombre			
TROPICALES Todos los meses con temperatura media mensuales corregidas a nivel del mar mayores a 18 °C.	1.	Tropicales Calientes	Más de 20	II y III	
	2.	Tropicales moderadamente frescos	de 15 a 20	I y IV	
	3.	Tropicales frescos	entre 5 y 10 hasta 15	I	
	4.	Tropicales fríos	Menos de 5	No Apto	
SUBTROPICALES Uno o más meses con temperatura media mensual corregida a nivel del mar, menor de 18 °C, pero todos los meses mayores a 15 °C.	5.	Subtropicales (lluvias en verano) calientes/moderadamente frescos.	Más de 20	II y III	
	6.	Subtropicales (lluvias en verano) calientes/moderadamente frescos.	entre 15 y 20	I y IV	
	7.	Subtropicales calientes (lluvias en verano)	Más de 20	II y III	
	8.	Subtropical.	entre 15 y 20	I y IV	
	9.	Subtropicales frescos (lluvias en verano).	entre 5 y 10 hasta 20	I	
	10.	Subtropicales fríos (lluvias en verano).	Menos de 20	No apto	
	11.	Subtropicales frescos (lluvias en invierno).	entre 5 y 10 hasta 20	I	
	12.	Subtropicales fríos (lluvia en invierno).	Menos de 5	No apto	
	TEMPLADOS Uno o más meses con temperaturas media mensual corregidas a nivel del mar menor de 5 °C.	13.	Templados frescos	entre 5 y 10 hasta 20	I
		14.	Templados fríos	Menos de 5	No apto

1 (*) véase cuadro (2).

Cuadro 2. Grupo de adaptabilidad de cultivos, en base a la forma fotosintética y respuesta a la radiación y temperatura.

Grupo de adaptabilidad de cultivos.	I	II	III	IV
Forma fotosintética	C3	C3	C4	C4
Temperatura óptima para fotosíntesis	15 - 20	25 - 30	30 - 35	20 - 30
Principales Cultivos	Remolacha Frijol Trigo Cebada Avena Papa Haba (TE) Garbanzo Girasol	Soya (TR) Frijol Arroz Yuca Camote Ñame Haba (TR) Cacahuete Algodón Tabaco Plátano Cocotero Caucho Palma de Aceite Girasol Cártamo Ajonjolí	Sorgo (TR) Maíz (TR) Mijo Caña de Azúcar	Mijo (TE, TH) Sorgo (TE, TH) Maíz (TE, TH)

Fuente : FAO (1981).

TE = Cultivos de clima templado
 TR = Cultivos de clima tropical
 (TE, TH) = Cultivos de gran altitud de climas templados y tropicales

De acuerdo a lo anterior, el período de crecimiento se calcula en base a la disponibilidad de agua y temperatura.

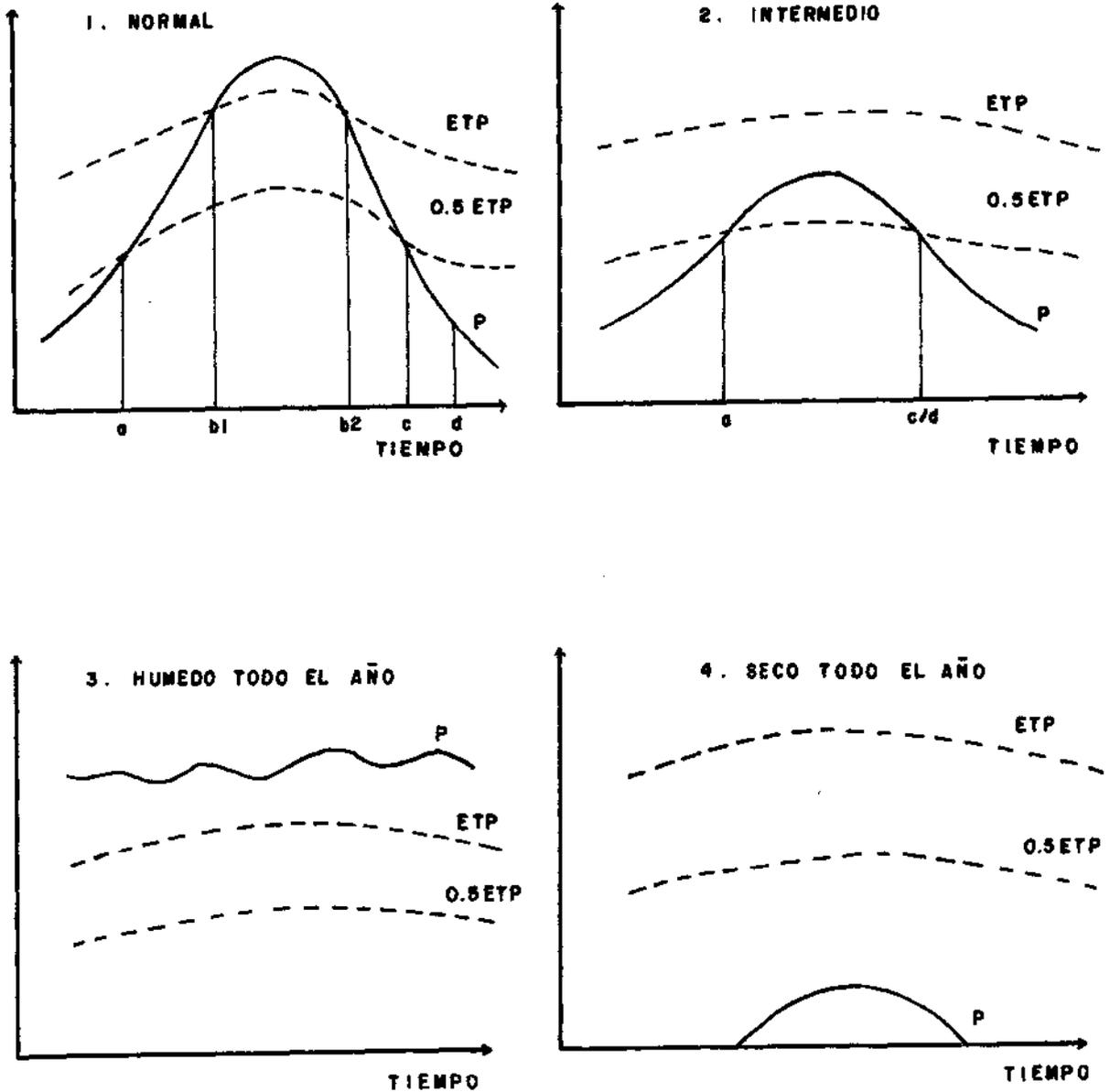
3.2.1.2.1. Período de crecimiento por disponibilidad de agua.

Para el cálculo del período de crecimiento por disponibilidad de agua se efectúa un balance de humedad, comparando la precipitación (P) con la evapotranspiración potencial (ETP). Los datos de P y ETP son mensuales, aunque recientemente se ha indicado que pueden ser en períodos de 10 días (FAO, 1985), y la ETP es estimada con el método de Penman.

En la Figura 2 se muestran los tipos de períodos de crecimiento, según FAO (1978). El período de crecimiento **NORMAL** inicia cuando la $P = 0.5 \text{ ETP}$ y también se le denomina a este punto inicio de las lluvias. Cuando P es mayor que la ETP se tiene un período húmedo, en esta etapa al existir un exceso de agua se supone que hay un almacenamiento en el perfil del suelo. Posteriormente cuando $P = 0.5 \text{ ETP}$ se considera como la terminación de la temporada de lluvias, después de la cual la planta puede seguir viviendo con el agua almacenada en el suelo. El valor de 100 mm de capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, es un valor promedio entre la capacidad de almacenamiento para suelos someros (50 mm) y suelos profundos (150 mm).

Otro tipo de período de crecimiento es el **INTERMEDIO** cuya diferencia con el normal se debe a la falta de período húmedo, es decir, no existen excesos de agua, por lo que se considera que no hay reservas de humedad en el suelo. Esta situación origina que el inicio y la terminación de la temporada de lluvias coincida con el inicio y la terminación del período de crecimiento. En el Período **HÚMEDO TODO EL AÑO** la P es mayor que la ETP en todos los meses, por lo que se considera un período de crecimiento de 365 días y en el período **SECO TODO EL AÑO**, la

Figure 2. Tipos de períodos de crecimiento (FAO, 1981)



Donde:

- a: Comienzo de las lluvias y del período de crecimiento.
- b_1 , b_2 : Inicio y fin del período húmedo.
- c: Final del período de lluvia.
- d: Final del período de crecimiento con humedad almacenada.
- P: Precipitación.
- ETP: Evapotranspiración potencial.

P es menor a 0.5 ETP, resultando que no existe humedad para el desarrollo de una planta, considerándose como un período de 0 días.

3.2.1.2.2. Período de crecimiento por disponibilidad de agua y temperatura.

Otro aspecto importante es re-evaluar al período de crecimiento con la temperatura. Al no contar con datos de temperatura diaria se optó por eliminar los meses que tuvieran una temperatura media mínima inferior a 6.5 °C, porque existen suficientes evidencias para establecer que a dichas temperaturas se presentará al menos un día con heladas en nuestro país.

3.2.1.3. Clasificación agroclimática

La siguiente fase dentro del proyecto de zonas agroecológicas de FAO (1978, 1981), fué el desarrollo de una serie de clasificaciones agroclimáticas para cultivos específicos. Para lograrlo fué necesario restringir su aplicación a divisiones climáticas específicas y para un nivel de inversión dado. De esta manera el rendimiento de un cultivo en condiciones de secano depende del período de crecimiento.

CP-SARH (1990), señalan que la relación lógica que se espera entre el rendimiento y los períodos de crecimiento es de forma sigmoidal. Esto significa que a medida que aumenta el período de crecimiento aumenta el rendimiento hasta un máximo después del cual tiende a disminuir. Lo anterior es posible explicarlo por la deficiencia y el exceso de humedad.

A través de las gráficas (Figs. 3 y 4) es posible entender que existe un período de crecimiento óptimo para la producción de un cultivo. Sin embargo, el establecer un solo número no sería adecuado si el objetivo es el zonificar. Por esta razón se consideró conveniente por la FAO, el establecer intervalos utilizando criterios económicos y referido al rendimiento máximo.

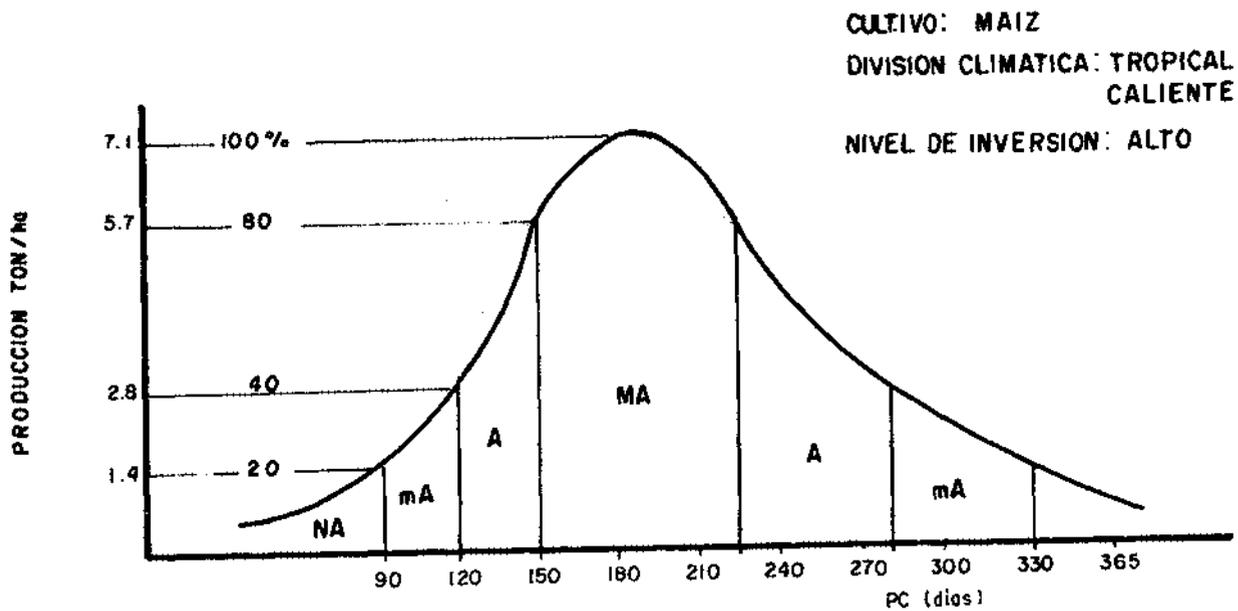


Figura 3. PRODUCCION DEL MAIZ A UN NIVEL DE INVERSION ALTO

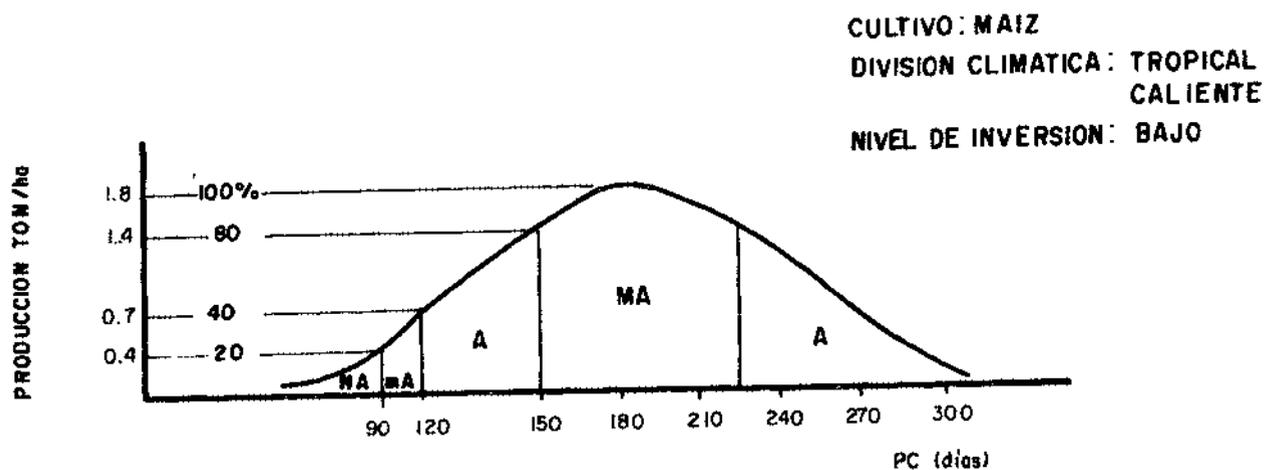


Figura 4. PRODUCCION DEL MAIZ A UN NIVEL DE INVERSION BAJO

FUENTE: CP - SARH (1990).

En general se puede indicar que existen cuatro clases de aptitud: Muy Apta (**MA**), Apta (**A**), marginalmente Apta (**mA**) y No Apta (**NA**). La clase **MA** involucra rendimientos que varían del 80 al 100% del máximo; La clase **A** del 40 al 80%, la clase **mA** del 20 al 40% y la **NA** menos del 20%. Económicamente lo anterior significa que **MA** tendrá ganancias; la **A** tendrá ganancias; la **mA** no tiene ganancias pero tampoco pérdidas y la **NA** siempre tendrá pérdidas.

Resulta conveniente hacer notar que la diferencia entre niveles de inversión respecto al rendimiento de un cultivo es aproximadamente de 1 a 4, esto es, con el nivel de inversión alto es posible obtener hasta cuatro veces lo que se produce a un nivel de inversión bajo.

Con los valores de rendimientos que corresponden al 20, 40 y 80% del máximo posible, al ubicarlos en las gráficas (Figs. 3 y 4), se relacionan con los valores de períodos de crecimiento y de esa forma se generan los límites de las clases de aptitud.

Para el caso mostrado en la Fig. 3, Maíz en la división climática Tropical Caliente con un nivel de inversión Alto, el rendimiento máximo que puede obtenerse es de 7.1 ton de grano/ha; La zona **NA** (con menos del 20% del rendimiento máximo) corresponde a un período de crecimiento (PC), menor de 90 días; las zonas **mA** (20 al 40%) se ubican entre los 90 y 119 días y de los 285 a 365 días de PC; las zonas **A** (40 - 80%) entre los 120 a 149 días y de los 225 a 284 días de PC; y ; la zona **MA** (80 - 100%) entre los 150 y 224 días de Período de Crecimiento.

De igual forma se procede para cada cultivo por División climática y nivel de inversión.

En el cuadro (3), se presentan los valores propuestos por la FAO (1978), para cultivos de temporal.

Cuadro 3. Clasificaciones agroclimáticas propuestas por la FAO (1978, 1981).

Cul-tivo	D C	N I	NA	mA	A	MA	A	mA	NA
Caca-huate	T.C.	A	< 90	90-119	120-149	150-239	240-299	300-364	>365
		B	< 90	90-119	120-149	150-239	240-299	300-364	>365
Arroz	T.C.	A	<120	120-179	180-239	240-329	330-365		
		B	<120	120-179	180-239	240-329	330-365		
Maíz	T.C.	A	<90	90-119	120-149	150-224	225-284	285-365	
		B	<100	100-119	120-149	150-224	225-364	>365	
	T.T.	A	<150	150-164	165-209	210-284	285-314	315-365	
		B	<150	150-164	165-209	210-284	285-329	330-365	
Fri-jol	T.C.	A	<90	90-119	120-149	150-224	225-284	285-364	
		B	<90	90-119	120-149	150-194	195-254	255-329	
	T.T.	A	<120	120-149	150-164	165-209	210-284	>284	
		B	<120	120-149	150-164	165-209	210-329	>329	
Sorgo	T.C.	A	<82	83-104	105-149	150-209	210-239	240-269	>269
		B	<90	90-119	120-149	150-209	210-239	240-269	>269
	T.T.	A	<150	150-164	165-209	210-254	255-284	285-314	>314
		B	<150	150-164	165-209	210-254	255-284	285-314	>314

Fuente : FAO (1981).

3.2.2. Inventario edáfico

Después de evaluar una zona para la producción de un cultivo desde el punto de vista climático, se analiza si dispone o no de suelos adecuados para su producción.

3.2.2.1. Unidades de suelos

Para evaluar los suelos, se considera la clasificación de suelos originada por la FAO (1978), la cual en un sentido estricto no es un sistema de clasificación. Es un sistema bicategorico que comprende a la UNIDAD (categoría alta) y SUBUNIDAD (categoría baja). La unidad tiene una equivalencia aproximada aunque no completa con el nivel de "Grandes Grupos" de la Taxonomía de Suelos de E.U.A.. La subunidad está formada por integrados o suelos con horizontes o características especiales.

Se definen 26 unidades (hasta antes de la versión corregida de 1988), cada una de las cuales es dividida en diferentes subunidades. Tales unidades se presentan en orden lógico, en función del grado de alteración y de evolución crecientes; las primeras se refieren a los suelos poco evolucionados e independientes de los factores climáticos, luego aparecen los suelos cuyo desarrollo se puede considerar como medio, y finalmente, las últimas unidades se refieren a los suelos en zonas de clima cálido, considerados como los más evolucionados y alterados. En el (cuadro 4), se presentan las unidades y subunidades empleadas por la FAO para la realización del mapa mundial de suelos.

Para las unidades del mapa mundial de suelos se definen 3 clases de textura (cuadro 5), 3 clases de pendientes del terreno (cuadro 6), y 12 fases (cuadro 7).

Se han propuesto fases para dividir a las clases secundarias según diferencias de características o cualidades importantes en la utilización y administración de los suelos.

Cuadro 4. Unidades y subunidades propuestos por la FAO.

FLUVISOLES (J) Jc Fluvisoles eútricos Jc Fluvisoles dístricos Jd Fluvisoles tiónicos	GREYZEMS (M) Mo Greyzems órticos Mg Greyzems gleícos	KASTANOZEMS (K) Kk Kastanozems háplicos Kk Kastanozems cálcicos Kl Kastanozems lúvicos
GLEYSOLES (G) Gc Gleysoles edtricos Gc Gleysoles calcáreos Gd Gleysoles dístricos Gm Gleysoles mólicos Gh Gleysoles húmicos Gp Gleysoles plínticos Gx Gleysoles géllicos	CAMBISOLES (B) Bc Cambisoles edtricos Bd Cambisoles dístricos Bh Cambisoles húmicos Bg Cambisoles gleícos Bx Cambisoles géllicos Bk Cambisoles cálcicos Bc Cambisoles crómicos Bv Cambisoles vérticos Bf Cambisoles férricos	CERNOZEMS (C) Ch Chernozems háplicos Ck Chernozems cálcicos Cl Chernozems lúvicos Cg Chernozems glélicos
REGOSOLES (R) Rc Regosoles edtricos Rc Regosoles calcáreos Rd Regosoles dístricos Rx Regosoles géllicos	PODZOLES (P) Po Podzoles órticos Pl Podzoles lépticos Pf Podzoles férricos Ph Podzoles húmicos Pp Podzoles plácticos Pg Podzoles glélicos	PHAEZOZEMS (H) Hh Phaezozems háplicos Hc Phaezozems calcáreos Hl Phaezozems lúvicos Hg Phaezozems gleícos
LITOSOLES (I)	PLANOSOLES (W) Wc Planosoles edtricos Wd Planosoles dístricos Wa Planosoles mólicos Wh Planosoles húmicos We Planosoles sciódicos Wx Planosoles géllicos	LUVISOLES (L) Lc Luvisoles órticos Lc Luvisoles crómicos Lk Luvisoles cálcicos Lv Luvisoles vérticos Lf Luvisoles férricos La Luvisoles álbicos Lp Luvisoles plínticos Lg Luvisoles gleícos
ARENOSOLES (Q) Qc Arenosoles cámbicos Ql Arenosoles lúvicos Qf Arenosoles férricos Qs Arenosoles álbicos	ACRISOLES (A) Ac Acrisoles órticos Af Acrisoles férricos Ah Acrisoles húmicos Ag Acrisoles gleícos	PODZOLUVISOLES (D) Dc Podzoluvisoles edtricos Dd Podzoluvisoles dístricos Dg Podzoluvisoles gleícos
RENOSINAS (E)	SOLONCHAKS (Z) Zc Solonchaks órticos Zm Solonchaks mólicos Zt Solonchaks taquiricos Zg Solonchaks gleícos	FERRALSIBLES (F) Fc Ferralsibles órticos Fx Ferralsibles xánticos Fr Ferralsibles ródicos Fh Ferralsibles húmicos Fa Ferralsibles ácricos Fp Ferralsibles plínticos
RANKERS (U)	OLONETZ (S) So Solonetz órtico Sm Solonetz mólico Sg Solonetz gleíco	HISTOSIBLES (O) Oc Histosibles edtricos Od Histosibles dístricos Ox Histosibles géllicos
ANDOSIBLES (T) Tc Andosibles ácricos Tm Andosibles mólicos Th Andosibles húmicos Tv Andosibles vítricos	VERMOSIBLES (Y) Yh Vermosibles háplicos Yk Vermosibles cálcicos Yy Vermosibles gipsícos Yl Vermosibles lúvicos Yt Vermosibles taquiricos	NITOSIBLES (N) Nc Nitosibles edtricos Nd Nitosibles dístricos Nn Nitosibles húmicos
VERTISIBLES (V) Vp Vertisibles pélicos Vc Vertisibles crómicos	XEROSIBLES (X) Xh Xerosibles háplicos Xk Xerosibles cálcicos Xy Xerosibles gipsícos Xl Xerosibles lúvicos	

Fuente : FAO (1978)

3.2.2.2. Textura

Se reconocen 3 clases texturales, y se indican en el mapa con las cifras 1, 2 y 3:

En el cuadro (5), se presentan las definiciones de las texturas que pertenecen a cada clase textural.

Cuadro 5. Clases texturales

C l a s e	Incluye a las texturas siguientes
1. Textura gruesa	Arenas, arenosos francos y franco arenosos con menos del 18% de arcilla.
2. Textura media	Franco arenosos, francos, franco arcillo arenosos, franco limoso, limosos, franco arcillo limosos y arcillo limosos con menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena, la fracción arena puede llegar hasta el 82% si presenta un mínimo de 18% de arcilla.
3. textura fina	Arcillas, arcillo limosos, arcilla arenosas, franco arcillosos y franco arcillo limosos con más del 35% de arcilla.

Fuente : FAO (1978).

La clase textural se dá para el suelo que predomina en cada asociación de suelos y se refiere a la textura de los 30 cm superiores del suelo, que son los que tienen importancia para el cultivo y la retención del agua.

3.2.2.3. Pendiente

La pendiente es un carácter integrante de la superficie del terreno. Tiene influencia sobre el drenaje, escorrentía, erosión, exposición y accesibilidad. Las clases de pendiente se refieren a la inclinación que predomina en la zona que comprende una asociación de suelos.

Se distinguen 3 clases de pendiente, indicadas en el mapa por los símbolos a, b y c.

En el cuadro (6), se definen las pendientes correspondientes a cada clase.

Cuadro 6. Clases de Pendiente

Clase de pendiente	Descripción
a	Horizontal a suavemente ondulado, las pendientes dominantes varían entre 0 y 8%.
b	Fuertemente ondulado a colimado; las pendientes dominantes varían entre 0 y 30%.
c	Empinadamente socavado o montañoso, las pendientes dominantes están por encima del 30%.

Fuente : FAO (1978).

3.2.2.4. Fases

Las fases son subdivisiones de las unidades del suelo basadas en las características que son significativas desde el punto de vista del uso o aprovechamiento del suelo, pero que no son de diagnóstico para la separación de las propias unidades. Las fases reconocidas en el Mapa Mundial de Suelos son: Pedregosa, lítica, pétrica, petrocálcica, petrogípsica, petroférrica, freática, con fragipán, con duripán, salina, sódica y cerrado.

En el cuadro (7), se presentan las descripciones de las fases de

Cuadro 7. Fases del suelo

Fase	Descripción
Pedregosa	Zonas con fragmentos rocosos o consolidados; si tienen diámetros menores o iguales a 7.5 cm son denominados gravas y los más grandes se denominan piedras o guijarros. Normalmente se pueden utilizar herramientas manuales o equipos mecánicos simples, en estas áreas.
Lítica	Se usa cuando se presenta roca continua dura y coherente dentro de la superficie a una profundidad de 50 cm a partir de la superficie.
Pétrica	Indica suelos que muestran una capa que consta del 60% o más, en volumen, de concreciones oxídicas con otros fragmentos gruesos o de plintita endurecida o piedra ferruginosa con un espesor de 25 cm por lo menos, cuya parte superior se presente dentro de una profundidad de 100 cm a partir de la superficie.
Petrocálcica	Suelos en los que la parte superior de un horizonte petrocálcico se presenta dentro de una profundidad de 100 cm, a partir de la superficie.
Petrogípsica	Indica suelos en los que la parte superior de un horizonte petrogípsico se presenta dentro de una profundidad de 100 cm.
Petroférica	Indica suelos en los cuales la parte superior del horizonte petroférico se presenta dentro de una profundidad de 100 cm.
Freática	Indica suelos que tienen una capa freática entre los 3 y 5 m a partir de la superficie.
Fragipán	Indica suelos que tienen un fragipán cuya parte superior se presenta dentro de una profundidad de 100 cm a partir de la superficie.
Duripán	Indica suelos que tienen un duripán, cuya parte superior se presenta dentro de una profundidad de 100 cm a partir de la superficie.
Salina	Indica suelos que en algún horizonte, dentro de una profundidad de 100 cm a partir de la superficie, muestra valores de conductividad eléctrica en el extracto de saturación mayores de 4 mmhos/cm a 25 °C.
Alcalina	Indica suelos que tienen más del 6% de saturación con sodio intercambiable en algún horizonte, dentro de una profundidad de 100 cm.
Cerrado	Es un nombre brasileño para designar llanuras de campo abierto de las sabanas tropicales, con vegetación compuesta de gramíneas altas y árboles de bajo porte, que están muy extendidas en el centro de Brasil.

Fuente : FAO (1978).

3.2.3. Tipos de utilización de la tierra

Una vez seleccionados los cultivos para su evaluación, es necesario definir las condiciones bajo las cuales se desarrollan. Sin ésta definición la evaluación no es válida, debido a que la aptitud para un cultivo varía en forma considerable de acuerdo a las circunstancias bajo las cuales es producido. Lo anterior puede ilustrarse con los siguientes ejemplos: 1) Tierras con pendientes del 14% o muy pedregosas, normalmente no son aptas para labores mecanizadas, pero pueden cultivarse con herramientas manuales, y 2) Suelos muy pesados, como los Vertisoles, no pueden ser cultivados con herramientas manuales, pero son aptos para las labores mecanizadas.

De esta forma, la descripción de las circunstancias de cómo se cultiva, es indispensable para lograr una evaluación adecuada de la tierra. En tales descripciones deberán incluirse inversiones, productos, nivel de conocimiento técnico, tecnología empleada, tenencia y tamaño de parcelas, orientación al mercado, etc. y globalmente son conocidas como tipos de utilización de la tierra (FAO, 1978).

Ortiz (1987), señala que a nivel nacional es difícil establecer una definición detallada de los tipos de utilización de la tierra, debido a la amplia variación de factores económicos, sociales y de manejo en diferentes regiones. Por lo anterior, se adoptó en este estudio una generalización de los tipos de utilización de la tierra (propuestos por Ortiz, 1987), denominadas de Inversión Baja y de Inversión Alta de capital, con los atributos que aparecen en el cuadro 8.

Cuadro 8. Características de los Niveles de Inversión.

CONCEPTO		INVERSION BAJA	INVERSION ALTA
Producto y Producción		El cultivo bajo condiciones de temporal, considerados como cultivos solos y nó como cultivos múltiples.	El cultivo bajo condiciones de temporal, considerados como cultivos solos y nó como cultivos múltiples.
Orientación al Mercado		Producción de subsistencia	Producción Comercial
Intensidad de Capital		Bajo	Alto
Intensidad de Trabajo		Alta, incluyendo el trabajo familiar sin pago	Baja, el trabajo familiar es pagado
Fuente de Potencia		Labores y herramientas manuales	Mecanización completa, incluyendo operaciones de cosecha
Tecnología empleada		Cultivares locales sin, (o suficiente) aplicación de fertilizantes, sin control químico de plagas y enfermedades, períodos de descanso, sin irrigación y sin control de agua	Cultivares de Alto rendimiento. Adecuada aplicación de fertilizante, control químico de plagas, enfermedades y malezas. Sin períodos de descanso, sin irrigación y sin control de agua
Requerimientos de infraestructura		No es esencial la accesibilidad al mercado, inadecuado servicio de asistencia técnica	Son esenciales vías de comunicación y accesibilidad al mercado. Buen servicio de asistencia técnica
Parcelas		Pequeñas y algunas veces fragmentadas	Grandes y juntas
Niveles de Ingreso		BAJO	ALTO

Fuente : Ortíz (1987).

3.3. Ecología del maíz

Se puede decir que el maíz se cultiva en la mayoría de los países del mundo, por ser una especie vegetal que se adapta a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas.

El cultivo de maíz en México, está ligado a factores climáticos, alimenticios y culturales. Por tal razón es uno de los principales cultivos de nuestro país.

Rubalcava (1988), menciona que la importancia del cultivo de maíz radica en el hecho de que históricamente es la base de la alimentación mexicana ya que aproximadamente el 75% de la población nacional aprovecha de este cereal la mayor parte de las calorías para su alimentación. El maíz se consume 4 veces más que el frijol, 10 veces más que el trigo y 50 veces más que la carne.

Flores (1965), citado por García et al. (1989), menciona que el maíz se cultiva desde el nivel del mar hasta alturas superiores a 3000 m; y los estados que sobresalen por su producción son: Jalisco, Veracruz, Guanajuato, Michoacán, Chiapas, México, Puebla, Zacatecas, Chihuahua, Oaxaca y Tamaulipas.

Ortíz (1974) al citar el trabajo de Rust y Odell, menciona que la mayor parte de la variación en la producción de maíz se asocia más con las variables climáticas que con las de suelo y manejo.

Contreras (1992), señala que el maíz se produce en climas que varían desde la zona templada hasta la tropical durante el período en que las temperaturas medias diurnas son superiores a los 15 °C y sin heladas. Cuando las temperaturas medias diurnas durante la estación vegetativa son mayores de 20 °C, las variedades tempranas tardan en madurar de 80 a 110 días y las variedades medias de 110 a 140 días; cuando las temperaturas medias diurnas son inferiores a 20 °C se amplía el número de días para llegar a la madurez, en unos 10 a 20 para cada 0.5 °C de disminución de la temperatura, dependiendo de la variedad, y para 15 °C el cultivo de maíz de grano tarda de 200 a 300 días en madurar.

El mismo autor señala que las necesidades de temperatura, expresadas como suma de las temperaturas medias diurnas, para las variedades de tipo medio, son de 2 500 a 3 000 días grado, mientras que

las variedades tempranas necesitan alrededor de 1 800 y las variedades tardías 3 700 o más días grado.

Hubbel (1978), citado por Mendez (1981), menciona que en lo referente a la Edafología del maíz, el cultivo prospera mejor en suelos fértiles bien drenados y migajonosos. Sin embargo el maíz se cultiva en toda clase de suelo.

Sánchez (1975), citado por Márquez (1990), reporta que la temperatura óptima oscila entre 25 y 30 ° C, con respecto a la humedad son necesarios más de 500 mm bien distribuidos: se cultiva desde 300 hasta 2 500 m, su distribución abarca los 40° de latitud (tanto Norte como Sur), el fotoperíodo óptimo es de 11 a 14 horas luz y se recomiendan suelos francos.

Doorembos y Kasam (1979), mencionan que el maíz es un usuario eficiente del agua en cuanto a la producción total de materia seca, y entre los cereales es potencialmente el cultivo de grano de mayor rendimiento, reportando que los requerimientos de humedad oscilan entre 500 y 800 mm de agua.

Los mismos autores, con relación a las necesidades de fertilizante reportan 200 kg N/ha; 50 a 80 Kg P/ha; y, de 60 a 100 kg K/ha para variedades de alta producción.

Con respecto a la salinidad, consideran al maíz como un cultivo moderadamente sensible, reportando que la disminución del rendimiento como consecuencia del aumento en la salinidad es: de 0% para CEe de 1.7 mmhos/cm; de 10% para 2.5; de 25% para 3.8; de 50% para 5.9 y 100% para CEe de 10 mmhos/cm.

3.4. Variedades recomendadas para el Estado de Guerrero.

El Campo Experimental Iguala (1992), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (CEIGUA-INIFAP-SARH), señala como variedades de maíz, recientemente liberadas, para el Trópico de Guerrero y áreas similares (entre 20 y 1 200 m s n m, y precipitación entre 800 y 1 200 mm), a las siguientes:

- VS-529 Variedad que se adapta principalmente a las regiones semisecas de la Zona Norte y Tierra Caliente del Estado de Guerrero. Es de altura intermedia-baja (2.50 m) y ciclo vegetativo intermedio-precoc (54 días a la floración y 115 días a la cosecha). El grano es de color blanco y longitud promedio de mazorca de 17 cm. Se obtuvo a partir de VS-521 y VS-524. Rendimiento de 3.5 a 5.5 ton/ha; fué liberada en 1987.
- VS-535 Variedad de amplia adaptación, cuya respuesta óptima se obtiene bajo condiciones de alta productividad (suelos planos, profundos con buen temporal o riego). La altura de la planta es intermedia (2.60 m) y ciclo vegetativo intermedio (59 días a la floración y 120 días a la cosecha). El grano es blanco dentado-cristalino, con longitud de mazorca de 21 cm. Rendimiento de 4.5 a 6.5 ton/ha; fué liberada en 1990.
- V-531 Variedad con adaptación y buen rendimiento en ambiente de productividad media y alta. Su potencial productivo lo expresa principalmente en la región Costa del Estado, y en general en la faja costera del litoral del Pacífico, desde Chiapas hasta Michoacán. Presenta altura de planta intermedia (2.55 m), ciclo vegetativo intermedio (57 días a la floración y 120 días a la cosecha). Grano blanco dentado y longitud promedio de mazorca de 18 cm. Rendimiento de 3.8 a 5.8 ton/ha; liberada en 1990.
- HE-2 Es un híbrido experimental de cruce simple, obtenido en Iguala, Gro. , cuyo proceso de validación termina en 1992. Recomendada para zonas de alta productividad. Tiene un potencial productivo hasta de 8.0 ton/ha; con 62 días a la floración y 130 días a la cosecha. Presenta hojas erectas y altura de planta de 2.60 m. es de grano grande, color blanco cristalino.

En el cuadro (9), se presentan las variedades de maíz autorizadas por SARH para el ciclo primavera-verano 1991 para el Estado de Guerrero.

Cuadro 9. Variedades de maíz recomendadas por SARH para el ciclo primavera-verano en 1991.

REGION	VARIEDAD	CICLO VEGETATIVO (DIAS)
CALIDA 0 - 1 200 m s n m	H 507	130 - 140
	VS-521	120 - 125
	V-454, VS-529, H-419, H-422, V-530, VS-535	125 - 130
	V-531, V-532, V-425, V-526, V-424	105 - 110
SEMICALIDA 1 200 - 1 800 m n s m	H-369	140 - 150

Fuente : SARH (1991).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. El área de estudio

4.1.1. Ubicación geográfica y política del estado de Guerrero.

El estado de Guerrero se encuentra localizado entre los paralelos 16° 18' y 18° 48' de latitud norte y en los 98° 03' y 102° 12' de longitud oeste respecto al Meridiano de Greenwich; tiene una extensión territorial de 64 282 Km² incluyendo 488 Km² de espejos de agua y territorios insulares, además de aproximadamente 500 km de longitud en litorales, que se extienden desde la desembocadura del río Balsas en los límites con el estado de Michoacán hasta el municipio de Cuajinicuilapa en los límites con el estado de Oaxaca. Por superficie ocupa el 14° lugar con relación a las demás entidades federativas; y representa el 3.3 por ciento respecto al territorio nacional (CNEMSG, 1987).

Limita al norte con los estados de México y Morelos; al sur con el Océano Pacífico; al este con los estados de Puebla y Oaxaca y al oeste con el estado de Michoacán.

El territorio estatal se divide tradicionalmente en las siguientes regiones: **Norte**, que limita de oeste a este, con los estados de México, Morelos y Puebla; La región de **Tierra Caliente** limita por el norte con los Estados de Michoacán y México. **La Montaña** situada en el oriente del Estado limita con Puebla y Oaxaca. La región **Centro**, en ella se encuentra la Ciudad de Chilpancingo, capital del Estado. Por último las dos Costas: **Costa Grande** y **Costa Chica**, la primera, de mayor superficie, se ubica como una franja extendida de noroeste a sureste sobre el Océano Pacífico y limita al noroeste con el Estado de Michoacán; la segunda, ubicada en

el sureste de la entidad, por el Este limita con el Estado de Oaxaca (Paucic, 1980).

Los límites del Estado y la ubicación de sus regiones se presentan en la Figura 5.

A partir de 1983 y a los efectos de la planeación económica, la Secretaría de Planeación y Presupuesto del Estado de Guerrero, considera al municipio de Acapulco separadamente de la Costa Chica (SEPLAP-CEPEEG, 1983).

Finalmente, cabe hacer notar que para fines censales, la SPP utiliza en cuanto a superficie por municipio, las cifras que aparecen en el cuadro (10) . La suma de dichas superficies totaliza para el Estado de Guerrero 63,794 km² cifra que difiere de la oficial proporcionada por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional y que es de 64,282 km² , en la cual se incluyen los espejos de agua y territorios insulares (SEPLAP-CEPEEG, 1983).

En el cuadro (10), se observa que la Costa Grande incluye 8 municipios y ocupa la mayor extensión, tanto a nivel región como municipal, en cambio la región Norte está compuesta por 16 municipios y es la más pequeña y , la región de La Montaña la conforman 17 municipios y es la más fraccionada.

4.1.2. Caracterización ambiental

4.1.2.1. Fisiografía

En el Estado de Guerrero se presentan dos sistemas orográficos: el septentrional, derivado de la cordillera neovolcánica y el meridional, compuesto por la Sierra Madre del Sur. Tomando en cuenta la existencia

REGIONES

- 1 TIERRA CALIENTE
- 2 NORTE
- 3 CENTRO
- 4 MONTAÑA
- 5 COSTA GRANDE
- 6 COSTA CHICA

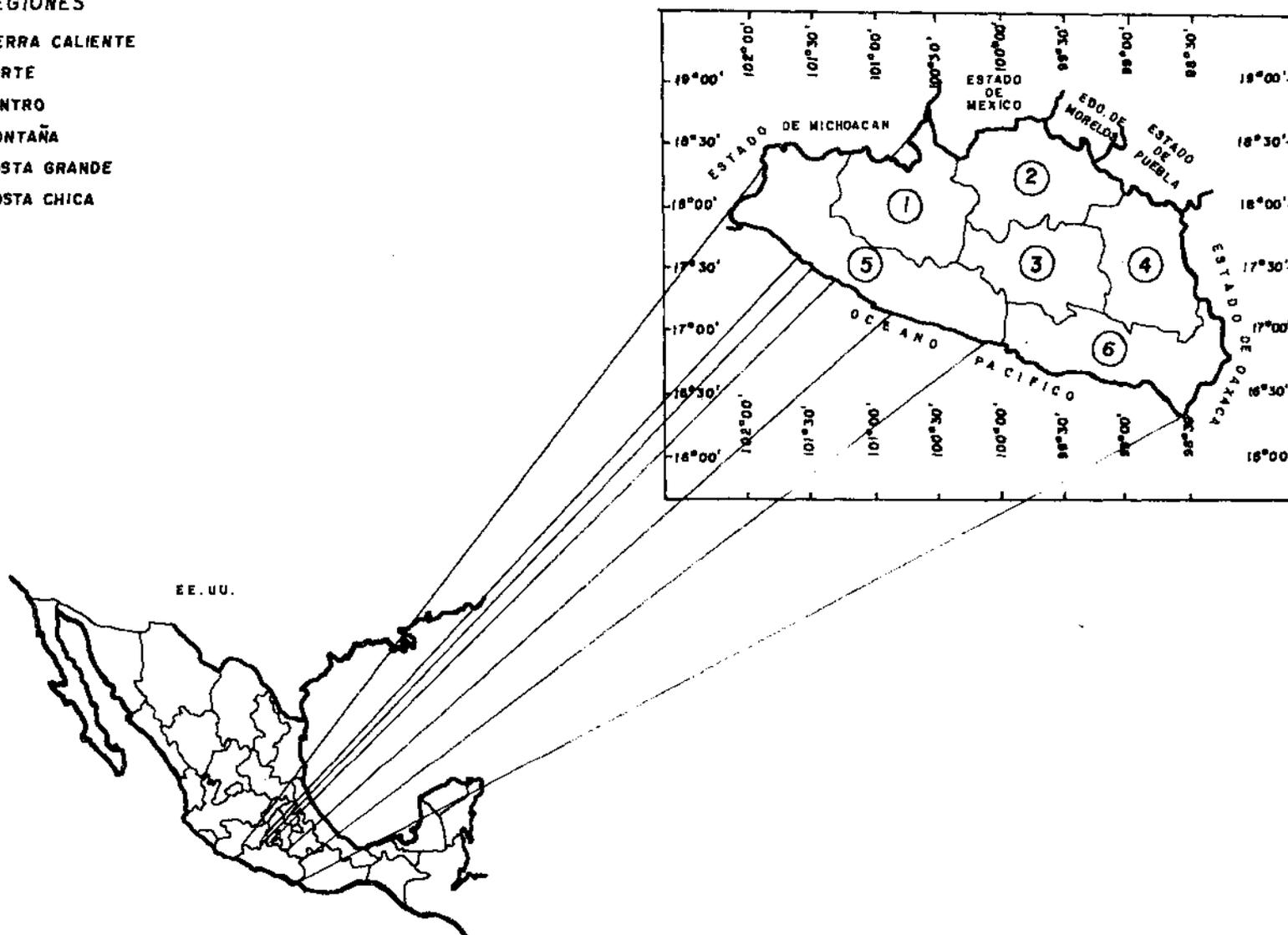


FIG. 5. LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL ESTADO DE GUERRERO
DIVIDIDO EN REGIONES.

de otras unidades que se desarrollan en torno a estos sistemas, separa a su vez cuatro zonas geomorfológicas que son : "La Septentrional, Depresión del Balsas, la Sierra Madre del Sur y las Costas" (Paucic, 1980).

En la Sierra Madre del Sur, se destacan las cumbres de la Tentación y las Sierras: de Cuchila, Coahuayutla, Sultepec, Zacualpan, Taxco, Igualatlaco, Campo Morado y Malinaltepec. Algunas sierras de menor importancia, conocidas con nombres regionales como la sierra de la Providencia ó Brea, Sierra Salto de Valdéz, y Sierra de Pajaritos (SARH, 1982).

Tradicionalmente en el Estado de Guerrero se ha denominado **Sierra** al sector occidental y **Montaña** al sector oriental. Independientemente de otros factores que pueden tomarse en cuenta para esta diferenciación regional, la primera se caracteriza por la continuidad y altura de su filo mayor donde se alinean los cerros denominados: Teotepec con 3,705 m ; Los Alzados con 3,198 m; Del Veladero con 3,192; Tejamanil o del Nudo con 3,189; Yahuitepetl o Yohualtepetl con 3,081 m; y el cerro de San Pedro o del Baule con 3,036 metros sobre el nivel del mar. La Montaña, presenta en cambio pocas alturas superiores a los 2,000 m ; es además muy irregular y se manifiesta por una sucesión de macizos y contrafuertes altos y fraccionados que ligan con desniveles muy contrastados (CEPEG, 1985).

Cuadro 10. Extensión por regiones y municipios del Estado de Guerrero.

REGION Y MUNICIPIOS	Superficie en km ²
I. REGION TIERRA CALIENTE	

Ajuchitlán	1,983.6
Arcelia	725.1
Coyuca de Catalán	2,136.4
Cutzamala de Pinzón	611.1
Pungarabato (Cd. Altamirano)	212.3
San Miguel Totolapan	2,649.1
Tlalchapa	414.3
Tlapehuala	266.7
Zirándaro	2,475.6
T O T A L	11,474.2
II. REGION NORTE	

Apaxtla de Castrejón	857.1
Atenango del Río	398.8
Buena Vista de Cuellar	338.1
Cocula	339.2
Copalillo	898.6
Cuetzala del Progreso	499.8
General Canuto A. Neri	300.4
Huitzoco de los Figueroa	921.9
Iguala de la Independencia	567.1
Ixcateopan de Cuauhtemoc	310.7
Pedro Ascencio Alquisiras	510.1
Pilcaya	62.1
Taxco de Alarcón	347.0
Teloloapan	1,116.1
Tepecoacuilco de Trujano	984.0
Tetipac	269.3
T O T A L	8,720.3
III. REGION CENTRO	

Chilapa de Alvarez	556.8
Chilpancingo de los Bravo	2,338.4
Eduardo Neri (Zumpango del Río)	1,289.6
General Heliodoro Castillo	1,613.8
Juan Ranulfo Escudero	652.6
Leonardo Bravo	852.0
Martir de Cuilapan	499.8
Mochitlán	577.8
Quechultenango	929.7
Tixtla de Guerrero	290.0
Zitlala	308.2
T O T A L	9,908.7

Cuadro 10. ... (continuación)

IV. REGION LA MONTAÑA	Superficie en km ²
Ahuacuotzingo	388.4
Alcozauca de Guerrero	551.6
Alpoyeca	155.4
Atlamajalcingo del Monte	199.4
Atlixtec	694.0
Copanatoyac	384.4
Cualac	196.8
Huamuxtitlán	432.5
Malinaltepec	492.0
Metlatonoc	1,367.3
Olinalá	1,028.1
Tlacoapa	326.3
Tlalixtaquilla	331.5
Tlapa de Comonfort	1,054.0
Xalpatláhuac	393.6
Xochihuehuetlán	191.6
Zapotitlán Tablas	820.1
T O T A L	9,007.8
V. REGION COSTA GRANDE	
Atoyac de Alvarez	1,638.4
Benito Juárez	284.9
Coahuayutla de Guerrero	3,511.5
Coyuca de Benitez	1,602.9
José Azueta (Zihuatanejo)	1,921.5
Petatlán	2,071.7
Tecpan de Galeana	2,537.8
La Unión	1,142.0
T O T A L	14,710.7
VI. REGION COSTA CHICA	
Acapulco de Juárez	1,882.6
Ayutla de los Libres	735.4
Azoyú	784.6
Copala	344.4
Cuajinicuilapa	857.1
Cuatepec	414.3
Florencio Villareal	372.9
Igualapa	266.7
Ometepec	1,100.6
San Luis Acatlán	704.4
San Marcos	960.7
Tecoanapa	776.9
Tlacoachistlahuaca	450.6
Xochistlahuaca	321.1
T O T A L	9,972.3

Fuente: SEPLAP-C.E.P.E.E.G. (1983)

Las planicies litorales ocupan una franja que se extiende a lo largo del Litoral del Pacífico, la zona entre la desembocadura del Río Balsas y Acapulco (Costa Grande), presenta un aspecto más irregular que la porción oriental (Costa Chica). En ella, se suceden una serie de bahías separadas por áreas de pendiente fuerte que interrumpen la planicie y forman en la costa puntas rocosas, como ocurre con la bahía de Zihuatanejo y el sureste de la bahía de Tequepa. Otras veces se forman verdaderos acantilados como los que se desarrollan entre Pie de la Cuesta y Acapulco. En la Costa Chica, las planicies cobran mayor significación junto a una costa regularizada debido a una buena acumulación de aluviones que forman planicies (CEPEEG, 1985).

Entre la Sierra Madre del Sur y la Cordillera Neovolcánica Transversal, se encuentra la Depresión del Balsas; aquí se presentan las llanuras mas extensas del Estado, en esta porción central se encuentran los valles de Chilpancingo, Xochipala, Tixtla y Chilapa; al norte del Estado los de Iguala, Tepecoacuilco y Huitzucó, y hacia el Oeste la zona conocida como Tierra Caliente (SARH, 1982).

4.1.2.2. Geología

En el Estado de Guerrero, se puede apreciar de manera muy general un predominio de rocas de tipo sedimentario en las regiones Centro y Norte; abarcando también parte de la Montaña y Tierra Caliente, se encuentran depósitos del Mesozoico, con extensiones de cierta importancia al noroeste de la Costa Grande.

En las dos Costas, extendiéndose hacia el Norte, Este y Oeste de Acapulco, se presentan rocas metamórficas del Jurásico, las cuales, en diversos lugares, han sido afectadas por intrusiones graníticas más recientes. Estos granitos se extienden también en un área considerable ubicada al centro de la Costa Grande. Rocas muy antiguas del Precámbrico,

se encuentran al sur de la región de La Montaña y en casi toda la Costa Chica, extendiéndose hasta Oaxaca.

Casi toda la Tierra Caliente, así como el Norte de la Costa Grande está cubierta por lavas del Terciario, sedimentos del mismo y del Cuaternario cubren en diversos lugares del Estado, a las rocas anteriormente descritas (SPP, 1982).

Entre las rocas ígneas presentes tenemos: granitos, granodioritas, pórfidos, basaltos, andesitas, rocas graníticas, lavas, brechas, tobas y riolitas. De las rocas sedimentarias: calizas, yeso, diatomitas, clásticas de rocas volcánicas, lutitas, materiales detríticos, limonitas, arenizas, conglomerados, calcarenitas y dolomitas. Y de las rocas metamórficas se reportan: gneiss, esquistos, mármoles, filitas, rocas verdes, cuarcitas y cuerpos graníticos (SARH, 1982).

4.1.2.3. Hidrología

Dentro de la República Mexicana, el Estado de Guerrero ocupa el 12° sitio en base a la disponibilidad de este recurso, siendo su aprovechamiento de 602 626 millones de m³. De acuerdo con los usos específicos del agua a nivel nacional, ocupa el 11° lugar en uso doméstico, el 16° sitio en el público, el 9° puesto en agrícola; el 15° en industria; el último en uso pecuario y el 2° en hidroeléctrica después de Chiapas (CEPEEG, 1985).

La SARH (1977), (antes SRH), dividió al país en Regiones Hidrológicas. Estas regiones comprenden una o más corrientes importantes o cierta superficie costera de interés. En el Estado de Guerrero se encuentran tres Regiones Hidrológicas:

Región Hidrológica N° 18: Río Balsas. Este río es una de las corrientes más importantes de la República, reúne una superficie de captación de 111 122 km² , de los cuales el 31% corresponde a Guerrero; recibe por su margen derecha, los afluentes de las Sierras del Norte y por su margen izquierda los aportes provenientes de la vertiente septentrional de la Sierra Madre del Sur. La región abarca el 53.6% de la superficie estatal, la integran tres cuencas, e incluye a las Presas Valerio Trujano, Las Juntas, Huitzucó, Mojarras, Vicente Guerrero, Hermenegildo Galeana, La Calera, La Comunidad, Amuco, Gral. Andrés Figueroa y José Ma. Morelos que se utilizan para riego, y las Presas de Infiernillo, José Ma. Morelos y El Caracol para generación de energía eléctrica. En proyecto de construcción está la Presa El Gallo en el municipio de Cutzamala de Pinzón, cuya finalidad es utilizarla para riego y agua potable.

Región Hidrológica N° 19: Costa Grande. Situada al suroeste del Estado, ocupa el 20% del territorio. Comprende una serie de corrientes que descienden de la Sierra Madre del Sur hacia el Océano Pacífico. Está compuesta por tres cuencas; Las aguas de los ríos Atoyac, Coyuca, Tecpan y de la Sabana, se utilizan para riego en el Distrito de Riego N° 95; Existen construcciones y proyectos para las Presas de Petatlán, San Jeronimito y Coahuayutla con uso agrícola y finalmente las Presas de Miraflores, Zihuatanejo, El Limón y Agua de Correa se utilizan para control de avenidas.

Región hidrológica N° 20: Costa Chica. Se ubica al sureste de la entidad y se extiende hasta el Estado de Oaxaca, ocupa el 26.4% del territorio y se forma por los escurrimientos australes de la Sierra Madre del Sur; está formada por tres Cuencas; las aguas de los ríos Quetzala, Santa Catarina y Cortijos son alimentadores de la Presa de Cuajinicuilapa, donde se ubica el Distrito de Riego N° 105; las aguas de los ríos Nexpa y Marquelia son afluentes de las Presas El Guineo y Nexpa

que almacenan y derivan el agua en el Distrito de Riego N° 104; finalmente los ríos Omitlán y Petaquillas o río Azul y el Papagayo que desembocan en el Pacífico, incluyen las Presas de La Venta y Ambrosio Figueroa que se utilizan para generar electricidad.

4.1.2.4. Climatología

Los climas en el Estado de Guerrero se caracterizan por la presencia de las lluvias en la mitad calurosa del año, alternada por un período extremadamente seco en la mitad fría del mismo; existe además como condición generalizada la presencia de una disminución de la precipitación entre la época de lluvias (sequía intraestival o "canícula"). el porcentaje de lluvia invernal, para todos los casos, es menor del 5%.

Según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), para las condiciones de México; al Estado de Guerrero le corresponden los climas Cálidos "A"; Semicálidos "A (C)" y "(A) C"; Secos "B" y Templados "C".

Dentro del grupo de climas Cálidos "A" se presentan los $A w_0$, $A w_1$ y $A w_2$, que van desde los menos secos hasta los más húmedos, de los Cálidos subhúmedos. Se caracterizan por presentar régimen de lluvias en verano, teniendo un porcentaje mínimo de lluvia invernal, la temperatura media anual para el $A w_0$, es de 27.2 °C; para $A w_1$, 25.9 °C; y para $A w_2$, 26.0 °C, teniendo una precipitación media anual para el $A w_0$ de 1004.7 mm; para $A w_1$, 1263.9 mm; y para $A w_2$, 1694.9 mm.

Los climas cálidos subhúmedos $A w_0$, se presentan a lo largo de las Costas, en la región de la Tierra Caliente, y en la zona Norte, excepto en las Sierras del Norte; el cálido subhúmedo intermedio $A w_1$, se distribuye en la parte intermedia entre la Costa y las partes bajas de

la Montaña y la Sierra Madre del Sur, el clima más húmedo de los calidos subhúmedos $A w_2$, se presenta en las partes bajas (australes) de la Montaña y de la Sierra Madre del Sur en sus dos vertientes.

Tanto en los Climas semicálidos $A (C)$ como en $(A) C$ se presentan las combinaciones con w_0 , w_1 y w_2 , es decir desde los más secos hasta los más húmedos; la temperatura media anual y la precipitación media anual para $A (C) w_0$ es de $20.4^{\circ}C$, y 885.8 mm; para $A (C) w_1$, $21.9^{\circ}C$ y 1109.5 mm; y para $A (C) w_2$, $21.1^{\circ}C$, y 1693.8 mm. La temperatura media anual y la precipitación media anual para el clima $(A) C w_0$ es de $20.1^{\circ}C$ y 845.1 mm; para $(A) C w_1$, $19.2^{\circ}C$ y 989.9 mm; y para el $(A) C w_2$ de $18.3^{\circ}C$ y 1040.5 mm.

El clima $A (C) w_0$, Se presenta en la parte intermedia de la región de la Montaña; $A (C) w_1$, predomina en la parte intermedia-sur de la Montaña y en la vertiente norte de la Sierra Madre del Sur; $A (C) w_2$, en la zona más austral de la región de la Montaña y en las altitudes medias de la Sierra Madre del Sur y en las Sierras del Norte.

Los climas secos "B" que se presentan son los del grupo BS, que es el clima más seco del Estado; su régimen de lluvias es en verano, siendo la estación más seca en el invierno. Se presentan las variantes S_0 y S_1 (árido y semiárido). La temperatura media anual y la precipitación media anual para el $B S_0$ son de $29.2^{\circ}C$ y 639.6 mm; y para el $B S_1$ de $29.6^{\circ}C$ y 787.1 mm.

El clima $B S_1$, se distribuye en la parte central y oeste de la Depresión del Balsas, así como en la parte final del río Balsas, en la zona de la Tierra Caliente; el clima $B S_0$, se presenta en los límites con el Estado de Michoacán, en las inmediaciones de la Presa del Infiernillo.

De los climas templados "C" los que se presentan son: C w₂, y C (m), con temperatura media anual de 16.9 ° C y 15.1 ° C , con una precipitación media anual de 1698.4 mm y 2051.2 mm respectivamente.

El clima C w₂ , se distribuye en las partes altas tanto de la Montaña como en la Sierra Madre del Sur; y, C (m), en las partes más altas tanto de la Sierra Madre del Sur como de la Montaña.

Los datos de las estaciones meteorológicas utilizadas en el presente trabajo aparecen en el cuadro (11). Corresponden a Normales Climatológicas para diferentes períodos, según se indica en el cuadro mencionado. La ubicación de las estaciones meteorológicas se observa en la figura 6.

4.1.2.5. Vegetación

La **Selva Baja Caducifolia** es el tipo de vegetación más abundante en el Estado, se encuentra en las planicies costeras y en las partes bajas de la Sierra Madre del Sur y en las Sierras del Norte, abarcando la Cuenca del Balsas casi en su totalidad. Dentro de este tipo de vegetación son "típicas las comunidades de *Bursera spp.* (chupandía), *Lysiloma spp.* (tepeguajes), *Jacarantia mexicana* (bonete), *Ipomoea spp.* (cazahuates), *Pseudobombax palmeri* (amapola), *Erithryna spp.* (colorín), *Ceiba* (pochote), *Cordia spp.* (cueramo). De éstos el género *Bursera*, llamado regionalmente cuajote o copal es el de mayor distribución (SPP, 1981).

La **selva mediana subcaducifolia** se encuentra en la porción Sureste del Estado en los límites de Oaxaca es decir la zona de los ríos Ayutla, Copala, Marquelia, Quetzala, Santa Catarina y Cortijos; hay unos pequeños manchones en la vertiente pacífica de la Sierra Madre del Sur. Se citan como componentes de este tipo de vegetación: *Brosimum alicastrum* (capomo

Cuadro 11. Ubicación y datos climatológicos utilizados en la zonificación agroecológica del Cultivo de maíz en condiciones de temporal en el Estado de Guerrero.

	ESTACION	# AÑOS		LATITUD	LONGITU	a s n m	TEMP. ANUAL	TEMP. RED. NIV DEL MAR	FORMULA CLIMATICA
		OBSERV.	T P						
1	ACAPULCO DE JUAREZ	30	29	16 50	99 56	25	27.5	27.8	A w1 (w) l w*
2	ACAPETLAHUAYA	7	10	16 28	100 04	1120	23.0	28.6	A w1 (w) (f) g w*
3	AGUA SALADA	10	10	17 11	99 38	223	28.5	29.6	A w0 (w) l g w*
4	AHUHUEPAN	10	10	18 25	99 38	710	25.4	29.0	A w0 (w) (f) g w*
5	ALCOZAUCA	29	29	17 23	99 27	1300	20.1	28.6	(A) C w0 (w) (f) g w*
6	APANGO	10	10	17 29	99 41	2180	24.5	35.3	A w0 (w) (f) g w*
7	ARCELIA	10	10	18 17	100 18	450	27.7	30.0	A w0 (w) (f) g w*
8	ARROYO FRIO	10	10	17 24	100 37	750	25.4	29.2	A w1 (w) l g
8	ATENANGO DEL RIO	18	18	18 08	99 06	620	26.3	29.4	A w0 (w) (e) g
10	ATLAMAJALCO DEL MO	10	10	17 20	99 38	1750	18.3	27.1	(A) C w2 (w) l w*
11	ATOYAC DE ALVAREZ	21	27	17 12	100 26	240	28.5	29.7	A w0 (w) l g w*
12	AVUTLA DE LOS LIBRES	22	26	18 57	99 06	200	29.4	30.4	A w2 (w) l g w*
13	BUENAVISTA DE CUELLAR	17	18	18 28	99 26	1243	23.4	29.6	A w1 (w) (f) g w*
14	CAMPO MORADO	8	12	18 08	100 19	1460	22.4	29.7	A w2 (w) l g w*
15	CARRERA LARGA	10	10	17 20	100 45	50	25.8	25.9	A w0 (w) l g w*
16	CIUDAD ALTAMIRANO	9	9	18 19	100 40	250	27.2	28.5	A w0 (w) (f) g w*
17	CIRIAN GRANDE	10	10	18 27	99 55	1140	24.2	29.9	A w0 (w) l g w*
18	COAHUAYUTLA	10	10	18 23	101 43	340	26.7	28.4	B S1 (h) w (w) l g
19	COACOYULILO	10	10	17 20	99 35	530	28.9	29.6	A w1 (w) l g w*
20	COLOTLIPA	27	28	17 25	99 09	840	24.0	28.2	A w1 (w) l g w*
21	COPALA	10	10	16 37	99 57	40	24.4	24.6	A w2 (w) l g w*
22	COPALILLO	9	10	18 20	99 07	850	26.8	30.1	B S1 (h) w (w) l g w*
23	COYUGUILLA	10	10	17 26	101 04	50	26.3	26.6	A w0 (w) l w*
24	CUAJIOTLA	10	10	17 20	99 19	450	26.2	28.5	A w2 (w) l g w*
25	CUNDANCITO	10	10	16 01	101 05	750	25.7	29.5	A w0 (w) (f) g
26	CHICHIHUALCO	9	8	17 46	99 06	1250	22.9	29.2	B S1 (h) w (w) l g w*
27	CHILAPA	11	25	17 38	99 11	1450	19.2	29.5	(A) C w1 (w) (f) g w*
28	CHILPANCIÑO	26	28	17 33	99 30	1360	21.1	27.9	B S1 (h) w (w) l g w*
29	EL CAMALOTE	9	10	17 44	101 13	500	23.4	25.9	A w2 (w) l g
30	EL GALLO	10	10	18 55	100 40	400	27.2	29.2	A w0 (w) (f) g
31	EL MANCHÓN	10	10	18 29	100 59	350	21.6	23.4	A (C) w1 (w) l g w*
32	EL PORVENIR	10	10	17 33	100 58	715	23.0	26.6	A w2 (w) l g
33	EL TERRERO	10	10	17 07	99 21	522	26.5	26.1	A w1 (w) l g
34	GUAYAMEO	10	10	18 07	101 15	825	24.6	27.7	A w0 (w) l g
35	HUEYCANTENANGO	26	26	17 27	99 03	2083	20.0	30.4	A (C) w2 (w) l g
36	HUITZUCO	16	32	18 18	99 20	768	24.5	28.3	A w1 (w) (f) g
37	IGUALA	24	24	18 21	99 32	731	25.8	26.3	A w0 (w) (f) g
38	IXCATEOPAN (ALPÓVECA)	10	10	17 38	99 31	751	24.4	28.2	A w0 (w) (f) g w*
39	IXCATEOPAN (DE CUAUHT)	10	10	18 48	99 47	1630	19.4	26.1	(A) C w1 (w) l g w*
40	IXTAPILLA	18	18	18 32	100 33	303	28.1	29.6	A w0 (w) (e) g
41	JALEACA DE CATALAN	10	10	17 24	99 51	768	25.1	28.9	A w2 (w) l g w*
42	LA PAROTA	10	10	18 55	99 40	161	20.3	27.1	A w0 (w) l g w*
43	LA UNION	10	10	17 54	101 47	100	26.7	27.2	A w0 (w) l w*
44	LAS MESAS	10	10	17 00	99 29	440	27.7	29.9	A w1 (w) l g w*
45	LOS TICUICHES	10	10	17 49	100 47	930	21.8	26.6	A (C) w1 (w) (f) g w*
46	LLANO GRANDE	9	9	17 17	98 48	1160	22.1	27.9	A w2 (w) l g w*
47	MALINALTEPEC	10	10	17 15	98 39	1689	20.2	28.6	A (C) m (w) l g
48	MEXCALA	12	28	17 58	99 38	518	29.8	32.2	B s1 (h) w (w) (f) g w*
49	NANZINTLA	10	10	17 20	99 07	980	24.7	28.8	A w1 (w) l g w*
50	OLINALA	12	28	17 47	98 45	1415	22.0	29.1	A (C) w1 (w) (f) g
51	PALO BLANCO	10	10	17 24	99 27	1267	22.3	28.6	A w1 (w) l g w*
52	PALOS ALTOS	10	10	18 34	100 51	400	27.7	29.7	A w0 (w) (e) g
53	PETATLAN	21	21	17 32	101 17	50	26.9	27.2	A w0 (w) l g w*
54	PLACERES DEL ORO	10	10	18 25	100 51	400	27.4	29.4	A w0 (w) (f) g*
55	QUETZALA (GUALAPA)	10	10	16 57	98 55	500	26.9	29.4	A w1 (w) l g w*
56	RANCHO VIEJO	10	10	18 18	101 06	780	24.1	28.0	A w2 (w) l g
57	SAN ANDRES	10	10	18 14	100 14	400	26.6	28.6	A w1 (w) (f) g
58	SAN CRISTOBAL	10	10	18 11	100 28	361	28.9	30.8	A w0 (w) (f) g
59	SAN JERONIMO	10	10	17 31	100 20	100	25.0	25.5	A w0 (w) l w*
60	SAN JERONIMO DE JUARE	10	10	17 34	101 22	20	27.2	27.3	A w0 (w) l w*
61	SAN JUAN TELCINGO	10	10	17 58	99 31	510	29.2	31.8	B s0 (h) w (w) (f) g w*
62	SAN LUIS ACATLAN	8	8	18 49	98 45	250	25.7	27.0	A w1 (w) l w*
63	SAN LUIS Y SAN PEDRO	10	10	17 20	100 15	100	26.5	27.0	A w0 (w) l w*
64	SAN MARCOS	10	10	18 48	98 27	60	27.3	27.8	A w1 (w) l w*
65	SANTO TOMAS	27	27	18 03	100 18	354	26.2	30.0	A w0 (w) (f) g
66	SANTA BARBARA	10	10	17 20	99 57	1040	22.2	27.4	A w2 (w) l g
67	SAN VICENTE	23	23	17 31	99 41	1500	18.9	24.4	C b (m) (w) l g w*
68	SANTA FE	10	10	18 07	100 40	333	26.1	27.5	A w1 (w) (f) g w*
69	SANTA ROSA	7	9	18 08	101 31	650	25.2	26.5	A w1 (w) l
70	SANTO DOMINGO	9	10	17 27	100 19	1000	23.7	28.7	A w2 (w) l g w*
71	TAXCO	30	30	18 33	99 36	1700	21.1	29.6	A (C) w2 (w) l g w*
72	TEOLOAPAN	22	22	18 22	98 52	1588	21.7	29.8	A (C) w1 (w) l g
73	TEPECOACUILCO	15	16	18 17	99 28	1012	25.8	30.9	A w0 (w) (f) g
74	TIXTLA	29	29	17 36	99 18	1445	21.1	28.3	A (C) w1 (w) l g w*
75	TLACOAPA	10	10	17 18	98 45	1320	21.8	28.4	A (C) w2 (w) l g w*
76	TLACOTEPEC	16	26	17 47	99 58	1700	20.8	29.1	(A) C w1 (w) (f) g w*
77	TILAPA	23	23	17 33	98 33	1270	25.7	32.1	B s1 (h) w (w) (e) g w*
78	TONALAPA DEL SUR	8	9	18 07	99 32	720	25.9	29.5	A w0 (w) (f) g w*
79	VALERIO TRUJANO	10	10	18 25	99 30	842	24.8	29.0	A w0 (w) (f) g w*
80	VALLECITOS	10	10	17 53	101 20	625	23.8	28.9	A w2 (w) l
81	XALTIANGUIS	26	26	17 06	99 43	205	24.4	25.4	A w1 (w) l g w*
82	XOCHIPALA	21	23	17 52	99 38	1000	24.5	29.5	B s1 (h) w (w) l g
83	XOCHITLAHUACA	16	18	18 43	98 14	52	26.5	26.8	A w2 (w) l g w*
84	ZAPOTITLAN TABLAS	8	10	17 26	98 47	1800	18.3	27.3	(A) C w2 (w) l g w*
85	ZUMPANGO DEL RIO	15	25	17 38	99 31	1096	23.5	29.0	B s1 (h) w (w) (f) g w*

Fuente: SARH (1990)

o ramón), *Enterolobium* *ciclocarpum* (parota), *Hymenaea* *courbaril* (guapinol), *Hura* *polyandra* (habillo) y otros (SAG, 1972).

La **selva baja espinosa** es un tipo de comunidad vegetal que posee la característica de que una gran parte de sus componentes arbóreos tiene espinas. Se localiza en la porción Oeste del Estado, entre la Punta Troncones y la Bahía de Petacalco.

El **Bosque de Encino** es la asociación vegetal más abundante después de la Selva baja caducifolia, se distribuye en ambas vertientes de la Sierra Madre del Sur y en las Sierras del Norte; en cuanto a las especies encontramos que: "En áreas bajas de mayor humedad es frecuente encontrar masas boscosas puras de *Quercus planicopula* (encino), a mayor altura se presentan encinares de *Quercus acutifolia* Q., *candicans* (encino blanco), *Q. castanea* (encino colorado), *Q. glaucescens* (encino memelita), *Q. laurina* (encino laurelillo), *Q. magnoliaefolia* (encino nopis), *Q. peduncularis* (roble), y *Q. tuberculata* (roble) (SAG, 1972).

El **Bosque de pino** como comunidad pura tiene una distribución limitada a manchones que se encuentran principalmente sobre la Sierra Madre del Sur y a una pequeña parte que se localiza en las Sierras del Norte. Las especies de *Pinus* que se encuentran comunmente en el Estado de Guerrero son: *Pinus strobus chiapensis* (pinabete), *P. montezumae* (ocote blanco), *P. ayacahuite* (pino ayacahuite), *P. oocarpa* (ocote trompillo), *P. teocote* (pino chino), *P. herrerae* (pino chino), *P. pseudostrobus* (pino lacio), *P. pringei* (pino), *P. michoacana* (pino escobetón), *P. douglasiana* (pino blanco), *P. rudis*, y *P. leiophylla* (pino chino). Otras especies de coníferas que se pueden encontrar son *Abies religiosa* (oyamel) y *A. guatemalensis* (pinabete) (SAG, 1972).

Al **Bosque mixto de Pino-Encino o Encino-Pino** se encuentra ubicado sobre la Sierra Madre del Sur y las Sierras del Norte, sus límites

altitudinales abarca desde los 400 m de altitud hasta las cumbres más elevadas del Estado. Las especies encontradas son similares a cuando se presentan como comunidades puras.

En el **Bosque Mesófilo de Montaña** su distribución altitudinal va desde los 600 hasta los 3000 m. El centro del Estado concentra a la mayor parte de esta comunidad, también existen manchones en el sureste del Estado. El inventario forestal del Estado de Guerrero (SAG, 1972), marca como los principales componentes de este bosque a los siguientes: *Liquidambar styraciflua* (liquidambar), *Carpinus caroliniana* (palo silo), *Clethra mexicana* (mameyito negro), *Dendropanax arboreus* (mano de león), *Ilex* sp. (naranjillo), *Juglans major* (nogal), *Celsis monoica* (escobillo), *Fraxinus uhdei* (fresno), *Ostrya* sp. (guapaque), *Podocarpus* sp. (chusnito), *Quercus* sp. (jicté), *Pronus brachybotrya* (cerezo), *Populus* spp. (álamo), *Alnus* spp. (aile), *Cornus* spp. (aceitunillo), e *Inga spuria* (chalahuite).

El **Bosque de Táscate** está ubicado en forma exclusiva sobre las Sierras del Norte. Los nombres con que se conoce comunmente a sus especies son: Cedro, Sabino, Táscate, Enebro, Nebrito y Tlaxcal, las dos primeras denominaciones son frecuentemente usadas en el Estado (SPP, 1981).

De los **Palmares** se puede decir que existen dos tipos, uno que se desarrolla en la Planicie Litoral y otro que ocupa ciertos espacios hacia el interior del Estado. El primero se manifiesta más abundante en la parte sureste entre el río Grande y los límites con el Estado de Oaxaca, las especies más abundantes en la comunidad son: *Orbignya guacuyule* (guacuyul), *O. cohune*, *Scheelea lietmanii* (corozco, coyol real), *Sabal mexicana* (guano), *Paurotis wrightii* (tasiste), *Cocos nucifera* (coco), y otros. En el otro tipo de Palmar la *Brahea dulcis* (palma de sombreros), y otros géneros de *Brahea* son los dominantes (SAG, 1972).

El **Manglar** es un tipo de vegetación que se localiza en la Laguna de Tecomate, la de Coyuca, al oeste de la Bahía de Tequepa y entre ésta y la Bahía de Potosí, así como en las cercanías de Ixtapa. se desarrolla siempre en aguas salinas o salobres y es frecuente encontrar dentro de esta comunidad el mangle rojo (*Rizophora mangle*), el mangle prieto (*Avicennia germinana*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), botoncillo (*Conocarpus erecta*) (SPP, 1981).

La **Vegetación Halófila** se desarrolla sobre suelos con un alto contenido de sales solubles; la encontramos en la parte sureste de la Bahía de Potosí y en una porción de la Laguna de Chautengo; son comunes las asociaciones de chamizos (*Atriplex spp.*), Jauja o saladillo (*Suaeda spp.*), vidrillo (*Batis maritima*), yerba reuma (*Frankenia spp.*), lavanda de mar (*Limonium californicum*), y alfombrilla (*Abronia maritima*) (SPP, 1981).

La **Vegetación de Dunas Costeras** alcanza su máxima densidad en la Costa Grande desde Coyuca de Benitez hasta San Luis San Pedro; las especies varían de un lugar a otro, las más comunes son: nopal (*Opuntia dellinii*), uva marina (*Coccoloba uvifera*), piñuela o timbiriche (*Bromelia pinguin*) y otras (SPP, 1981).

La **Sabana** se localiza en la porción sureste del Estado distribuida en forma de manchones. El estrato arbóreo está compuesto por *Byrsonoma crassifolia* (nanche), *Curatella americana* (tachicón o raspaviejo), *Crescentia alata* y *C. kujete* (jícara o cuatecomate), de las gramíneas los géneros que se pueden citar son *Paspalum*, *Andropogon*, *Aristida*, *Imperata*, *Trichachne*, *Leptocoryphium*, *Axonopus* y *Digitaria* (Rzedowski, 1978).

Existen **Pastizales** naturales e inducidos, los primeros asociados principalmente con la Sabana y los segundos provocados por la actividad

humana y pueden ser producto de la tala con fines forestales o la quema de la vegetación premeditando su aparición, existen además pequeñas porciones de pastizales cultivados . Los pastizales derivados de las zonas boscosas se localizan sobre la Sierra Madre del Sur y las Sierras del Norte; el otro tipo de pastizal derivado de la Selva Baja se ubica en las faldas de las Sierras así como en la planicie litoral y en la Cuenca del Balsas. Las especies dominantes pertenecen a los géneros: *Bouteloua*, *Hilaria*, *Trachypogon* y *Aristida*.

En el cuadro (12), se presenta el uso actual del suelo. En el se observa la distribución de la superficie estatal, en usos como el agrícola, pecuario y forestal.

4.1.2.6. Suelos

De acuerdo a la clasificación de Suelos FAO/UNESCO, en el Estado de Guerrero se identificaron 15 Unidades genéticas de suelos, 32 subunidades y 315 asociaciones; Las unidades presentes son: Acrisol, Andosol, Arenosol, Cambisol, Castanozem, Feozem, Fluvisol, Gleysol, Litosol, Luvisol, Nitosol, Regosol, Rendzina, Solonchak y Vertisol (SARH, 1982). Su localización aparece en la fig. 7.

En el cuadro (13), se incluye una breve definición de las unidades y se reportan además las subunidades que se observan en el Estado de Guerrero.

Cuadro 12. Uso Actual del Suelo en el Estado de Guerrero

CONCEPTO	CATEGORIA	AREA BRUTA (ha)	%
Agricultura	Riego	45 067	0.7
	Temporal	1 212 668	19.0
Pastizal		324 137	5.0
Bosque	Pino	203 807	3.2
	Pino-Encino	333 106	5.2
	Encino	982 470	15.4
	Encino-Pino	288 892	4.5
	Enebro	20 210	0.3
	Encino-Enebro	8 494	0.1
	Liquidambar	502	0.0
	Oyamel	8 718	0.1
	Oyamel-Pino	25 539	0.4
	Enebro-Encino	12 052	0.2
Selva	Media subperennifolia	111 414	2.0
	Sec. media subperennifolia	16 239	0.2
	Baja Caducifolia	716 168	11.2
	Sec. Baja Caducifolia	514 917	8.0
	Media Subcaducifolia	350 316	5.4
	Sec. media subcaducifolia	217 441	3.4
	Baja subcaducifolia	123 247	2.0
	Sec. baja subcaducifolia	41 026	0.6
Matorral	Subinorme	18 918	0.3
	Espinoso	408	0.0
	Subespinoso	144 795	2.2
	Crasirosulifolio	27 469	0.4
	Chaparral	442 843	7.0
	Palmar	75 561	1.2
	Vegetación halófila	1 150	1.02
	Sabana	10 454	0.2
	Manglar	4 002	0.06
	Marisma	4 128	0.06
Areas sin vegetación		7 628	0.1
Cuerpos de agua		82 210	1.3
Zonas urbanas		3 304	0.05
Area Total		6 379 400	100.0

Fuente : SARH (1982).

Cuadro 13. Unidades y subunidades de suelos (clasificación FAO/UNESCO), correspondientes al Estado de Guerrero.

UNIDADES	DEFINICION CUALITATIVA	SUBUNIDAD	SIM-BOLO
ACRISOL (A)	Suelos sumamente intemperizados con horizontes arcillosos.	órtico húmico	A o A h
ANDOSOL (T)	Cenizas volcánicas con superficies oscuras.	vítrico	T v
ARENOSOL (Q)	Suelos formados con arena.	eútrico	Q e
CAMBISOL (B)	Suelos de color claro, con cambio de estructura o consistencia debido a intemperización.	calcáico crómico dístrico eútrico húmico vétrico	B k B c B d B e B h B v
CASTANZEM (K)	Suelos con color superficial de castaña con vegetación esteparia.	calcáico háplico	K k K h
FEZEM (H)	Suelos con superficie oscura, más lixiviada que los castanzems y chernozems.	calcárico háplico lúvico	H c H h H l
FLUVISOL (J)	Suelos depositados por el agua, con pocas modificaciones.	calcárico eútrico	J c J e
GLEYSOL (G)	Horizontes moteados o reducidos debido a la humedad.	húmico mólico	G h G m
LITOSOL (I)	Suelos poco profundos sobre roca dura.		
LUVISOL (L)	Suelos de contenido mediano a alto de bases, con horizontes arcillosos.	calcáico crómico férrico órtico vétrico	L k L c L f L o L v
NITOSOL (N)	Baja capacidad de intercambio catiónico en los horizontes arcillosos.	dístrico eútrico	N d N e
REGOSOL (R)	Suelos delgados sobre materiales no consolidados.	calcárico dístrico eútrico	R c R d R e
RENDZINA (E)	Suelos poco profundos sobre piedra caliza.		
SOLOCHAK (Z)	Suelos con acumulación de sales solubles.	gléyico	Z g
VERTISOL (V)	Suelos que se agrietan con altos contenidos de arcilla montmorillonítica.	crómico vétrico	V c V p

Fuente : SARH (1982).

4.1.3. Caracterización socioeconómica

4.1.3.1. Población económicamente activa en el Estado de Guerrero.

El Estado de Guerrero es, de acuerdo a la actividad de la población económicamente activa, eminentemente Agrícola y Ganadero, de acuerdo a

los reportes de INEGI (1987), como podrá observarse en el Cuadro (14), los porcentajes de dicha actividad corresponden al 44.28% a nivel estatal contra 25.83% a nivel nacional.

Cuadro 14. Distribución sectorial de la población económicamente activa, para el Estado de Guerrero, 1980.

Actividad	Nivel Nacional	Nivel Guerrero
Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y Pesca	25.83	44.28
Explotación de Minas y Canteras	2.16	0.14
Industria Manufacturera	11.67	4.99
Electricidad y Gas	0.53	0.09
Construcción	5.87	3.14
Comercio, Restaurantes y Hoteles	7.84	6.95
Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones	3.05	2.19
Establecimientos Financieros, Seguros, Bienes Inmuebles	1.84	0.50
Servicios comunales, Sociales y Personales	10.96	13.57
Actividades insuficientemente especificadas	29.69	23.58
Desocupados que no han trabajado	0.56	0.57
T O T A L	100.00	100.00

Fuente : INEGI (1987).

4.1.4. Estadística agrícola

En el cuadro (15), se presenta la superficie sembrada de 5 cultivos básicos en condiciones de temporal para el Estado de Guerrero que comprende el período 1980 - 1985. En el cuadro mencionado, se puede observar la tendencia a disminuir del cultivo de ajonjolí, las fluctuaciones del sorgo y frijol que finalmente apuntan a la baja, el arroz en cambio tuvo un aumento al final del período. El maíz se ha mantenido con variaciones pequeñas; si se comparan las superficies

ocupadas por los cultivos se notará la importancia que presenta el cultivo de maíz para el Estado de Guerrero.

Cuadro 15. Superficie sembrada (ha) de cinco cultivos básicos en condiciones de temporal para el período 1980 - 1986. En el Estado de Guerrero.

Año	Arroz	Ajonjolí	Frijol	Maíz	Sorgo Grano
1980	912	51 497	13 817	366 006	2 152
1981	606	38 601	20 278	421 300	6 615
1982	288	29 115	12 746	436 160	3 515
1983	322	25 290	12 663	428 561	7 809
1984	487	28 325	11 598	444 229	2 927
1985	459	24 962	12 311	478 669	4 503
1986	1 159	15 588	9 240	418 840	1 988

Fuente: INEGI (1988).

4.1.4.1. Cultivos importantes de temporal

Los principales cultivos de temporal en el Estado de Guerrero, en base a la superficie cosechada son: maíz, ajonjolí, frijol, jamaica y cacahuate.

En el cuadro 16, se presentan los principales cultivos en el Estado en relación a la superficie sembrada y cosechada (ha); dentro de los cultivos cíclicos, el maíz ocupa el 87.2 y 86.3% respectivamente; el ajonjolí el 2.5% en ambos casos; el frijol 2.2 y 2.1% respectivamente; la jamaica 1.9%; y el cacahuate el 1.0% de superficie sembrada y cosechada.

Cuadro 16. Superficie sembrada y cosechada, según tipo de cultivo y principales cultivos.

Tipo de cultivo	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)
Cultivos cíclicos	535 913	489 805
Maíz	467 487	422 844
Ajonjolí	13 410	12 333
Frijol	10 889	10 802
Jamaica	9 474	9 374
Cacahuate	5 492	5 922
Melón	4 725	4 712
Sorgo grano	3 373	3 340
Sandía	2 289	2 260
Arroz	1 348	1 322
Jitomate	979	964
Ocra	510	510
Tomate de cáscara	469	469
Resto de cultivos cíclicos	15 018	14 953
Cultivos perennes	170 373	165 380
Cocotero	80 204	79 525
Café	38 515	34 458
Mango	14 816	14 806
Limón	6 257	6 257
Platano	4 237	4 200
Caña de azúcar	648	648
Resto de cultivos perennes	25 696	25 486
T O T A L	706 286	655 185

Fuente : SARH (1992).

En el cuadro (17), se presentan los volúmenes obtenidos para los principales cultivos según la disponibilidad de agua, para los diferentes Distritos de Desarrollo Rural en el Estado de Guerrero.

Del cuadro 17, destaca el volumen obtenido (ton) del cultivo del maíz, tanto en condiciones de riego (superado solo por el melón), como en condiciones de temporal.

Los Distritos de Desarrollo Rural que destacan por su diversidad de cultivos y volúmenes de producción son: Altamirano, Iguala, Las Vigas y Chilpancingo.

Cuadro 17. Volumen de la producción en el año agrícola 1991, por disponibilidad de agua, principales cultivos y Distritos.

Cultivo y Distrito	Riego (ton)	Temporal (ton)	Total (ton)
MAIZ	44 311	742 407	786 718
Altamirano	15 528	182 700	198 228
Iguala	7 978	169 421	177 399
Las Vigas	9 135	162 423	171 399
Chilpancingo	3 304	151 082	154 386
Resto de Distritos	8 366	76 781	85 147
AJONJOLI		7 388	7 388
Altamirano		4 410	4 410
Las Vigas		2 883	2 883
Resto de Distritos		95	95
FRIJOL	2 022	3 618	5 640
Tlapa	554	767	1 321
Las Vigas	331	981	1 312
Atoyac	894	283	1 177
Chilpancingo	143	867	1 010
Resto de Distritos	100	720	820
JAMAICA		2 155	2 155
Las Vigas		2 001	2 001
Resto de Distritos		154	154
CACAHUATE	179	12 948	13 127
Iguala	117	9 700	9 817
Las Vigas		1 611	1 611
Resto de Distritos	62	1 637	1 699
MELON	62 579	552	63 131
Altamirano	59 233		59 233
Resto de Distritos	3 346	552	3 898

Cuadro 17. (continuación)

SORGO GRANO	1 206	9 052	10 258
Altamirano	1 156	5 333	6 489
Iguala	50	2 469	2 519
Resto de Distritos		1 250	1 250
SANDIA	14 464	8 440	22 904
Las Vigas	1 945	6 548	8 493
Atoyac	6 248	1 648	7 896
Altamirano	4 208		4 208
Resto de Distritos	2 063	244	2 307
ARROZ	6 390		6 781
Tlapa	4 553		4 553
Altamirano	1 350		1 350
Resto de Distritos	487	391	878
JITOMATE	5 892	5 615	11 507
Iguala	3 146	3 552	6 698
Chilpancingo	1 636	1 763	3 399
Resto de Distritos	1 110	300	1 410
OKRA	2 272	367	2 639
Iguala	2 272	367	2 639
TOMATE DE CASCARA	4 347	1 967	6 314
Iguala	3 917	1 943	5 860
Resto de Distritos	430	24	454

Fuente : SARH (1992).

4.2. Descripción de la metodología utilizada

Con la finalidad de proporcionar una idea general del procedimiento empleado, en los siguientes párrafos se bosqueja el método de las zonas agroecológicas FAO (1978, 1981) y posteriormente se describe paso a paso.

Una vez establecida la zona de estudio se selecciona el cultivo y el nivel de inversión con los cuales se trabajará (véase Figura 1).

En el área de estudio se definen las divisiones climáticas (en base a la temperatura) y con ellas es posible decidir si la zona es **Apta (A)** o **No Apta (NA)**, para la producción del cultivo de interés.

Si la zona resulta Apta, entonces se calculan los períodos de crecimiento por medio de un balance hídrico que determinará el número de días con disponibilidad de agua para el cultivo. Comparando tal cantidad de días con la duración del ciclo y los rendimientos (que pueden obtenerse), se clasifican las diferentes áreas según la duración de su período de crecimiento en **Muy Apta (MA)**, **Apta (A)**, **marginalmente Apta (mA)** y **No Apta (NA)**; ésta última significa que aunque térmicamente el cultivo puede adaptarse, el temporal no es suficiente para obtener producción.

Las áreas con determinada aptitud (**MA, A y mA**) son reanalizadas por unidades de suelos (de acuerdo al sistema FAO/UNESCO), las fases cartográficas, la textura y la pendiente. Si todo es favorable para el desarrollo del cultivo, la clasificación agroclimática no cambia, pero si existen restricciones en alguno o varios de los factores considerados, entonces la clasificación agroclimática se va demeritando. Es posible encontrar las mejores condiciones climáticas y los peores suelos para el desarrollo de un cultivo, lo cual resultaría en rendimientos muy bajos y en un nivel de aptitud, **NA**.

Para analizar la posibilidad de producción de cultivos con base en lo anterior, la metodología puede dividirse en dos grandes etapas: Primero realizar un inventario climático y segundo un inventario edáfico.

4.2.1. Definición del área de estudio

Se consideró como zona de estudio al Estado de Guerrero, la escala utilizada fué 1 : 250 000, con dos niveles de inversión: Alto, para agricultura comercial y Bajo, para agricultura de subsistencia.

4.2.2. Selección del Cultivo

Se seleccionó el cultivo de Maíz para la realización del presente trabajo tomando en cuenta la importancia que tiene a nivel estatal ya que representa el 70% del total de la superficie cultivada, comparado con el 12% del cocotero, 5.5% del café, 4.2% del ajonjolí y 2.2% del frijol (Cañedo, 1991).

4.2.3. Tipos de utilización de la tierra

Ortiz (1987), señala que a nivel nacional es difícil establecer una definición detallada de los tipos de utilización de la tierra, debido a la amplia variación de factores económicos, sociales y de manejo en diferentes regiones. Por lo anterior, se adoptó en este estudio la propuesta de Ortiz (1987), sobre los tipos de utilización de la tierra, denominadas de inversión Baja y de inversión Alta de capital, con los atributos que aparecen en el cuadro (8).

Los niveles de inversión constituyen el factor económico (muy simple) de la presente evaluación y se pretende establecer las zonas que ofrezcan un alto porcentaje de seguridad en la inversión de capital o bien que sirva de base para la planeación del desarrollo agrícola en el Estado de Guerrero.

4.2.4. Inventario climático

La elaboración de un inventario climático de acuerdo a los lineamientos de FAO (1978, 1981) consta de dos etapas: 1) Definición de las Divisiones Climáticas Mayores, y 2) Obtención de los Períodos de Crecimiento.

Para la obtención del inventario climático y la determinación de los períodos de crecimiento, se utilizó la información climática de las normales climatológicas, de las estaciones meteorológicas ubicadas en el Estado de Guerrero (cuadro 11, Fig. 6).

4.2.4.1. Definición de las divisiones climáticas.

La FAO (1978), citado por Ortiz (1987); menciona que para establecer las divisiones climáticas, como primer paso se considera el efecto de la latitud, en espacio y tiempo, sobre la temperatura media. Para lo cual, las temperaturas medias mensuales son convertidas a temperaturas a nivel del mar, considerando un gradiente altotérmico de $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ de elevación. Si todos los meses resultan con una temperatura media mayor de $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ se le denomina **Tropical**, cuando existe un período con temperaturas medias mensuales menores a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ pero mayores a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se le llama **subtropical** y cuando éstos últimos son menores a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se designa como **templada**. Las zonas subtropicales a su vez se dividen de acuerdo a la estación lluviosa (esto es, subtropical con lluvias en invierno o subtropical con lluvias en verano).

La definición de divisiones climáticas en la República Mexicana, de acuerdo a la metodología de la FAO (1978), y las modificaciones hechas por Ortiz (1987), no presenta ninguna dificultad debido a que se cuenta con suficiente información sobre la temperatura.

Para transformar las temperaturas medias a temperaturas reducidas a nivel del mar se utilizó el gradiente de $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, esto es, la altitud (h) en m, se multiplica por el factor 0.005 ($0.005 \times h$) y el resultado se suma a las temperaturas medias mensuales.

4.2.4.2. Períodos de Crecimiento.

La FAO (1978), define al período de crecimiento como el número de días durante el año en los que existe disponibilidad de agua y de temperaturas favorables para el desarrollo de un cultivo.

Pájaro (1984) empleando la información generada por Ortíz (1981) estableció un modelo para estimar los períodos de crecimiento (PC) a partir de la precipitación total anual (PT) en mm, el cual es:

$$PC = 0.24089 (PT) - 0.0000372 (PT)^2 - 33.1019$$

donde:

PC = Período de crecimiento, en días

PT = Precipitación total anual, en mm

con Fc = 588.01 **, y R cuadrada = 0.7984 y n= 288

Es conveniente indicar que por la naturaleza matemática del modelo a valores de PT mayores a 3250 los datos estimados de PC tienden a disminuir. Por tal motivo, se establece que cuando PT es mayor de 3250 mm el PC se considera como de 365 días.

Este modelo resulta sumamente útil por dos razones: 1) evita el dato de la ETP y 2) Un mapa de isoyetas anuales puede convertirse en isolíneas de duración de períodos de crecimiento.

Para el presente trabajo se aplicó el modelo nacional generado por Pájaro (1984), se trazaron las isolíneas de Períodos de Crecimiento a partir de isoyetas (carta de Climas, INEGI).

Posteriormente se trazaron isolíneas de períodos de crecimiento cada 30 días para establecer los rangos y aplicarlos a la clasificación agroclimática.

Para determinar las áreas en cada caso, se utilizó un planímetro marca Rossbach modelo PLR-50. Se midieron las áreas y se multiplicó por la constante de acuerdo a la escala del dibujo.

4.2.4.3. Clasificación agroclimática

La siguiente fase dentro del proyecto de zonas agroecológicas FAO (1978, 1981) fué el desarrollo de una serie de clasificaciones agroclimáticas para cultivos específicos.

CP-SARH (1990), apoyados en la metodología de zonas agroecológicas de la FAO (1978, 1981), señalan que para lograrlo es necesario restringir su aplicación a divisiones climáticas específicas y para un nivel de inversión dado. De esta manera el rendimiento de un cultivo en condiciones de secano depende del período de crecimiento.

A través de las gráficas (Figs. 3 y 4) es posible entender que existe un período de crecimiento óptimo para la producción de un cultivo. Sin embargo, el establecer un solo número no sería adecuado si el objetivo es zonificar.

Por esta razón se consideró conveniente por la FAO, el establecer intervalos utilizando criterios económicos y referido al rendimiento máximo.

En general se puede indicar que existen cuatro clases de aptitud: Muy Apta (**MA**), Apta (**A**), marginalmente Apta (**mA**) y No Apta (**NA**). La clase **MA** involucra rendimientos que varían del 80 al 100% del máximo; La clase **A** del 40 al 80%, la clase **mA** del 20 al 40% y la **NA** menos del 20%. Económicamente lo anterior significa que **MA** tendrá ganancias; la **A** tendrá ganancias; la **mA** no tiene ganancias pero tampoco pérdidas y la **NA** siempre tendrá pérdidas.

Resulta conveniente hacer notar que la diferencia entre niveles de inversión respecto al rendimiento de un cultivo es aproximadamente de 1 a 4, esto es, con el nivel de inversión alto es posible obtener hasta cuatro veces lo que se produce a un nivel de inversión bajo.

Con los valores de rendimientos que corresponden al 20, 40 y 80% del máximo posible, al ubicarlos en las gráficas (Figs. 3 y 4) se relacionan con los valores de períodos de crecimiento y de esa forma se generan los límites de las clases de aptitud.

Para el caso mostrado en la Fig. 3, Maíz en la división climática Tropical Caliente con un nivel de inversión Alto, el rendimiento máximo que puede obtenerse es de 7.1 ton de grano/ha; La zona NA (con menos del 20% del rendimiento máximo) corresponde a un período de crecimiento (PC) menor de 90 días; las zonas mA (20 al 40%) se ubican entre los 90 y 119 días y de los 285 a 365 días de PC; las zonas A (40 - 80%) entre los 120 a 149 días y de los 225 a 284 días de PC; y ; la zona MA (80 - 100%) entre los 150 y 224 días de período de crecimiento.

De igual forma se procede para cada cultivo por División climática y nivel de inversión.

Para el establecimiento de la clasificación agroclimática del maíz en el Estado de Guerrero, se consideró los valores propuestos por la FAO (1978, 1981), que aparecen en el cuadro 18.

Cuadro 18. Clasificación agroclimática propuesta por la FAO (1978, 1981), para maíz de temporal.

Cul tí vo	D C	N I	NA	mA	A	MA	A	mA	N A
M A I Z	TC	A	<90	90- 119	120- 149	150- 224	225- 284	285-365	
		B	<100	100- 119	120- 149	150- 224	225- 364	>365	
	TT	A	<150	150- 164	165- 209	210- 284	285- 314	315-365	
		B	<150	150- 164	165- 209	210- 284	285- 329	330-365	

Fuente FAO (1981).

D C = División climática

N I = Nivel de inversión

T.C.= Tropical Caliente ; T.T.= Tropical Templado

A = Alto ; B = Bajo

NA= No Apto ; mA= marginalmente Apto; A= Apto y MA= Muy apto

4.2.5. Inventario edáfico

Después de evaluar una zona para la producción de un cultivo desde el punto de vista climático, se analiza si dispone o no de suelos adecuados para su producción.

Para evaluar el recurso suelo se utilizaron los planos editados por SARH (1982), que utilizan la Clasificación FAO/UNESCO, a una escala de 1:250 000; sin embargo algunas áreas no presentan símbolos, y en algunos casos no se señalaba la unidad o subunidad correspondiente, en otros no aparecía la textura y en otros la pendiente. Para conocer a las unidades dominantes se consultaron estudios locales de suelos (donde existían) o de cartas de INEGI que correspondieran a la zona, ya sea en escala igual o diferente a la trabajada, además se utilizó el criterio de la FAO (1978), citado por Ortíz (1987), para la asignación de las subunidades, textura o pendiente cuando estos elementos no aparecen en un plano; dichas reglas son:

- a) Cuando se trata de unidades indiferenciadas se asume que toda la unidad consiste de la primera unidad de suelo que es listada bajo el encabezado de dicha unidad. Por ejemplo si encontramos una Z (Solonchak), bajo la regla anterior lo designamos como Solonchak órticos (Zo).
- b) Cuando no se indica la textura del suelo para el suelo dominante y/o para todos los suelos asociados e inclusiones, son considerados como textura media, es decir, 2 , excepto para:
- 1) Qc, Ql, Qf, Qa, Po, Pf, Ph, Pp, Pg, y Fx, los cuales son invariablemente clasificados como texturas gruesas, 1.
 - 2) Vp, Bc, Bv, Lv, y Fr, los cuales invariablemente son clasificados como texturas finas, 3.
- c) Cuando no se describe la clase de pendiente (a, b ó c), se ubican los suelos dentro de las siguientes clases de pendiente.
- 1) Clase a: J, G, O, W, Z, S y V.
 - 2) Clase a/b: P, Y, X, K, C, H, M, L, D, F y Q.
 - 3) Clase b: R, E, B, A y N.
 - 4) Clase b/c: T, U, I.

4.2.5.1. Unidades de suelos

Para evaluar los suelos del Estado de Guerrero, se consideró la clasificación de suelos originada por la FAO (1978).

La manera en que se definen a las unidades y subunidades es en orden de dominancia, de tal manera que en un área se pueden tener más de dos unidades, pero una es la que domina.

Por ejemplo, si tenemos el símbolo Lv + Rc + I /3 esto significa que en el área marcado con éste, se presentan suelos que pertenecen a las unidades Luvisol vértico en asociación con Regosol calcáreo y Litosol, pero la Unidad Luvisol vértico es la dominante; además, el número 3 significa que en toda el área en cuestión dominan las texturas finas. Sin embargo, el símbolo empleado nos dice que unidades existen pero no el sitio específico en que se encuentran. Entonces, para usos prácticos de los mapas edafológicos de INEGI, casi siempre se toma en cuenta a la unidad dominante, que para el caso del ejemplo sería la unidad Luvisol vértico.

4.2.5.1.1. Calificaciones de las unidades de suelos

FAO (1981), realizó una evaluación para cada unidad de suelos de acuerdo al sistema FAO/UNESCO, por cultivo y nivel del inversión; calificando a los suelos **S1** si no existe ninguna restricción, es decir, la clasificación agroclimática obtenida previamente se mantiene; **S2** si existe una restricción moderada, esto es, provoca que la clasificación agroclimática se degrade en una clase y **N1** o **N2** si no es apta por el suelo para la producción de cierto cultivo (**N1** no es apta actualmente y **N2** permanentemente).

En el cuadro (13), se presentan las unidades y subunidades de suelos (clasificación FAO/UNESCO), correspondientes al Estado de Guerrero; y en el cuadro (19), las calificaciones para dichas unidades de suelos.

Cuadro 19. Calificaciones de las unidades de suelos para cultivos de temporal en el Estado de Guerrero.

CULTIVO	MAIZ		SORGO		FRIJOL	
	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO
Ah	S1/S2	S2	S1	S2	S1/S2	S2
Ao	S1/S2	S2	S1	S2	S1/S2	S2
Tv	N2	N2	S2/N2	S2/N2	N2	N2
Qc	S2	N2	S2	S2	S2	S2
Bk	S1/S2	S2	S1	S1	S1/S2	S2
Bc	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Bd	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Be	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Bh	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Bv	S1	S1/S2	S1	S2	S1	S1/S2
Kk	S1/S2	S1/S2	S1	S1	S1/S2	S1/S2
Kh	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Hc	S1/S2	S2	S1	S1	S1/S2	S2
Hh	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Hl	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Gh	N1/N2	N2	N1/N2	N2	N1/N2	N2
Gm	N1/N2	N2	N1/N2	N2	N1/N2	N2
I	N2	N2	N2	N2	N2	N2
Lk	S2/N2	S2	S1	S1	S1/S2	S2
Lc	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Lf	S1/S2	S2	S1/S2	S2	S1/S2	S2
Lo	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Lv	S1	S1/S2	S1	S2	S1	S1/S2
Nd	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Ne	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Rc	S1/S2	S2	S1	S1	S1/S2	S1
Rd	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Re	S1	S1	S1	S1	S1	S1
E	N2	N2	S2	S2	N2	N2
Zg	N2	N2	N2	N2	N2	N2
Vc	S1	S2/N2	S1/S2	S2/N2	S1	S2/N2
Vp	S1	S2/N2	S1/S2	S2/N2	S1	S2/N2

Fuente : FAO (1981).

S1 = La clase permanece.
 S2 = Se degrada una Clase.
 N1 = No Apta actualmente.
 N2 = No Apta permanentemente.

Nota Cuando los símbolos aparecen como fracción. Si se tiene conocimiento del sitio, seleccione el símbolo que corresponda al lugar, de lo contrario asigne el denominador.

4.2.5.2. Clases texturales

Se reconocen 3 clases texturales, y se indican en el mapa con las cifras 1, 2 y 3.

La definición de las texturas que pertenecen a cada clase textural se incluyen en el cuadro (5).

La clase textural se dá para el suelo que predomina en cada asociación de suelos y se refiere a la textura de los 30 cm superiores del suelo, que son los que tienen importancia para el cultivo y la retención del agua.

4.2.5.2.1. Modificaciones por textura

La metodología original (FAO, 1978), indica que las texturas medias y finas (2 y 3 respectivamente) permanecen sin cambio y los suelos con textura gruesa (1) se degradan en una clase, excepto las unidades **Qc, Ah, Af, A, Tv, Po, Pl, Pf, Ph, Pp, Pq, P** y **Fx** las cuales permanecen sin cambio porque la limitación de texturas gruesas ya se ha considerado en la calificación de la unidad de suelo.

4.2.5.3. Clases de pendiente

La pendiente es un carácter integrante de la superficie del terreno. Tiene influencia sobre el drenaje, escorrentía, erosión, exposición y accesibilidad. Las clases de pendiente se refieren a la inclinación que predomina en la zona que comprende una asociación de suelos.

Se distinguen 3 clases de pendiente, indicadas en el mapa por los símbolos a, b y c.

Las características de las clases de pendiente son descritas en el cuadro (6).

4.2.5.3.1. Modificaciones por clase de pendiente

Para la calificación con respecto a la pendiente se utilizaron los criterios que aparecen en el cuadro (20).

Cuadro 20. Calificaciones para las clases de pendiente

SIMBOLO	PENDIENTE (%)	CALIFICACION
* aa aa-a a	0 - 8	S1
ab	0 - 20	S2
b	8 - 20	S2
bc	8 - 30	B2
c	> 30	N2

* estos simbolos corresponden a los originales en el plano consultado SARH (1982).

S1 = La clase permanece.

S2 = se degrada en una clase.

B2 = Se degrada en dos clases.

N2 = No apto permanentemente.

4.2.5.4. Fases

Las fases son subdivisiones de las unidades del suelo basadas en las características que son significativas desde el punto de vista del uso o aprovechamiento del suelo, pero que no son de diagnóstico para la separación de las propias unidades. Las fases reconocidas en el Mapa Mundial de Suelos son: pedregosa, lítica, pétrica, petrocálcica, petrogípsica, petroférrica, freática, con fragipán, con duripán, salina, sódica y cerrado.

En el presente trabajo no se calificó por fases debido a que no se dispone de mapas escala 1:250 000 editados por INEGI (que cubran toda la zona de estudio), donde aparecen las fases y los que editó la SARH (1982), no las contemplaron.

4.2.6. Índices de aptitud

CP-SARH (1990), señalan que con el objeto de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos en la zonificación, cada nivel de generalización debe caracterizarse en base a tres criterios; Aptitud Global, Aptitud Parcial y Aptitud Económica. Estos criterios se evalúan mediante la obtención de índices que a continuación se describen.

4.2.6.1. Índice de Aptitud Global (Iag)

El índice de aptitud global es una calificación ponderada por superficie que considera todas las clases de aptitud y fluctúa de 1 a 4. Se obtiene codificando las clases de aptitud asignándole mayor valor a la mejor clase de aptitud de la siguiente manera:

MA.....4

A.....3

mA.....2

NA.....1

Matemáticamente se expresa:

$$I_{ag} = \frac{4(SMA) + 3(SA) + 2(SmA) + (SNA)}{SMA + SA + SmA + SNA}$$

donde:

Iag = Índice de Aptitud Global

SMA = Superficie Muy Apta (ha)

SA = Superficie Apta (ha)

SmA = Superficie marginalmente Apta (ha)

SNA = Superficie No Apta (ha)

4.2.6.2. Índice de Aptitud Parcial (Iap)

El **Iap** es un valor ponderado por aptitud, esto es, las superficies Muy Aptas, Aptas y marginalmente Aptas son transformadas a su equivalente de superficie Muy Aptas.

Lo anterior se efectúa mediante una codificación empleando el criterio de la FAO (1981), que hace una separación de las zonas de aptitud en base al rendimiento potencial máximo. Es decir, el rendimiento de una zona Apta equivale al 80% de una zona Muy Apta, y una zona marginalmente Apta equivale al 40%. El índice se obtiene de la siguiente manera:

$$Iap = 1 (SMA) + 0.8 (SA) + 0.4 (SmA)$$

donde:

Iap = Índice de aptitud parcial

SMA = Superficie Muy Apta (ha)

SA = Superficie Apta (ha)

SmA = Superficie marginalmente Apta (ha)

4.2.6.3. Índice de Aptitud Económico

El **Iae** es un valor ponderado por las clases de aptitud que sean económicamente redituables, esto es, solo considera a las zonas Muy Aptas y Aptas. Para su cálculo se consideran los mismos factores de ponderación, es decir, 1 para Muy Apta y 0.8 para Apta.

$$Iae = 1 (SMA) + 0.8 (SA)$$

donde:

Iae = Índice de Aptitud Económico

SMA = Superficie Muy Apta (ha)

SA = Superficie Apta (ha)

El **Iae** se interpreta como la superficie equivalente de tierras Muy Aptas para un cultivo en las que el agricultor tendría las máximas ganancias económicas. Al igual que el **Iap**, este valor permite hacer comparaciones entre regiones y entre municipios y saber cuál o cuales son los mejores en términos de ganancia para un cultivo en particular.

4.2.7. Estimaciones de rendimientos

FAO (1978), mencionado por Ortíz (1987), establece que para el cálculo de los rendimientos potenciales de los cultivos, se debe considerar la producción de biomasa neta, siendo ésta la materia seca total, del cual se podrían deducir los rendimientos, lo que debe entenderse como la materia seca económicamente aprovechable que puede producir una planta sana sin restricciones de agua ni nutrientes.

El cálculo de la biomasa neta, requiere la utilización de datos sobre los factores climáticos; como la radiación y temperatura durante el período de crecimiento, así como la consideración de la capacidad efectiva de fotosíntesis de los cultivos, y la fracción de biomasa neta que las plantas pueden convertir en materia económicamente aprovechable. Esto es, cuando todas las condiciones para la planta se presentan favorables y ellas pueden rendir al máximo sin ningún impedimento o tienen poca influencia.

Para el cálculo de producción de biomasa neta se debe conocer la biomasa bruta y las pérdidas por respiración, por lo que se calcula la velocidad de producción de biomasa. Esta alcanza su máximo cuando el cultivo cubre totalmente la superficie. En algunos modelos se supone que la velocidad de producción de biomasa neta es la mitad de la velocidad máxima de crecimiento del cultivo, lo que multiplicado por el número de días de desarrollo será igual al total de biomasa del cultivo.

Para establecer la biomasa neta producida se requiere conocer la velocidad máxima de producción de biomasa neta por lo que se calcula la máxima velocidad de biomasa bruta y la velocidad de respiración en ese tiempo.

Obtenida la biomasa neta de los cultivos, se calcula la biomasa económicamente aprovechable; que es el producto de la biomasa neta por el índice de cosecha. Se destaca que el rendimiento a que se hace referencia es el máximo y sin impedimentos agronómicos, ya que al tener influencias los impedimentos, la productividad decrece en relación a la fuerza de las limitantes que se consideran como impedimentos.

4.2.7.1. Producción total estimada

Los rendimientos estimados por clase de aptitud, división climática y nivel de inversión fueron generados por FAO (1981), estos se calcularon en base a factores climáticos como la radiación global y la temperatura durante el período de crecimiento de los cultivos. También se considera la fisiología del cultivo a través del tipo de fotosíntesis y coeficiente respiratorio entre otros.

Con la finalidad de estimar la producción total de maíz a nivel estatal que se puede esperar, suponiendo que las zonas de aptitud (MA, A y mA), se destinaran unicamente a la producción del cultivo de maíz, el cálculo se realiza utilizando la ecuación siguiente:

$$PTE = (Iap) (RMA)$$

donde:

PTE = Producción total estimada (ton)

Iap = Índice de aptitud parcial (ha)

RMA = Rendimiento para la clase Muy Apta (ton/ha)

4.2.7.2. Estimación de rendimientos municipales

Con la finalidad de conocer el rendimiento máximo que se espera tener a nivel municipal, se seleccionan los municipios que presentan aptitud para el cultivo de maíz ($Iap > 0$), en los dos niveles de inversión. Posteriormente al multiplicar el Iap a nivel municipal por el rendimiento máximo estimado por la FAO para la clase MA, se genera la producción total, la cual al ser dividida entre la superficie (MA, A y mA), genera el rendimiento promedio a nivel municipal.

Lo anterior se explica a través de la siguiente relación:

$$RME = (Iap) (RMA) / (SMA + SA + SmA)$$

donde:

RME = Rendimiento municipal estimado (ton/ha)

Iap = Índice de aptitud parcial (ha)

RMA = Rendimiento máximo estimado para la clase Muy Apta (FAO, 1981), correspondiente a su división climática y nivel de inversión (ton/ha)

SMA = Superficie de tierras Muy Aptas (ha)

SA = Superficie de tierras Aptas (ha)

SmA = Superficie de tierras marginalmente Aptas (ha)

4.2.8. Comparación de resultados

Márquez (1990), utilizó los rendimientos estimados a través de la metodología de zonas agroecológicas FAO (1978, 1981), para el cultivo de maíz en condiciones de temporal en el Estado de México, para compararlos con los rendimientos observados obtenidos por productores mexiquenses a nivel estatal.

Los rendimientos observados fueron obtenidos de los diferentes Distritos de Desarrollo Rural Integral en el Estado de México. La

comparación consistió en analizar la relación entre los rendimientos estimados y observados a través de una regresión lineal simple.

En el presente trabajo se efectuará una comparación entre los rendimientos estimados a través de la metodología de zonas agroecológicas FAO, para el cultivo de maíz en condiciones de temporal en la zona Norte del Estado de Guerrero, con los rendimientos observados obtenidos por los productores de la región.

Los rendimientos observados se obtuvieron del Distrito de Desarrollo Rural 006 con sede en la ciudad de Iguala de la Independencia.

Se establecieron cuatro modelos de regresión simple (lineal, multiplicativa, exponencial y recíproca), para determinar la relación entre las variables, el rendimiento estimado (X) a los dos niveles de inversión, y el rendimiento observado (Y).

Para determinar la significancia entre los rendimientos estimados para cada nivel de inversión y los rendimientos observados, se realizará un análisis de varianza, considerando a los rendimientos estimados para cada nivel de inversión y a los rendimientos observados como los **tratamientos** y a los promedios municipales como las repeticiones.

V. RESULTADOS

Los resultados se presentan de acuerdo a las etapas que se señalan en la metodología.

5.1. Inventario climático

El inventario climático está constituido por las divisiones climáticas mayores y los periodos de crecimiento. Con este y la adaptabilidad de los cultivos se realizó la clasificación agroclimática. Los resultados de cada etapa se muestran a continuación.

5.1.1. Divisiones climáticas mayores

En primer lugar las temperaturas medias mensuales se redujeron al nivel del mar (ver cuadro 11), resultando para todas las estaciones meteorológicas, temperaturas mayores a 18 °C por lo que la división climática para todo el Estado de Guerrero es **Tropical**.

Para las subdivisiones climáticas se utilizó la isohisa (línea que une puntos de igual altura), de 1500 m para separar la zona Tropical Caliente (áreas con alturas menores de 1500 m), de la zona Tropical Templada (áreas con alturas mayores de 1500 m). La zona Tropical Templada ocupa la porción central hacia el Este y Oeste de la capital del Estado y las Sierras del Norte, con una superficie de 1 442 625 ha y corresponde al 22.44% del territorio estatal. La zona Tropical Caliente se presenta en las Costas, la Depresión del Balsas y la Tierra Caliente, presenta una superficie de 4 985 575 ha y corresponde al 77.56% de la superficie total (cuadro 21).

Cuadro 21. División climática del Estado de Guerrero

Altura sobre el nivel del mar	Clasificación	Superficie (ha)	Porcentaje
< 1 500	Tropical Caliente	4 985 575.0	77.56
> 1 500	Tropical Templado	1 442 625.0	22.44
TOTAL		6 428 200.0	100.0

La zona Tropical Templada es apta para los cultivos del grupo I y IV, dentro de los cuales se ubican al maíz, sorgo, frijol y girasol. La división climática Tropical Caliente es apta para la producción de maíz, frijol, sorgo, arroz, girasol, cártamo y ajonjolí, los cuales pertenecen al grupo II y III (ver cuadro 2).

5.1.2. Períodos de crecimiento

Los períodos de crecimiento obtenidos en el Estado de Guerrero fluctúan entre menos de 90 y 365 días (cuadro 22). A partir de un plano de isoyetas y utilizando la fórmula generada por Pájaro (1984), se trazaron isolneas de períodos de crecimiento, ajustándose posteriormente a períodos de 30 días, con la finalidad de delimitar zonas con rangos de 90-120, 120-150, 150-180, 180-210, etc. Los períodos de crecimiento que dominan en el Estado van de 150-180 días, ocupando un 27.90% de la superficie total ubicándose principalmente en la Zona Tropical Caliente. Para la división Tropical Caliente el inicio y el final del período de crecimiento está determinado por la disponibilidad de humedad.

Cuadro 22. Períodos de crecimiento en el Estado de Guerrero

RANGO (días)	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE
< de 90	6 812.5	0.11
90 - 120	257 562.5	4.01
120 - 150	1 016 000.0	15.81
150 - 180	1 794 075.0	27.90
180 - 210	1 222 750.0	10.02
210 - 240	1 136 812.5	17.68
240 - 270	437 562.5	6.81
270 - 300	287 687.5	4.48
300 - 330	105 000.0	1.63
330 - 360	96 187.5	1.50
> 360	67 750.0	1.05
TOTAL	6 428 200.0	100.00

5.1.3. Aptitud Agroclimática

En la división climática Tropical Caliente, las zonas con mayor aptitud agroclimática (MA), se ubican en la región de las Costas, la parte baja de la Sierra, la región Oeste y Norte de la Tierra Caliente y la zona Norte del Estado; las zonas Aptas (A) se localizan en la parte central entre Las Costas y La Montaña, en la parte central de la Tierra Caliente y en la parte baja de la zona Norte; Las marginalmente aptas (ma), en la perifería de la parte central de la Depresión del Balsas y al Noreste de la Tierra Caliente; y las zonas con menor aptitud (NA), en la parte central de la Depresión del Balsas (con períodos de crecimiento menor de 90 días). Por otra parte en la división climática Tropical Templado, las zonas **Muy Aptas**, se localizan en las Sierras al Este de Chilpancingo y la parte Sur de La Montaña; Las zonas **Aptas**, son las partes bajas con orientación Norte de la Sierra y las partes bajas (cara sur) de la Montaña; las zonas **marginalmente aptas** en la Parte central de La Montaña y finalmente las **No aptas** en la parte norte de la zona de La Montaña.

5.2. Inventario edáfico

Para evaluar el recurso suelo se utilizaron los planos editados por SARH (1982), que utilizan la Clasificación FAO/UNESCO, a una escala de 1:250 000; sin embargo algunas áreas no presentan símbolos, y en algunos casos no se señalaba la unidad o subunidad correspondiente, en otros no aparecía la textura y en otros la pendiente. Para conocer a las unidades dominantes se consultaron estudios locales de suelos (donde existían) o de cartas de INEGI que correspondieran a la zona, ya sea en escala igual o diferente a la trabajada, además se utilizó el criterio de la FAO (1978), citado por Ortíz (1987), para la asignación de las subunidades, textura o pendiente cuando estos elementos no aparecen en un plano; dichas reglas son:

- a) Cuando se trata de unidades indiferenciadas se asume que toda la unidad consiste de la primera unidad de suelo que es listada bajo el encabezado de dicha unidad. Por ejemplo si encontramos una Z (Solonchak), bajo la regla anterior lo designamos como Solonchak órticos (Zo).
- b) Cuando no se indica la textura del suelo para el suelo dominante y/o para todos los suelos asociados e inclusiones, son considerados como textura media, es decir, 2 , excepto para:
 - 1) Qc, Ql, Qf, Qa, Po, Pf, Ph, Pp, Pg, y Fx, los cuales son invariablemente clasificados como texturas gruesas, 1.
 - 2) Vp, Bc, Bv, Lv, y Fr, los cuales invariablemente son clasificados como texturas finas, 3.

- c) Cuando no se describe la clase de pendiente (a, b ó c), se ubican los suelos dentro de las siguientes clases de pendiente.

- 1) Clase a: J, G, O, W, Z, S y V.
- 2) Clase a/b: P, Y, X, K, C, H, M, L, D, F y Q.
- 3) Clase b: R, E, B, A y N.
- 4) Clase b/c: T, U, I.

Es necesario considerar que para la realización del presente estudio no se toman en cuenta las obras de mejoramiento del suelo tales como las terrazas y el surcado al contorno, por lo tanto, en los lugares donde se presenten es indudable que el suelo presente una mayor aptitud. Tampoco se consideraron las zonas de humedad residual, ni las zonas de riego.

5.2.1. Unidades de suelos

La calificación de unidades de suelos presentes en el Estado de Guerrero; por FAO (1981), se presentan (cuadro 19), para cada cultivo y nivel de inversión. Las unidades de suelos dominantes en el Estado son los Regosoles como podrá observarse en el cuadro (23).

Cuadro 23. Unidades de suelos dominantes de acuerdo al sistema FAO/UNESCO, en el Estado de Guerrero

SIMBOLO	UNIDAD DE SUELO	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE
R	Regosol	2 097 043.75	32.63
B	Cambisol	1 504 918.75	23.42
I	Litosol	1 248 625.00	19.43
L	Luvisol	483 750.00	7.53
A	Acrisol	329 062.00	5.12
E	Rendzina	265 937.50	4.14
H	Feozem	190 937.50	2.98
J	Fluvisol	158 625.00	2.47
V	Vertisol	116 125.00	1.80
G	Gleysol	18 250.00	0.28
Z	Solonchak	8 000.00	0.12
K	Castanozem	4 312.00	0.07
Q	Arenosol	750.00	0.01
T O T A L		6 426 336.50	100.00

Algunas unidades como los Litosoles (I), y Rendzinas (E), ocupan de manera conjunta el 23.57% de la superficie del estado. En el cuadro 19, se observa que su calificación es **N2** que significa No Apta permanentemente, en conclusión podemos decir que desde el punto de vista edáfico existen limitantes iniciales en el Estado de Guerrero, para la producción del cultivo de maíz en condiciones de temporal.

5.2.2. Textura

Las texturas dominantes para el Estado (Gonzalez y Reyes, 1992) son la media y la gruesa, y en menor cuantía la fina (Cuadro 24). Las zonas con texturas gruesas se degradaron en una clase excepto en los casos en que la textura ya fué considerada para la determinación de la unidad.

Cuadro 24. Superficie por clase de textura en el Estado de Guerrero.

CLASE DE TEXTURA	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE (%)
GRUESA	1 609 562.5	25.23
MEDIA	4 084 462.5	64.03
FINA	685 375.0	10.74
TOTAL	6 379 400.0	100.0

Fuente : González y Reyes (1992)

5.2.3. Pendiente

Para la calificación con respecto a la pendiente se utilizaron los criterios que aparecen en el cuadro (20), que en síntesis son:

Sí la pendiente es clase **a** (entre 0 y 8%), la calificación es S1, es decir, la clasificación agroclimática permanece.

Sí la pendiente es de tipo **ab** ó **b** (entre 0 y 20%), la calificación es S2, es decir se degrada en una clase.

Sí la pendiente es de tipo **bc** (entre 8 y 30%), la calificación es B2 , en este caso la clasificación agroclimática se degrada en dos clases.

Sí la pendiente es de tipo **g** (mayor del 30%), se considera como N2 es decir, No apto permanentemente.

5.2.4. Fase del suelo

Como se mencionó anteriormente no se dispuso de la información sobre las fases del suelo a la escala en que se trabajó y no se calificó por este rubro; de hecho las calificaciones finales para las clases de aptitud (debido a que no se degradaron por las fases del suelo), son mejores que en la realidad.

Todos los aspectos que pertenecen al factor edáfico fueron considerados para generar planos que, por sobreposición, de acuerdo a las calificaciones correspondientes, dieron como resultado un mapa final del inventario edáfico.

5.3. Zonificación Agroecológica del maíz

La zonificación agroecológica del maíz se obtiene por medio de una sobreposición de mapas, específicamente el inventario climático, y el inventario edáfico. Este proceso se realizó para cada nivel de inversión, resultando finalmente dos mapas (anexo cartográfico). De cada uno de los mapas se reportan las superficies en (ha) para cada clase de aptitud; a nivel estatal (cuadro 25), en cada uno de los municipios (cuadros 26 y 27), y, divididos por regiones (cuadro 28).

En el cuadro (25), se presenta la clasificación agroecológica a nivel estatal, en dos niveles de inversión, para el cultivo de maíz en condiciones de temporal en el Estado de Guerrero. En el se observa que más de la mitad de la superficie del Estado es clasificada como No Apta (NA), para la producción de este cultivo, tanto en el nivel de inversión bajo como en el nivel de inversión alto (56.89 y 57.98% respectivamente), siendo ligeramente mayor la restricción para el nivel de inversión alto.

También se observa que al cambiar de nivel de inversión bajo por el nivel de inversión alto (agricultura de subsistencia por agricultura comercial), se incrementa en 107,850.0 ha la superficie Muy Apta para la producción de maíz de temporal en el Estado de Guerrero.

Cuadro 25. Clasificación agroecológica a nivel estatal, para dos niveles de inversión, en el cultivo de maíz de temporal en el estado de Guerrero.

NIVEL	CLASE DE APTITUD	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE
ALTO	Muy Apta	425 268.75	8.04
	Apta	1 058 106.25	15.04
	marginalmente Apta	1 216 650.00	18.94
	No Apta	3 725 104.50	57.98
BAJO	Muy Apta	317 418.75	4.94
	Apta	1 203 506.25	18.73
	marginalmente Apta	1 255 293.25	19.54
	No Apta	3 648 911.25	56.89

Los cuadros (26 y 27), corresponden a la superficie de aptitud agroecológica por municipio, para los dos niveles de inversión.

En el cuadro 26, se presenta la superficie de aptitud agroecológica para un nivel de inversión bajo. En dicho cuadro se puede observar que a nivel municipal, aquellos municipios que se destacan por poseer mayores superficies **Muy Aptas** para el cultivo de maíz en condiciones de temporal son: Para la región de Tierra Caliente, los municipios de Tlalchapa, Cutzamala y Ajuchitlán del Progreso; para la región Norte, Huitzuc y Tepecoacuilco; Para la región Centro, Chilpancingo; en la región de La

CUADRO 26. Superficie de aptitud agroecológica (ha) por municipio en el Estado de Guerrero. Cultivo Maíz. Nivel de inversión Bajo.

REGION	MUNICIPIO	SUPERFICIE POR CLASE DE APTITUD (ha)				SUP. POR MUNICIPIO
		MUY APTA	APTA	margin. APTA	NO APTA	
TIERRA CALIENTE	AJUCHITLAN DEL PROGRESO	11,312.50	13,780.00	38,375.00	50,660.00	104,097.50
	ARCELIA	487.50	37,262.50	7,312.50	13,285.00	58,347.50
	COYUCA DE CATALAN	9,187.50	111,937.50	102,875.00	183,035.00	407,035.00
	CUTZAMALA DE PINZON	12,281.25	68,993.75	12,912.50	40,785.00	134,972.50
	FUNBARABATO (CD. ALTAMIRANO)		22,387.50	112.50	1,472.50	23,972.50
	SAN MIGUEL TOTOLAPAN	3,812.50	35,937.50	34,375.00	121,410.00	195,335.00
	TLALCHAPA	17,312.50	8,862.50	14,370.00		40,250.00
	TLAPEHUALA	8,650.00	10,812.50	3,225.00		19,687.50
	ZIRANDARO	2,875.00	40,362.50	76,862.50	135,867.50	255,167.50
	NORTE	PAPATLA DE CASTREJON		5,187.50	19,562.50	23,972.50
PATENANGO DEL RIO			3,875.00	16,062.50	36,785.00	78,722.50
BUENAVISTA DE CUELLAR			11,437.50	75.00	15,460.00	26,972.50
COCUILA			9,875.00	10,300.00	19,110.00	39,285.00
COPALILLO			812.50	35,625.00	74,160.00	110,597.50
CUETZALA DEL PROGRESO			6,500.00	2,250.00	39,035.00	47,785.00
GENERAL CANUTO A. NERI			1,562.50	7,187.50	20,972.50	29,722.50
HUIZUCO DE LOS FIGUEROA		3,187.50	24,375.00	8,925.00	47,735.00	84,222.50
IGUALA DE LA INDEPENDENCIA			12,225.00	5,687.50	7,197.50	25,110.00
IXATEOPAN DE CUAUTEMOC			3,375.00	10,862.50	22,160.00	36,097.50
PEDRO ASCENCIO ALQUISIRAS			3,687.50	9,562.50	34,597.50	47,847.50
PILCAYA			2,625.00	2,568.50	8,091.25	13,284.75
TAXCO DE ALARCON			7,587.50	11,718.50	38,941.25	58,347.25
TELOLQUAPAN			7,350.00	33,493.75	48,003.75	88,847.50
TEPECACUILCO DE TRUJANO		1,375.00	12,812.50	24,562.50	70,097.50	108,847.50
TETIPAC		25.00	4,462.50	8,297.50	12,785.00	
CENTRO	CHILAPA DE ALVAREZ		5,375.00	4,687.50	34,660.00	44,722.50
	CHILPANCINGO DE LOS BRAVO	250.00	16,500.00	58,562.50	119,785.00	192,097.50
	GENERAL HELIODORO CASTILLO		8,362.50	37,437.50	181,410.00	247,410.00
	JUAN RAMULFO ESCUDERO		9,812.50	13,375.00	22,035.00	45,222.50
	LEONARDO BRAVO		5,250.00	21,437.50	86,785.00	113,472.50
	MARTIR DE CUILAPAN		2,812.50		18,285.00	21,097.50
	MOCHITLAN		3,625.00	13,937.50	33,285.00	54,847.50
	QUECHULTENANGO		5,375.00	9,875.00	86,722.50	101,972.50
	TIXTLA DE GUERRERO		4,187.50	3,500.00	18,722.50	26,410.00
	ZITLALA		1,000.00	3,625.00	50,722.50	55,347.50
GRAL. EDUARDO NERI (ZUMPANGO)		1,012.50	10,187.50	97,647.50	108,847.50	
LA MONTANA	AHUACHOTZINGO				40,535.00	40,535.00
	ALCOZAUCA DE GUERRERO		187.50	562.50	71,847.50	72,597.50
	ALPOYUCA				21,597.50	21,597.50
	ATLAMAJALCINGO DEL MONTE			1,500.00	22,785.00	24,285.00
	ATLIXTAC	2,500.00	7,500.00	5,125.00	60,097.50	75,222.50
	COPANATOYAC		62.50	2,875.00	9,410.00	12,347.50
	CUALAC				18,597.50	23,785.00
	HUAMUXTILAN				29,535.00	39,535.00
	INALINALTEPEC		312.50		37,750.00	38,062.50
	METLATONDC		625.00	4,812.50	244,097.50	249,535.00
	OLINALA			18,250.00	58,910.00	77,160.00
	TLACUAPA			812.50	34,722.50	35,535.00
TLALIXTLAGUILA				20,730.00	20,730.00	
TLAPA DE COMONFORT			7,375.00	83,097.50	90,472.50	
XALPATLANHUAC		1,187.50	7,625.00	21,222.50	30,035.00	
XOCHIHUENUETLAN				28,660.00	28,660.00	
ZAPOTITLAN TABLAS		250.00	687.50	101,660.00	102,597.50	
COSTA GRANDE	ATOYAC DE ALVAREZ	6,687.50	27,000.00	32,937.50	66,035.00	132,660.00
	BENITO JUAREZ	5,375.00	17,375.00	2,187.50	7,785.00	32,722.50
	COAHUAYUTLA DE GUERRERO	9,687.50	34,062.50	18,875.00	124,535.00	187,160.00
	COYUCA DE BENITEZ	9,562.50	59,625.00	51,937.50	55,347.50	172,472.50
	JOSE AZUETA (ZIHUATANEJO)		28,125.00	26,187.50	64,097.50	118,410.00
	IPETATLAN		57,250.00	19,812.50	65,597.50	142,660.00
	ITECPAN DE GALEANA	3,625.00	73,687.50	99,000.00	123,410.00	299,722.50
LA UNION	1,250.00	143,437.50	13,750.00	40,597.50	199,035.00	
COSTA CHICA	IACAPULCO DE JUAREZ	35,937.50	23,687.50	90,437.50	68,535.00	213,597.50
	AYUTLA DE LOS LIBRES	1,312.50	5,437.50	22,062.50	28,472.50	57,285.00
	AZOYU	25,312.50	18,125.00	2,000.00	5,285.00	50,722.50
	COPALA	5,937.50	28,437.50	1,250.00	3,160.00	38,785.00
	CUAJINICUILAPA	58,750.00	45,625.00	3,625.00	8,035.00	116,035.00
	CUATEPEC	7,500.00	5,875.00	27,312.50	7,785.00	48,472.50
	FLORENCIO VILLAREAL	13,312.50	19,125.00	15,937.50	4,160.00	52,535.00
	IGUALAPA	3,187.50	10,250.00	2,062.50	18,035.00	33,535.00
	IMETEPEC	15,250.00	20,437.50	6,875.00	25,097.50	67,660.00
	SAN LUIS ACATLAN	14,687.50	10,937.50	4,375.00	52,160.00	82,160.00
	SAN MARCOS	22,687.50	19,562.50	21,000.00	13,972.50	77,222.50
	TECOANAPA		12,250.00	23,375.00	35,472.50	71,097.50
	TLACUACHISTLANHUACA	625.00	7,750.00	15,937.50	40,597.50	64,910.00
XOCHISTLANHUACA		187.50	13,587.50	13,972.50	27,847.50	
SUMAS E INDICES A NIVEL ESTATAL		317,418.75	1'203,506.25	1'255,293.28	3'648,911.25	6'425,129.50

CUADRO 27. Superficie de aptitud agroecológica (ha) por municipio en el Estado de Guerrero. Cultivo Maíz. Nivel de inversión Alto.

REGION	MUNICIPIO	SUPERFICIE POR CLASE DE APTITUD (ha)				SUPERFICIE POR
		MUY APTA	APTA	MARGINALMENTE	NO APTA	
TIERRA CALIENTE	AJUCHITLAN DEL PROGRESO	17,750.00	10,000.00	48,250.00	78,097.50	154,097.50
	ARCELIA	30,437.50	7,312.50	2,312.50	18,285.00	58,347.50
	COYUCA DE CATALAN	12,062.50	107,062.50	113,812.50	174,097.50	407,035.00
	CUTZAMALA DE PINZON	34,187.50	30,300.00	11,937.50	38,347.50	134,972.50
	PUNBARABATO (CD. ALTAMIRANO)	11,562.50	6,312.50	4,562.50	1,835.00	23,972.50
	SAN MIGUEL TOTOLAPAN	18,687.50	24,000.00	33,687.50	121,160.00	195,535.00
	TALACHAPA	22,187.50	875.00	17,187.50		40,280.00
	TLAPEHUALA	6,500.00	2,937.50	10,230.00		19,687.50
	ZIRANDARO	3,362.50	43,156.25	24,587.50	184,061.25	255,167.50
	NORTE	APAXTLA DE CASTREJON	1,875.00	6,375.00	14,062.50	28,410.00
ATENANGO DEL RIO		1,750.00	3,375.00	4,312.50	67,285.00	76,722.50
BUENAVISTA DE CUELLAR		125.00	7,250.00	5,250.00	14,347.50	26,972.50
COCUILA		4,062.50	6,312.50	13,750.00	15,160.00	39,285.00
COPALILLO			10,000.00	6,562.50	94,035.00	110,597.50
CUEZTALA DEL PROGRESO			4,250.00	5,312.50	38,222.50	47,785.00
GENERAL CANUTO A. NERI			2,552.50	25,000.00	2,160.00	29,722.50
HUIZUCO DE LOS FIGUEROA		5,018.75	8,937.50	3,875.00	66,391.25	84,222.50
IGUALA DE LA INDEPENDENCIA		6,250.00	8,837.50	1,687.50	8,535.00	25,110.00
IXCATEOPAN DE CUAUTEMOC				11,562.50	24,535.00	36,097.50
PEDRO ASCENCIO ALQUIRIRAS			2,750.00	17,000.00	28,097.50	47,847.50
PILCAYA		1,000.00	3,062.50		7,222.25	13,284.75
TAXCO DE ALARCON		312.50	7,187.50	5,812.50	48,034.75	58,347.25
TELOLOAPAN		1,750.00	19,562.50	23,687.50	43,847.50	88,847.50
TEPECOACUILCO DE TRUJANO		10,875.00	10,687.50	16,250.00	71,035.00	108,847.50
TEYIPAC	1,700.00	187.50	1,750.00	9,147.50	12,785.00	
CENTRO	CHILAPA DE ALVAREZ		1,000.00	6,312.50	37,410.00	44,722.50
	CHILPANCINGO DE LOS BRAVO		16,375.00	76,562.50	99,160.00	192,097.50
	GENERAL HELIODORO CASTILLO	625.00	8,187.50	61,750.00	176,847.50	247,410.00
	JUAN R. ESCUDERO		11,375.00	12,937.50	20,910.00	45,222.50
	LEONARDO BRAVO	187.50	937.50	25,362.50	86,785.00	113,472.50
	MARTIR DE CUILAPAN		2,250.00	1,437.50	17,410.00	21,097.50
	MUCHITLAN	875.00	8,062.50	14,250.00	31,660.00	34,847.50
	QUECHULTENANGO		5,500.00	11,625.00	84,847.50	101,972.50
	ITIXTLA DE GUERRERO	2,000.00	2,875.00	937.50	20,597.50	26,410.00
	IZTLALA		3,687.50	51,660.00		58,347.50
IGRAL. EDUARDO NERI (ZUMPANGO)		7,625.00		101,222.50	108,847.50	
LA MONTANA	AHUACUOTZINGO			1,125.00	39,410.00	40,535.00
	ALCOZAUCA DE GUERRERO		312.50	562.50	71,722.50	72,597.50
	ALPOYECA		2,125.00	812.50	18,660.00	21,597.50
	ATLANAJALCINGO DEL MONTE			1,000.00	23,285.00	24,285.00
	ATLIXTAC	1,375.00	4,437.50	7,000.00	62,410.00	75,222.50
	COPANATOYAC	750.00		2,125.00	9,472.50	12,347.50
	CUALAC			2,562.50	21,222.50	23,785.00
	HUANUXTITLAN		2,625.00	625.00	36,285.00	39,535.00
	INALMALTEPEC		1,437.50		36,625.00	38,062.50
	METLATONOC		437.50	6,250.00	242,847.50	249,535.00
	OLINALA			18,187.50	58,972.50	77,160.00
	TLACDAPA		312.50		35,222.50	35,535.00
	TLALIXTAQUILLA			312.50	20,437.50	20,750.00
	TLAPA DE COMFORT			10,687.50	79,785.00	90,472.50
XALPATLAHUAC	1,000.00	2,687.50	7,687.50	18,660.00	30,033.00	
XOCHIHUENUTLAN				28,680.00	28,680.00	
ZAPOTITLAN TABLAS			312.50	375.00	101,910.00	102,597.50
COSTA GRANDE	ATOYAC DE ALVAREZ	7,750.00	14,280.00	39,312.50	71,347.50	132,660.00
	BENITO JUAREZ	8,250.00	16,250.00	3,437.50	7,785.00	32,722.50
	COAHUYUTLA DE GUERRERO		7,875.00	48,500.00	132,785.00	187,160.00
	COYUCA DE BENITEZ	10,000.00	55,562.50	43,562.50	63,347.50	172,472.50
	JOSE AZUETA (IMUATANEJO)		28,375.00	31,750.00	38,285.00	118,410.00
	PETATLAN	4,562.50	55,312.50	20,562.50	62,222.50	142,660.00
	TECPAN DE GALEANA	3,625.00	81,875.00	99,312.50	114,910.00	299,722.50
LA UNION	5,500.00	68,687.50	54,937.50	69,910.00	199,035.00	
COSTA CHICA	ACAPULCO DE JUAREZ	19,312.50	99,062.50	31,750.00	63,472.50	213,597.50
	AYUTLA DE LOS LIBRES	1,750.00	7,375.00	19,875.00	28,285.00	57,285.00
	AZOYU	25,250.00	17,750.00	1,125.00	6,597.50	50,722.50
	COPALA	5,812.50	30,312.50		2,660.00	38,785.00
	CUAJINICUILAPA	59,000.00	39,750.00	10,812.50	6,472.50	116,035.00
	CUARUTEPEC	11,375.00	5,875.00	22,500.00	8,722.50	48,472.50
	FLORENCIO VILLAREAL	14,375.00	19,937.50	14,937.50	3,285.00	52,535.00
	IGUALAPA	1,437.50	9,312.50	1,875.00	20,910.00	33,535.00
	OMETEPEC	14,750.00	20,875.00	3,125.00	28,910.00	67,660.00
	SAN LUIS ACATLAN	14,312.50	13,375.00	9,812.50	44,660.00	82,160.00
	SAN MARCOS	20,375.00	24,000.00	20,000.00	12,847.50	77,222.50
	TECOANAPA		12,125.00	22,125.00	36,847.50	71,097.50
	TLACDACHISTLAHUACA	812.50	9,875.00	9,750.00	44,472.50	64,910.00
XOCHISTLAHUACA		875.00	9,375.00	17,597.50	27,847.50	
SUMAS E INDICES A NIVEL ESTATAL		516,518.75	973,793.75	1'220,900.00	3'713,917.00	6'423,129.50

Montaña, Atlixnac; en la región Costa Grande, Coyuca de Benitez, Coahuayutla y Atoyac de Alvarez; para la Costa Chica, los municipios que se destacan son: Cuajinicuilapa, Acapulco, Azoyú, San Marcos y Ometepec.

En el cuadro 27, con un nivel de inversión alto, los municipios que se destacan en cada región en relación a su aptitud agroecológica (superficie Muy Apta), son: En la región de Tierra Caliente, los municipios de Cutzamala, Arcelia, y Tlalchapa; en la región Norte, Tepecoacuilco, Iguala, y Huitzuco; en la región Centro, Tixtla y Mochitlán; En la Montaña, Atlixnac y Xalpatlahuac; en la Costa Grande, Coyuca de Benitez y Atoyac; en la Costa Chica, los municipios de Cuajinicuilapa, Azoyú y San Marcos.

Un nivel de inversión alto se caracteriza porque la producción es con fines comerciales. Incluye una mecanización completa, utiliza semillas mejoradas, con una adecuada aplicación de fertilizantes, control químico de plagas enfermedades y malezas, requiere de adecuadas vías de comunicación, accesibilidad al mercado y buen servicio de asistencia técnica. Por otro lado un nivel de inversión bajo se caracteriza porque la producción es de subsistencia. Se utilizan herramientas manuales, no utiliza semillas mejoradas, sin o insuficiente aplicación de fertilizantes, sin control químico de plagas o enfermedades y malezas, además no cuenta con servicio de asistencia técnica.

Comparando los resultados del cuadro 26 con el cuadro 27, encontramos que los municipios que mayor incremento presentan en relación a la superficie **Muy Apta**, al pasar de un nivel de inversión bajo a un nivel de inversión alto (con todo lo que implica cada nivel de inversión), para cada región son: en la Tierra Caliente, los municipios de Arcelia, Cutzamala y Pungarabato (Ciudad Altamirano); en la región Norte, Tepecoacuilco, Iguala y Cocula; en la región Centro, Tixtla, Mochitlán y Gral. Heliodoro Castillo; en la zona de La Montaña, Atlixnac,

Xalpatlahuac y Copanatoyac; en la Costa Grande, La Unión y Petatlán; y en la Costa Chica, el municipio de Cuautepec.

Bajo este punto de vista si se pretende aumentar la producción del cultivo de maíz en condiciones de temporal y se cuenta con capital suficiente o se desea invertir capital para la producción de maíz en alguna zona determinada, por ejemplo, la Zona Norte del Estado de Guerrero, la recomendación sería enfocarla a los municipios de Tepecoacuilco, Iguala y/o Cocula, que de acuerdo a los resultados presentan una mayor aptitud agroecológica para el nivel de inversión alto (cuadro 27), que requiere del capital mencionado. En caso contrario, se recomienda su inversión en el municipio de Huitzucó, que presenta mayor aptitud agroecológica con el nivel de inversión bajo (cuadro 26).

En el cuadro (28), se presenta la clasificación agroecológica por regiones, para dos niveles de inversión, en el cultivo de maíz de temporal en el Estado de Guerrero, en el se observa que las regiones con mayor aptitud agroecológica (tierras Muy Aptas), para un nivel de inversión bajo son: Costa Chica, Tierra Caliente y Costa Grande, en ese orden. Para el nivel de inversión alto, resultaron mejores: Costa Chica, Tierra Caliente y Costa Grande. Con el nivel de inversión bajo, la región Centro presenta la menor superficie Muy Apta. Para el nivel de inversión alto, la región de La Montaña presenta la menor superficie Muy Apta.

Del cuadro 28, se deduce de acuerdo a los resultados, que las inversiones y apoyos deben enfocarse hacia la región de la Tierra Caliente y/o la Zona Norte del Estado de Guerrero, ya que presentan un incremento considerable en la superficie Muy Apta al pasar del nivel de inversión bajo al nivel de inversión alto. La región de la Costa Chica no responde a la inversión de capital y personal técnico y en la Costa Grande, a los dos niveles de inversión, los cambios son mínimos.

Cuadro 28. Clasificación Agroecológica por regiones con dos niveles de inversión para el cultivo de maíz de temporal en el Estado de Guerrero (ha).

REGION	N I	MUY APTA	APTA	marginal- mente APTA	NO APTA
TIERRA CALIENTE	A	158 300.00	252 156.25	266 587.50	612 021.25
	B	62 918.75	350 206.25	289 625.00	586 315.00
NORTE	A	34 906.25	96 012.50	151 625.00	572 653.25
	B	4 562.50	113 412.50	202 605.75	534 616.25
CENTRO	A	3 687.50	56 562.50	222 687.50	728 510.00
	B	250.00	65 512.50	193 625.00	752 060.00
MON- TAÑA	A	3 125.00	14 687.50	59 312.50	905 587.50
	B	2 500.00	10 125.00	54 812.50	915 275.00
COSTA GRANDE	A	36 687.50	328 187.50	339 375.00	580 592.50
	B	36 187.50	436 562.50	264 687.50	547 405.00
COSTA CHICA	A	188 562.50	310 500.00	177 062.50	325 740.00
	B	204 500.00	227 627.50	249 937.50	319 740.00

N. I. = Nivel de inversión

A = Alto

B = Bajo

5.4. Indices de aptitud

Con el objeto de facilitar la interpretación CP-SARH (1990), consideran que es conveniente que los resultados obtenidos en la zonificación se presenten por cultivo y a tres niveles de generalización; estatal, regional y municipal. Además cada nivel se caracteriza en base a tres criterios; Aptitud Global, Aptitud Parcial y Aptitud Económica. Estos criterios se evalúan mediante la obtención de índices.

5.4.1. Índices de aptitud global, parcial y económico para el nivel de inversión bajo

5.4.1.1. Índice de aptitud global

El índice de aptitud global es una calificación ponderada por superficie que considera todas las clases de aptitud y fluctúa de 1 a 4. Se obtiene codificando las clases de aptitud asignándole mayor valor a la mejor clase de aptitud.

En los cuadros (29 y 31), aparecen los índices globales, parciales y económicos, a nivel estatal, municipal y regional para el nivel de inversión bajo.

En el cuadro 29, se observa que el índice global (calificación ponderada por superficie), a nivel estatal, para un nivel bajo de inversión es de 1.69. Este valor significa una aptitud agroecológica baja en relación a la superficie, en función de que se califica en escala de 1 a 4, asignándole el número 1 a la superficie No Apta y 4 a la Muy Apta, a medida que el índice sea más bajo, disminuye la participación de tierras con clasificación Apta o Muy Apta para la producción de maíz.

A nivel municipal, dentro de las regiones, se destacan por su índice de aptitud global, los siguientes: En la Tierra Caliente, los municipios de Tlapehuala, Tlalchapa y Pungarabato (Ciudad Altamirano); en la Costa Chica, los municipios de Cuajinicuilapa y Azoyú; en la Costa Grande, Benito Juárez y La Unión; en la zona Norte, Iguala y Buenavista de Cuellar; en la zona Centro, Juan R. Escudero y Mochitlán; y, en La Montaña, los municipios de Xalpatláhuac y Atlixac.

El índice de aptitud global, como calificación ponderada por superficie significa que a valores más altos (entre 1 y 4), es mayor la

CUADRO 29. Indices globales, parciales y económicos a nivel estatal y municipal. Cultivo Maíz. Nivel de inversión Bajo.

REGION	MUNICIPIO	INDICE DE APTITUD GLOBAL	INDICE DE APTITUD PARCIAL	INDICE DE APTITUD ECONOMICO
TIERRA CALIENTE	IAJUCHITLAN DEL PROGRESO	1.63	37,662.50	22,312.50
	IARCELIA	2.43	33,222.50	30,297.50
	ICDYUCA DE CATALAN	1.87	139,887.50	98,737.50
	ICUTZAMALA DE PINZON	2.39	72,641.25	67,476.25
	IPUNARABAYO (CD. ALTAMIRANO)	2.87	17,355.00	17,910.00
	ISAN MIGUEL TOTOLAPAN	1.60	46,312.50	32,562.50
	ITLALCHAPA	3.07	23,912.50	24,162.50
	ITLAPEHUALA	3.12	13,590.00	14,300.00
	IZIRANDARO	1.65	65,750.00	35,325.00
	NORTE	IAPAXTLA DE CASTREJON	1.61	11,975.00
IATENANGO DEL RIO		1.31	9,325.00	3,100.00
IQUENAVISTA DE CUELLAR		1.85	9,180.00	9,150.00
ICOCULA		1.76	12,020.00	7,900.00
ICOPALILLO		1.34	14,900.00	650.00
ICUETZALA DEL PROGRESO		1.32	6,100.00	5,200.00
IGENERAL CANUTO R. NERI		1.35	4,125.00	1,250.00
IHUITZUCO DE LOS FIGUEROA		1.80	26,257.50	22,687.50
ISUALA DE LA INDEPENDENCIA		2.20	12,055.00	9,780.00
IIXCATEPAN DE CUAUHTEMOC		1.46	6,925.00	2,700.00
IPEDRO ABOCENCIO ALSUISIRAS		1.35	6,775.00	2,950.00
IFILCAYA		1.59	3,127.40	2,100.00
ITAXCO DE ALARCON		1.46	10,837.40	6,150.00
ITELOLOAPAN		1.54	19,277.50	3,880.00
ITEPECACUILCO DE TRUJANO	1.50	21,450.00	11,625.00	
ITETIPAC	1.35	1,805.00	20.00	
CENTRO	ICHILAPA DE ALVAREZ	1.35	6,175.00	4,300.00
	ICHILPANCINCO DE LOS BRAVO	1.46	35,675.00	13,450.00
	IGENERAL HELIODORO CASTILLO	1.30	29,825.00	6,850.00
	IJUAN RANULFO ESCUDERO	1.73	13,200.00	7,850.00
	ILEONARDO BRAVO	1.28	12,775.00	4,200.00
	INARTIR DE CUILLAPAN	1.27	2,250.00	2,280.00
	INDOCHITLAN	1.46	10,075.00	4,800.00
	IQUECHULYENANGO	1.20	8,250.00	4,300.00
	ITIXTLA DE GUERRERO	1.45	4,750.00	3,350.00
	IZITLALA	1.10	2,250.00	800.00
IBRAL. EDUARDO NERI (ZUMPANGO)	1.11	4,885.00	810.00	
LA MONTANA	IAHUACUOTZINGO	1.00	0.00	0.00
	IALCOZAUCA DE GUERRERO	1.01	375.00	150.00
	IALPOYECA	1.00	0.00	0.00
	IATLANAJALCINCO DEL MONTE	1.05	600.00	0.00
	IATLIXTAC	1.37	10,550.00	3,500.00
	ICOPANATOYAC	1.24	1,200.00	50.00
	ICUALAC	1.22	2,075.00	0.00
	IHUANUXITLAN	1.00	0.00	0.00
	IMALINALTEPEC	1.02	250.00	250.00
	IMETLATONOC	1.02	2,425.00	500.00
	IDLINALA	1.24	7,300.00	0.00
	ITLACDAPA	1.02	325.00	0.00
	ITLALIXTACUILA	1.00	0.00	0.00
	ITLAPA DE CONDONFORT	1.08	2,950.00	0.00
IXALPATLAHUAC	1.33	4,000.00	950.00	
IXOCHIHUEHUETLAN	1.00	0.00	0.00	
IXAPOTITLAN TABLAS	1.01	475.00	200.00	
COSTA GRANDE	IATDYAC DE ALVAREZ	1.81	41,462.50	28,287.50
	IBENITO JUAREZ	2.62	20,150.00	19,275.00
	ICANHUAYUTLA DE GUERRERO	1.62	44,487.50	36,937.50
	ICDYUCA DE BENITEZ	2.11	74,837.50	54,062.50
	IJOSE AZUETA (ZIHUATANEJO)	1.70	32,975.00	22,500.00
	IPETATLAN	1.94	53,725.00	45,800.00
	ITECPAN DE SALEANA	1.86	102,175.00	82,575.00
ILA UNION	2.33	121,500.00	116,000.00	
COSTA CHICA	IACAPULCO DE JUAREZ	2.15	51,062.50	54,887.50
	IAYUTLA DE LOS LIBRES	1.64	14,487.50	5,662.50
	IAZOYU	3.25	40,612.50	39,812.50
	ICOPALA	2.96	29,187.50	28,687.50
	ICUAJINICUILAPA	3.34	96,700.00	95,250.00
	ICUAUTEPEC	2.27	23,125.00	12,200.00
	IFLORENCIO VILLAREAL	2.79	34,987.50	28,612.50
	IQUALAPA	1.96	12,212.50	11,387.50
	IMETEPEC	2.38	34,350.00	31,600.00
	ISAN LUIS ACATLAN	1.86	29,187.50	23,437.50
	ISAN MARCOS	2.66	46,737.50	38,337.50
	ITECOANAPA	1.67	19,150.00	9,800.00
	ITLACOACHISTLAHUACA	1.51	13,200.00	6,825.00
IXOCHISTLAHUACA	1.50	5,625.00	150.00	
SUMAS E INDICES A NIVEL ESTATAL		1.69	1,782,341.05	1,280,223.75

superficie con mejor aptitud que se encuentra en esa zona. Si queremos determinar para una región, que municipio presenta la mayor participación de tierras Aptas o Muy Aptas en la superficie total municipal para la producción de maíz en condiciones de temporal, por ejemplo, la región de la Costa Chica, con un nivel de inversión bajo, en el cuadro (29) se observa que los municipios de Cuajinicuilapa y Azoyú, presentan los valores más altos, por consecuencia esos municipios presentan de alguna manera áreas más compactas, en términos de Aptitud, para la producción de maíz en condiciones de temporal.

En el cuadro 31, se observa que la región con mayor índice de aptitud global, para el nivel de inversión bajo es: Costa Chica, Costa Grande y Tierra Caliente. La región de La Montaña presenta, el índice más bajo.

5.4.1.2. Índice de Aptitud Parcial (Iap)

El **Iap** es un valor ponderado por aptitud, esto es, las superficies Muy Aptas, Aptas y marginalmente Aptas son transformadas a su equivalente de superficie Muy Aptas.

El **Iap** se interpreta como la superficie equivalente de tierras Muy Aptas para un cultivo en las que el agricultor obtendría la máxima producción sin riesgo de pérdida económica, y sin considerar a las zonas No Aptas. Es decir, las diferentes clases de aptitud son transformadas, en términos de superficie, a la mejor clase de aptitud (Muy Aptas). Su importancia radica en que permite hacer comparaciones entre regiones y entre municipios para saber cuál o cuales son los mejores para un determinado cultivo.

Los índices de aptitud parcial, para los niveles estatal, municipal y regionales, aparecen en los cuadros (29 y 31).

En el cuadro 29, se presentan los índices de aptitud parcial, **que corresponde a la superficie transformada (MA, A y mA) a tierras Muy Aptas.** Para el Estado de Guerrero es de 1 782 341.5 (ha). Analizando el cuadro 29, a nivel municipal, por regiones, encontramos que los municipios con mayor aptitud parcial son: en la región Tierra Caliente, los municipios de Coyuca de Catalán y Cutzamala de Pinzón; en la Costa Grande, La Unión y Tecpan de Galeana; en la Costa Chica, Cuajinicuilapa y Acapulco; en la región Centro, Chilpancingo y Gral. Heliodoro Castillo; en la región Norte, Huitzuco y Tepecoacuilco; y, en la región de La Montaña, los municipios de Atlixnac y Olinalá.

Debe notarse la diferencia entre la superficie equivalente de tierras Muy Aptas (Iap), de la superficie de las clases de aptitud. En el primer caso, solamente es una transformación, en términos de superficie, de las clases de aptitud mA, A, y Ma, a la clase MA, que nos sirve para hacer comparaciones de aptitud entre diferentes áreas y saber cual es la mejor, y no están cartografiadas como tales, en tanto que en el segundo caso, se trata de las clases de aptitud resultado de la zonificación agroecológica, las cuales se encuentran cartografiadas en los mapas de zonificación agroecológica (anexo cartográfico).

5.4.1.3. Índice de Aptitud Económico

El **Iae** es un valor ponderado por las clases de aptitud que sean económicamente redituables, esto es, solo considera a las zonas Muy Aptas y Aptas. Para su cálculo se consideran los mismos factores de ponderación, es decir, 1 para Muy Apta y 0.8 para Apta.

El **Iae** se interpreta como la superficie equivalente de tierras Muy Aptas para un cultivo en las que el agricultor tendría las máximas ganancias económicas. **Al igual que el Iap, este valor permite hacer**

comparaciones entre regiones y entre municipios y saber cuál o cuales son los mejores en términos de ganancia para un cultivo en particular.

Los índices económicos, a dos niveles de inversión, para el cultivo de maíz de temporal en el Estado de Guerrero, aparecen en los cuadros 29 y 30.

Considerando los valores correspondientes al índice de aptitud económico, los resultados con el nivel de inversión bajo, señalan como la mejor región para la producción de maíz de temporal con las máximas ganancias para el productor, a la Costa Grande; y como el mejor municipio a La Unión.

5.4.2. Índices de aptitud global, parcial y económico para el nivel de inversión alto

5.4.2.1. Índice de aptitud global

El índice de aptitud global es una calificación ponderada por superficie que considera todas las clases de aptitud y fluctúa de 1 a 4. Se obtiene codificando las clases de aptitud asignándole mayor valor a la mejor clase de aptitud.

En los cuadros (30 y 31), aparecen los índices globales, parciales y económicos, a nivel estatal, municipal y regional para el nivel de inversión alto.

En el cuadro 30, se presentan los índices mencionados, obtenidos para un nivel alto de inversión alto, en este caso el índice de aptitud global para el Estado es de 1.71. Este valor significa una aptitud agroecológica baja en relación a la superficie, ya que a medida que el índice sea más bajo, disminuye la participación de tierras con clasificación Apta o Muy Apta para la producción de maíz.

CUADRO 30. Índices globales, parciales y económicos a nivel estatal y municipal. Cultivo Maíz. Nivel de inversión Alto.

REGION	MUNICIPIO	INDICE DE APTITUD GLOBAL	INDICE DE APTITUD PARCIAL	INDICE DE APTITUD ECONOMICO
TIERRA CALIENTE	AJUCHITLAN DEL PROGRESO	1.79	45,030.00	28,750.00
	MARCELIA	2.86	37,212.50	38,287.50
	COYUCA DE CATALAN	1.89	143,237.50	97,712.50
	CUTZAMALA DE PINZON	2.60	79,362.50	74,587.50
	PUNGARABATO (CD. ALTAMIRANO)	3.16	18,437.50	18,612.50
	SAN MIGUEL TOTOLAPAN	1.67	49,362.50	33,887.50
	TLALCHAPA	3.12	29,762.50	22,887.50
TLAPEMUALA	2.81	12,930.00	8,830.00	
ZIRANDARO	1.47	47,722.50	37,887.50	
NORTE	APAXTLA DE CASTREJON	1.67	12,600.00	6,973.00
	ATENANGO DEL RIO	1.21	6,173.00	4,430.00
	BUENAVISTA DE CUELLAR	1.73	8,023.00	3,923.00
	COCCULA	1.98	14,612.50	9,112.50
	COPALILLO	1.24	10,623.00	8,000.00
	CUETZALA DEL PROGRESO	1.29	5,323.00	3,400.00
	GENERAL CANUTO A. NERI	2.01	12,030.00	2,030.00
	INHUITZUCO DE LOS FIGUEROA	1.44	13,718.75	12,168.75
	IGUALA DE LA INDEPENDENCIA	2.50	13,835.00	13,160.00
	IXCATOPAN DE CUAUHTEMOC	1.32	4,823.00	0.00
	PEDRO ABCENCIO ALQUIRIBAS	1.47	9,000.00	2,200.00
	PILCAYA	1.99	3,030.00	3,030.00
	TAXCO DE ALARCON	1.36	8,387.50	6,062.50
TELOLOAPAN	1.77	26,875.00	17,400.00	
TEPECOACUILCO DE TRUJANO	1.65	23,923.00	19,423.00	
TETIPAC	1.37	2,330.00	1,850.00	
CENTRO	CHILAPA DE ALVAREZ	1.19	3,323.00	800.00
	CHILPANCINGO DE LOS BRAVO	1.37	43,723.00	13,100.00
	GENERAL HELIODORO CABTILLO	1.32	31,875.00	7,173.00
	JUAN RANULFO ESCUDERO	1.79	14,275.00	9,100.00
	LEONARDO BRAVO	1.23	11,162.50	937.50
	MARTIR DE CUILAPAN	1.28	2,375.00	1,800.00
	MUCHITLAN	1.60	13,023.00	7,323.00
	QUECHULTENANGO	1.22	9,030.00	4,400.00
	TIXTLA DE GUERRERO	1.48	4,675.00	4,300.00
	ZITLALA	1.07	1,473.00	0.00
GRAL. EDUARDO NERI (ZUMPANGO)	1.07	3,030.00	0.00	
LA MONTANA	AMARCUOTZINGO	1.03	450.00	0.00
	ALCOZAUCA DE GUERRERO	1.02	473.00	250.00
	ALPOYECA	1.23	2,023.00	1,700.00
	ATLAMAJALCINCO DEL MONTE	1.04	400.00	0.00
	ATLIXTAC	1.27	7,723.00	4,923.00
	COPLANATOYAC	1.35	1,600.00	730.00
	CUARAC	1.11	1,023.00	0.00
	HUAMUXTITLAN	1.18	2,330.00	2,100.00
	IMALINALTEPEC	1.08	1,130.00	1,130.00
	METLATONDC	1.03	2,830.00	330.00
	OLINALA	1.24	7,273.00	0.00
	TLACOPPA	1.02	230.00	230.00
	TLALIXTACUILLA	1.02	123.00	0.00
	TLAPA DE CUMDNFORT	1.12	4,273.00	0.00
XALPATLANUAC	1.87	6,223.00	3,130.00	
XOCHIHUEHUETLAN	1.00	0.00	0.00	
IZAPOTITLAN TABLAS	1.01	400.00	230.00	
CDBTA GRANDE	ATOYAC DE ALVAREZ	1.69	34,873.00	19,130.00
	BENITO JUAREZ	2.38	19,623.00	18,230.00
	COAHUAYUTLA DE GUERRERO	1.33	24,900.00	6,300.00
	COYUCA DE BENITEZ	2.07	71,873.00	34,430.00
	JOSE AZUETA (ZIHUATANEJO)	1.75	35,400.00	22,700.00
	PETATLAN	2.02	57,037.50	48,812.50
	TECPAN DE GALEANA	1.91	108,830.00	69,123.00
LA UNION	2.05	82,423.00	60,430.00	
COSTA CHICA	ACAPULCO DE JUAREZ	2.33	111,262.50	98,562.50
	AYUTLA DE LOS LIBRES	1.70	15,600.00	7,630.00
	AZOYU	3.22	39,900.00	39,430.00
	COPALA	3.01	30,062.50	30,062.50
	CUAJINICUILAPA	3.30	95,123.00	90,800.00
	CUAUATEPEC	2.41	25,073.00	16,073.00
	FLORENCIO VILLAREAL	2.86	36,300.00	30,323.00
	IGUALAPA	1.74	9,637.50	8,887.50
	OMETEPEC	2.32	32,700.00	31,430.00
	SAN LUIS ACATLAN	1.97	28,937.50	23,012.50
	SAN MARCOS	2.67	47,573.00	39,373.00
TECOANAPA	1.63	18,330.00	9,700.00	
TLACOACHISTLANUACA	1.49	12,612.50	8,712.50	
XOCHISTLANUACA	1.40	4,430.00	700.00	
SUMAS E INDICES A NIVEL ESTATAL		1.71	1,789,913.75	1,295,333.75

A nivel municipal, dentro de las regiones, destacan: en la Costa Chica, los municipios de Cuajinicuilapa y Azoyú; en la Tierra Caliente, Pungarabato (Cd. Altamirano) y Tlalchapa; en la Costa Grande, Benito Juárez y Coyuca de Benitez; en la zona Norte, Iguala y Gral. Canuto A. Neri; en la zona Centro, Juan R. Escudero y Mochitlán; y, en La Montaña, los municipios de Xalpatláhuac y Atlixac.

Si queremos determinar para una región, que municipio presenta la mayor participación de tierras Aptas o Muy Aptas en la superficie total municipal para la producción de maíz en condiciones de temporal, por ejemplo, la región de la Tierra Caliente, con un nivel de inversión alto, en el cuadro 30 observe que los municipios de Pungarabato (Ciudad Altamirano), y Tlalchapa presentan los valores más altos, por consecuencia esos municipios presentan de alguna manera áreas más compactas, en términos de Aptitud, para la producción de maíz en condiciones de temporal.

En el cuadro 31, se observa que la región con mayor índice de aptitud global, para un nivel de inversión alto, es la Costa Chica, posteriormente se ubican Tierra Caliente y Costa Grande. La región de la Montaña presenta el índice más bajo.

5.4.1.2. Índice de aptitud parcial (Iap)

El Iap es un valor ponderado por aptitud, esto es, las superficies Muy Aptas, Aptas y marginalmente Aptas son transformadas a su equivalente de superficie Muy Aptas.

Los índices de aptitud parcial, para los niveles estatal, municipal y regionales, aparecen en los cuadros (30 y 31).

En el cuadro 30, se reportan los índices de aptitud parcial, para el nivel de inversión alto, se observa que el índice de aptitud parcial, que corresponde a la superficie transformada (MA, A y mA) a tierras Muy Aptas, a nivel estatal es de 1 776 701.25 (ha). analizando el cuadro 30, por municipios en cada región, encontramos que los mejores de cada zona son: para Tierra Caliente, los municipios de Coyuca de Catalán y Cutzamala de Pinzón; en la Costa Chica, Acapulco y Cuajinuclapa; en la Costa Grande, Tecpan de Galeana y La Unión; en la zona Centro, Chilpancingo y Gral. Heliodoro Castillo; en la zona Norte, Teloloapan y Tepecoacuilco; y, en La Montaña, los municipios de Atlixnac y Olinalá.

5.4.2.3. Índice de aptitud económico

Los índices económicos, a dos niveles de inversión, para el cultivo de maíz de temporal en el Estado de Guerrero, aparecen en los cuadros 29 y 30.

Considerando los valores correspondientes al índice de aptitud económico, los resultados son: para el nivel de inversión alto: la mejor región Costa Chica y el mejor municipio, Acapulco de Juárez.

La información de los cuadros 29, 30 y 31, se puede utilizar de la siguiente manera: Como los índices de aptitud parcial permiten hacer comparaciones entre regiones y entre municipios, si desea conocer para un nivel de inversión alto cual es la mejor región para la producción de maíz en condiciones de temporal, deberá seleccionar el nivel alto del cuadro 31, observe los valores y encontrará que el más alto, **que corresponde a la superficie transformada (MA, A y mA) a tierras Muy Aptas**, es 507,787.5 (ha) que corresponde a la región Costa Chica, como conclusión tendría que la mejor región para la producción de maíz, con un nivel de inversión alto es la Costa Chica. Utilizando el mismo procedimiento para un nivel de inversión bajo, el valor más alto, en

términos de superficie transformada (MA, A y mA) a tierras Muy Aptas, (Iap), es 491,312.5 (ha), que corresponde a la Costa Grande, por consecuencia, la mejor región para el nivel de inversión bajo, será la Costa Grande.

Cuadro 31. Índices de aptitud global, parcial y económico, por regiones Geoeconómicas del Estado de Guerrero. Cultivo Maíz. Para dos niveles de inversión.

REGION	NIVEL DE INVERSION	INDICE GLOBAL	INDICE PARCIAL	INDICE ECONOMICO
TIERRA CALIENTE	Alto	1.97	466 660.00	360 025.00
	Bajo	1.91	458 933.75	343 083.75
NORTE	Alto	1.52	172 366.25	111 716.25
	Bajo	1.52	176 334.00	95 292.50
CENTRO	Alto	1.34	138 012.50	48 937.50
	Bajo	1.32	130 110.00	52 660.00
MONTAÑA	Alto	1.10	38 600.00	14 875.00
	Bajo	1.08	32 525.00	10 600.00
COSTA GRANDE	Alto	1.86	434 987.50	299 237.50
	Bajo	1.97	491 312.50	385 437.50
COSTA CHICA	Alto	2.36	507 787.50	436 962.50
	Bajo	2.32	486 625.00	386 650.00

Para determinar el mejor municipio, con un nivel de inversión alto, se utiliza el cuadro 30, observe la columna denominada índice de aptitud parcial, busque a través de todas las regiones el valor más alto, encontrará que el valor más alto, en términos de superficie transformada (MA, A y mA) a tierras Muy Aptas, (Iap), es 143 237.5 (ha), que corresponde al municipio de Coyuca de Catalán, por esta razón el mejor municipio para la producción de maíz bajo condiciones de temporal con el nivel de inversión alto, es el municipio de Coyuca de Catalán. Para el

nivel de inversión bajo, se procede de la misma manera, utilizando ahora el cuadro 29, ahí resulta que el valor más alto, en términos de superficie equivalente a tierras Muy Aptas, corresponde a 139 887.5 (ha), del municipio de Coyuca de Catalán. Por consecuencia, el mejor municipio con el nivel de inversión bajo, es también Coyuca de Catalán.

5.5. Producción total estimada

Los rendimientos estimados por clase de aptitud, división climática y nivel de inversión fueron generados por FAO (1981), estos se calcularon en base a factores climáticos como la radiación global y la temperatura durante el período de crecimiento de los cultivos. También se considera la fisiología del cultivo a través del tipo de fotosíntesis y coeficiente respiratorio entre otros. Los valores propuestos aparecen en el cuadro (32) .

Cuadro 32. Rendimientos estimados (ton/ha) por clase de aptitud, división climática y nivel de inversión para Maíz (FAO, 1981).

Clase de Aptitud	Tropical Caliente	Tropical Templada	Tropical Caliente	Tropical Templada
	inversión Alta	Inversión Alta	Inversión Baja	Inversión Baja
MA	7.1 - 5.7	10.9 - 8.7	1.8 - 1.4	2.7 - 2.2
A	5.7 - 2.8	8.7 - 4.4	1.4 - 0.7	2.2 - 1.1
mA	2.8 - 1.4	4.4 - 2.2	0.7 - 0.4	1.1 - 0.5
NA	1.4 - 0.0	2.2 - 0.0	0.4 - 0.0	0.5 - 0.0

Fuente : FAO (1981).

Con la finalidad de estimar la producción total de maíz a nivel estatal que se puede esperar, suponiendo que las zonas de aptitud (MA, A y mA), se destinaran solo a la producción del cultivo de maíz, el cálculo se realiza utilizando la ecuación siguiente:

$$PTE = (Iap) (RMA)$$

donde:

PTE = Producción total estimada (ton)

Iap = Índice de aptitud parcial (ha)

RMA = Rendimiento para la clase Muy Apta (ton/ha)

A continuación se describe el cálculo para el cultivo de maíz con un nivel de inversión bajo para la zona Tropical Templada.

En el cuadro (33), se observa el Índice de Aptitud Parcial que corresponde al ejemplo que es de 94,317.5 ha; considerando que este valor corresponde al equivalente de tierras (MA), este valor se multiplicó por el rendimiento estimado por la FAO (1981), para la clase (MA) en la división Tropical Templado y para un nivel de inversión bajo (2.7 - 2.2 ton/ha). Resultando una producción de 254,657.25 a 297,498.5 ton. Para la división climática Tropical Caliente se realizó de la misma manera. Al sumar el volumen de ambas divisiones se generó el volumen total estatal.

En el cuadro 33, al comparar la superficie con mejor clase de aptitud agroecológica (Muy Apta), de las divisiones climáticas Tropical Caliente y Templado, para un nivel de inversión bajo (321,218.4 y 2,287.5 ha respectivamente), se concluye que en la división climática Tropical Caliente se presenta la mayor superficie con mejor aptitud agroecológica para la producción de maíz en condiciones de temporal en el Estado de Guerrero. Al efectuar la comparación en el nivel de inversión alto, los valores resultan 450,000.0 y 875 ha para Tropical Caliente y Templado respectivamente; en consecuencia, la región Tropical Caliente, también en el nivel de inversión alto, presenta la mayor superficie con mejor aptitud agroecológica para la producción de maíz.

Cuadro 33. Superficies por división climática, para dos niveles de inversión, para el cultivo de maíz de temporal, en el Estado de Guerrero.

Clase de Aptitud	Tropical Caliente	Tropical Templado	Tropical Caliente	Tropical Templado
	Nivel Bajo (ha)	Nivel Bajo (ha)	Nivel Alto (ha)	Nivel Alto (ha)
MA	321 218.4	2 287.5	450 000.0	875.0
A	1 168 250.0	42 481.3	984 437.5	45 750.0
mA	1 090 062.5	145 112.5	1 119 812.5	201 812.5
NA	2 406 043.7	1 252 743.5	2 431 325.0	1 194 187.5
Indice Parcial	1 691 843.8	94 317.5	1 685 475.0	118 200.0
Indice Económico	1 255 818.7	36 272.5	1 237 550.0	37 475.0

MA = Muy Apta A = Apta mA = marginalmente Apta NA = No Apta

En el mismo cuadro 34, comparando los índices de aptitud parcial de las divisiones climáticas Tropical Caliente y Templada, en el nivel de inversión bajo, resulta que la región Tropical Caliente (áreas con alturas menores de 1500 m) en el Estado de Guerrero presenta una mejor aptitud para la producción de maíz en condiciones de temporal, que la división climática Tropical Templada.

El mismo caso ocurre al efectuar la comparación de los índices de aptitud parcial, en el nivel de inversión alto.

Como conclusión tenemos que: Para los dos niveles de inversión, la división climática Tropical Caliente, presenta mejor aptitud para la producción de maíz en condiciones de temporal, que la región Tropical Templada, en el Estado de Guerrero.

En el cuadro 34, al comparar los índices económicos de las regiones Tropical Caliente y Tropical templado, para los dos niveles de inversión, se observan valores más altos en la división climática Tropical Caliente, lo que significa que el productor en dicha región obtendrá las máximas ganancias económicas en comparación con el agricultor que produce en la región Tropical Templada.

Cuadro 34. Producción total estatal estimada (ton).

Cultivo	Nivel de Inversión	División Climática	PTE para el Iap (ton)	PTE para el Iae (ton)
MAIZ	ALTO	TROPICAL	11 966 872.5	8 786 605.0
	BAJO	CALIENTE	3 045 318.8	2 260 473.6
	ALTO	TROPICAL	1 288 380.0	408 477.5
	BAJO	TEMPLADO	254 657.2	97 935.7

PTE = Producción total estimada (ton)

Iap = Índice de Aptitud Parcial

Iae = Índice de Aptitud económico

En el cuadro 34, se presentan los rendimientos máximos estimados a nivel estatal para las diferentes divisiones climáticas y a dos niveles de inversión.

El cuadro 34, se interpreta así: Si la región Tropical Caliente se cultiva utilizando el nivel de inversión bajo (agricultura de subsistencia), se espera una producción potencial máxima de 3'045,318.8 ton; en cambio, si en la misma región se utiliza para la producción de maíz en condiciones de temporal, el nivel de inversión alto (agricultura comercial), se espera una producción potencial de 11'966,872.5 ton. De la misma manera, para la región Tropical Templada con agricultura de subsistencia se obtendría una producción potencial máxima de 254,657.2 ton; utilizando una agricultura de tipo comercial, la producción total estimada para la región Tropical Templada es de 1'288,380.0 ton.

Si el cultivo de maíz en condiciones de temporal se realiza solamente en aquellas áreas clasificadas como Aptas o Muy Aptas, (índice de aptitud económico), para la región Tropical Caliente con el nivel de inversión bajo, se espera obtener 2'260,473.6 ton (cuadro 34), como rendimiento máximo posible; si en la misma rregión se utiliza el nivel de inversión alto, se podría obtener una producción total estimada de 8'786,605.0 ton.

Los resultados correspondientes a la producción total estimada, deben tomarse como lo que representan, una producción potencial que se podría obtener sí, y solo sí, toda la superficie con aptitud se dedicara exclusivamente al cultivo de maíz. Además los rendimientos estimados son los máximos posibles y no están considerándose pérdidas o reducciones del rendimiento por los impedimentos climáticos.

5.6. Estimación de rendimientos municipales

Con la finalidad de conocer el rendimiento máximo que se espera tener a nivel municipal, se seleccionaron los municipios correspondientes a la zona Norte del Estado de Guerrero, que presentan aptitud para el cultivo de maíz ($Iap > 0$, cuadro 35), en los dos niveles de inversión. Posteriormente al multiplicar el Iap a nivel municipal por el rendimiento máximo estimado por la FAO para la clase MA (cuadro 32), se genera la producción total, la cual al ser dividida entre la superficie (MA, A y mA, del cuadro 35), nos genera el rendimiento promedio a nivel municipal.

Para ejemplificar lo anterior se cálculo el rendimiento estimado para maíz de temporal, con un nivel de inversión bajo, en el municipio de Iguala.

El municipio de Iguala presenta un Índice de aptitud parcial, que significa una superficie transformada (MA, A y mA) a tierras Muy Aptas,

de 12 055 ha para el nivel de inversión bajo (cuadro 35). La FAO (1981), propone para una clase MA, en la división climática Tropical Caliente y para el nivel bajo un rendimiento máximo de 1.8 ton/ha (cuadro 32). Considerando que solo en las zonas MA, A y mA es recomendable el cultivo, se sumaron estas zonas de aptitud generando un valor de 17 912.5 ha (cuadro 35).

Lo anterior se explica a través de la siguiente relación:

$$RME = (Iap) (RMA) / (SMA + SA + SmA)$$

donde:

RME = Rendimiento municipal estimado (ton/ha).

Iap = Índice de aptitud parcial (ha).

RMA = Rendimiento máximo estimado para la clase MA (FAO, 1981), correspondiente a su división climática y nivel de inversión (ton/ha).

SMA = Superficie de tierras Muy Aptas (ha)

SA = Superficie de tierras Aptas (ha)

SmA = Superficie de tierras marginalmente Aptas (ha)

Al sustituir los valores para el ejemplo anterior tenemos:

$$RME = (12,055 \text{ ha}) (1.8 \text{ ton/ha}) / (17,912.5 \text{ ha})$$

$$RME = 1.211 \text{ ton/ha}$$

Utilizando el mismo procedimiento, para calcular el rendimiento estimado máximo para el municipio de Iguala, con un nivel de inversión alto (cuadro 36), tenemos:

$$RME = (Iap) (RMA) / (SMA + SA + SmA)$$

$$\text{RME} = \frac{(13,835.0 \text{ ha}) (7.1 \text{ ton})}{(6,250.0 + 8,637.5 + 1,687.5 \text{ ha})}$$

$$\text{RME} = 5.926 \text{ ton/ha}$$

Los resultados de la estimación de los rendimientos municipales, correspondientes a la zona Norte del Estado de Guerrero, para los dos niveles de inversión, se presentan en los cuadros 35 y 36.

En el cuadro 35, se presentan los rendimientos máximos estimados (ton/ha), para un nivel de inversión bajo, de los municipios de la zona Norte del Estado de Guerrero, los rendimientos estimados varían desde 0.860 ton/ha para el municipio de Atenango del Río, hasta 1.800 ton/ha, para el municipio de Buenavista de Cuellar.

Interpretando el cuadro 35, estos son los rendimientos máximos a nivel municipal que se obtienen cuando se practica una agricultura de subsistencia (nivel de inversión bajo), en la producción de maíz en condiciones de temporal, para los municipios de la zona Norte del Estado de Guerrero.

En el cuadro 36, se reportan los rendimientos estimados para el nivel alto de inversión, los valores se encuentran entre 3.104 ton/ha para el municipio Gral. Canuto A. Neri, hasta el máximo que corresponde al municipio de Pilcaya con 7.736 ton/ha.

En el cuadro 36, se presentan los rendimientos potenciales máximos que se obtienen cuando se practica una agricultura de tipo comercial (nivel de inversión alto), en la producción de maíz en condiciones de temporal, para los municipios de la zona Norte del estado de Guerrero.

Cuadro 35. Estimación de rendimientos municipales máximos del cultivo de maíz de temporal para la región Zona Norte del Estado de Guerrero, para un nivel de inversión BAO.

Municipios	División Climática		Superficie por clase de Aptitud (ha)		Indice de Aptitud Parcial	Rend. máx según FRO ton/ha	Rendimiento estimado		Rend. estim. Municipal prom. ton/ha
	Muy Apta	Apta	de Aptitud marginalmente Apta	(Iap) ton					
Apantla de Castrojón	Trop. Cal.		5,187.50	19,562.50	11,975.00	1.80	21,555.00	0.971	
	Trop. Temp.				0.00	2.70	0.00		
Atenango del Río	Trop. Cal.		3,875.00	16,062.50	TOTAL POR MUNICIPIO		21,555.00	Prom. 0.971	
	Trop. Temp.				9,525.00	1.80	17,145.00	0.860	
Buena Vista de Cuellar	Trop. Cal.		10,125.00		0.00	2.70	0.00		
	Trop. Temp.		1,312.50		8,100.00	1.80	14,580.00	Prom. 1.440	
Cocula	Trop. Cal.		9,875.00	10,300.00	1,050.00	2.70	2,835.00	2.160	
	Trop. Temp.				TOTAL POR MUNICIPIO		17,415.00	Prom. 1.800	
Copalillo	Trop. Cal.		812.50	35,625.00	12,020.00	1.80	21,636.00	1.072	
	Trop. Temp.				0.00	2.70	0.00		
Cuetzals del Progreso	Trop. Cal.		4,875.00	2,250.00	TOTAL POR MUNICIPIO		21,636.00	Prom. 1.072	
	Trop. Temp.		1,625.00		14,900.00	1.80	26,820.00	0.736	
Genl. Cenuto A. Neri	Trop. Cal.		1,562.50	7,187.50	0.00	2.70	0.00		
	Trop. Temp.				TOTAL POR MUNICIPIO		26,820.00	Prom. 0.736	
Nuitzucu de los Figueroa	Trop. Cal.	3,197.50	24,375.00	9,925.00	4,800.00	1.80	8,640.00	1.213	
	Trop. Temp.				1,300.00	2.70	3,510.00	2.160	
Iguala de la Independencia	Trop. Cal.		12,225.00	5,687.50	TOTAL POR MUNICIPIO		12,150.00	Prom. 1.636	
	Trop. Temp.				4,125.00	1.80	7,425.00	0.849	
Incateopan de Cuauhtemoc	Trop. Cal.		3,375.00		0.00	2.70	0.00		
	Trop. Temp.				TOTAL POR MUNICIPIO		7,425.00	Prom. 0.849	
Pedro Ascencio Alquisiras	Trop. Cal.		2,000.00	5,312.50	26,257.50	1.80	47,263.50	1.295	
	Trop. Temp.		1,687.50	4,250.00	0.00	2.70	0.00		
Pilcaya	Trop. Cal.		818.75		TOTAL POR MUNICIPIO		47,263.50	Prom. 1.295	
	Trop. Temp.		2,625.00	1,749.75	12,055.00	1.80	21,699.00	1.211	
Tamco de Alarcón	Trop. Cal.		7,687.50		0.00	2.70	0.00		
	Trop. Temp.				TOTAL POR MUNICIPIO		21,699.00	Prom. 1.211	
Teloloapan	Trop. Cal.		7,350.00	27,562.50	2,700.00	1.80	4,860.00	1.440	
	Trop. Temp.			5,931.25	4,225.00	2.70	11,407.50	1.060	
Tepacoacuilco de Trujano	Trop. Cal.	1,375.00	12,812.50	24,562.50	TOTAL POR MUNICIPIO		16,267.50	Prom. 1.260	
	Trop. Temp.				3,725.00	1.80	6,705.00	0.917	
Tetipac	Trop. Cal.			3,212.50	3,050.00	2.70	8,235.00	1.387	
	Trop. Temp.		25.00	1,250.00	TOTAL POR MUNICIPIO		14,940.00	Prom. 1.152	
					327.50	1.80	589.50	0.720	
					2,799.90	2.70	7,559.73	1.729	
					TOTAL POR MUNICIPIO		8,149.23	Prom. 1.224	
					5,150.00	1.80	11,070.00	1.440	
					4,687.40	2.70	12,655.98	1.080	
					TOTAL POR MUNICIPIO		23,725.98	Prom. 1.260	
					16,905.00	1.80	30,429.00	0.872	
					2,372.50	2.70	6,405.75	1.080	
					TOTAL POR MUNICIPIO		36,834.75	Prom. 0.976	
					21,450.00	1.80	38,610.00	0.936	
					0.00	2.70	0.00		
					TOTAL POR MUNICIPIO		38,610.00	Prom. 0.936	
					1,285.00	1.80	2,313.00	0.720	
					520.00	2.70	1,404.00	1.101	
					TOTAL POR MUNICIPIO		3,717.00	Prom. 0.911	

5.7. Comparación entre los rendimientos estimados y observados

Para comparar los resultados (rendimientos estimados), del presente trabajo con los obtenidos por los productores, se colectó la información correspondiente a la producción de maíz en condiciones de temporal en la región Norte del Estado de Guerrero; dicha información son las cifras oficiales proporcionadas por SARH a través del Distrito de Desarrollo Rural 006 con sede en la ciudad de Iguala de la Independencia, las producciones corresponden al período 1982- 1991 (excepto el año de 1985), los valores aparecen en el cuadro (37). En este cuadro se aprecia que los mayores rendimientos se presentan en los municipios de Iguala, Cocula, Tepecoacuilco y Buenavista de Cuellar, con un 36.5 , 33.5 , 29.3 y 28.7% respectivamente y superiores al promedio regional (1.59 ton/ha), con rendimientos medios mayores de 2.0 ton/ha.

Para comparar los rendimientos estimados con los observados, se generó el cuadro 38, en el se observa que los rendimientos estimados para el nivel de inversión bajo son menores que los rendimientos observados en la mayoría de los municipios. Por otro lado, el rendimiento estimado en el nivel de inversión alto, en todos los municipios es mayor que el rendimiento observado. El promedio de las diferencias entre los rendimientos estimados y observados con un nivel de inversión bajo, son menores (0.428 ton/ha), que las diferencias entre los rendimientos estimados y observados con un nivel de inversión alto (3.358 ton/ha). Por esta razón se puede suponer que los rendimientos estimados con el nivel de inversión bajo son los más cercanos a la realidad.

Con el propósito de conocer la mejor relación entre los rendimientos estimados y observados, se determinaron cuatro modelos de regresión simple, con los datos del cuadro 38.

Cuadro 37. Rendimientos promedios del cultivo de Maíz en condiciones de temporal, por municipio para la Zona Norte, promedios anuales y regionales, para el período 1982-1991 (excepto 1985).

MUNICIPIO	Rend. Kg/ha.									Rendimiento promedio Municipal
	AÑO 1982	1983	1984	1986	1987	1988	1989	1990	1991	
APAXTLA DE CASTREJON	770	1100	1800	1161	1200	1220	1300	1694	1780	1336
ATENANGO DEL RIO	450	650	1000	390	500	800	1200	1550	1220	862
BUENAVISTA DE CUELLAR	1100	1385	2620	2300	2100	2100	2382	2500	1970	2051
COCULA	1350	2200	2950	848	1629	2030	2842	2350	2950	2128
COPALILLO	750	550	1700	830	800	1800	1647	1647	1050	1197
CUETZALA DEL PROGRESO	850	900	1800	958	1600	900	1500	1853	1990	1372
GENERAL CANUTO A. NERI	1240	1250	1770	1038	1600	1200	1300	1300	1830	1392
HUITZUCO DE LOS FIGUEROA	1280	1050	2500	831	1625	1300	2500	2576	2730	1821
IGUALA DE LA INDEPENDENCIA	1350	1751	1890	2300	2100	2200	2812	2250	2930	2176
IXCATEOPAN DE CUAUHEMOC	800	1100	1910	950	1000	950	1100	1600	950	1151
PEDRO ASCENCIO ALQUISIRAS	1180	1600	2310	821	1200	1200	1500	1400	1950	1462
PILCAYA	730	1500	2500	1610	1500	1600	1600	2750	2990	1864
TAXCO DE ALARCON	780	1350	1963	1400	900	1200	1700	1700	2310	1478
TEOLOAPAN	1200	1450	1820	977	1199	1295	1700	2050	1870	1507
TEPECOACUILCO DE TRUJANO	1330	2000	2420	2300	2100	1700	1646	2200	2850	2061
TETIPAC	800	2050	2500	1310	1200	1800	1200	1600	2310	1641
PROMEDIO por Año kg/ha	998	1368	2091	1252	1391	1456	1746	1939	2105	1594

Fuente: SARH (1993).

Cuadro 38. Rendimientos municipales estimados y observados, para maíz de temporal en la región Norte del Estado de Guerrero.

Municipios	Diferencia	Rend. estimado ton/ha	Rend. observado ton/ha	Rend. estimado ton/ha	Diferencia
		Nivel Alto		Nivel Bajo	
Apaxtla de Castrejón	2.673	4.009	1.336	0.871	-0.465
Atenango del Río	3.784	4.646	0.862	0.860	-0.002
Buenavista de Cuellar	2.520	4.571	2.051	1.800	-0.251
Cocula	2.964	4.300	2.128	1.072	-1.056
Copalillo	3.358	4.555	1.197	0.736	-0.461
Cuetzala del Progreso	3.216	4.588	1.372	1.686	0.314
General Canuto A. Neri	1.712	3.104	1.392	0.849	-0.543
Huitzuc de los Figueroa	4.141	5.462	1.321	1.295	-0.026
Iguala de la Independencia	3.750	5.926	2.176	1.211	-0.965
Ixcateopan de Cuauhtemoc	2.449	3.600	1.151	1.260	0.109
Pedro Ascencio Alquisiras	2.401	3.863	1.462	1.152	-0.310
Pilcaya	5.872	7.736	1.864	1.224	-0.640
Taxco de Alarcón	3.572	5.050	1.478	1.260	-0.218
Teloloapan	4.883	6.390	1.507	0.976	-0.531
Tepecoacuilco de Trujano	2.807	4.868	2.061	0.996	-1.065
Tetipac	3.631	5.272	1.641	0.911	-0.730
PROMEDIOS	3.358	4.871	1.349	1.135	-0.428

En el cuadro 39, se presentan algunos atributos de los modelos de regresión simple determinados, como los valores del intercepto, la pendiente, los coeficientes de correlación, los coeficientes de

Cuadro 39. Diferentes tipos de modelos regresión simple entre los rendimientos máximos estimados y observados

Compa- ración	atri- buto	y= a+bx LINEAL	y= ax ^b MULTIPLI- CATIVA	y=EXP ^(a+bx) EXPONEN- CIAL	1/y= a+bx RECIPROCA
Esti- mado nivel bajo vs. obser- vado	a	1.105	-0.42	0.104	0.906
	b	0.403	0.361	0.275	-0.20
	r	0.305	0.348	0.316	-0.322
	R ²	9.31%	12.09%	10.00%	10.37%
	Sign.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	E.E.E.*	0.383	0.249	0.251	0.179
	F cal.	1.436	1.925	1.556	1.62
	% Prob.	74.95	81.31	76.73	79.4
Esti- mado nivel alto vs. obser- vado	a	0.988	-0.707	0.038	0.937
	b	0.118	0.393	0.077	-0.053
	r	0.344	0.344	0.344	-0.327
	R ²	11.83%	11.81%	11.85%	10.72%
	Sign.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	E.E.E. *	0.378	0.249	0.249	0.178
	F cal.	1.878	1.875	1.882	1.680
	% Prob.	80.8	80.75	80.83	78.42

* E.E.E. = Error estandar de la estimación

determinación, el valor calculado de F (Fisher), para el análisis de varianza de la regresión y la significancia entre los rendimientos estimados (X) para los dos niveles de inversión y los rendimientos observados (Y). Se observa que para todos los coeficientes de correlación no existe significancia, es decir, no existe una relación consistente entre las variables que nos permitan explicar los rendimientos en función de su estimación.

Por otra parte, si se analizan los resultados del cuadro 39, en función de los coeficientes de determinación (R²), se observa que los

valores oscilan entre 9.31 y 12.09%. Esto significa, en el caso de utilizar los valores estimados para suponer la producción de maíz, tendríamos una confiabilidad máxima de 12.09%, en consecuencia resultan poco confiables para predecir la producción en el cultivo de maíz en condiciones de temporal para el Estado de Guerrero.

Para determinar la significancia entre los rendimientos estimados para cada nivel de inversión y los rendimientos observados, se realizó análisis de varianza, considerando a los rendimientos estimados en cada nivel de inversión y a los rendimientos observados como los tratamientos y a los promedios municipales como las repeticiones.

En los cuadros 40 y 41, se presentan los análisis de varianza.

Cuadro 40. Análisis de varianza entre los rendimientos estimados y observados, para el nivel de inversión bajo.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Varianza o Cuadrado medio	Valor calculado de F
Tratamientos	1	1.462	1.462	12.28 **
Error	30	3.571	0.119	
Total	31	5.033		

Coefficiente de variación = 30.39

Tablas de F al 5% (30, 1) = 4.17

Tablas de F al 1% (30, 1) = 7.56

El cuadro 40, relaciona los rendimientos estimados con el nivel de inversión bajo, y los rendimientos observados. En el se observa que existen diferencias al 99% de probabilidad entre los rendimientos estimados y observados.

Cuadro 41. Análisis de varianza entre los rendimientos estimados y observados, para el nivel de inversión alto.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Varianza o Cuadrado medio	Valor calculado de F
Tratamientos	1	87.58	87.58	121.73 **
Error	30	21.583	0.719	
Total	31	109.169		

Coefficiente de Variación = 17.41

Tablas de F al 5% (30, 1) = 4.17

Tablas de F al 1% (30, 1) = 7.56

En el cuadro 41, se observa que las diferencias entre los rendimientos estimados con el nivel de inversión alto, y los rendimientos observados son **altamente significativas**.

Por los coeficientes de variación de los cuadros 40 y 41, se entiende el sesgo que presentan los valores utilizados de los rendimientos observados, ya que corresponden a las cifras oficiales y son un promedio de los rendimientos que ocurren en cada municipio, donde obviamente se mezclan los rendimientos obtenidos por agricultores que utilizan de alguna manera paquetes tecnológicos (o parte de ellos), en la producción de maíz de temporal, con aquellos rendimientos obtenidos por agricultores de subsistencia.

Se entiende entonces, que las diferencias entre los tratamientos observados y estimados para los dos niveles de inversión, no pueden ser atribuibles solamente a efecto de los procedimientos utilizados en la estimación y así rechazar la posible utilidad del método de zonificación agroecológica. Podemos concluir, que en tanto no se tipifique al productor para asociarlo correctamente con los rendimientos observados, no deben efectuarse las comparaciones entre los rendimientos estimados y observados.

Se puede concluir que los rendimientos estimados con la metodología FAO, en función de los promedios regionales, para el nivel de inversión bajo, subestiman a los rendimientos observados; en cambio, los rendimientos estimados con el nivel de inversión alto, sobreestiman a los rendimientos.

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

Para analizar los resultados obtenidos en el presente trabajo, que debe ser considerado como una primera aproximación en la evaluación de las tierras del Estado de Guerrero para la producción de maíz en condiciones de temporal, es necesario tocar los siguientes aspectos:

6.1. Inventario climático

Para los resultados obtenidos en el inventario climático se debe considerar que la información climatológica (normales climatológicas), de las estaciones meteorológicas ubicadas en el Estado de Guerrero, es inconsistente e insuficiente, para algunas estaciones meteorológicas faltan datos en forma permanente, sobre todo de evaporación, y en otros casos, las estaciones dejan de funcionar acrecentando dicho problema.

Los datos de precipitación solo son valores promedios anuales y no indican la distribución de la misma; considerándose de acuerdo a la metodología de zonas agroecológicas FAO, como zonas Aptas a las que en la realidad no lo son, por sufrir sequía intraestival. Por ejemplo en el cuadro (11), de 85 estaciones meteorológicas consideradas para el estudio, en el 68% de los casos (58 estaciones), reportan sequía intraestival o "canícula". Por consecuencia la disminución de la precipitación o su distribución errática en la época de mayor demanda hídrica del cultivo de maíz, conduce a reducciones en los rendimientos o inclusive pérdidas, en aquellas zonas que de acuerdo al total de la precipitación anual, fueron agroclimáticamente consideradas Aptas para la producción de maíz en condiciones de temporal.

Otro factor a considerar es que generalmente las precipitaciones en el Estado de Guerrero, y especialmente en las Costas, son muy

influenciadas por la presencia de ciclones, que precipitan grandes cantidades de agua en espacios relativamente cortos de tiempo y/o en tiempo prolongado, aumentando el registro final en cada estación meteorológica.

6.2. Inventario edáfico

En este punto no se dispuso de la información completa para la aplicación de la metodología, en relación a los datos faltantes para unidades de suelos; se utilizaron estudios locales y/o cartas edafológicas de INEGI a escala similar o diferente; para las datos faltantes de subunidades, textura y/o pendientes, se utilizaron las reglas de la FAO (1978), citados por Ortiz (1987).

Como no se dispuso de la información sobre las fases de suelo, a la escala del trabajo (1 : 250000), **no se calificó por este rubro**, y de hecho las calificaciones finales sobreestiman para la clase de aptitud (MA, A y mA), debido a que la clasificación agroclimática no se degrada por el concepto fases del suelo, resultando que son mejores que en la realidad.

En virtud de que uno de los objetivos del estudio es ubicar (cartográficamente), las zonas con determinada aptitud para la producción de maíz en condiciones de temporal para dos niveles de inversión, para cada unidad cartográfica, se tomó en cuenta **únicamente** al suelo dominante, dejando fuera las asociaciones, debido a que no se puede determinar donde están ubicadas dichas asociaciones. Esto es una fuente de error, pues se puede presentar el caso de que el suelo dominante sea apropiado mientras que los suelos asociados no lo sean o puede suceder lo contrario. Si consideramos el criterio propuesto por FAO (1978), citado por Ortiz (1987), que señala que para que un suelo sea considerado como asociado debe ocupar al menos un 20% de la unidad cartográfica, y

que en el Estado de Guerrero son más comunes las asociaciones que las unidades simples (SARH, 1982), debemos comprender que los resultados aquí obtenidos también sobreestiman a la realidad.

6.3. Clasificaciones agroecológicas

La determinación de las clases de aptitud, a través de la sobreposición de mapas, implica la posibilidad de errores que pueden ser atribuidos a dos fuentes: los provenientes al material e instrumental utilizado, y, los humanos. Aunque se trató de reducir su ocurrencia no se logró al 100%.

6.4. Estimación de rendimientos

Los resultados correspondientes a las estimaciones máximas de rendimiento, tanto a nivel estatal, como a nivel municipal, deben tomarse como la producción potencial que se podría obtener sí, y solo sí toda la superficie con Aptitud se dedicara exclusivamente a la producción de maíz.

Además los rendimientos estimados a través de la metodología de zonas agroecológicas FAO (1978, 1981), son los máximos posibles y no se consideran pérdidas y/o reducciones del rendimiento por los impedimentos climáticos.

6.5. Comparación entre rendimientos estimados y observados

Con relación a los rendimientos observados en la producción de maíz en la región de la zona Norte del Estado de Guerrero, debe aclararse que son cifras oficiales (proporcionadas por el Distrito de Desarrollo Rural 006 ubicado en Iguala), que corresponden a promedios municipales, donde los productores tienen diferentes niveles de producción ya sea por

tratarse de un productor prototipo ó a semejanza de un agricultor comercial ó comerciante, hasta el productor en condiciones de subsistencia, que de alguna manera participa en la estadística agrícola, por lo que no existió la posibilidad de asociar los rendimientos observados con el tipo de productor, con la finalidad de efectuar una mejor comparación entre los rendimientos estimados y observados.

6.6. Utilidad de los resultados

Como ya se ha indicado, esta es una primera aproximación en la evaluación de las tierras del Estado de Guerrero, para la producción de maíz en condiciones de temporal, pero consideramos que como tales, pueden ser utilizados para:

1. Planificar la producción agrícola del Estado en relación al cultivo de maíz, por las dependencias oficiales tales como: SARH, FIRA, FIRCO, ISFOM, y SEDESOL.
2. Integrarse como una componente del medio físico en el proyecto Marco de Referencia del Area Agropecuaria y Forestal, que desarrolla institucionalmente la Universidad Autónoma de Guerrero.
3. Identificar la(s) region(es) potencialmente productivas para el cultivo de maíz, en sus dos niveles de inversión.
4. Identificar el ó los municipios potencialmente productivos para la producción de maíz, en sus dos niveles de inversión.
5. Señalar, con bases técnicas, el (los) municipio(s) y/o regiones a las que se puede apoyar con recursos (económicos y/o técnicos), debido a su potencialidad de producción de maíz en condiciones de temporal.

VII. CONCLUSIONES

En base a los objetivos e hipótesis planteados, se concluye lo siguiente:

Al desarrollar la metodología FAO (1978, 1981), con las modificaciones propuestas por Ortiz (1987), se han definido las diferentes aptitudes del Estado de Guerrero para la producción de maíz en condiciones de temporal, y se han cartografiado sus áreas de ocurrencia en mapas escala 1:250,000 para dos niveles de inversión (anexo cartográfico).

Para el nivel de inversión bajo, el 56.79% de la superficie estatal, se considera como No Apta para la producción de maíz en condiciones de temporal. Con el nivel de inversión alto, la superficie No Apta corresponde al 57.98% .

Para los dos niveles de inversión, la región Tropical Caliente (áreas con alturas menores de 1500 m), presenta la mayor superficie con mejor aptitud agroecológica (MA), para la producción de maíz en condiciones de temporal, en comparación con la región Tropical Templada, en el Estado de Guerrero.

Las regiones geoeconómicas con mayor aptitud agroecológica (tierras Muy Aptas), para un nivel de inversión bajo, son: Costa Chica, Tierra Caliente y Costa Grande respectivamente. Para el nivel de inversión alto, resultaron mejores: Tierra Caliente, Costa Chica y Costa Grande; para los dos niveles de inversión, la zona de La Montaña presenta menor Aptitud.

Los municipios con mayor aptitud agroecológica, para un nivel de inversión bajo, son: Cuajinicuilapa, Acapulco, Azoyú y San Marcos, todos correspondientes a la Costa Chica. Con un nivel de inversión alto, los

municipios de mayor Aptitud son: Coyuca de Catalán, Cuajinicuilapa, Azoyú y San Marcos.

Los índices de aptitud global a nivel estatal, para los niveles de inversión bajo y alto son: 1.69 y 1.71 respectivamente. Los valores (entre 1 y 4), corresponden a zonas que en función a su superficie presentan mayor aptitud para la producción de maíz.

La división climática Tropical Caliente, para los dos niveles de inversión, resultó más apta (índice de aptitud parcial), para la producción de maíz en condiciones de temporal.

Desde el punto de vista económico, el productor de maíz, en la zona Tropical Caliente, obtendrá las máximas ganancias económicas, en comparación con el productor de las zonas Tropical Templadas.

Considerando los índices de aptitud parcial y económico, para el nivel de inversión bajo, la mejor región es, la Costa Grande. Para el nivel de inversión alto, la mejor región es, la Costa Chica.

A nivel municipal, y para los dos niveles de inversión, el mejor municipio para la producción de maíz, es Coyuca de Catalán.

Los municipios que presentan un mayor incremento en la aptitud agroecológica al pasar de un nivel de inversión bajo a un nivel de inversión alto (con todas las características que esto implica), son: Arcelia y Cutzamala, en la Tierra Caliente; Iguala y Tepecoacuilco, en la región Norte; Tixtla, en la región Centro; La Unión en la Costa Grande; y , Cuauhtepic, en la Costa Chica. Lo anterior significa que estos municipios responden a las inversiones de capital para una agricultura comercial.

En la comparación de los rendimientos estimados a través de la metodología de zonas agroecológicas FAO, y los rendimientos observados para el cultivo de maíz en condiciones de temporal en la zona Norte del Estado de Guerrero, se determinó a través de los diferentes modelos de regresión, que los rendimientos estimados, tanto en el nivel de inversión bajo como en el nivel de inversión alto, en función de los coeficientes de determinación (entre 9.31 y 12.09%), resultan poco confiables para predecir la producción en el cultivo de maíz.

En función de los análisis de varianza, se concluye que los rendimientos estimados con el nivel de inversión bajo subestiman a los rendimientos, en tanto que los rendimientos estimados con el nivel de inversión alto, sobreestiman a los rendimientos.

La diferencia entre los rendimientos observados y estimados, en los dos niveles de inversión (tratamientos), se presentan en gran parte, debido a que al obtener los rendimientos observados no se tipificó al productor de manera que pudiesen compararse los rendimientos estimados y observados al mismo nivel de inversión.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que:

Se realicen trabajos similares a una escala más grande (1:50,000), posiblemente a nivel Distrito de Desarrollo Rural.

Se incorpore el factor probabilidad de lluvia, para el inventario climático.

Se considere, de alguna manera el factor distribución de la lluvia, para la clasificación agroclimática.

Se modifiquen los valores para la clasificación agroclimática para maíz de temporal en el Estado de Guerrero, ya que las variedades recomendadas para el Estado, en promedio su ciclo de desarrollo es de 120 días para la región Cálida (de 0 - 1 200 msnm), y 145 días para la región semicálida (1,200 a 1800 m).

Se realicen estudios a nivel de variedad de maíz.

Se incremente al máximo el número de estaciones meteorológicas, que cubran más extensamente al Estado de Guerrero, así como el período de información climatológica, para mayor confiabilidad de sus normales climáticas.

Se delimiten las condiciones reales de producción (para los dos niveles de inversión) para tipificar al productor adecuadamente en el nivel de inversión que le corresponda, si el objetivo es comparar rendimientos estimados y observados.

Se consideren estudios de suelos que conjunten aspectos como las unidades y subunidades de suelos, textura, pendiente y fases, para realizar de mejor manera el inventario edáfico.

Se determinen, mediante muestreos, las excedencias de humedad en el suelo, para cada tipo de suelos, y con ello determinar un factor de ajuste para la ecuación que determina el período de crecimiento.

Se implementen estudios locales de suelos para aquellas zonas (la mayoría del Estado de Guerrero), donde no exista información edafológica a mayor detalle. La clasificación campesina de suelos puede ser una opción a utilizar.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Blas H., J. 1987. Caracterización agroecológica del Valle de Atlacomulco, México. Tesis profesional. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Cañedo C., J. 1991. Informe anual. Red maíz. Campo Agrícola Experimental de Iguala. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (circulación interna).
- CEIGUA-INIFAP-SARH. 1992. Variedades de maíz, recientemente liberadas. Campo Experimental Iguala. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (tríptico).
- C.E.P.E.E.G. 1985. Geografía Física del Estado de Guerrero. Secretaria de Planeación y Presupuesto. Gobierno del Estado de Guerrero.
- Contreras, B., J.A. 1992. Zonificación Agroecológica del maíz (Zea mays L.) de temporal en el Estado de Guerrero. Tesis Profesional. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- C.N.E.M. de la S.G. 1987. La enciclopedia de los Municipios de México. Los municipios de Guerrero. Centro Nacional de Estudios Municipales. Secretaría de Gobernación México D. F.
- CP-SARH 1990. Manual de la Metodología para evaluar la Aptitud de las tierras para la producción de cultivos básicos en condiciones de temporal. Programa de Agrometeorología. Colegio de Postgraduados. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Montecillo, México.
- De Llamas G., P.A. 1990. Zonificación agroecológica del cultivo de la mandioca (*manihot sculenta C.*) en la República del Paraguay. Tesis de Montecillo, Estado de México.
- FAO, 1978. Report the agroecological proyect. Methodology and results for Africa. Vol. 1. Food Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- FAO, 1981. Report on the agroecological zones proyect. Vol. III. Methodology and results for México, Central America and Sudamérica. Food Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F.
- García B. J. 1972. Una contribución a la metodología de la zonificación ecológica de cultivos anuales. Tesis de Master of Science. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica.
- 1979. Estructura metodológica para la caracterización agroecológica de áreas por procedimientos cuantitativos de análisis y su posterior zonificación. Tesis de D.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.

- García M. R., J.L.Nieves F, S. Ochoa E., y M.A. Segura C. 1989. Zonificación agroecológica de maíz de temporal con dos niveles de inversión en México. Tesis profesional. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- González M., R. y J.M. Reyes 1992. Reporte anual . Análisis del Medio Físico. Proyecto Marco de Referencia. Universidad Autónoma de Guerrero. Guerrero, México. (inédito).
- Hernández E., P.; M. de la Luz Hernández S.; F. Miranda G. 1990. Zonificación Agroecológica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de temporal con dos niveles de inversión para la República Mexicana. Tesis Profesional. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- INEGI 1987. Guerrero. Cuaderno de información para la planeación. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, Distrito Federal.
- INEGI 1988. Anuario Estadístico del Estado de Guerrero. Gobierno del Estado de Guerrero. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes. México.
- INEGI 1992. Anuario Estadístico del Estado de Guerrero. Gobierno del Estado de Guerrero. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes.
- Márquez R. F. 1990. Zonificación Agroecológica de maíz de temporal en el Estado de México. Tesis de licenciatura. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Mendez L., A. 1981. Evaluación de tierras para la producción de maíz y algodón en la porción centro de la Costa Chica de Oaxaca. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Morales C. N. 1983. Aplicación de la Metodología de Zonas Agroecológicas (FAO) para la evaluación de la aptitud de producción de maíz, frijol y trigo, en la parte sur del estado de Zacatecas. Tesis profesional. Departamento de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Moreno S. F. 1983. Evaluación de la capacidad alimentaria del estado de Tlaxcala a nivel municipal de acuerdo al enfoque de zonas agroecológicas (FAO). Tesis profesional, Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Ortíz S., C.A. 1974. Evaluación de tierras según su producción de maíz en el área de influencia de Chapingo. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- _____ ; 1987. Evaluación de las tierras de México para la producción de maíz, frijol y sorgo en condiciones de temporal. Serie Cuadernos de Edafología 8. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- _____ ; E. Ojeda T. y D. Pájaro H. 1987. Manual de la metodología de Zonas Agroecológicas, Curso Taller. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. (Inedito).
- Paucic A. 1980. Geografía General del Estado de Guerrero. FONAPAS Guerrero. Gobierno del Estado. pp 10 -15.

- Pájaro H., D. 1984. Estimación de período de crecimiento a partir de la precipitación total anual. Trabajo del Curso de Agrometeorología. (no publicado). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Romo G., J.R. 1985. Zonas con potencial agroclimático para la producción de 5 oleaginosas bajo temporal en la República Mexicana. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Rubalcava C., E. 1988. Principios y Procedimientos en la Producción Agropecuaria. Tesis Profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. D.F. pp 180 - 350.
- S.A.G. 1972. Inventario Forestal del Estado de Guerrero. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Subsecretaría Forestal y de las Faunas. Publicación No. 24. México, D.F. pp 23 - 57.
- S.A.R.H. 1977. Actualización al Boletín Hidrológico No. 31. Regiones Hidrológicas Nos. 19, 20, 21 y 22. Zona de las Costas de Guerrero y Oaxaca. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Tomo IV. México. D. F.
- S.A.R.H. 1982. Inventario de Areas Erosionadas y Unidades de suelos del Estado de Guerrero. Subsecretaría de Agricultura y Operación. Dirección General de Conservación del Suelo y del Agua. México, D.F.
- S.A.R.H. 1990. Normales Climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional. Período 1951 - 1980.
- S.A.R.H. 1991. Jefatura del Programa de Política. Subdelegación de Política y Concertación. Delegación en el Estado. Chilpancingo, Gro.
- S.A.R.H. 1993. Programa de Estadística Agrícola. Distrito de Desarrollo Rural 006. Iguala, Gro.
- SEPLAP- C.E.P.E.E.G. 1983. "Prontuario Estadístico 1983". Secretaría de Planeación y Presupuesto. Centro de Estudios y Proyectos Estadísticos del Estado de Guerrero. Gobierno del Estado de Guerrero.
- S.P.P. 1981. "Cartas de uso del suelo y vegetación". escala 1 : 1 000 000. Hojas de México y Guadalajara. México. D.F.
- Solís A., R. 1988. Zonificación Agroecológica para cinco cultivos en el Distrito de Desarrollo Rural Integral No. III Texcoco, Méx. Tesis Profesional. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- SPP. 1982. Geología de la República Mexicana. Secretaría de programación y Presupuesto. México. D. F.
- Tarin R., J.M. 1987. Validación de la metodología de zonas agroecológicas para el área de Chapingo. Tesis de M.C. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.