Evaluación de tierras para la agricultura en regadío: directivas

BOLETIN
DE SUELOS
DE LA FAO

55

Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos
Dirección de Fomento de Tierras y Aguas

ORGANIZACION
DE LAS
NACIONES UNIDAS
PARA LA
AGRICULTURA
Y LA
ALIMENTACION
Roma, 1990

PREFACIO

Durante los próximos veinticinco años unos cincuenta millones de hectáreas de tierra podrían ser desarrollados para una agricultura con regadío. Una superficie aún mayor necesitaría rehabilitación o cambios para intensificar su producción. Los desarrollos de riego son caros y usualmente requieren de capitales de inversión y facilidades crediticias y los errores en que se incurran son costosos. Habrá por lo tanto que evaluar cuidadosamente casi toda esa inmensa superficie con el fin de comprobar su aptitud para los sistemas de riego propuestos.

Desde varios años la Dirección de Fomento de Tierras y Aguas de la FAO se ha venido ocupando del mejoramiento de tierras y ha desarrollado métodos para evaluar la aptitud de las tierras destinadas a usos específicos en forma tal que puedan obtenerse predicciones confiables y formularse recomendaciones (FAO 1976)).

Siendo el riego una clase principal de uso de la tierra que presenta exigencias especiales, hacen falta directrices para asegurarse de que los métodos empleados para evaluar y clasificar la aptitud de las tierras sean los apropiados. Con tales directrices se trata de orientar a los equipos de campo en la clasificación de las tierras y asimismo, de asistir a los organismos responsables de las inversiones en fomento de riego en forma tal que puedan estar seguros de que la evaluación de los recursos tierra provee una base satisfactoria para el pronóstico de los resultados.

El presente documento es el resultado de la colaboración de muchos especialistas. Una consulta de expertos recomendó su elaboración (FAO 1979) y un borrador elaborado por personal de la Oficina de Recuperación de Estados Unidos (USBR) fue discutido en 1983 por representantes del Banco Mundial, USBR, FAO y otros organismos. Esto sirvió de base para un segundo borrador preparado por los consultores: Dr. B. Eavis (Centro de Fomento de Recursos Tierra del Reino Unido), quien escribió el cuerpo principal del informe, y el Dr. R. Struthers (antiguamente del USBR), en consulta con el Sr. M.F. Purnell y otros funcionarios de la FAO. El borrador tuvo amplia circulación y numerosas sugerencias fueron incorporadas en esta versión. La FAO aprovecha para expresar aquí su agradecimiento a todos los que han colaborado.

Los procedimientos descritos no intentan constituirse en instrucciones formales sino en orientaciones opcionales para asistir a los interesados en mejorar sus propias evaluaciones de sus recursos agua y tierra. Asimismo los límites críticos de clases de tierras sugeridas en la Segunda Parte son sólo guías, las cuales deben ser adoptadas a las circunstancias de cada lugar. La Dirección de Fomento de Tierras y Agua de la FAO agradecerá comentarios y sugerencias sobre la aplicabilidad de estos métodos que permitirán en el futuro una segunda edición enmendada a la luz de la experiencia.

RESUMEN

El presente boletín está escrito para todos los que se ocupan de evaluación de tierras o planificación de proyectos de riego y se divide en dos partes. En la Primera, se explican los procedimientos recomendados para la evaluación de las tierras y su clasificación según su aptitud para la agricultura bajo riego, con base en el Esquema de la FAO para la Evaluación de Tierras (1976). La Segunda Parte provee información técnica sobre factores individuales que revisten importancia para la definición de límites críticos en la clasificación de aptitud de las tierras. El boletín puede ser utilizado como referencia general, por ejemplo, como una fuente de verificación o más específicamente como una guía detallada sobre procedimientos e información técnica.

En el Cuadro 1 de la Primera Parte se presenta la estructura de la clasificación del Esquema de la FAO sobre aptitud de la tierra, que se describe con detalles en el Apéndice 1. En el Boletín de Suelos de la FAO Nº 32 se proporcionan detalles adicionales.

El Capítulo 1 de la Primera Parte bosqueja el rol de la evaluación de tierras en el desarrollo de los recursos de agua y tierra para estudios de reconocimiento a través del diseño detallado de proyectos de riego. El Capítulo 2 explica los principios fundamentales, terminología y provee un resumen de los procedimientos para evaluar y clasificar las tierras destinadas a un uso específico. En este mismo capítulo se introducen los conceptos de tierra "provisionalmente regable" y "regable" en niveles sucesivos de detalle, y el uso de índices económicos y de productividad para evaluar las clases de aptitud de tierras.

El Capítulo 3 provee una guía paso por paso a los procedimientos, acompañada de hojas de registro de datos (formularios) para ayudar a los evaluadores de tierra en el campo. En los capítulos siguientes se exponen con detalle los pasos individuales.

El Capítulo 4 explica como seleccionar y describir los tipos de utilización de tierra pertinentes (TUTs) o sistemas agrícolas para evaluación. Se enumeran luego los factores que pueden afectar un cultivo, su riego y manejo (es decir, los requisitos para el uso de la tierra y sus limitaciones), las calidades de tierra o sus características, insumos y mejoras que deberían ser evaluadas.

El Capítulo 5 describe los procedimientos para llevar a cabo un inventario de los recursos de tierras. Las categorías principales de datos se tratan en ocho párrafos: características generales del área del proyecto, topografía, suelos, clima, recursos de agua, drenaje, vegetación y fauna, datos económicos y sociales.

El Capítulo 6 describe como se clasifica la aptitud de la tierra para usos específicos mediante "armonización" y la asignación de clases de aptitud de la tierra a las correspondientes unidades.

El Capítulo 7 describe la evaluación económica de la aptitud de la tierra para la agricultura de regadío. Se explican los criterios económicos para distinguir la tierra que es "apta", de la tierra que es "no apta", primero clasificándola como "provisionalmente regable" y luego como "regable". Se señalan los procedimientos seguidos para traducir las

estimaciones de productividad física en términos económicos y estimando rangos de costos admisibles de desarrollo. El capítulo explica como verificar la viabilidad tanto económica como financiera de un proyecto desde los puntos de vista nacional y agrícola.

El Capítulo 8 analiza la presentación de los resultados de evaluación de tierras en mapas de aptitud de tierras e informes y el Capítulo 9 esboza la importancia de la clasificación de la aptitud de tierras en la apreciación de los proyectos de desarrollo de riego.

El Capítulo 10 hace un breve resumen del sistema USBR de clasificación de las tierras para riego, con algunos comentarios sobre analogías y diferencias del sistema descrito en los capítulos precedentes.

La Segunda Parte provee una orientación técnica sobre los elementos que se suelen emplear para determinar la clase de aptitud de tierras y para fijar los límites críticos que ayuden a elegir las clases de aptitud de las mismas. El análisis se centra en los distintos elementos y sus interacciones, que pueden afectar los rendimientos de los cultivos, o producción, manejo, costos de desarrollo de tierras, conservación y medio ambiente, y las condiciones socioeconómicas.

El lector debe utilizar estas Directivas con criterio selectivo, pues no todos los elementos aquí enumerados serán de interés para una determinada evaluación. El procedimiento ayuda a escoger las consideraciones que merecen especial interés con objeto de evitar estudios inútiles y gastos innecesarios. El procedimiento de evaluación es básico y esencial para la planificación de proyectos y debe llevarse a cabo de forma tal que minimice los costos, aunque a un nivel que permita la obtención de recomendaciones viables.

INDICE

	Página
Prefacio	iii
Resumen	v
PRIMERA PARTE - PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION DE TIERRAS PARA LA AGRICULTURA CON REGADIO	1
1. INTRODUCCION	1
1.1 Generalidades	1
1.2 De la identificación del proyecto a su ejecución	2
1.3 Niveles de intensidad de los estudios	2
1.4 Planificación de un estudio de evaluación de tierras	4
2. EVALUACION Y CLASIFICACION DE TIERRAS PARA LA AGRICULTURA CON REGADIO	7
2.1 Principios básicos	7
2.2 Terminología	9
2.3 Procedimientos principales en la evaluación y clasificación de tierras	13
2.3.1 Necesidad de estudios previos	13
2.3.2 Identificación de los principales tipos de utilización de la tierra	14
2.3.3 Inventario de los recursos de la tierra	14
2.3.4 Selección de los factores clasificadores	14
2.3.5 Clasificación de tierras en "provisionalmente regables" y "regables"	15
2.4 Indice de productividad de la tierra y medidas económicas de aptitud	16
3. GUIA PASO POR PASO PARA LOS PROCEDIMIENTOS	19
3.1 Lista de los pasos principales	19
4. DECISION DE LOS TIPOS DE UTILIZACION DE LA TIERRA PARA EVALUAR Y DESARROLLAR ESPECIFICACIONES DE CLASES DE APTITUD DE LA TIERRA	33
4.1 Decisión y descripción de los tipos de utilización de la tierra a evaluar	33
4.1.1 Ejemplos de TUTs con regadío	37
4.1.2 Algunos problemas para definir y describir los TUTs	39

Página

4.2 Desarrollo de las especificaciones de clases de aptitud de la tierra 42

4.2.1 Pasos en el desarrollo de las especificaciones de clases de aptitud de la tierra 43
4.2.2 Factores clasificadores (Paso 3) 43
4.2.3 Requerimientos y limitaciones del uso de la tierra 44
4.2.4 Límites críticos de requerimientos y limitaciones clasificadores del uso de la tierra 44

5. PROCEDIMIENTOS PARA UN INVENTARIO DE RECURSOS DE LA TIERRA 55

5.1 Caracterización general del área del proyecto 56
5.2 Datos topográficos 58
5.3 Datos de reconocimientos de suelos 59
5.4 Datos climáticos y meteorológicos 60
5.5 Datos sobre recursos hídricos 60
5.6 Datos sobre drenaje 69
5.7 Uso actual de la tierra, vegetación y vida silvestre 71
5.8 Sanidad ambiental 72
5.9 Datos sociales y económicos 72

5.9.1 Consideraciones sociales y económicas 72
5.9.2 Lista de datos socioeconómicos 74

6. ASIGNACION DE LAS CLASES DE APTITUD DE LA TIERRA MEDIANTE ARMONIZACION 81

6.1 Determinación de clasificaciones por factores 83
6.2 Interacciones entre factores 83
6.3 Evaluación de la "importancia" en combinar clasificaciones por factores 85
6.4 Símbolos para resumir las clases y subclases de aptitud de la tierra 85
6.5 Ejemplo de empleo de los formularios 87
6.6 Incorporación de datos y costos de rendimiento de cultivos 93

7. EVALUACION ECONOMICA DE LA APTITUD DE TIERRAS PARA EL RIEGO 95

7.1 Terminología 96
7.2 Presupuestos para comparar ingresos 97
7.3 Empleo de los costos y beneficios para determinar la clase de aptitud de la tierra 104

7.3.1 Establecimiento de límite entre tierra Apta y No Apta 104
7.3.2 Establecimiento del rango de costos permisibles en el desarrollo de tierra de áreas específicas 106
7.3.3 Nomografía para una determinación rápida del BINR 107

Página

7.4 Selección final de los TUTs para la tierra "regable" 109
7.5 Confirmación de la viabilidad financiera desde el punto de vista del agricultor 111

8. PRESENTACION DE LOS RESULTADOS 115

8.1 Estudios a nivel de reconocimiento 115
8.2 Estudios de prefactibilidad y factibilidad 123

8.2.1 Modelo de informe 125

9. LA IMPORTANCIA DE LA EVALUACION DE TIERRAS EN EL ANALISIS E IMPLEMENTACION DE PROYECTOS 129

9.1 Apreciación de la factibilidad 129
9.2 Ejecución y seguimiento del proyecto 131

10. EL SISTEMA DE CLASIFICACION DE TIERRAS DE LA OFICINA ESTADOUNIDENSE DE RECUPERACION DE SUELOS 133

10.1 Principios 133
10.2 Terminología USBR 134
10.3 Consideraciones financieras y económicas 135
10.4 Clases y subclases de tierras del sistema USBR 137
10.5 Los símbolos de mapeo de la USBR 138
10.6 Especificaciones de la clasificación de tierras USBR 140

Página

SEGUNDA PARTE - DESARROLLO DE LAS ESPECIFICACIONES Y LIMITES CRITICOS DE FACTORES CLASIFICADORES 143

A. FACTORES AGRONOMICOS 145

A.1 Ciclo de crecimiento y período vegetativo 145

A.1.1 Límites críticos del período vegetativo 149

A.2 Radiación 152
A.3 Temperatura 155
A.4 Enraizamiento 155
A.5 Aireación 157
A.6 Cantidad de agua 159

A.6.1 El significado de la cantidad de agua como un factor clasificador 161
A.6.2 Necesidades de agua en relación con suministros de agua 161
A.6.3 Rendimientos de los cultivos y escasez de agua 164
A.6.4 Estimación del riego y necesidades de agua de los cultivos 164
A.6.5 Contribución de la lluvia a las necesidades de agua en tierras de agricultores (lluvia efectiva) 168
A.6.6 Filtración y percolación en arrozales sumergidos 168

A.7 Nutrientes (NPK) 170

A.7.1 Nitrógeno 172
A.7.2 Fósforo 173
A.7.3 Potasio 176
A.7.4 Clasificación de factores para "nutrientes NPK" 176

A.8 Calidad del agua 177
A.9 Salinidad 181
A.10 Sodicidad 184
A.11 pH, micronutrientes y toxicidades 186

A.11.1 pH, deficiencias de micronutrientes y toxicidades en tierras con cultivos no arroceros 186
A.11.2 Características químicas de suelos con arrozales sumergidos (basado en Ponnamperuma, 1976) 194
A.11.3 Suelos con sulfatos ácidos 200

A.12 Plagas, enfermedades y malezas 201
A.13 Inundaciones, tormentas, vientos y heladas 202

A.13.1 Inundación en el cultivo del arroz 202
A.13.2 Riesgo de inundaciones 203

Página

A.13.3 Riesgo de tormenta, granizo y viento 204
A.13.4 Riesgo de heladas 205

B. MANEJO 207

B.14 Ubicación 207
B.15 Manejo en la aplicación del agua 212
B.16 Manejo agrícola precosecha 221
B.17 Condiciones de cosecha poscosecha 222
B.18 Mecanización 223

C. DESARROLLO Y MEJORAMIENTO DE LA TIERRA 225

C.19 Desbroce de la tierra 225

C.19.1 Areas boscosas 225
C.19.2 Areas de malezas persistentes 227
C.19.3 Eliminación de rocas y de piedras 229

C.20 Protección contra las inundaciones 229
C.21 Drenaje 230
C.22 Nivelación de tierras 233
C.23 Ayudas y enmiendas físicas, químicas y orgánicas 238

C.23.1 Ayudas físicas para recuperación 238
C.23.2 Enmiendas químicas y orgánicas 238

C.24 Lavado de recuperación 241
C.25 Duración del período de recuperación 243
C.26 Requerimiento de obras de riego 244

D. LA CONSERVACION Y EL MEDIO AMBIENTE 247

D.27 Prevención a largo plazo de los riesgos de salinidad y sodicidad 247
D.28 Control de las aguas subterráneas y superficiales 247
D.29 Riesgo de erosión a largo plazo 248
D.30 Otros riesgos ecológicos 249

E. FACTORES SOCIOECONOMICOS 251

E.31 Actitudes de los agricultores frente al riego 251
E.32 Otros factores socioeconómicos 251

APENDICE 1 ESTRUCTURA DE CLASIFICACION DEL ESQUEMA DE LA FAO 253

APENDICE 2 VALOR PRESENTE DESCONTADO 257

APENDICE 3 COMPARACION DE CRITERIOS PARA ANALISIS DE INVERSIONES: DIFERENCIAS ENTRE ANALISIS FINANCIERO AGRICOLA Y ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO 260

GLOSARIO 262

BIBLIOGRAFIA 276

LISTA DE CUADROS

PRIMERA PARTE — Página

1. Estructura de la clasificación de aptitud — 1

2. Niveles de intensidad de los estudios — 3

3. Intensidad del reconocimiento, escala de la representación y tipos de mapas — 5

4. Formulario 1: Especificaciones de requisitos y limitaciones para el uso de la tierra — 23

5. Formulario 2: Calidades y características descriptivas de una unidad de tierra con evaluación de insumos y mejoras de tierra necesarios — 25

6. Formulario 3: Clasificación de factores para armonizar un TUT y una unidad de tierra — 26

7. Formulario 4a: Clasificación de factores agrupados para los TUTs en una unidad específica de tierra — 28

8. Formulario 4b: Clasificación de factores agrupados para unidades de tierra de un específico TUT — 30

9. Formulario 5: Areas de tierras por clases de aptitud para específicos TUTs (ha) (para su adaptación) — 32

10. Lista de epígrafes para la descripción de tipos de utilización de la tierra — 34

11. Tipos de utilización de la tierra en Bali (con regadío) — 40

12. Lista de factores clasificadores (es decir, como requerimientos o limitaciones del uso de la tierra o como calidades de la misma) con algunas características de la tierra, insumos y mejoras para su consideración al establecer límites críticos — 46

13. Ordenamiento de factores clasificadores — 54

14. Inventario de datos de suelos — 61

15. Inventario de datos climáticos — 64

16. Lista de datos para una encuesta socioeconómica — 75

17. Sufijos de letras para indicar las clases y subclases de aptitud de la tierra — 86

18. Presupuestos parciales para comparar los beneficios brutos obtenibles previstos a partir de inversiones alternativas en nivelación topográfica de tierras y en riego por aspersión — 99

Página

19. Presupuesto agrícola total para TUT A (1,0) en la mejor tierra con explotación arrocera - 2,0 hectáreas con y sin riego complementario 100

20. Anexo C con datos justificativos del Cuadro 19 101

21. Anexo L con datos justificativos del Cuadro 19 102

22. Presupuesto agrícola parcial para el TUT A (0,75) para tierras con un índice de 75 por ciento respecto a la mejor tierra con explotación arrocera - 2,0 hectáreas con y sin riego complementario 103

23. Cálculo de un valor límite económico 105

24. Cálculo del beneficio de riego incremental 106

25. Costos permisibles de desarrollo de tierras para un área específica 109

26. Resumen de las clases de tierra regables y área de un proyecto hipotético - Indonesia 110

27. Presupuestos agrícolas estableciendo un rango de BINR para tierras regables (análisis económico) - Fincas de 15 hectáreas 113

28. Presupuestos agrícolas estableciendo viabilidad financiera bajo riego (análisis financiero) - Finca de 15 hectáreas 114

29. Factores que pueden determinar la clase de aptitud de la tierra para arroz de tierras bajas en Indonesia 118

30. Clases y subclases de aptitud de la tierra para unidades de tierra y combinaciones de TUT en una clasificación regable ilustrando un mapa con leyenda 124

31. Capítulos típicos e índice para un informe principal de un proyecto de riego 126

SEGUNDA PARTE

32. Climas principales 146

33. Grupos de adaptabilidad de cultivos, basados en vías fotosintéticas y respuesta a la radiación y temperatura 148

34. Requisitos brutos anuales de agua de riego para un cultivo de arroz local de 140 días, seguido por un cultivo de arroz VAR de 120 días 166

35. Productos usados para estimar el fósforo en los suelos "disponible para la planta" 175

Página

36. Clasificación de factores de "nutrientes NPK" en función de la necesidad de fertilizantes para una específica unidad de tierra y tipo de utilización de tierra 177

37. Guías para la interpretación de la calidad del agua para riego 179

38. Límites críticos para clasificar el riesgo potencial de obstrucción del agua de riego a utilizar en sistemas por goteo 181

39. Límites críticos para la tolerancia a la sodicidad 185

40. Tolerancia de varios cultivos al sodio intercambiable (PSI) en condiciones no salinas 187

41. Tolerancia al cloro presente en el extracto de saturación del suelo por estacas de cultivos frutales y sus variedades si quieren evitarse daños a las hojas 188

42. Tolerancia relativa de cultivos y plantas ornamentales al boro 189

43. Promedios y rangos internacionales de algunos análisis de suelos y plantas (maíz) 195

44. Condiciones limitantes del crecimiento para arroz en suelos sumergidos de varios tipos 199

45. Ejemplo de rangos críticos para evaluar el riesgo de inundaciones 204

46. Clasificación de factores para la ubicación de un tipo de utilización de tierra específico y unidad de tierra 211

47. Clasificación de factores para el manejo en la aplicación de agua 213

48. Características de las técnicas de aplicación del agua de riego para evaluar la selección del sistema y aptitud de la tierra 214

49. Clasificación de factores para manejo agrícola precosecha 222

50. Límites críticos para la mecanización y el transporte en la finca 224

51. Requerimientos de mano de obra para limpieza de vegetación en Sumatra 228

52. Comparación y clasificación de la permeabilidad para diferentes suelos y materiales del substrato 234

Página

53. Evaluación del tamaño de campos regados para fincas mecanizadas 237

54. Estimaciones de nivelación en términos de corte y relleno 238

55. Cantidades de enmiendas químicas equivalentes a una tonelada de yeso 240

APENDICE 1

Cuadro A.1 Esquema de la FAO para clasificar la aptitud de la tierra comparada con el sistema USBR 256

APENDICE 2

Cuadro B.1 Cálculo del valor presente de un costo o beneficio futuro en un año n 258

Cuadro B.2 Cálculo del valor presente de un costo o beneficio anual constante futuro del año 1 al año n inclusive 259

APENDICE 3

Cuadro C.1 Valores aplicados en los presupuestos agrícolas, análisis financiero de la explotación VS, análisis económico del proyecto 261

LISTA DE FIGURAS

PRIMERA PARTE — Página

1. Diagrama simplificado de flujo de un programa modelo de aguas subterráneas, mostrando los datos de entrada y salida — 68

2. Nomógrafo para correlacionar el ingreso agrícola incremental neto, el beneficio incremental neto de riego y el costo de desarrollo de un área específica (rupias) — 108

3. Resultado de un estudio de reconocimiento para aprovechar el potencial de riego del río Mahaweli y cuencas adyacentes en Sri Lanka — 116-117

4a. Mapa del Proyecto del Colector Sur, en Chipre, con indicación de las tierras "potencialmente regables" en la zona del estudio — 119

4b. El mismo mapa con indicación de las tierras "regables" — 121

5. Ejemplo de símbolo cartográfico estándar utilizado por USBR — 139

SEGUNDA PARTE

6. Ejemplos de cuatro tipos del período vegetativo (en condiciones de secano que podrían modificarse mediante riego) — 150

7. Agua disponible en el suelo, calculada para el período de 1965-78 — 152

8. Ilustración del balance de la radiación — 153

9. Diagrama de flujo de factores clave que determinan el abastecimiento de agua a un cultivo bajo en riego — 160

10. Efecto del programa del riego en la armonización del suministro de agua con las necesidades de agua — 163

11. Relación entre la evapotranspiración del cultivo y el rendimiento en papas, basada en experimentos de riego en Chipre, mostrando como se definieron los límites críticos — 165

12. Necesidades de agua de riego de un arroz local, seguida por otra de arroz VAR, en la costa norte de Bali, Indonesia — 167

13. Transformaciones del nitrógeno en la rizósfera — 171

14. Ejemplo de la respuesta de rendimiento al abono y al agua para un suelo con bajo contenido en nitrógeno — 172

Página

15. Tolerancias de diversos cultivos a la salinidad, medida en el extracto de saturación CEe 182

16. Solución gráfica para el requerimiento de lixiviación (L_r), que es la fracción de lixiviación mínima que impide la reducción del rendimiento, como función de la salinidad del agua aplicada y del valor límite de la tolerancia a las sales del cultivo 183

17. Tendencia general de la influencia de la reacción (pH) sobre la disponibilidad de nutrientes de la planta (la parte más ancha de la barra indica la disponibilidad máxima) 190

18. Diagrama del flujo de circulación del agua y de las sales en una cuenca hidrográfica regada 231

19. Lámina de agua por profundidad unitaria del suelo necesaria para la lixiviación de un suelo salino mediante humedecimiento por represamiento continuo o intermitente, o para la lixiviación de un suelo con un contenido alto intrínsecamente en boro (trabajo en preparación del Salinity Laboratory Staff de Estados Unidos) 241

PRIMERA PARTE

PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION DE TIERRAS PARA LA AGRICULTURA CON REGADIO

1. INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

Un aprovechamiento más completo de los recursos de tierras y agua para el desarrollo de facilidades de riego podría guiar a aumentos notables en la producción de alimentos en muchas partes del mundo. El procedimiento por el que se evalúa la aptitud de las tierras para usos específicos tal como la agricultura con regadío, se denomina evaluación de tierras.

Esta proporciona informaciones y recomendaciones para decidir "qué cultivos plantar y dónde", y cuestiones conexas. La evaluación de la tierra es la selección de la tierra idónea y el cultivo apropiado, y orienta en las alternativas de riego y manejo que son física y financieramente practicables y económicamente viables. El principal producto de los estudios de evaluación de tierras es una clasificación de las mismas, que indica la aptitud de varios tipos de tierras para usos específicos, de ordinario representada en mapas con los informes correspondientes.

El sistema de evaluación y clasificación de aptitud expuesto en este boletín se basa en "Un esquema para la evaluación de tierras" (FAO, 1976a). En el Cuadro 1 aparece la estructura de la clasificación del Esquema de la FAO y en el Apéndice 1 se dan los detalles pertinentes.

Cuadro 1 ESTRUCTURA DE LA CLASIFICACION DE APTITUD

ORDEN	CLASE	SUBCLASE
A Apta	A1	A2t
	A2	A2d
	A3	A2td
		etc.
N No apta	N1	N1y
		N1z
		etc.
	N2	

Leyenda: A1 Altamente apta
A2 Moderadamente apta
A3 Marginalmente apta
N1 Marginalmente no apta
N2 Permanentemente no apta

Las letras minúsculas de una Subclase indican la naturaleza de un requisito o limitación (por ej. t y d significan, topografía y drenaje respectivamente). Véase lista de los símbolos de la Subclase en el Cuadro 17. Las unidades de aptitud de la tierra (subdivisiones de las Subclases) pueden servir también para indicar diferencias secundarias en aspectos de manejo.

1.2 DE LA IDENTIFICACION DEL PROYECTO A SU EJECUCION

En las primeras etapas de los estudios sobre recursos de tierras, los de evaluación de tierras indican en una forma preliminar la aptitud de las tierras para cultivos alternativos y métodos de riego y mejoramiento de la tierra que tal vez valgan la pena efectuar. Con posteriores estudios de campo se identifican proyectos y se ejecuta un plan de desarrollo de riego. Los distintos proyectos se clasifican por orden de prioridad. Se planean los proyectos prioritarios con más detalle y se refina progresivamente cada plan de proyecto. Se reajustan gradualmente también los cultivos, métodos de riego, insumos y mejoras de la tierra propuestos hasta obtener un plan satisfactorio.

Para decidir si un proyecto es satisfactorio se emplean varios criterios. Aparte de los objetivos sociales y políticos, los cuales en la práctica son a menudo panorámicos, un proyecto satisfactorio es aquel que contribuye a mejorar la situación de los agricultores, de la comunidad y de la economía nacional. En otras palabras, produce el mayor incremento posible en beneficios netos, haciendo una comparación económica de las situaciones "sin proyecto" y "con proyecto". Un proyecto así generalmente aprovechará recursos limitados de tierras, aguas o insumos para su mayor uso productivo. Un proyecto satisfactorio es aquel que es viable y que probablemente funcionará bajo las actuales condiciones reales de campo, sin ser necesariamente el más conveniente desde el punto de vista económico sobre el papel.

Los informes, mapas y datos sobre evaluación de tierras siguen siendo útiles pasada la fase de planificación, durante la de diseño y ejecución, y aún para seguir de cerca la marcha del proyecto. Los detalles de diseño de las obras puede depender de la información recogida anteriormente durante la evaluación. Durante la ejecución y más tarde manejo del proyecto de riego, el estudio de evaluación de tierras sirve de base para realizar cambios en la situación física, social y económica que se producen en la etapa de seguimiento. En función de esos cambios tal vez haya que modificar y actualizar las recomendaciones con cierta periodicidad.

Normalmente la rehabilitación de proyectos de riego existentes constituye un aspecto importante de la labor de evaluación de tierras. Destaca así la necesidad de una evaluación a fondo de los recursos de agua y tierra cuando se trata de preparar proyectos de riego desde el principio; lo cual podría evitar posteriormente la necesidad de una rehabilitación.

1.3 NIVELES DE INTENSIDAD DE LOS ESTUDIOS

El estudio de los recursos tierra y agua y la elaboración de propuestas de desarrollo de riego pueden llevarse a cabo a nivel nacional, a nivel de cuenca hidrográfica o hidrogeológica, a nivel de desarrollo de un proyecto, a nivel de una aldea, a nivel de finca o campo (Horning, 1979). En el Cuadro 2 se indican los tipos de estudios que se llevan a cabo en estos diferentes niveles.

La identificación de proyectos a nivel nacional y de cuenca induce la necesidad de realizar estudios de prefactibilidad y factibilidad, seguidos de estudios detallados de diseño de sistemas de suministro de agua y disposición sobre el terreno. Estos estudios diversos requieren diferentes escalas de reconocimiento.

Cuadro 2 NIVELES DE INTENSIDAD DE LOS ESTUDIOS

NIVELES	TIPOS DE ESTUDIO	TIPOS DE RECONOCIMIENTO
Nacional	Identificación de proyectos	Reconocimiento
Cuenca		
Proyecto	Prefactibilidad Factibilidad	Semidetallado Detallado
Aldea, finca o campo	Diseño detallado	Muy detallado

A nivel nacional, hacen falta estudios que sirvan de plan matriz para el aprovechamiento de los recursos tierra y agua, incluida una evaluación de las prioridades asignadas a las respectivas regiones y zonas dentro del país. A nivel de las distintas cuencas hidrográficas, o cuencas hidrogeológicas, los estudios sirven de base para el aprovechamiento de las aguas, el control de las mismas para distintos usos y la planificación del uso de la tierra (por ej., proyección de cuencas, zonificación de zonas de inundación, zonas potenciales de riego, recuperación de deltas, zonas pantanosas y de marismas). A nivel de proyecto de desarrollo bajo riego se formula un plan de inversiones en riego, drenaje y control de inundaciones. A nivel de aldea, finca o campo los estudios proporcionan información para el manejo de agua a nivel de finca, mejoramiento y obras de rehabilitación.

Los reconocimientos, a pequeña escala, es decir, de 1:100 000 a 1:250 000 (Cuadro 3), son útiles para inventarios generales de recursos (véase Capítulo 5), para la identificación de áreas prometedoras para desarrollar, y sirven de base para realizar estudios detallados. Las unidades cartográficas suelen ser complejas y sólo dan estimaciones de proporciones de las condiciones para las diversas categorías de aptitud de la tierra. El método de reconocimiento de "sistemas de tierra" (Christian y Stewar 1968) se usa muchas veces y puede ser suficiente para distinguir en forma general las tierras promisorias para determinados tipos de agricultura de riego y aquellas otras que no lo son. Los estudios económicos en esta etapa indican niveles generales de producción e ingresos.

Los reconocimientos semidetallados en los estudios de prefactibilidad y factibilidad se suelen efectuar a escalas de 1:25 000 a 1:50 000. Las unidades cartográficas de suelos consisten en una combinación de unidades homogéneas (series de suelos) y unidades compuestas (por ej. asociaciones de suelos). Con un muestreo suficientemente intenso, estos reconocimientos pueden utilizarse para planificar algunas obras de desarrollo hasta la fase de diseño.

Reconocimientos detallados pueden ser necesarios separadamente para suelos y topografía. Los reconocimientos de suelos, suelen hacerse a escalas de 1:10 000 a 1:25 000; con series y fases de suelos como principales unidades cartográficas, se emplean para la planificación y ejecución de proyectos y para algunos reconocimientos a nivel de aldea o de cuenca, incluyendo la disposición de fincas y sistemas de riego. Cuando la

topografía es una consideración importante para delimitar las tierras que se van a poner bajo riego por gravedad, tal vez haga falta un reconocimiento más intensivo (por ej. a escala 1:5 000) para la nivelación de tierras y las obras respectivas.

Los reconocimientos muy detallados, a escala de 1:5 000 o mayores, son necesarios cuando se representan pequeños intervalos de relieve para determinar las clases de pendientes o trazar canales de riego y drenaje.

1.4 PLANIFICACION DE UN ESTUDIO DE EVALUACION DE TIERRAS

Los estudios de evaluación de tierras pueden realizarlos un departamento gubernamental o una compañía privada con o sin ayuda exterior. En los grandes proyectos de riego suelen intervenir: un cliente, una entidad financiadora y una organización consultora. Antes de los trabajos sobre el terreno habrán conversaciones iniciales para decidir los objetivos de la evaluación y los datos y supuestos en que se basará. La magnitud y los límites de la superficie que se va a evaluar y los tipos de uso de la tierra o sistemas de riego pueden establecerse en los términos de referencia o pueden formar parte de la evaluación. Habrá que decidir las medidas físicas o económicas más convenientes de la aptitud (véase Capítulo 2.4). Antes de dar comienzo a los trabajos de campo habrá que acordar la intensidad y escalas de los reconocimientos indispensables, así como el ordenamiento de las actividades. Deberán también convenirse los acuerdos de orden administrativo, logístico y financiero de las obras a ejecutar.

Durante las conversaciones iniciales habrá que decidir los informes y mapas que se presentarán en las diversas fases a lo largo del estudio. La presentación regular de los informes de avance y planos constituye una característica de todos los estudios de desarrollo de riego bien organizados. Son esenciales como base para adoptar las decisiones principales de política en etapas cruciales del estudio. También es habitual elaborar informes provisionales para facilitar negociaciones y posibles enmiendas antes de elaborar los informes y mapas definitivos.

En este capítulo introductorio se ha indicado cómo los aspectos físicos y económicos de la evaluación de tierras para la agricultura con regadío llegan a ser cada vez más detallados y depurados a medida que avanza la evaluación de tierras desde los estudios de reconocimiento e identificación del proyecto hasta la planificación minuciosa de los proyectos de riego. El Capítulo 2 expone los principios, terminología y esquemas que los procedimientos de evaluación de tierras seguidos por la FAO aplica a una agricultura con regadío.

Cuadro 3 INTENSIDAD DEL RECONOCIMIENTO, ESCALA DE LA REPRESENTACION Y TIPOS DE MAPAS

TIPO DE RECONOCIMIENTO	RANGO DE ESCALAS	TIPOS DE MAPAS
Intensidad muy alta (muy detallado)	Mayor de 1:10 000	Mapas de suelos mostrando las características especiales o fases de las series de suelos y, ocasionalmente complejos edáficos; mapas topográficos detallados con cotas; mapas catastrales; mapas de aguas subterráneas; cultivos actuales y vegetación, etc.
Alta intensidad (detallado)	1:10 000 a 1:25 000	Mapas de suelos mostrando fases de las series de suelos y complejos edáficos; mapas topográficos detallados; mapas de aguas subterráneas; uso actual de la tierra, etc.
Intensidad media (semidetallado)	1:25 000 a 1:100 000	Mapas de suelos mostrando series o asociaciones de series; mapas de sistemas de tierras, unidades fisiográficas; mapas de relieve topográfico; mapas de uso actual de la tierra, etc.
Baja intensidad (reconocimiento)	1: 100 000 a 1: 250 000	Mapas de suelos con asociaciones y fases de grandes grupos o subgrupos; mapas de sistemas de tierras; mapas fisiográficos o de relieve; mapas de uso actual de la tierra; de zonas climáticas, etc.
Exploratorio	1: 250 000 a 1: 1 000 000	Unidades de tierras de varias clases
Síntesis	Menores de 1: 1 000 000	Mapas climáticos; mapas taxonómicos de suelos, uso de la tierra y vegetación; mapas fisiográficos y geomorfológicos; zonas agroecológicas; etc.

2. EVALUACION Y CLASIFICACION DE TIERRAS PARA LA AGRICULTURA CON REGADIO

2.1 PRINCIPIOS BASICOS

En una buena evaluación de tierras para la agricultura con regadío, ciertos conceptos y principios son fundamentales. Los principios básicos que se propugnan en el Esquema para evaluación de tierras (FAO 1976a), sobre los que se establecen los métodos expuestos en este boletín, se complementan con los principios de la Oficina estadounidense de Recuperación de Suelos (véase Capítulo 10), los cuales son expresamente para riego.

i. En el Esquema de la FAO se señala que es necesario evaluar las tierras y no solamente los suelos. La aptitud de los suelos para los cultivos de regadío constituye una información útil sin embargo es inadecuada para tomar decisiones sobre aprovechamiento del uso de las tierras. Por lo tanto, hay que tener en cuenta todas las características de la tierra, incluidos suelos, clima, topografía, recursos de aguas, vegetación, etc., y también las condiciones socioeconómicas y la infraestructura.

ii. El principal objetivo de la evaluación de tierras para la agricultura de regadío es predecir las condiciones futuras después de que se hayan llevado a cabo las obras de desarrollo. Es necesario pronosticar los beneficios que se derivarán para los agricultores y la economía nacional y si éstos se sostendrán sin acarrear perjuicio al medio ambiente. Fundamentalmente hace falta clasificar la aptitud potencial, para lo que habrá que tener en cuenta las interacciones futuras entre suelos, agua, cultivos y condiciones económicas, sociales y políticas.

iii. Algunos factores que influyen en la aptitud de tierras son permanentes y otros son variables, con un costo. Pueden determinarse los costos de las mejoras necesarias de suerte que puedan predecirse sus consecuencias económicas y ambientales de desarrollo. Los ejemplos típicos de características permanentes son la temperatura, la textura del suelo, la profundidad hasta el suelo rocoso y la macrotopografía. Las características variables que pueden alterarse deliberadamente o por descuido pueden ser típicamente las de vegetación, salinidad, profundidad hasta las aguas subterráneas, microrrelieve, así como algunas condiciones sociales y económicas (por ej., régimen de tenencia de tierras, posibilidad de acceso a la misma).

iv. Por lo tanto, la aptitud de las tierras debe evaluarse y clasificarse respecto a las clases específicas de uso de la misma, es decir, sistemas de cultivo, riego y manejo de los sistemas. Es evidente que las exigencias de los cultivos y de los métodos de riego y manejo difieren, de tal manera que la aptitud de cualquier unidad de tierra puede ser clasificada diferentemente para varios usos. Tal vez sea inútil y equívoco indicar la aptitud para una agricultura con regadío en general si las necesidades del que desarrolla la tierra por conocer su potencial para un determinado cultivo con regadío o método de riego, no se toman en cuenta.

v. La evaluación de tierras requiere una comparación de los productos obtenidos con los insumos necesarios para generar esos productos, sobre las diferentes clases de tierras. Dicho en otras palabras, la evaluación de la aptitud de las tierras es esencialmente un concepto

económico, aunque tal vez no sea necesario un análisis económico formal para los reconocimientos simples. La evaluación de los factores físicos por sí solos, no permite predecir los resultados del riego: deben ser traducidos en términos económicos. Es sumamente importante conseguir una clasificación de tierras en la que se reflejen las diferencias de productividad y rentabilidad a largo plazo de la tierra bajo riego, con preferencia hacia aquellas que centren su atención sólo en diferencias físicas sin tener en cuenta sus repercusiones económicas.

vi. Para la evaluación hay que tener en cuenta las condiciones locales físicas, políticas, económicas y sociales. El éxito del riego que se implanta puede depender de factores como de políticas de precios para cultivos, suministro de mano de obra, mercados, accesibilidad, tenencia de tierras, etc., así como del clima y de los suelos. Para evitar cualquier malentendido deben señalarse expresamente, y no simplemente presumirse, todos los elementos que revisten interés en la situación local. Sin embargo, no tienen que estudiarse todas las condiciones, sino sólo aquellas que sean útiles tomar en cuenta para la clasificación de las tierras.

vii. La aptitud de la tierra debe ser para un uso sostenido, es decir, para una productividad permanente bajo el sistema de riego previsto. No debería haber una previsible degradación de la tierra o el costo de prevención o medidas correctivas a tomar contra la erosión, empantanamiento, salinización, etc. debería ser incluido en la comparación de insumos y productos.

viii. La evaluación, donde más de una alternativa factible aparentemente, debería comparar más de un tipo de uso. Por ejemplo, puede compararse entre el uso actual y los usos propuestos, o entre diferentes cultivos y métodos de riego. La confiabilidad de la evaluación está acrecentada comparando los insumos y los productos para varias alternativas a fin de asegurar que el uso de la tierra seleccionada no sólo sea conveniente sino que sea la mejor de las alternativas apropiadas.

ix. Es evidente que se requiere un enfoque interdisciplinario porque ninguna disciplina puede abarcar todos los aspectos de la evaluación de la aptitud de las tierras. La mencionada evaluación de tierras puede ser ejecutada empleando consideraciones económicas generales para establecer un contexto para seleccionar cultivos y manejo apropiados, y establecer los criterios límites entre las tierras aptas y no aptas. Sin embargo, para efectuar una evaluación cuantitativa a nivel de proyecto o de finca, es menester un análisis formal en términos financieros y económicos.

x. Finalmente se enfatiza en el Capítulo 1, que la evaluación de las tierras es un proceso iterativo que permite reajustes sucesivos y la necesidad de reconocimientos e investigaciones que sean apropiados en escala e intensidad durante las diversas etapas que van desde el reconocimiento a la planificación detallada del proyecto y por lo tanto, en las fases sucesivas de la ejecución del mismo.

2.2 TERMINOLOGIA

En el Glosario que aparece al final de este Boletín y en los capítulos correspondientes se dan definiciones completas de la terminología que figura en el Esquema de la FAO. Se explican allí los términos más importantes antes de exponer los procedimientos de evaluación.

i. TIERRA: Se entiende por unidad de tierra la superficie dentro de unos límites, con determinadas cualidades o características de la misma. Las unidades de tierra pueden representarse cartográficamente y numerarse por serie (por ejemplo, unidad de tierra 1, unidad de tierra 2, unidad de tierra 3, etc.). El tamaño de una determinada unidad de tierra puede variar para ajustarse a la intensidad de la investigación y deberá ser la superficie menor de tierra que sea necesario evaluar y clasificar.

ii. USO DE LA TIERRA: Por clase principal de uso de la tierra se entiende una subdivisión del uso de las tierras de campo. Como ejemplo se pueden citar la agricultura extensiva, la agricultura intensiva, la silvicultura, lugares de recreo, etc. Por tipo de utilización de la tierra (TUT) se entiende una subdivisión de una clase principal de uso de la tierra en el que se indican el cultivo, el riego y su manejo (es decir, el sistema agrícola), el marco social y económico, y otros detalles pertinentes que aparecen en el Cuadro 11.

<u>Ejemplos simplificados de tipos de utilización de la tierra (TUTs)</u>

TUT A: Maíz regado por aspersión en granjas estatales;
TUT B: Arroz de doble cosecha en pequeñas fincas de riego superficial;
TUT C: Sorgo regado por creciente de avenidas en fincas arrendadas.

En el Capítulo 4 se dan las pautas para la descripción de los TUTs.

iii. APTITUD DE LA TIERRA: Las categorías de aptitud de la tierra del Esquema de la FAO están constituidas por Ordenes (Apta o No apta), Clases y Subclases, según se muestra en el Cuadro 1. Las clases de aptitud de la tierra son Altamente apta (A1), Moderadamente apta (A2), Marginalmente apta (A3), Marginalmente No apta (N1) y Permanentemente No apta (N2). Según convenga, podrá emplearse un mayor o menor número de clases. Se usan minúsculas para designar las Subclases, indicándose la razón por la que se clasifica la tierra de A1 (sin Subclases) a una clase inferior (en el Cuadro 17 figuran los símbolos).

<u>Ejemplo</u>: La unidad de la tierra 1 es Altamente apta (A1) para una sola cosecha de arroz (TUT D), pero es Marginalmente No apta (N1z) para arroz de doble cosecha (TUT B), dentro de una clasificación de aptitud potencial.

El Esquema de la FAO distingue entre clasificaciones para la aptitud actual de la tierra con miras a un determinado uso (en las condiciones actuales) y su aptitud potencial después de haber introducido determinadas mejoras importantes en el terreno (por ej., rehabilitación de tierras degradadas, riego, drenaje, etc.).

En este Boletín se introducen dos subdivisiones adicionales de la aptitud potencial. Son comparables, aunque no idénticas, a la tierra "arable" y tierra "regable" de la Oficina estadounidense de Recuperación de Suelos (véase Capítulo 10). Se definen según sigue:

Tierra provisionalmente regable: Es la tierra que se clasifica provisionalmente así por suponerse que puede suministrársele agua pero sin conocerse a ciencia cierta dicho suministro o los costos del proyecto y aprovechamiento de tierras. (El ingreso agrícola neto es una medida útil de la aptitud de la tierra "provisionalmente regable", véase Sección 2.4).

Tierra regable: Es la tierra que es apta para el riego dentro de una clasificación de "provisionalmente regable", que puede recibir agua y que se ha clasificado según una evaluación económica de su aptitud para determinados TUTs, teniendo en cuenta el suministro de agua, los costos de desarrollo de un área específica incremental, los costos comunes del proyecto y sus beneficios. (Para apreciar la aptitud de las tierras "regables" puede utilizarse el Beneficio Incremental Neto de Riego o BNIR).

Uno de los méritos de la clasificación de tierras "provisionalmente regables" es que contribuye a la elaboración del plan del proyecto tempranamente durante el estudio mismo eliminando aquellas tierras que no son aptas permanentemente por razones distintas a las de suministro de agua. Esta clasificación sirve también de buena base para actualizar una evaluación en el caso de grandes variaciones de los precios u otras modificaciones importantes en una fecha futura. Sin embargo, sólo la clasificación de "regable" satisface las necesidades de un estudio de factibilidad.

iv. FACTORES CLASIFICADORES: Son variables que influyen en el rendimiento de un tipo de utilización de la tierra (TUT) o de una parcela y que sirven de base para clasificar la aptitud de la tierra para un determinado uso. Son muchos los factores que influyen en el resultado de un TUT en una determinada unidad de tierra; en la clasificación de aptitud algunos son clasificadores y otros no. Algunos factores influyen en un cultivo, su riego y manejo con carácter bastante uniforme en todas las unidades de tierra del área estudiada, u originan variaciones de escasa importancia. En cambio, los factores clasificadores dan lugar a grandes diferencias en la productividad material de la tierra o en los beneficios y costos de diferentes unidades de tierras para un determinado TUT. En la evaluación de tierras, sólo los factores más importantes (es decir, los que son prospectivamente clasificadores requieren evaluación y su lista puede de ordinario reducirse progresivamente formando conjuntos de estimaciones de rendimientos, beneficios o costos para evaluar las clases de aptitud de la tierra.

Los distintos factores, que pueden o no escogerse como clasificadores en una determinada evaluación, pueden agruparse según que influyan en:

a. rendimientos del cultivo o producción (es decir, factores agronómicos)
b. ordenación o manejo

c. aprovechamiento o mejoramiento de la tierra
d. conservación y medio ambiente
e. condiciones económicas y sociales

Estas cinco amplias agrupaciones se subdividen en el Cuadro 12 del Capítulo 4, para dar una lista de 32 factores que pueden ser clasificadores. En la segunda parte de este boletín se analiza cada factor, junto con sus interacciones.

Muchos factores pueden representarse en función de las exigencias o limitaciones del cultivo, de los sistemas de manejo y riego y en ellos influyen, para bien o mal, las características de la tierra. Algunos requisitos y limitaciones para el aprovechamiento de la tierra, como requerimientos de fertilizantes o de drenaje, se representan como insumos o mejoras de la tierra más que como características de la misma. Así pues, las características de la tierra y sus calidades son atributos de ésta. Los requisitos para el aprovechamiento de la tierra y sus limitaciones, (o dicho en términos más estrictos, los requisitos y limitaciones del TUT) son características del uso de la tierra. Muchos factores socioeconómicos y algunas consideraciones de carácter económico (por ej. actitudes del agricultor) no son atributos del uso de la tierra ni de la tierra por sí sola, pero no obstante pueden ser clasificadores.

v. REQUISITOS Y LIMITACIONES DEL USO DE LA TIERRA: Estos son factores que pueden ser o no, clasificadores y que son necesarios para el desarrollo de un TUT en una unidad de tierra o los limitan (Subsección 4.2.2, Cuadro 12). Las características, insumos y mejoras de las tierras se condicionan mutuamente para satisfacer el requisito o la limitación o influir en éstos.

Ejemplos: Requerimientos de agua de un cultivo, requisito de nivelación del terreno para un sistema de riego, limitación de la erosión (véase lista del Cuadro 12).

vi. CARACTERISTICAS DE LA TIERRA: Son características medibles de la tierra que pueden emplearse para caracterizar una unidad de tierra.

Ejemplos: Lluviosidad media anual, clase de pendiente, textura del suelo, etc.

vii. CUALIDADES DE LA TIERRA: Son descripciones de la tierra en relación con su utilización. Por ejemplo, la disponibilidad o deficiencia de agua supone una relación entre el suministro de agua y el requerimiento de la misma pero como característica de la tierra. Las calidades de tierras representan unas interacciones jerárquicas complejas que van desde la disponibilidad de nutrientes, hasta la capacidad de rendimiento del cultivo, la posibilidad de drenaje, de erosión, etc. Por lo general, estas cualidades de la tierra son las interacciones que influyen en los resultados de un TUT.

Obsérvese que las cualidades de la tierra son condiciones que repercuten en el TUT, mientras que las exigencias y limitaciones correspondientes al uso de la tierra son las condiciones, insumos y mejoras que se requieren para el sistema de cultivo, riego o manejo o que los limitan.

viii. ESPECIFICACIONES DEL TUT: Las condiciones exigidas para el resultado satisfactorio de un sistema de cultivo, riego y manejo deberían ser especificadas antes del reconocimiento del terreno. Tales especificaciones comprenden escalas críticas, con límites críticos, y especifican para los distintos factores clasificatorios las exigencias de uso de la tierra y sus limitaciones a diferentes niveles de aptitud.

ix. LIMITES CRITICOS: Los límites críticos de un factor clasificatorio marcan las fronteras entre los niveles a1, a2, a3, n1 y n2 de aptitud para los distintos factores, o un grupo único de factores, en la evaluación de la aptitud de una unidad de tierra para un TUT. Puede establecerse utilizando las pautas que figuran en la segunda parte de este boletín.

x. CLASIFICACION POR FACTORES: Las clasificaciones por factores, es decir, a1, a2, a3, n1 y n2, indican, en función de un único factor o de una interacción única de un grupo de factores, si la tierra es altamente apta, moderadamente apta, marginalmente apta, marginalmente no apta, o permanentemente no apta, respectivamente, para un determinado TUT. (Obsérvese que las minúsculas se emplean para evitar confusión con las clases de aptitud de la tierra mencionadas en iii).

xi. ARMONIZACION: Este término se emplea en dos sentidos. En un sentido amplio, "armonización" es el reajuste de la tierra mediante insumos y mejoras para que se corresponda con las exigencias y limitaciones del TUT. Recíprocamente "armonización" es el reajuste del TUT para que se corresponda más estrechamente con las condiciones de la tierra.

En un sentido más restringido, por armonización se entiende la comparación entre las condiciones de la tierra (calidades o características de la tierra), y los requisitos o limitaciones del TUT para su clasificación por factores. Así pues, factor por factor a cada factor determinante de la clase se le dará una clasificación, a1, a2, a3, n1 y n2.

Ejemplo: Supóngase que los límites críticos correspondientes a a3 para el factor "enraizamiento" están en una profundidad del suelo comprendida entre 50 y 100 cm en un TUT A. La unidad de tierra 1 tiene una profundidad de suelo digamos de 75 cm. Esto cae dentro de estos límites críticos, por lo que la clasificación por factores para la unidad de tierra 1 con un TUT A es a3 (véase Capítulo 6, Ejemplo 1).

xii. SIGNIFICACION DEL FACTOR: Esto indica si un determinado factor o interacción es Muy importante (VI), Moderadamente importante (MI), Menos importante (LI) o No importante (NI), en decidir la clase de aptitud de la tierra partiendo de las clasificaciones por factores (véase Sección 6.3).

xiii. MEDIDAS DE APTITUD: Las clases de aptitud de la tierra pueden definirse en función de varios indicadores físicos, financieros o económicos. En la Sección 2.4 se describe como ejemplo de una medida física de clase de la tierra un índice de productividad de la tierra

basado en los rendimientos respectivos. También se definen en la Sección 2.4 el ingreso agrícola neto y el beneficio neto incremental por riego, que pueden emplearse como medidas económicas de clase de aptitud de la tierra.

2.3 PROCEDIMIENTOS PRINCIPALES EN LA EVALUACION Y CLASIFICACION DE TIERRAS

Para evaluar y clasificar las tierras los procedimientos principales consistirán en:

i. El estudio de la información más destacada existente y, cuando sea factible, estimaciones sobre el terreno de las condiciones y experiencias de tierras en una zona totalmente desarrollada que tenga condiciones físicas, climáticas y socioeconómicas análogas a las zonas de estudio.

ii. La selección de otras posibilidades de cultivo, alternativas de riego y manejo y la descripción de los tipos de utilización de la tierra TUTs de posible evaluación (Capítulo 4).

iii. La selección de tipos de datos necesarios para la evaluación y la preparación de un inventario de recursos de tierras (Capítulo 5).

iv. La selección de factores determinantes de clases o clasificadores que tengan importancia desde un punto de vista físico y económico y la especificación de límites críticos para designar las clasificaciones de factores y las categorías de aptitud de las tierras (véase Guía paso por paso, Capítulo 3 y también Capítulo 6, y Segunda Parte).

v. Clasificación y cartografía de tierras, "provisionalmente regables" (véase Sección 2.2 y 2.3.5, también Capítulos 6 y 7).

vi. Se obtiene la modificación de la clasificación de "provisionalmente regable", como información complementaria de carácter físico, técnico, hidrológico y económico, con la ayuda, en caso necesario, de factores actualizados de determinación de las clases y de límites críticos.

vii. La clasificación y cartografía de la tierra "regable" en que se delimite la ubicación de tierras específicas consideradas aptas para desarrollo de riego dentro de un proyecto.

Se analizan a continuación algunos de los aspectos anteriores.

2.3.1 Necesidad de estudios previos

En lo posible, se deberán realizar estudios previos para reducir las conjeturas al estudiar la evaluación de tierras. La guía más segura para el desempeño de cultivos y los problemas futuros de manejo está constituida casi siempre por la experiencia en una localidad con condiciones físicas, climáticas y socioeconómicas análogas a las del terreno que se va a desarrollar. Si en la localidad hay escasa experiencia, o ninguna, de las prácticas de cultivo de riego propuestas, caben dos soluciones: primero, efectuar estudios comparativos en que se reconozcan las analogías y diferencias más destacadas a escala mundial (Higgins y Kassam, 1981), y segundo, un programa de trabajos agronómicos sobre unidades de tierra

representativas, junto con estudios edáficos, topográficos y de drenaje que comprendan ensayos y análisis de laboratorio. La labor experimental que se haya iniciado con anterioridad en un programa de desarrollo de riego resulta muchas veces valiosa durante la posterior ejecución y manejo del proyecto de riego, lo mismo que durante las fases ulteriores de evaluación de la tierra.

2.3.2 Identificación de los principales tipos de utilización de la tierra

En los estudios de reconocimiento y preparación de proyectos pueden existir muchas alternativas para el uso de la tierra. Los tipos principales de tierras (por ejemplo, de agricultura extensiva, agricultura intensiva) pueden subdividirse luego para identificar los TUTs, primero a nivel general y más tarde, durante los estudios semidetallados, con más pormenores. En el Capítulo 4, Cuadro 10 aparece una lista que sirve para la descripción de los TUTs. En algunas evaluaciones, la selección de los TUTs, es decir, de los sistemas de cultivo, riego y manejo, constituye un producto importante del estudio. En otras evaluaciones, los TUTs pueden resultar evidentes desde el comienzo (por ej. arroz bajo riego, caña de azúcar bajo riego, cultivos arbóreos bajo riego), o tal vez haya que decidir solamente métodos de riego (por ej., superficial, por aspersión, goteo).

2.3.3 Inventario de los recursos de la tierra

En el Capítulo 5 se dan listas de los datos necesarios para una caracterización general del área del proyecto, incluyendo inventarios, de reconocimientos topográficos, edáficos, climáticos, recursos de agua, drenaje, vegetación y fauna, del uso actual de la tierra y de las condiciones socioeconómicas. En otras publicaciones se dan pautas sobre cómo realizar el inventario (véanse referencias en los capítulos correspondientes).

De los estudios sobre recursos de tierras se obtienen tres series de datos:

i. definiciones y descripciones de las unidades de tierra;
ii. mapas mostrando la distribución de esas unidades de tierra;
iii. valores de las características de la tierra dentro de las unidades de la tierra.

Las unidades de tierra pueden ser series o fases de suelos de categorías de pendientes específicas en estudios detallados, o sistemas y facetas de tierras en estudios menos detallados. Su descripción se hace en función del clima, el relieve, los suelos, la vegetación y el uso actual de la tierra. Los resultados de los estudios de recursos de aguas a nivel nacional, de cuenca, proyecto o aldea, finca o nivel de campo (véase Cuadro 2) pueden comprender datos sobre hidrología, hidrogeología y suministro o requerimiento de agua de riego. Estos datos serán reajustados y desarrollados progresivamente a lo largo de la evaluación.

2.3.4 Selección de los factores clasificadores

Los factores agronómicos, de manejo, desarrollo de la tierra, conservación y socioeconómicos que pueden influir en la producción o en el costo de la producción agrícola de los TUTs en las unidades de tierra, pueden ser seleccionados de la lista que aparece en el Cuadro 12 del Capítulo 4. En las etapas iniciales de evaluación es usual considerar un gran número de factores, pero durante el estudio será claro que muchos factores que afectan a los sistemas de cultivo, riego y manejo, lo hacen de

modo relativamente uniforme o sin variaciones importantes a lo largo de todas las unidades de tierra estudiadas. Otros factores figurarán en una lista reducida porque pueden ser clasificatorios y habrá que decidir sus límites críticos para la clasificación por factores dentro de la armonización de una unidad de tierra en función de su aptitud para un TUT (véanse Capítulos 3, 6 y la Segunda Parte).

2.3.5 Clasificación de tierras en "provisionalmente regables" y "regables".

Estos dos tipos de clasificación han quedado definidos en la Sección 2.2 (iii). En las etapas sucesivas de la evaluación tal vez haga falta proceder a clasificaciones separadas, primero de las tierras "provisionalmente regables" y luego de las tierras "regables". En las etapas iniciales de los estudios de riego, la cantidad de agua disponible para el riego y la ubicación exacta a la que puede transportarse económicamente, son datos a menudo inciertos. Por consiguiente, la aptitud de la tierra ha de clasificarse a condición de que pueda suministrársele agua. Solamente más tarde, cuando los estudios de los sistemas de abastecimiento de agua y sus aspectos económicos sean definidos se tendrá certeza de si la tierra puede regarse o no. En esta publicación, las tierras para las cuales el suministro de agua no está todavía asegurado y para aquellas donde los costos y beneficios del desarrollo de tierras no son claras, se las clasifican como "provisionalmente regables", mientras que las tierras a las que puede proporcionárseles agua con proyecto se denominan "regables". En la sección 2.4 y en el Capítulo 7 se explican las medidas apropiadas de aptitud para cada clasificación.

La citada distinción entre "provisionalmente regables" y "regables", es análoga al empleo que hace la USBR como tierras "arables" y "regables" (Capítulo 10 y Glosario). Sin embargo, hay que señalar que la citada oficina no emplea normalmente el suministro de agua como factor clasificatorio (salvo en lo que respecta a su calidad). En el Esquema de la FAO se incluye el suministro de agua (calidad, cantidad y temporada) entre los recursos de la tierra, por lo que el evaluador de ésta puede optar, "o no", por clasificar la aptitud de la tierra de acuerdo a si el volumen de agua es suficiente, al período del año durante el cual es disponible y al costo de conducción de la misma a las diferentes parcelas.

Una de las ventajas principales de la clasificación de "provisionalmente regable" es que contribuye, desde el comienzo del estudio, a la formulación del proyecto, y a diferenciar las tierras que son aptas para el riego de aquellas que no lo son. La delimitación de una zona "regable" a partir de las tierras ya clasificadas como aptas bajo la clasificación de "provisionalmente regable" da lugar a reducciones en la superficie de tierra comprendida en el plan de desarrollo. Los reajustes característicos son los siguientes:

i. eliminación de incrementos antieconómicos de tierras tales como los que resultan demasiado costosos de atender, drenar o dotar de obras de distribución;

ii. reajuste de las tierras al suministro de agua disponible;

iii. eliminación de parcelas ubicadas en partes altas de difícil riego superficial, o en elevaciones las cuales no pueden ser factibles de ser regadas por impulsión;

iv. exclusión de sectores aislados, de parcelas irregulares y zonas apartadas que no pueden encuadrarse bien en una unidad agrícola;

v. supresión de los derechos de paso públicos propuestos;

vi. eliminación de zonas que no pueden cumplir los criterios mínimos para obtener un rendimiento económico dentro del proyecto;

vii. eliminación de tierras por razones socioeconómicas, incluyendo tenencia de tierras, derechos de agua, etc.

Al establecer las clases de aptitud de tierras en las investigaciones habrá que especificar lo antes posible las normas físicas y económicas que definen la mínima calidad de la tierra que pueda considerarse como apta en una clasificación de "provisionalmente regable". Este límite (o línea divisoria) entre apta y no apta ha de revisarse progresivamente eliminando las tierras marginales a medida que se dispone de nuevos datos sobre costos de suministro de agua e inversiones en el proyecto hasta que se definan las tierras "regables".

2.4 INDICE DE PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA Y MEDIDAS ECONOMICAS DE APTITUD

Las clases de aptitud de las tierras (es decir, A1, A2, A3, N1, N2) pueden definirse en función de varios índices físicos o económicos o medidas de aptitud. A continuación se sugieren tres medidas convenientes de aptitud que se prestan a su aplicación progresiva a medida que se disponga de más datos: i) indice de productividad de la tierra, ii) ingreso agrícola neto, y iii) beneficio incremental neto de riego.

i. Indice de productividad de las tierras: En este boletín, dicho índice se define como la productividad física de la tierra para un uso específico de la misma, comparada con la de mejor tierra. El rendimiento respectivo puede servir de índice apropiado de productividad de la tierra. Se trata del rendimiento por hectárea correspondiente al de la mejor clase y expresado como un porcentaje o fracción. Por consiguiente, los rendimientos máximos de la tierra de Clase A1 para un determinado TUT pueden tomarse como 100 por ciento o 1,0, el máximo de A2 como fracción de A1 (por ej. 80 por ciento o 0,8), A3 como 0,6, etc. según corresponda. Pueden utilizarse otras definiciones como el rendimiento absoluto o la producción relativa como medidas alternativas de la productividad física. La productividad puede servir para una clasificación de aptitud actual o potencial. Normalmente habría que utilizar un índice de productividad física de la tierra en los estudios de reconocimiento y como antecedente necesario para proceder a una evaluación económica.

ii. Ingreso agrícola neto: Es una medida conveniente de la clase de aptitud de la tierra para tierras "provisionalmente regables". El ingreso agrícola neto se define como el valor obtenido sustrayendo los costos tanto variables como fijos del valor bruto de la producción. En la etapa "provisionalmente regable" de los estudios, los costos comunes del proyecto no se suelen conocer y no se toman en cuenta al estimar el ingreso agrícola neto. Este puede calcularse para situaciones "sin proyecto" y "con proyecto". En la fase de "provisionalmente regable", muchas veces bastará con basar la clasificación en el ingreso agrícola neto en la situación "sin proyecto". Sin embargo, falta aquí el perfeccionamiento necesario

para una planificación y análisis minuciosos del proyecto y las tierras "provisionalmente regables" pueden incluir tierras aptas marginalmente, que pueden eliminarse con un ulterior análisis económico del proyecto y una representación cartográfica de la clasificación de las tierras durante la clasificación final de las tierras "regables". Para procurar una coherencia al máximo con la clasificación final conviene expresar el ingreso agrícola neto en términos "económicos" más bien que "financieros" (véase Capítulo 7).

iii. Beneficio incremental neto del riego (BINR): Es el patrón que se exige para apreciar la aptitud de las tierras "regables" en la clasificación final. El BINR mide el aumento potencial de la productividad de una superficie unitaria de tierra cuando se pone se desarrolla mediante un proyecto, expresada en términos económicos como valor anual equivalente. Se obtiene estimando la diferencia del beneficio neto correspondiente a una superficie unitaria de tierra en situaciones "con proyecto" y "sin proyecto" teniendo en cuenta para ello:

a. inversiones agrícolas y costos de funcionamiento, así como rendimientos que suelen obtenerse del uso agrícola de la tierra;

b. todas las inversiones del proyecto, gastos de funcionamiento y mantenimiento (incluida una parte de los costos comunes del proyecto y costos de desarrollo de un área específica de tierra, independientemente de que estén pagados, "o no", por el propio agricultor).

En el Capítulo 7 se dan más detalles explicativos.

La evaluación de la tierra empleando las tres medidas de aptitud arriba indicadas llega a ser progresivamente reajustada y más detallada a medida que las investigaciones pasan de la fase de reconocimiento a la propuesta de un determinado plan de desarrollo. Sin embargo, es importante comprender que las clases en las que entran determinadas combinaciones de unidades de tierra - TUT, pueden divergir bruscamente según el índice empleado. El índice de productividad de la tierra no tiene en cuenta los precios o costos de producción, y para el ingreso agrícola neto no se toma en consideración el aumento o incremento de pasar de una situación "sin proyecto" a una situación "con proyecto". Generalmente habrá una eliminación progresiva de las tierras marginalmente aptas a medida que los estudios avanzan hasta que se describen las tierras "regables". A continuación se dan algunos ejemplos de las consecuencias de lo dicho más arriba:

Consideremos, por ejemplo, dos TUTs A y B, basados en un alto y bajo valor del cultivo respectivamente, por ej. hortalizas y cereales. Aplicando un índice de productividad de la tierra, una unidad de tierra puede clasificarse, pongamos por caso, como A1 para ambos cultivos. El A1 para un TUT A puede indicar que las hortalizas rendirían 20 toneladas/ha en esta unidad de tierra. El A1 para un TUT B puede indicar que el cereal rendiría 3 t/ha. (También cabe concebir que esta unidad de tierra con un tercer TUT C, por ej., arroz irrigado, puede caer dentro de la clase N1; digamos de paso que la clase de aptitud de la tierra debe corresponder a un determinado uso de la misma).

Si en el citado ejemplo se introducen valores monetarios, se tiene entonces una base común para comparar los TUTs en una unidad de tierra, entre sí. Las hortalizas de gran valor (TUT A) podrán permanecer clasificadas como A1 empleando el ingreso agrícola neto. El cultivo de cereales, que es de bajo valor (TUT B), puede corresponder a una clase inferior, es decir N1, sobre la base del ingreso agrícola neto, aun cuando el cultivo de cereales es A1 en términos físicos en esta determinada unidad de tierra. Hay que prever esas consecuencias cuando se emplea el ingreso agrícola neto como un patrón en lugar de la productividad física.

Al clasificar las tierras "regables", para obtener un BINR, según se definió en el párrafo iii, debe tomarse en cuenta en la agricultura existente, los costos del proyecto (costos comunes y costos de desarrollo de la tierra en un área específica). Si la unidad de tierra ya produce, digamos hortalizas en secano, puede haber un alto ingreso agrícola neto actual por hectárea para la situación "sin proyecto". Por consiguiente, aunque el TUT A basado en hortalizas regadas puede ser A1 con arrreglo a los dos criterios citados (índice de productividad de la tierra e ingreso agrícola neto), el incremento resultante en el ingreso agrícola neto de las inversiones hechas en riego puede ser pequeño y los costos del proyecto adicionales pueden ser insignificantes. La tierra puede reducirse de calidad utilizando un BINR, pasando por ejemplo a un A3, o incluso a un N1. La unidad de tierra para un TUT A (hortalizas bajo riego) puede ser muy conveniente en términos físicos o en función de un ingreso agrícola neto. Pero el desarrollo propuesto no es viable debido al beneficio neto incremental limitado o insignificante.

La productividad de la tierra y las medidas económicas de aptitud arriba expuestas suelen expresarse en producción o valor por hectárea. No obstante, también es posible evaluar la aptitud de la tierra en función de un valor por volumen de agua. Lo cual puede ser conveniente donde se proponen sistemas de suministro de agua como complemento a un proyecto de rehabilitación. Antes que expresar el BINR como valor por hectárea, podría expresarse como valor por metro cúbico de agua servida a cada hectárea. (En muchos sitios el agua se cotiza por volumen). Al emplear el método de distribución volumétrica de agua para asignar los beneficios, la tierra puede clasificarse como si estuviera recibiendo un suministro total de agua de riego, expresando la clasificación de la tierra en valores equivalentes a un proyecto de suministro completo de agua.

Para más detalles sobre la evaluación económica de la aptitud de las tierras, véase el Capítulo 7. Desde el principio mismo de la clasificación de la aptitud de la tierra hay que introducir consideraciones económicas, mejorando en las sucesivas repeticiones según se sugiere arriba.

3. GUIA PASO POR PASO PARA LOS PROCEDIMIENTOS

Los pasos principales en la evaluación de tierras se resumen a continuación como una guía para los trabajos de campo y a la clasificación. En los Capítulos 1 y 2 se han expuesto ya los principios, la terminología y los procedimientos esquemáticos. En los capítulos siguientes se elaboran los detalles de cada uno de los pasos sucesivos para cada uno de ellos. En los Cuadros 4-9 (formularios 1-5) se reproducen las hojas de registro de datos (formularios) que pueden llenarse durante la evaluación, pudiendo ser modificadas, ampliadas, simplificadas o reproducidas para la labor de campo.

En los pasos siguientes se asume una progresión desde una clasificación de tierras "provisionalmente regables" a "regables". Los pasos pueden modificarse fácilmente si se emplea un enfoque alternativo. Antes de cada evaluación debe decidirse el tipo apropiado de clasificación y el grado de aptitud que haya de emplearse (es decir, índice de productividad de la tierra, ingreso agrícola neto o beneficio incremental neto del riego).

3.1 LISTA DE LOS PASOS PRINCIPALES

i. Decisión de tipos de utilización de tierra (TUTs) a evaluarse (según se explica en la Sección 4.1)

Paso 1: Se evalúa la tierra con respecto a su aptitud para un determinado uso de la misma. Se deciden los otros posibles usos de la tierra (es decir TUTs o sistemas agrícolas) que interesen y se procede a evaluar por separado cada uno de ellos.

Paso 2: Se describen los TUTs. Para cada TUT, se completa una descripción basada en los epígrafes que aparecen en el Cuadro 10.

ii. Elaboración de la especificación de clases de aptitud de la tierra (según se explica en la Sección 4.2)

Paso 3: De la lista de factores agronómicos, de manejo, de aprovechamiento de la tierra, conservación, ambientales y socioeconómicos que figuran en el Cuadro 12, se eligen los factores clasificadores más adecuados de los cuales se puede esperar que tengan alguna influencia en la aptitud de la tierra para un determinado TUT y que pueden variar de una unidad de tierra a otra.

Paso 4: Para cada factor clasificador determinado, anotar la correspondiente exigencia o limitación de uso de la tierra en el Formulario 1.

Paso 5: Cuantificar los límites críticos correspondientes a los niveles de aptitud A1, A2, A3, N1 y N2 de aptitud para las distintas exigencias y limitaciones de uso de la tierra. Estas son las especificaciones para cada factor en función de las exigencias y limitaciones de los TUTs. Estas especificaciones pueden estar representadas por las apropiadas calidades de la tierra o sus características, representativas de las misma,

junto con los insumos y las mejoras de la tierra que influyen en el índice de productividad, ingresos agrícolas netos o BINR. Anótense los "límites críticos" en el Formulario 1 distinguiendo los niveles de aptitud para cada factor.

iii. Reconocimientos de campo y representación cartográfica de las clases y subclases de tierras "provisionalmente regables" (véanse Capítulos 5-7).

Paso 6: Se procede a un reconocimiento, descripción y determinación de las unidades de tierra. Se prepara un mapa de las mismas, con una leyenda en la que se enumeran las unidades de tierra las cuales pueden también dar cabida a los símbolos para las clases de aptitud de la tierra.

Paso 7: Para cada unidad de tierra, se decide qué calidades y características de la misma son "clasificadoras" con respecto a los requisitos y limitaciones de los TUTs. Para cada unidad de tierra, se completa el Formulario 2 indicando los valores correspondientes de las calidades y características de la tierra (véase procedimientos para inventarios de recursos de tierras, Capítulo 5).

Paso 8: Se armonizan los "límites críticos" de cada requisito o limitación de uso de la tierra (es decir, a partir de las especificaciones del formulario 1), con las condiciones que aparecen en la unidad de tierra es decir, formulario 2) para obtener una clasificación por factores de A1, A2, A3, N1 o N2 para cada combinación de TUT y de unidad de tierra. Se anotan la clasificación por factores en el formulario 3. También pueden indicarse los supuestos relativos a insumos, mejoras de tierra y sus beneficios y costos (véase Ejemplo 2 de la Sección 6.5).

Paso 9: Se decide la "importancia" respectiva de cada factor "clasificador" (o de un grupo de factores interactivos) anotando las características de Muy importante, Moderadamente importante, Menos importante o No importante, según proceda, en la columna denominada "Importancia" (formulario 3) (véase Sección 6.3).

Paso 10: Se combinan las distintas clasificaciones de factores para obtener una clasificación provisional de aptitud de la tierra para cada TUT en cada unidad de tierra. En este paso debe tomarse en cuenta las interacciones entre factores (Sección 6.2) y su "importancia" (Sección 6,3). Pueden necesitarse estimaciones del rendimiento del cultivo y de beneficios/costos económicos, de acuerdo con las directivas del Capítulo 7, para asignar las clases y subclases. Se anota la clase y subclase provisional de aptitud de la tierra (A1, A2, A3, N1, o N2, etc.) al pie del Formulario 3 o en el mapa.

Paso 11: Donde sea necesario se reajusta la descripción del TUT, o se introducen los insumos o mejoras de tierras, y se repiten los pasos 1-10 hasta que se obtenga el sistema más viable de cultivo, riego y manejo (la necesidad de esa interacción puede anotarse en el Formulario 3).

iv. Presentación de los resultados de la clasificación de tierras "provisionalmente regables"

Paso 12: Se toma la serie final de clases y subclases de tierras "provisionalmente regables" en el paso 11 y se presentan para todas las combinaciones de TUTs, con unidades de tierra en los formularios 4a o 4b (Cuadros 7 y 8). (Obsérvese que el Formulario 4 puede presentarse de dos formas para indicar las clases de todas las unidades de tierra para un determinado TUT o, alternativamente, la aptitud de una sola unidad de tierra para todos los TUTs).

- se describe cada TUT en función de los sistemas de cultivo, riego y manejo y usando los descriptores que figuran en el Cuadro 10;
- se preparan los mapas de tierras "provisionalmente regables" con leyendas según se indican en el formulario 5 (Cuadro 9);
- se indican las recomendaciones sobre aprovechamiento de la tierra, insumos y manejo para cada combinación de TUT - unidad de tierra;
- se presentan los resultados partiendo de reconocimientos básicos con mapas y descripciones de las unidades de tierra;
- se escribe un resumen de las recomendaciones.

v. Determinación y levantamiento de tierras "regables"

Paso 13: Se revisan el cultivo, riego y manejo dentro de una descripción actualizada del TUT para unidades específicas de tierras. Se revisan las especificaciones y límites críticos a la luz de la nueva información sobre datos económicos y suministro de agua. Se procede a revisar la clasificación para determinar qué áreas de las tierras "provisionalmente regables" pueden regarse realmente bajo un proyecto económico y financieramente viable (véase Capítulo 7).

Paso 14: Se repiten el levantamiento cartográfico como en el Paso 6, con otros reconocimientos de campo que sean necesarios, modificando los límites de las unidades de tierra y los símbolos cartografiados anteriormente según sea necesario.

Paso 15: Se completan el levantamiento cartográfico, cuadros y se presentan los resultados de la clasificación de tierras "regables".

Paso 16: Sobre la base de las recomendaciones del Paso 15, se participa con otros técnicos en el estudio del proyecto para establecer modelos de uso de la tierra que reflejen la situación probable cuando el proyecto esté en pleno desarrollo. Una vez reducidas así las opciones de uso de la tierra a un TUT recomendado y

probablemente único en cada unidad de tierra para la situación "con proyecto", preparar mapas y cuadros de la clasificación de tierras "regables" para el proyecto. Pueden incorporarse en el análisis económico general del proyecto los resultados económicos previstos para cada TUT.

Paso 17: Preparar los informes que sean necesarios con vistas a inversiones y manejo.

En las páginas siguientes figuran las hojas de registro de datos (Formularios 1-5):

Formulario 1: Especificaciones de los requisitos y limitaciones para el uso de la tierra.

Formulario 2: Calidades y características describiendo una unidad de tierra.

Formulario 3: Clasificadores por factores para armonizar un TUT y una unidad de tierra.

Formulario 4: Clasificaciones por factores agrupados para los TUTs en una unidad determinada de tierra.

Formulario 5: Areas de tierras por clases de aptitud para determinados TUTs (para su adaptación).

Los Formularios 1-3 son los que resultan más importantes para ejecutar la evaluación en el terreno. Los Formularios 4a y 4b presentan los mismos datos bajo otras formas y no son esenciales.

El Formulario 5 puede adaptarse convenientemente para presentar los resultados de las clasificaciones de reconocimiento, tierras provisionalmente regables o tierras regables.

Cuadro 4 FORMULARIO 1: ESPECIFICACIONES DE REQUISITOS Y LIMITACIONES PARA EL USO DE LA TIERRA

Nombre del TUT:			Descripción del TUT						
REQUISITOS O LIMITACIONES CLASIFICADORAS (Suprimir los factores que no se elijan como clasificadores)	CALIDAD O CARACTERISTICA PERTINENTE DE LA TIERRA	INSUMOS Y MEJORAMIENTOS NECESARIOS DE LA TIERRA	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITES O RANGOS CRITICOS				
				A1	A2	A3	N1	N2
A. Requisitos y limitaciones del cultivo (agronómicos)								
1. Período vegetativo								
2. Radiación								
3. Temperaturas								
4. Enraizamiento								
5. Aireación								
6. Agua								
7. Elementos nutritivos (NPK)								
8. Limitación de calidad del agua								
9. Limitación de salinidad								
10. Limitación de sodicidad								
11. pH, micronutrientes y toxicidades								
12. Limitaciones por plagas, enfermedades y malezas								
13. Limitaciones por inundaciones, tormentas, vientos, heladas, granizo								
B. Requisitos y limitaciones de manejo								
14. Ubicación								
15. Requisitos de manejo para la aplicación de agua								
16. Requisitos de manejo agrícola precosecha								
17. Requisitos de cosecha y poscosecha								
18. Requisitos de mecanización								
C. Requisitos o limitaciones para el desarrollo o mejora de la tierra								
19. Desbroce de la tierra								
20. Protección contra inundaciones								
21. Drenaje								
22. Nivelación de tierras								
23. Ayudas y enmiendas físicas, químicas y orgánicas								
24. Lixiviación								
25. Período de recuperación								
26. Obras de riego necesarias								

Nota: A1, A2, A3, N1 y N2 denotan niveles decrecientes de aptitud para los distintos factores o sus interacciones. Ver el Cuadro 12 y la Sección 6.5, Ejemplo 2.

Cuadro 4 (continuación)

Nombre del TUT:			Descripción del TUT						
REQUISITOS O LIMITACIONES CLASIFICADORAS (Suprimir los factores que no se elijan como clasificadores)	CALIDAD O CARACTERISTICA PERTINENTE DE LA TIERRA	INSUMOS Y MEJORAMIENTOS NECESARIOS DE LA TIERRA	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITES O RANGOS CRITICOS				
				A1	A2	A3	N1	N2
D. Requisitos y limitaciones ambientales y de conservación								
27. Riesgo de salinidad y sodicidad a largo plazo								
28. Riesgo de aguas subterráneas o superficiales								
29. Riesgo de erosión a largo plazo								
30. Riesgo ambiental								
E. Requisitos o limitaciones socioeconómicas								
31. Actitudes del agricultor ante el riesgo								
32. Otros requisitos o limitaciones clasificadoras.								

Nota: A1, A2, A3, N1 y N2 denotan niveles decrecientes de aptitud para los distintos factores o sus interacciones. Ver el Cuadro 12 y la Sección 6.5, Ejemplo 2.

Cuadro 5 FORMULARIO 2: CALIDADES Y CARACTERISTICAS DESCRIPTIVAS DE UNA UNIDAD DE TIERRA CON EVALUACION DE INSUMOS Y MEJORAS DE TIERRA NECESARIOS

FACTORES CLASIFICADORES - Calidad o característica de la tierra - Insumos o mejoras	UNIDAD DE MEDIDA	CARACTERISTICA O VALOR CUALITATIVO DE LA TIERRA		INSUMOS O MEJORAS SUPUESTOS
		ACTUAL	FUTURO BAJO RIEGO	PARA UN TUT A, B, C, etc.
Por ejemplo:				
7. NUTRICION (NPK)				
- Profundidad total N entre 0 y 25 cm	%	0,05	0,5	
- P disponible (Olsen)	mg/l	10		
- K intercambiable	me/100 g	0,6		
Fertilizantes necesarios	kg/ha			
N				200 kg/ha
P				Nada
K				Nada

Para otros ejemplos de uso de este formulario véase la Sección 6.5, Ejemplo 2.

Cuadro 6 FORMULARIO 3: CLASIFICACION DE FACTORES PARA ARMONIZAR UN TUT Y UNA UNIDAD DE TIERRA

FORMULARIO 3: Clasificación por factores Nombre del evaluador:		Nombre del TUT: Nº de unidad de tierra:		
FACTORES CLASIFICADORES (Suprimir los que no interesen)	Características, insumos y mejoras de la tierra asumidos	Clasificación por factores	Importancia	Observaciones
A. De cultivo (agronómicos)				
1. Período vegetativo				
2. Radiación				
3. Temperatura				
4. Enraizamiento				
5. Aireación				
6. Cantidad de agua				
7. Nutrición (NPK)				
8. Calidad del agua				
9. Salinidad				
10. Sodicidad				
11. pH, micronutrientes y toxicidades				
12. Plagas, enfermedades y malezas				
13. Inundaciones, tormentas, viento, heladas				
B. De manejo				
14. Ubicación				
15. Manejo en aplicación del agua				
16. Ordenación agrícola precosecha				
17. Cosecha y poscosecha				
18. Mecanización				
C. De desarrollo de la tierra				
19. Desbroce				
20. Protección contra inundaciones				
21. Drenaje				
22. Nivelación de tierras				
23. Ayudas y enmiendas físicas, químicas y orgánicas				
24. Lixiviación				
25. Período de recuperación				
26. Obras de riego				

Cuadro 6 (continuación)

FORMULARIO 3: Clasificación por factores Nombre del evaluador:		Nombre del TUT: Nº de unidad de tierra:		
FACTORES CLASIFICADORES (Suprimir los que no interesen)	Características, insumos y mejoras de la tierra asumidos	Clasificación por factores	Importancia	Observaciones
D. Conservación y medio ambiente				
27. Salinidad y sodicidad a largo plazo				
28. Riesgos de aguas subterráneas o superficiales				
29. Riesgos de erosión a largo plazo				
30. Riesgo ambiental				
E. Socioeconómicos				
31. Actitudes del agricultor ante el riego				
32. Otros factores no clasificadores				

CLASE Y SUBCLASE PROVISIONAL DE APTITUD DE LA TIERRA:	TIPO DE CLASIFICACION:
CLASE Y SUBCLASE DEFINITIVA DE APTITUD DE LA TIERRA:	NECESIDAD DE INTERACCION:

A1, A2, A3, N1 y N2 denotan niveles decrecientes de aptitud para los distintos factores o para determinadas interacciones. La importancia se indica como Muy Importante, Moderadamente Importante, Menos Importante y No Importante al acumular las clasificaciones por factores para obtener la clase de aptitud de la tierra. Por ejemplo, véase Sección 6.5, Ejemplo 2.

Cuadro 7 FORMULARIO 4a: CLASIFICACION DE FACTORES AGRUPADOS PARA LOS TUTs EN UNA UNIDAD ESPECIFICA DE TIERRA

FORMULARIO 4a: Unidad de tierra Nº: Nombre del evaluador:
Descripción de la unidad de tierra:

FACTORES CLASIFICADORES	CLASIFICACION POR FACTORES TIPOS DE UTILIZACION DE LAS TIERRAS						
	A	B	C	D	E	F	G
A. De cultivo (agronómico)							
1. Período vegetativo							
2. Radiación							
3. Temperatura							
4. Enraizamiento							
5. Aireación							
6. Cantidad de agua							
7. Nutrición (NPK)							
8. Calidad del agua							
9. Salinidad							
10. Sodicidad							
11. pH, micronutrientes y toxicidades							
12. Plagas, enfermedades y malezas							
13. Inundaciones, tormentas, viento, heladas							
B. Manejo							
14. Ubicación							
15. Manejo en la aplicación del agua							
16. Manejo agrícola precosecha							
17. Cosecha y poscosecha							
18. Mecanización							
C. Desarrollo de la tierra							
19. Desbroce							
20. Protección contra inundaciones							
21. Drenaje							
22. Nivelación de tierras							
23. Ayudas y enmiendas físicas, químicas y orgánicas							
24. Lixiviación							
25. Período de recuperación							
26. Obras de riego							

TIERRA

G

Cuadro 7 (continuación)

FORMULARIO 4a: Unidad de tierra Nº: Nombre del evaluador:
Descripción de la unidad de tierra:

FACTORES CLASIFICADORES	CLASIFICACION POR FACTORES TIPOS DE UTILIZACION DE LAS TIERRAS						
	A	B	C	D	E	F	G
D. Conservación y medio ambiente							
27. Salinidad y sodicidad a largo plazo							
28. Riesgo de aguas subterráneas o superficiales							
29. Riesgo de erosión a largo plazo							
30. Riesgo ambiental							
E. Socioeconómicos							
31. Actitudes del agricultor ante el riego							
32. Otros factores no clasificadores							

CLASE Y SUBCLASE PROVISIONAL DE APTITUD DE LA TIERRA:

CLASE Y SUBCLASE DEFINITIVA DE APTITUD DE LA TIERRA:

Supuestos sobre insumos y mejoras de la tierra:

Obsérvese que en este formulario puede reunirse la información de varios formularios nº3.

Cuadro 8 FORMULARIO 4b: CLASIFICACION DE FACTORES AGRUPADOS PARA UNIDADES DE TIERRA DE UN ESPECIFICO TUT

FORMULARIO 4b: Nombre del TUT:
Descripción del TUT:

Nombre del evaluador:

FACTORES CLASIFICADORES:	CLASIFICACION POR FACTORES Unidades de tierra						
	1	2	3	4	5	6	7
A. De cultivos (agronómicos)							
1. Período vegetativo							
2. Radiación							
3. Temperatura							
4. Enraizamiento							
5. Aireación							
6. Cantidad de agua							
7. Nutrición (NPK)							
8. Calidad del agua							
9. Salinidad							
10. Sodicidad							
11. pH, micronutrientes y toxicidades							
12. Plagas, enfermedades y malezas							
13. Inundaciones, tormentas, viento, heladas							
B. De manejo							
14. Ubicación							
15. Manejo en la aplicación del agua							
16. Ordenación agrícola precosecha							
17. Cosecha y poscosecha							
18. Mecanización							
C. De desarrollo de la tierra							
19. Desbroce							
20. Protección contra inundaciones							
21. Drenaje							
22. Nivelación de tierras							
23. Ayudas y enmiendas físicas, químicas y orgánicas							
24. Lixiviación							
25. Período de recuperación							
26. Obras de riego							

Cuadro 8 (continuación)

FORMULARIO 4b: Nombre del TUT: Descripción del TUT:							Nombre del evaluador:
FACTORES CLASIFICADORES:	CLASIFICACION POR FACTORES Unidades de tierra						
	1	2	3	4	5	6	7
D. De conservación y medio ambiente							
27. Salinidad y sodicidad a largo plazo							
28. Riesgo de aguas subterráneas superficiales							
29. Riesgo de erosión a largo plazo							
30. Riesgo ambiental							
E. Socioeconómicos							
31. Actitudes del agricultor ante el riego							
32. Otros factores no clasificadores							

CLASE Y SUBCLASE PROVISIONAL DE APTITUD DE LA TIERRA:

CLASE Y SUBCLASE DEFINITIVA DE APTITUD DE LA TIERRA:

Supuestos sobre insumos y mejoras de tierra:

Obsérvese que en este formulario puede reunirse la información de varios formularios nº 3.

Cuadro 9 FORMULARIO 5: AREAS DE TIERRAS POR CLASES DE APTITUD PARA ESPECIFICOS TUTs (ha) (para su adaptación)

FORMULARIO 5:																
INTENSIDADES DE INVESTIGACION 1/	RECONOCIMIENTOS					TIERRAS "PROVISIONALMENTE REGABLES"					TIERRAS FACTIBLES DE SER "REGABLES" BAJO PROYECTO				
MEDIDAS DE APTITUD	INDICE DE PRODUCTIVIDAD					INGRESO AGRICOLA NETO					BENEFICIO INCREMENTAL NETO DEL RIEGO 2/				
CLASES DE APTITUD DE LA TIERRA	A1	A2	A3	N1	N2	A1	A2	A3	N1	N2	V1	V2	V3	N1	N2
	Rendimiento respectivo 3/					Ingreso agrícola neto $/ha					BINR $/ha				
Combinaciones de unidades de tierra por TUT	1 a 0,9	0,9 a 0,7	0,7 a 0,6	0,6 a 0,4	<0,4										
	SUPERFICIE EN HECTAREAS														
TUT A UT 1															
" " 2															
" " 3															
" " 4															
" " 5															
" " 6															
" " 7															
" " 8															
etc.															
TUT A Superficie total															
	SUPERFICIE EN HECTAREAS														
TUT B UT 1															
" " 2															
" " 3															
" " 4															
" " 5															
" " 6															
" " 7															
" " 8															
etc.															
TUT B Superficie total															

1/ Obsérvese que las superficies de las tierras estudiadas a niveles crecientes de intensidad disminuirán normalmente desde el reconocimiento hasta "tierras regables". A nivel de reconocimiento bastarían normalmente menos clases de tierras.

2/ V1, V2, V3, etc. denota que la tierra y su uso es económicamente viable dentro de un plan de desarrollo, pero puede utilizarse A1, A2, A3, si se prefiere.

3/ Los rendimientos relativos indicados son solamente ejemplos.

4. DECISION DE LOS TIPOS DE UTILIZACION DE LA TIERRA PARA EVALUAR Y DESARROLLAR ESPECIFICACIONES DE CLASES DE APTITUD DE LA TIERRA

Este capítulo cubre los pasos 1 a 5 de la guía para los procedimientos descritos en el Capítulo 3, y se refiere a la opción de sistemas agrícolas alternativos (TUT) y a las exigencias y limitaciones de estos TUTs.

4.1 DECISION Y DESCRIPCION DE LOS TIPOS DE UTILIZACION DE LA TIERRA A EVALUAR

En el Capítulo 3 ya se han mencionado los dos primeros pasos estudiados en la primera parte de este capítulo, es decir:

Paso 1:	Se evalúa la tierra respecto a su aptitud para un determinado uso. Se decide los empleos alternativos de la tierra (es decir, los TUTs o sistemas agrícolas) que interesen y se pasa a evaluar cada uno de ellos por separado.
Paso 2:	Se describe los TUTs. Para cada TUT, se completa una descripción basada en los epígrafes que aparecen en el Cuadro 10.

Las actividades que en evaluación de tierra guardan expresa relación con la selección y evaluación de los sistemas de cultivo, riego y manejo (es decir, con el uso de la tierra) comienzan con decisiones acerca de las alternativas de TUTs que se evaluarán por separado.

El Esquema de la FAO reconoce dos niveles de detalle en el que se define el uso de la tierra:

- Un tipo principal de uso de la tierra, que representa una subdivisión importante del uso de las tierras rurales tales como agricultura extensiva, agricultura intensiva, pastizales, actividades forestales o de recreación.

- Un tipo de utilización de tierra (TUT) es un tipo de uso de la tierra definida con más detalle, de acuerdo a una serie de descriptores técnicos (véase Cuadro 10) en un determinado entorno físico, económico y social. (Obsérvese la analogía entre los términos "TUT" y "sistema agrícola" en un contexto agrícola).

Los tipos de utilización de tierra (o sistemas agrícolas) se pueden describir con tanto detalle y precisión como se requiera. En estudios de baja intensidad, sus descripciones pueden ser generales y breves, mientras que más tarde en estudios más intensivos aumenta el detalle incorporado en la descripción.

Cuadro 10 LISTA DE EPIGRAFES PARA LA DESCRIPCION DE TIPOS DE UTILIZACION DE LA TIERRA

	EPIGRAFES	DESCRIPCIONES
i.	Sistema de cultivo	TUT simple, múltiple o compuesto. Cultivos sembrados, cultivares, calendarios de cultivo, intensidad del cultivo. Sistemas de cultivo perenne, factores de cultivo, índice de cultivo. (véase Glosario).
ii.	Mercados	De subsistencia, comercial o de ambos tipos, interno o de exportación, o ambos.
iii.	Suministros de agua	Suministro estacional y calidad.
iv.	Método de riego 1/	Por gravedad o elevación, escorrentía del río o de depósito, riego superficial, riego a presión, goteo, etc.
v.	Intensidad de capital	Valor de las inversiones de capital y costos recurrentes por ha.
vi.	Intensidad de trabajo	Mano de obra familiar y contratada, meses-hombre por ha, períodos pico estacionales, festividades y asuetos.
vii.	Habilidad y actitudes técnicas	Experiencia, respuesta a las novedades y cambios, alfabetización.
viii.	Energía	Grado de impacto de kla energía humana, animal y de tractores en la preparación de tierras, cosechas, etc.
ix.	Mecanización y operaciones agrícolas	Operaciones mecanizadas, parcialmente mecanizadas.
x.	Tamaño y forma de las explotaciones	Tamaño de la finca, tamaño por TUT, parcelación, áreas de secano y con regadío.

1/ Véase nota en la página 36.

Cuadro 10 (continuación)

	EPIGRAFES	DESCRIPCIONES
xi.	Tenencia de la tierra	Propiedades: fincas familiares, haciendas en sociedad. Arrendamiento: por dinero, trabajo, en aparcerías. Propiedad comunal: cooperativas (granjas colectivas), tierras municipales con derechos a cultivar, etc. Propiedad estatal: granjas estatales, parques nacionales.
xii.	Derechos de agua	Propiedad pública o privada, compras y ventas tradicionales de agua. Leyes locales (por ej. FAO 1978).
xiii.	Infraestructura	Asunciones acerca de facilidades de procesamiento, almacenes, mercados, acceso a insumos agrícolas. Carreteras, viviendas, escuelas, servicios médicos, electricidad, agua potable a domicilio. Servicios y facilidades de investigación y extensión.
xiv.	Infraestructura de riego	Supuestos de infraestructura de riego y drenaje y acceso a las tierras con regadío.
xv.	Insumos materiales	Hipótesis previas sobre cantidades y calidades de insumos, especialmente de semillas, material de siembra, fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, etc.
xvi.	Prácticas de cultivo	Preparación de tierras para el riego, incluido su desmonte. Operaciones de labranza (incluida tiempo de aradura, nivelación, etc.) Aplicación de fertilizantes (fechas y métodos), escarda, protección del cultivo, recolección y elaboración.

Cuadro 10 (continuación)

	EPIGRAFES	DESCRIPCIONES
xvii.	Ganadería	Para tracción, producción de leche o de carne, estiércol, forrajes necesarios, incluidos subproductos agrícolas, pastoreo en el campo, alimentación en establo con forraje verde, alimentación con piensos, etc.
xviii.	Agricultura de secano asociada con silvicultura	Influencia del TUT en la agricultura concurrente de secano, cultivo migratorio o agrosilvicultura, comercio de la madera en tierras desbrozadas con fines de riego.
xix.	Rendimientos y producción	Rendimientos por unidad de área en tierras clasificadas A1 (valores tope para el rendimiento respectivo).
		Rendimientos por unidad de agua (por m3), especialmente durante períodos de escasez de agua.
		(Especificar los rendimientos medios con límites de confianza, o rangos adecuados para análisis de sensibilidad económica y financiera).
		Relación de equivalencia de la tierra, relación de equivalencia de los ingresos.
xx.	Repercusiones ecológicas	Problemas de sanidad pública (es decir, bilharziasis, malaria, ceguera de los ríos, enfermedades transmitidas por el agua).
		Efectos, aguas abajo, en el suministro y calidad del agua, sedimentación, inundación, etc.
		Efectos en la conservación de la vida silvestre.
xxi.	Información económica	Precios del mercado, costos y disponibilidades de insumos, subsidios, crédito (véase Sección 5.9, Cuadro 16).

1/ Para las características de riego superficial, riego a presión, riego por goteo y otros sistemas de riego, véase Parte 2, Cuadro B48.

En el Esquema de la FAO se distingue entre TUTs simples, múltiples y compuestos:

- Por TUT simple se especifica sólo un tipo de uso que se realiza en una superficie de tierra (por ej., arroz bajo riego o caña de azúcar bajo riego, o cultivos arbóreos regados).

- Un TUT múltiple expresa más de un tipo de uso simultáneamente efectuado en la misma superficie de tierra, teniendo cada uno de ellos sus propios insumos, exigencias y producto. Como ejemplo se puede citar el arroz bajo riego cultivado bajo cocoteros en algunas partes del sudeste asiático.

- Un TUT compuesto expresa más de un tipo de uso efectuado consecutivamente en la misma superficie de tierra. Como ejemplos pueden citarse el cultivo de invierno y de verano de trigo y algodón en áreas bajo riego del Medio Oriente; o el arroz de la estación húmeda seguido por otros cultivos en la estación seca, en Asia meridional.

A veces, el TUT es evidente desde el principio de la evaluación (por ejemplo, arroz bajo riego). En otros proyectos no están claros los posibles usos alternativos de la tierra al principio del estudio y se identifican al inicio los TUTs de forma provisional y general. A medida que avanza el reconocimiento y se adquieren nuevos datos cuantitativos, se van definiendo con más detalle los TUTs. Con los insumos y mejoras de la tierra se modifican los aspectos de cultivo, riego y manejo de los TUTs para obtener una armonización satisfactoria entre las exigencias o limitaciones de los TUTs y las condiciones de la tierra. Con la ayuda de proyectos de desarrollo de riego se pretende elevar el nivel de vida de la nación, de la comunidad y de los agricultores, por lo que suele ser necesario también efectuar una evaluación comparativa de los sistemas agrícolas existentes y propuestos (es decir, los TUTs sin y con proyecto).

En el Cuadro 10 figura una lista de los epígrafes utilizados para la descripción de los TUTs. Algunas descripciones pueden ser comunes para grupos de TUTs, mientras que otras son específicas para un determinado TUT. El número de aspectos a describirse y el detalle de las descripciones dentro de cada epígrafe depende del rango y objetivos del reconocimiento. En estudios de reconocimientos rápidos, pueden omitirse algunas descripciones o sólo observarse brevemente. En cambio, en los estudios intensivos los detalles de algunos epígrafes pueden tener la extensión de una página o más.

4.1.1 Ejemplos de TUTs con regadío

A continuación se dan como ejemplos ilustrativos algunas breves descripciones de TUTs:

i. Arroz con regadío (símbolo cartográfico TUT-2R), dos cultivos de variedad de alto rendimiento y paja corta de 140 días; suministro de agua de río por gravedad, sin escasez de agua estacional o anual. Pequeños agricultores con escasas reservas de bajo capital que emplean aperos agrícolas de tracción animal, gran intensidad de trabajo, 50 por ciento con fincas propias, 50 por ciento con fincas arrendadas, explotaciones de 1-2 ha. Mercados de subsistencia e internos. Rendimientos previstos de 8 t/ha/año de arroz cáscara en tierras A1.

ii. Arroz con regadío (temporada lluviosa) seguido por soya (temporada seca), símbolo cartográfico TUT-RS. La soya se siembra con carácter sustitutivo y se cultiva principalmente con la humedad residual cuando ya se ha agotado el agua de riego. Los rendimientos aumentan cuando se aplica agua subterránea suplementaria sacada de pozos, pero esto es sólo posible en algunos lugares, por lo que el abastecimiento de agua es un factor clasificador en la evaluación de tierras "regables". Explotaciones asociadas de 150 hectáreas, con intenso capital y escasez de mano de obra, donde tanto la labranza como la cosecha están mecanizadas. Rendimientos previstos de 3 t/ha de arroz cáscara y 1,5 t/ha de soya en tierras A1.

iii. Cultivos invernales con regadío (trigo, frijoles, clavos) seguidos de cultivos de verano con regadío (algodón, maíz, sorgo), símbolo cartográfico TUT-WS. Intensidades de cultivo previstas del 175 por ciento. Pequeños agricultores con 2,5 ha en tierras desérticas salinas recuperadas y arrendadas en haciendas manejadas comunalmente y de propiedad estatal. Suministro de agua (CE = 1,5 dS/m) a ser bombeado a 10 m de altura. El método de distribución será el de rotación con turnos de 7 días. La preparación de tierras es mecanizada, sin embargo todas las demás operaciones se hacen a mano, disponiéndose de insumos agrícolas sin crédito. Algunos campos cerca de los centros poblados pueden dedicarse a horticultura en forma rotativa. Rendimientos potenciales previstos del 50 por ciento pero podrían mejorar con el tiempo. En un cuadro adyacente podrían darse los rendimientos potenciales en tierras clasificadas como A1.

iv. Caña de azúcar, con riego por aspersión, símbolo cartográfico TUT-SC. Hacienda central de 4 000 ha (los cosechadores de caña de azúcar se describen dentro de un TUT separado). Inversiones de capital previstas en los años 1-3 por importe de 6 000 dólares/ha, con gastos recurrentes anuales de 500 dólares/ha a partir del tercer año. De tres a cuatro socas (retoños), con un rendimiento previsto en tierras A1 de 90 t/ha para el primer cultivo, reduciéndose luego a 60 t/ha para la cuarta soca (retoño). Compañía privada en empresa común con el Estado para suministrar azúcar y cubrir así las necesidades internas. Se bombeará agua después de la cosecha hasta que empiece la temporada lluviosa. El corte se hace a mano, mientras que la carga y el transporte están mecanizados lo mismo que la labranza. La molienda en ingenios y los aspectos económicos de la transformación de la caña de azúcar tiene importancia para la evaluación económica del esquema de riego.

v. Cítricos regados por goteo en explotaciones de 10-80 ha, con riego complementario a la lluvia en tierras de agricultores que esperan suministrar cerca de una tercera parte de los requerimientos de agua del cultivo directamente. Símbolo cartográfico TUT-DC. En años secos no habrá agua para algunas zonas y la seguridad del suministro de agua es un factor clasificador. La calidad del agua varía de CE = 1,0 a 3,5 dS/m, y junto con el abastecimiento de agua influye en los rendimientos, los cuales pueden variar de 7-50 t/ha para árboles maduros en tierras clasificadas como Aptas (ha de determinarse en la evaluación el límite preciso entre A y N). La vida de los huertos es de 40 años, con intercultivo en los cuatro primeros años con cultivos de invierno (frijoles, hortalizas, etc.) a base de lluvias de invierno. El cultivo está mecanizado, escasea la mano de obra en la temporada de cosecha y la expansión del mercado prevista es limitada.

vi. Riego de avenida en el cultivo de sorgo (símbolo cartográfico TUT-SS). La pluviosidad es de 400 mm con una variación, es decir, una desviación estándar de 250 mm. Abastecimiento de agua irregular y bastante incontrolado, por lo que las 8 000 hectáreas pueden regarse en un año húmedo, pero generalmente el riego es muy poco seguro en casi la mitad de la superficie de explotación. Hay competencia por el agua entre los usuarios potenciales. Se ha abusado de los derechos tradicionales de aguas, con los litigios consiguientes. Los rendimientos dependen mucho del agua almacenada en el suelo y del agua residual después del riego, en un rango de 0 a 5 t de grano/ha. Las inversiones de capital son bajas, hay escasez de mano de obra y falta totalmente la mecanización. Hay resistencia a cambios y el sistema de tenencia de tierra es complejo. La evaluación de tierras está relacionada con las mejoras en las estructuras de derivación de aguas.

4.1.2 Algunos problemas para definir y describir los TUTs.

El número de TUTs que pueden evaluarse por separado en cualquier estudio es limitado. El investigador puede tener que elegir entre la selección de muchos TUT detallados o un número menor de TUTs generalizados. Cosa que ilustraremos en el Cuadro 11, el que enumera grupos de TUTs en función de grupos principales generales, luego subgrupos y sub-subgrupos cada vez más detallados. El evaluador de tierras tiene que optar entre seleccionar los epígrafes principales, los subepígrafes, o los sub-subepígrafes como TUTs. En este caso concreto, el sistema de cultivo guarda estrecha relación con el suministro de agua disponible en diferentes épocas del año. Las tierras que pueden obtener agua durante todo el año pueden servir de soporte a dos cultivos de arroz por año, mientras que las tierras que sólo pueden recibir agua durante parte del año pueden sostener sólo un cultivo de arroz seguido de otro cultivo alimenticio, o cuando el agua es incluso menor, es posible un solo cultivo de arroz. El investigador tiene que elegir, por lo tanto, entre evaluar el abastecimiento de agua como factor clasificador o especificar el suministro de agua como una descripción del TUT. De las definiciones más generales del TUT, la más importante es el abastecimiento de agua para determinar las clases de aptitud de la tierra en este caso concreto.

Puede surgir otro problema a la hora de describir los TUTs cuando se escoge entre distintos métodos de riego, por ejemplo entre el riego superficial y el riego por aspersión. El primero supone costos de desarrollo de la tierra (nivelación, etc.) que no se realizan cuando se trata del riego por aspersión, pero este último lleva consigo gastos de capital que comprenden tuberías, aspersores y bombas. Si los gastos de inversiones en aspersores no compensan los gastos de desarrollo de la tierra para el riego superficial, porque se describen como parte del TUT, puede resultar una comparación económica falsa. Por consiguiente, los costos de inversión tienen que considerarse como "clasificadores" junto con los costos de desarrollo de la tierra, en los casos en que hayan de efectuarse evaluaciones comparativas de esta envergadura.

Cuadro 11 TIPOS DE UTILIZACION DE LA TIERRA EN BALI (CON REGADIO) 1/

1.	TIERRAS CON REGADIO	
1.1	Arroz con regadío solamente	
	1.1.1	Dos cultivos de variedades locales de 140-160 días por año 2/
	1.1.2	Cinco cultivos con variedades de corta duración de 120 días por dos años.
	1.1.3	Un cultivo de variedad local de 140-160 días, seguido de un cultivo local de 120 días o una nueva variedad por año (cuando escasea el agua en la temporada seca)
	1.1.4	Un cultivo de arroz con regadío (estación húmeda) seguido de barbecho durante la temporada seca (cuando el suelo no se presta para los cultivos de palawija y no hay agua suficiente para un segundo cultivo de arroz)
1.2	Arroz con regadío (estación húmeda), palawija con regadío o de secano temporada seca) 3/	
	1.2.1	Arroz, arroz, palawija por año 4/
		El riego de palawija depende del agua disponible; muchas veces cultivado con humedad residual, por ej. arroz, arroz soja (siembra de relevo)
	1.2.2	Arroz, palawija, palawija por año
		El palawija se suele regar. Se siembran muchas combinaciones de cultivos, por ej. arroz, maíz, cacahuete.
		Arroz, maní, cebolla roja Arroz, soja, soja Arroz, soja, frijol mungo Arroz, maní, maní Arroz, tabaco, cebolla roja Arroz, soja, pepinillo
	1.2.3	Arroz seguido de un cultivo de soja sembrada de relevo por año
		El riego del cultivo de soja depende de las lluvias y de la disponibilidad de agua en las corrientes. La tierra sólo se vuelve a cultivar una vez cada año.
	1.2.4	Arroz seguido de un cultivo de palawija además del de soja
		Arroz, melones Arroz, pepinillos

(Véanse notas en la página siguiente)

Cuadro 11 (Continuación)

1.	TIERRAS CON REGADIO	
1.3	Arroz bajo riego debajo de cocotales	
	1.3.1	Arroz (estación lluviosa), palawija o barbecho (estación seca)
	1.3.2	Arroz, arroz por año
1.4	Cultivos de palawija bajo riego solamente	
	Cultivos de palawija regados en raras ocasiones debido a graves problemas de maleza	
1.5	1.5.1	Masas de sólo cítricos
	1.5.2	Cítricos con maíz sembrado debajo, maní y cebollas rojas.

1/ Eavis y Walker, 1976.

2/ El arroz se suele transplantar en los grupos 1.1, 1.2 y 1.3 pero la siembra directa es una posible variante en el futuro. Los días se refieren al tiempo que transcurre desde el transplante a la cosecha.

3/ Palawija es un término indonesio que se refiere colectivamente a cultivos sembrados en rotación con el arroz, por ej., maíz, maní, frijol mungo, tabaco, cebolla roja, soja, camote, melón, pepinillo, etc.

4/ Generalmente sembrado de relevo, es decir, sembrado en rastrojo de arroz o antes de la cosecha de arroz, sin que medie cultivo alguno.

En los estudios de reconocimiento puede bastar con incluir insumos como una descripción del TUT más bien que como factores clasificadores (por ej. TUT A con insumos altos frente a un TUT B con insumos bajos, etc.). Reajustes adicionales en la evaluación del TUT A con alto nivel de insumos, usando ingresos agrícolas netos o BINR obligaría casi ciertamente a incorporar los insumos o las mejoras de tierra como exigencias y limitaciones clasificadoras del uso de la tierra (véase Sección 4.2).

El evaluador de tierras debe definir sus TUTs de suerte que en cualquiera de ellos haya variaciones en la productividad física o en las medidas económicas de aptitud de la tierra, las cuales pueden clasificarse en diferentes clases. Un TUT tal vez no produce tanto ingreso agrícola neto o tanto beneficio incremental neto de riego en una unidad determinada de tierra como otro TUT, y su importancia puede reducirse en función de criterios económicos (véase Sección 2.4 y Capítulo 7) a menos que se combine bien en un TUT múltiple o compuesto.

4.2 DESARROLLO DE LAS ESPECIFICACIONES DE CLASES DE APTITUD DE LA TIERRA

Las clases de aptitud de las tierras (A1, A2, A3, N1, o N2), que expresan la aptitud de las tierras para un determinado uso, pueden evaluarse en función de un índice de productividad basado en la producción física (por ej. t/ha) o en términos a sus rendimientos económicos. Independientemente de la medida de aptitud que se aplique, la evaluación siempre comprende decisiones sobre la aptitud física de una unidad de tierra para un determinado TUT. Si las condiciones físicas de la tierra son únicamente relacionadas a la capacidad de la misma en función de un índice económico dentro de una determinada zona del proyecto, las especificaciones podrán establecerse para cada clase de aptitud de la tierra con arreglo a las características de la misma. Así, la Oficina estadounidense de Recuperación utiliza especificaciones de las características edáficas, topográficas y de drenaje correspondientes a cada clase de tierra partiendo del supuesto que guardan una correlación singular con los niveles estimados de ingreso agrícola neto o de capacidad de pago.

A nivel mundial, no es razonable las especificaciones de clases de aptitud de tierras en función de unas pocas características de aplicación universal. Las condiciones de las tierras que son aptas para la producción de cultivos varían de un lugar a otro. Cultivos, métodos de riego y sistemas de manejo diferentes tienen también exigencias diferentes. Incluso dentro de una zona de un proyecto, muchas veces son importantes las combinaciones de características (por ej. un tipo de suelo puede ser óptimo en la cabecera de una pendiente y otro tipo de suelo lo será en la base de la misma según las exigencias o limitaciones de un determinado cultivo o tipo de manejo). Al formular las especificaciones por clases es más conveniente, por lo tanto, especificar en primera instancia las clases de aptitud de la tierra en función de las exigencias y limitaciones de su uso antes que directamente en base a las características de la tierra. También debería tenerse en cuenta la necesidad de insumos y mejoras de la tierra. Luego, si se demuestran buenas las correlaciones entre las características de la tierra y los índices de aptitud físicos y económicos, este trámite podrá pasarse por alto.

4.2.1 Pasos en el desarrollo de las especificaciones de clases de aptitud de la tierra

Partiendo de los Pasos 1 y 2, dados en la Sección 3.1, los Pasos siguientes 3-5 se refieren al desarrollo de las especificaciones de exigencias y limitaciones de los sistemas de cultivo, riego y ordenación de cada TUT que se vaya a evaluar:

Paso 3:	Partiendo de la lista de factores agronómicos, de manejo, de desarrollo de la tierra, conservación ecológicos y socioeconómicos que figuran en el Cuadro 12, se eligen los factores clasificadores pertinentes de los que cabe prever que tendrán alguna influencia en la aptitud de la tierra para un TUT dado, y que podrán variar a lo largo de las unidades de tierra estudiadas.
Paso 4:	Para cada factor clasificador elegido, se anota en el Formulario 1 el correspondiente requisito o limitación de uso de la tierra.
Paso 5:	Se cuantifica los "límites críticos" correspondientes a los niveles A1, A2, A3, N1 y N2 de aptitud para los distintos requisitos y limitaciones de uso de la tierra. Se trata de especificaciones para cada factor en función de esos requisitos o limitaciones del TUT. Pueden representarse dichas especificaciones mediante las cualidades apropiadas de la tierra o sus características representativas, junto con los insumos y mejoras de la tierra que influyen en la productividad, ingreso agrícola neto o BINR. Se anotan los "límites críticos" en el Formulario 1, separando de esa forma los niveles de aptitud para cada factor individual.

4.2.2 Factores clasificadores (Paso 3)

Al establecer las especificaciones de las clases de aptitud de la tierra antes de proceder a una evaluación de las unidades de tierra para un TUT, el investigador debe decidir qué factores son clasificadores. Los factores clasificadores influyen en los resultados del TUT sobre las unidades de tierra que se estudian, es decir, en los rendimientos, beneficios y costos. Por otro lado, repercuten en ellos de forma diferente según sean las distintas unidades de tierra, mientras que un número mucho mayor de factores influirá por igual en el TUT o con variaciones sólo insignificantes en todas las unidades de tierra estudiadas en una determinada evaluación. Del número de factores que durante una evaluación resulten clasificadores se hará una lista breve, y se incorporará luego su influencia en un índice de rendimiento o económico.

Los distintos factores que podrán, o no, elegirse como clasificadores en una determinada evaluación, podrán agruparse según afecten a:

a. rendimientos o producción del cultivo (es decir, factores agronómicos)
b. manejo
c. desarrollo o mejora de la tierra
d. conservación y medio ambiente
e. condiciones económicas y sociales

Estos grupos generales podrán subdividirse ulteriormente, según convenga, para obtener la lista de los 32 factores individuales que figuran en el Cuadro 12.

4.2.3 Requerimientos y limitaciones del uso de la tierra

En primer lugar, los factores clasificadores pueden representarse casi siempre en función de los requisitos o limitaciones de los sistemas de cultivo, riego y manejo descritos en un TUT. Los cultivos necesitan luz y temperaturas adecuadas, un suministro constante de agua y nutrientes, un medio ambiente adecuado para el crecimiento radicular, unas condiciones adecuadas en una almáciga para su germinación, buenas condiciones de la tierra para el riego y para la cosecha, mecanización, maduración después de la cosecha, etc. A su vez, los cultivos están diversamente limitados por sus susceptibilidades o tolerancias al exceso de agua, de sales o de toxicidades, a deficiencias, plagas, heladas, tormentas etc. De modo análogo, los métodos de riego tales como el superficial, por aspersión o por goteo tienen sus distintas exigencias o limitaciones, lo mismo que los sistemas de manejo (por ej. método manual frente a mecanizado). Se trata de algunas de las exigencias y limitaciones del uso de la tierra que pueden ser clasificadoras.

Los requisitos y las limitaciones clasificadoras del uso de la tierra pueden incluirse en el Formulario 1.

4.2.4 Límites críticos de requerimientos y limitaciones clasificadores del uso de la tierra

El método recomendado consiste en indicar en el Formulario 1 las escalas críticas, circunscritas por límites críticos, que especifican para cada factor clasificador las exigencias y limitaciones del uso de la tierra para distintos niveles de aptitud A1, A2, A3, N1 y N2. Por ejemplo, las exigencias de agua del sistema de cultivo pueden especificarse en profundidad del agua y épocas de riego para cubrir las pérdidas por evapotranspiración y otras causas. Si no se satisface plenamente este requisito, el rendimiento del cultivo quedará afectado de modo tal que puede predecirse aplicando funciones de producción como, por ej., las que aparecen en la Figura 11 de la Segunda Parte. Estas funciones de producción describen las relaciones entre las exigencias y limitaciones agronómicas y el rendimiento o calidad de los cultivos como luego se verá en la Segunda Parte. De esas relaciones habrán de derivarse rangos críticos para los niveles de aptitud.

Experimentalmente se han hallado buenas relaciones entre el suministro de agua, los nutrientes, la luz y el calor que recibe un cultivo y su desarrollo y rendimiento. Sin embargo, generalmente son indirectas y menos claras las relaciones que median entre el rendimiento o resultado de un cultivo y las características de la tierra como textura del suelo, estructura, capacidad de intercambio catiónico, pluviosidad, clase de pendiente, clase de drenaje, etc. No obstante, muchos requisitos y limitaciones de los sistemas de cultivo, riego y manejo influirán en unas mejores o peores condiciones de la tierra, que podrán especificarse como cualidades de la misma; cualidades que pueden representarse por los respectivos grupos de características de la tierra. Más tarde pueden ser designados por el investigador como la característica de la tierra que puede

físicamente medir o evaluar para asignar "límites críticos". En la Segunda Parte de este boletín se orienta sobre la forma de seleccionar las cualidades de la tierra y sus características para representar las exigencias y limitaciones de su uso.

Responder a tres preguntas puede ayudar para el establecimiento de límites críticos en función de cada factor.

i. ¿Cómo se relacionan las condiciones de la tierra (es decir, sus cualidades y características) a los requisitos y limitaciones de su uso?

ii. ¿Los insumos (por ej., fertilizantes, mano de obra, etc.) o las mejoras de tierras (por ej., nivelación, etc.) deberían especificarse y, en caso positivo, deben incluirse como parte de la descripción del TUT o como factor "clasificador" debido a una variable de beneficio/costo?

iii. ¿Cuáles son las relaciones de insumo/producto, primero en términos físicos (por ej., rendimiento frente a falta de agua) y, en segundo lugar, en términos económicos?

En la Segunda Parte se analizan estas preguntas.

En el Cuadro 12 aparece un lista de los requisitos y limitaciones del uso de la tierra y de sus cualidades correspondientes; resultarán inmediatamente claras las relaciones entre ambas cosas. En el Cuadro 12 figuran también algunas de las características, insumos, mejoras de la tierra y otras consideraciones que influyen en la aptitud de una unidad de tierra para un determinado TUT.

En el Cuadro 13 se indica cómo deben ordenarse los factores clasificadores estableciendo límites críticos para niveles de aptitud A1, A2, A3, N1 y N2.

Cuadro 12 LISTA DE FACTORES CLASIFICADORES (ES DECIR, COMO REQUERIMIENTOS O LIMITACIONES DEL USO DE LA TIERRA O COMO CALIDADES DE LA MISMA) CON ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LA TIERRA, INSUMOS Y MEJORAS PARA SU CONSIDERACION AL ESTABLECER LIMITES CRITICOS.

	FACTORES CLASIFICADORES: 1/ - requisitos o limitaciones del uso de la tierra - cualidades de la tierra (cuando proceda)	CARACTERISTICAS REPRESENTATIVAS DE LA TIERRA, INSUMOS, MEJORAS DE LA TIERRA Y OTRAS CONSIDERACIONES PERTINENTES (Véase Segunda Parte para la explicación cabal)
A.	AGRONOMICOS: - Requisitos o limitaciones del cultivo - entorno del cultivo	
1.	PERIODOS VEGETATIVOS - requisitos de período vegetativo - períodos vegetativos	Ciclo de crecimiento de los cultivos Fecha y duración (días).
2.	RADIACION - requisitos de radiación - régimen de radiación	Duración del día, radiación extraterrestre; radiación solar (Rs); radiación activa fotosintética (PAR); horas reales de sol (n); número posible de horas de sol (N); radiación neta de onda corta (Rns); radiación total neta (Rn); mm de evaporación (Rn = 1 cal/cm2/min equivalente aproximado a 1 mm de agua/hora).
3.	TEMPERATURA - requisitos de temperatura - régimen de temperatura	Datos de temperatura Unidades de calor Períodos sin heladas
4.	ENRAIZAMIENTO: - Requisitos de enraizamiento - Condiciones de enraizamiento	Profundidad real del suelo para las raíces Espacio para las raíces Porcentaje volumétrico de las piedras Resistencia a la penetración o dureza del suelo

1/ Evaluar sólo los factores seleccionados, es decir, los que son clasificadores en una evaluación dada.

Cuadro 12 (continuación)

	FACTORES CLASIFICADORES: - requisitos o limitaciones del uso de la tierra - cualidades de la tierra (cuando proceda)	CARACTERISTICAS REPRESENTATIVAS DE LA TIERRA, INSUMOS, MEJORAS DE LA TIERRA Y OTRAS CONSIDERACIONES PERTINENTES (Véase Segunda Parte para la explicación cabal)
5.	AIREACION: - requisitos de oxígeno y aireación - suministro de oxígeno y aireación del suelo	Períodos con aireación suficiente o sin ella durante el período de crecimiento. (Profundidad y fluctuación de las aguas subterráneas).
6.	CANTIDAD DE AGUA: - requisito de agua - suministro de agua	Balance de aguas, almacenamiento de agua. Relación de rendimiento vs evapotranspiración; períodos de deficiencia. Escorrentía, flujo, filtración y percolación, aportación de las aguas subterráneas, precipitación efectiva. Corrientes, derivaciones, suelta de agua almacenada, rendimientos de acuíferos seguros.
7.	NUTRIENTES (NPK) - requisito nutricional - requisito de fertilizantes, etc. - aporte de nutrientes - suministro de fertilizantes	Absorción de NPK por cultivos y respuestas a los mismos. Pérdidas de NPK (lixiviación, volatilización, fijación, etc.). Fijación del nitrógeno. Nutrientes de los suelos y su retención, capacidad de intercambio catiónico, etc. Requisitos de fertilizantes y disponibilidades, incluido el estiércol, etc.
8.	CALIDAD DEL AGUA: - tolerancia del cultivo a la calidad del agua - calidad del agua	Concentración total de sales. Composición iónica. Conductividad eléctrica dS/m a 25°C. Relación de absorción de sodio (SAR), pH, carbonatos y bicarbonatos. Sólidos suspendidos, BOD, COD, etc.
9.	SALINIDAD: - tolerancia del cultivo a la salinidad - régimen de salinidad - (balance de sales)	Tolerancias de la planta a la sal, salinidad actual y futura del suelo, aportes de sal con el suministro de agua, eliminación de sal por lixiviación, balance de sales. Movimiento estacional de sales en perfiles, sal procedente de aguas subterráneas.

Cuadro 12 (continuación)

	FACTORES CLASIFICADORES: - requisitos o limitaciones del uso de la tierra - cualidades de la tierra (cuando proceda)	CARACTERISTICAS REPRESENTATIVAS DE LA TIERRA, INSUMOS, MEJORAS DE LA TIERRA Y OTRAS CONSIDERACIONES PERTINENTES (Véase Segunda Parte para la explicación cabal)
10.	SODICIDAD - tolerancia del cultivo a la sodicidad - régimen de sodicidad.	pH, ESP y/o SAR de la solución de suelo prevista, efectos previstos en la estructura del suelo, infiltración y permeabilidades. Toxicidad sódica.
11.	pH, MICRONUTRIENTES Y TOXICIDADES - tolerancias y susceptibilidades del cultivo - regímenes o toxicidad de micronutrientes	En las tierras de labranza no dedicadas al arroz, efectos del pH y susceptibilidades de cultivos a excesos o deficiencias de Ca, Mg, Rn, Fe, S, B, Cu, Mn, Mo, Al. En los suelos sumergidos, efectos del pH, sales, Fe, Si, Mo, Rn, Cu, H2S. Composición del suelo y de las plantas, insumos pertinentes.
12.	PLAGAS, ENFERMEDADES, MALAS HIERBAS: - tolerancias y susceptibilidades de los cultivos - riesgo de plagas, enfermedades, y malezas.	Tolerancias y susceptibilidades de los cultivos. Animales salvajes, pájaros, artrópodos, etc. Patógenos, fúngicos, bacteriales, virales. Malas hierbas. Plaguicidas, vallas, insumos.
13.	INUNDACIONES, TORMENTAS, VIENTOS, HELADAS: - tolerancias y susceptibilidades de los cultivos - riesgo de inundaciones, tormentas, vientos, heladas, granizo.	Adaptaciones del arroz a condiciones de inundación. Frecuencia y gravedad de las inundaciones, tormentas, vientos, heladas y granizadas.

Cuadro 12 (continuación)

	FACTORES CLASIFICADORES: - requisitos o limitaciones del uso de la tierra - cualidades de la tierra (cuando proceda)	CARACTERISTICAS REPRESENTATIVAS DE LA TIERRA, INSUMOS, MEJORAS DE LA TIERRA Y OTRAS CONSIDERACIONES PERTINENTES (Véase Segunda Parte para la explicación cabal)
B.	MANEJO - requisitos y limitaciones de ordenación - condiciones que influyen en el manejo	
14.	UBICACION: - requisitos de ubicación - ubicación	Cercanía a los mercados, unidades de transformación Acceso a insumos y servicios Acceso al agua (por gravedad, bombeada) Problemas y costos de desplazamientos y transportes Problemas de manejo diario Accesibilidad de la maquinaria
15.	MANEJO EN LA APLICACION DE AGUA - limitaciones del método de riego - condiciones que influyen en el manejo de la aplicación del agua	Tamaño, forma de las unidades de manejo Disponibilidad de la demanda de mano de obra Condiciones que influyen en la uniformidad de la aplicación del agua, velocidad, frecuencia y duración de la misma
16.	MANEJO AGRICOLA PREVIO A LA COSECHA - requisitos y limitaciones de la misma - condiciones que influyen en ella	Efectos sobre el calendario de las operaciones previas a la cosecha (por ej. trabajabilidad del suelo) en particular preparación de la tierra, viveros, siembra, trasplante, abonado, riego, deshierbe, pulverizaciones, etc.
17.	MANEJO DE LA COSECHA Y DESPUES DE LA COSECHA - requisitos o limitaciones - condicionantes	Humedad atmosférica, sequedad, viento, humedad o sequedad del suelo Efectos del suelo o de sequedad de la humedad en la calidad del producto agrícola

Cuadro 12 (continuación)

	FACTORES CLASIFICADORES: - requisitos o limitaciones del uso de la tierra - cualidades de la tierra (cuando proceda)	CARACTERISTICAS REPRESENTATIVAS DE LA TIERRA, INSUMOS, MEJORAS DE LA TIERRA Y OTRAS CONSIDERACIONES PERTINENTES (Véase Segunda Parte para la explicación cabal)
18.	MECANIZACION - requisitos de mecanización - condiciones que influyen en las posibilidades de mecanización y de transporte en explotación	Angulo de las pendientes, obstáculos por piedras, pedregosidad, profundidad y textura del suelo, configuración y tamaño de los campos. Efectos de la compactación del suelo. Transporte en la explotación
C.	DESARROLLO Y MEJORAS DE LA TIERRA - requisitos de desarrollo de la tierra - factores que repercuten en el costo del desarrollo y mejora de la tierra	
19.	DESMONTE - requisitos de desmonte - condiciones que influyen en el costo del desmonte	Bosques: sotoquema, corte y tala, quema, apilamiento; costos, valor de la madera y del carbón; tiempo necesario para el desarrollo. Malezas persistentes: cultivo mecánico, inundación, control químico; costos, período necesario para el desarrollo. Rocas y piedras: gastos de eliminación
20.	PROTECCION CONTRA INUNDACIONES: - requisitos de protección contra las inundaciones - condiciones que influyen en el costo de la protección contra las inundaciones	Costos de movimiento de la tierra para el terraplenado; costos de las estructuras

Cuadro 12 (continuación)

	FACTORES CLASIFICADORES: - requisitos o limitaciones del uso de la tierra - cualidades de la tierra (cuando proceda)	CARACTERISTICAS REPRESENTATIVAS DE LA TIERRA, INSUMOS, MEJORAS DE LA TIERRA Y OTRAS CONSIDERACIONES PERTINENTES (Véase Segunda Parte para la explicación cabal)
21.	DRENAJE: - requisitos de drenaje - condiciones que influyen en el costo de drenaje	Profundidad del manto freático, profundidad hasta la barrera de baja permeabilidad, resistencia vertical a través del suelo y de barreras, ángulo de pendientes, necesidad de eliminación de la sal; tamaño, espaciamiento, profundidad y costo del drenaje superficial o por tuberías
22.	EXPLANACION Y NIVELACION DE LA TIERRA: - requisitos de explanación y nivelación - condiciones que influyen en los gastos de explanación y nivelación	Pendiente, microrrelieve, macrorrelieve, cubierta cubierta. Tamaño y forma de los campos, corte y relleno, gastos de movimiento de tierra
23.	AYUDAS Y ENMIENDAS FISICAS, QUIMICAS Y ORGANICAS - requisitos - condiciones que influyen en los costos	Necesidad de aradura profunda, subsolación, inversión de perfiles, enarenado, enmargado; yeso, cal, materia orgánica, costos
24.	LIXIVIACION: - necesidad de lixiviación - condiciones que la afectan	Necesidades de lixiviación básicas de repercuperación de una sola vez en mm de agua. Continuas o intermitente, costos
25.	DURACION DEL PERIODO DE RECUPERACION - período necesario para la bonificación por drenaje y lixiviación, etc. - condiciones que influyen en los períodos correspondientes	Número de años del proyecto para plena producción, año del proyecto en que se instala el sistema de drenaje en el campo, ritmo de elevación del manto freático

Cuadro 12 (continuación)

	FACTORES CLASIFICADORES: - requisitos o limitaciones del uso de la tierra - cualidades de la tierra (cuando proceda)	CARACTERISTICAS REPRESENTATIVAS DE LA TIERRA, INSUMOS, MEJORAS DE LA TIERRA Y OTRAS CONSIDERACIONES PERTINENTES (Véase Segunda Parte para la explicación cabal)
26.	OBRAS DE RIEGO: - requisitos de obra de riego - condiciones que influyen en ellas y en sus costos	Movimiento de tierras y otras estructuras de derivación, almacenamiento, transporte y regulación del agua. Topografía, condiciones del substrato, permeabilidad de canales, acceso a los lugares de construcción, costos de las obras
D.	CONSERVACION Y MEDIO AMBIENTE: - requisitos y limitaciones de conservación y medio ambiente - Condiciones que influyen en la conservación y en el medio ambiente	
27.	PREVENCION A LARGO PLAZO DE LA SALINIDAD Y SODICIDAD - requisitos y limitaciones - condiciones que influyen en los riesgos de salinidad y sodicidad a largo plazo	Ingreso y salida de sales a largo plazo (véase Figura 18), calidad del agua, profundidad de las aguas subterráneas, permeabilidad, drenaje, condiciones de aguas pantanosas, intrusión de agua salina en un acuífero, medidas de control y sus costos
28.	CONTROL A LARGO PLAZO DEL AGUA SUBTERRANEA Y SUPERFICIAL: - requisitos y limitaciones - condiciones que influyen el control a largo plazo	Protección de cuencas, degradación de cuencas, sedimentación de embalses, regulación de las aguas subterráneas, y costos correspondientes

Cuadro 12 (continuación)

	FACTORES CLASIFICADORES: - requisitos o limitaciones del uso de la tierra - cualidades de la tierra (cuando proceda)	CARACTERISTICAS REPRESENTATIVAS DE LA TIERRA, INSUMOS, MEJORAS DE LA TIERRA Y OTRAS CONSIDERACIONES PERTINENTES (Véase Segunda Parte para la explicación cabal)
29.	RIESGO DE EROSION: - requisitos y limitaciones - condiciones que influyen en la erosión	Control de la erosión. Pérdida máxima aceptable del suelo y efectos del clima, suelos, topografía, factor de uso de la tierra, costos
30.	RIESGOS AMBIENTALES: - requisitos y limitaciones del control ecológico - condiciones que influyen en los riesgos ambientales a largo plazo	Flora y fauna, enfermedades humanas transmitidas por el agua, necesidad del control ecológico de sus vectores
E.	SOCIOECONOMICOS: - requisitos y limitaciones socioeconómicas - condiciones socioeconómicas	
31.	ACTITUDES DE LOS AGRICULTORES AL RIEGO	¿Emplearán los agricultores las instalaciones de riego?
32.	OTRAS LIMITACIONES SOCIOECONOMICAS QUE PUEDEN SER CLASIFICADORAS	Derechos de agua, complicaciones del régimen de tenencia de tierra en propiedad y arrendamiento, efectos disuasivos de los impuestos, parcelación, etc.

Cuadro 13 ORDENAMIENTO DE FACTORES CLASIFICADORES

CLASIFICACION	PAUTAS PARA ESTABLECER LIMITES CRITICOS
A1	Los límites críticos indican que, en función del factor dado, la tierra es altamente apta para un empleo específico.
A2	Los límites críticos indican que, en función del factor dado, las condiciones de la tierra son ligeramente desfavorables para un uso específico.
A3	Los límites críticos indican que, en función del factor dado, la tierra es marginalmente apta para un empleo específico.
N1	Los límites críticos indican que, en función del factor dado, la tierra es marginalmente no apta para un empleo específico (de ordinario por razones desfavorables de beneficio/costo).
N2	Los límites críticos indican que, en función del factor dado, la tierra es permanentemente no apta para un empleo específico.

Nota: Los límites críticos que definen las clasificaciones por factores deberían reflejar los índices de beneficio/costo u otros índices económicos que indiquen la influencia del factor en el valor de la producción, costos de producción, costos de desarrollo de la tierra, etc.

5. PROCEDIMIENTOS PARA UN INVENTARIO DE RECURSOS DE LA TIERRA

Una evaluación de la aptitud de las tierras para distintas clases de empleo requiere un reconocimiento con objeto de definir y elaborar mapas de las unidades de tierra (Paso 6 de la Guía de Procedimientos), junto con la compilación de datos descriptivos de las características y recursos de tierras. En este capítulo se exponen sucintamente los procedimientos para llevar a cabo un inventario de recursos de tierras; contiene una lista de datos temáticos que pudieran hacer falta para la evaluación de la tierra. No se dan detalles sobre los métodos de reconocimiento, pues éstos se tratan en las publicaciones que se citan en cada capítulo.

La compilación de datos constituye una actividad engorrosa y cara por lo que, antes de pasar a las actividades de campo, los componentes del equipo de un proyecto que representen las diferentes disciplinas deberían reunirse para decidir las responsabilidades y cooperación necesaria para compilar e interpretar los distintos tipos de datos.

Puede racionalizarse el enfoque de la compilación de datos formulando unas cuantas preguntas sencillas, es decir, ¿qué o cuáles datos se necesitan? ¿Por qué se necesitan? ¿Dónde o cómo podrán obtenerse? ¿Vale la pena el costo de su compilación?.

Las dos categorías principales de datos e información pueden definirse como sigue:

i. datos disponibles a partir de los existentes y obtenibles de registros;

ii. datos que deben obtenerse durante la evaluación mediante reconocimientos o estudios (incluidos análisis de laboratorio de muestras de aguas y suelos).

Los datos que pueden obtenerse de fuentes ya existentes pueden ahorrar un tiempo valioso en reconocimientos o estudios de campo innecesarios, pudiéndose recurrir a algunas de las entidades siguientes:

- departamentos estatales encargados de: agricultura, tierras, riego, meteorología, recursos hídricos, topografía, geología e hidrogeología, registro de la propiedad, reforma agraria, silvicultura, ganadería, conservación, fauna y flora silvestre, botánica o jardines botánicos; empresas comerciales públicas y semipúblicas, juntas de mercadeo, etc.;

- bancos internacionales;

- organismos de asistencia técnica (multilaterales y bilaterales, por ej., FAO, ILRI, LRDC, ORSTOM, USBR, etc.);

- consultores;

- universidades, en particular departamentos de agricultura, ingeniería, geografía, botánica, enseñanza, desarrollo rural;

- estaciones de investigación, de ámbito internacional y nacional.

Las publicaciones pueden también obtenerse mediante los servicios de localización de las grandes librerías nacionales e internacionales.

De las categorías principales de datos que hacen falta se trata en las secciones siguientes bajo ocho epígrafes: caracterización general de la zona del proyecto, topografía, suelos, recursos de aguas, drenaje, vegetación y fauna, datos sociales y económicos.

5.1 CARACTERIZACION GENERAL DEL AREA DEL PROYECTO

En las etapas iniciales de la evaluación se reunirán algunos datos e hipótesis generales sobre la propia zona del proyecto. He aquí los que suelen ser más importantes:

- ubicación y accesibilidad;
- abastecimientos potenciales de agua dentro y fuera de la zona del proyecto;
- principales características climáticas;
- relieve (formas de relieve) y principales características edáficas;
- población y tasa de crecimiento demográfico;
- nivel de vida y valores sociales;
- base de la economía actual;
- infraestructura económica (por ej., carreteras, servicios, mercados);
- subsidios estatales;
- tamaño de las explotaciones u otra tenencia de tierras;
- sistemas de tenencia de tierras;
- derechos tradicionales de agua;
- sistema político y política seguida.

Al analizar estos datos preliminares destacará la necesidad de un inventario más detallado, lo que ayudará a identificar prioridades.

Entre las primeras medidas que habrá que tomar figura la de llegar a un acuerdo entre los representantes de las distintas disciplinas sobre el empleo de las imágenes de satélites, aerofotografías, mapas y escalas básicas (véase Cuadro 2). Raras veces se llevan a cabo procedimientos básicos de reconocimiento de tierra sin la asistencia de la fotografía aérea y de las imágenes de telepercepción. Es de presumir que los reconocimientos topográficos y edáficos supondrán la interpretación de fotos aéreas y control en tierra, bien mediante poligonación o con métodos libres de reconocimiento sobre el terreno. Se remite al lector al Boletín de Suelos de la FAO Nº 42 (1979b).

Los aspectos que pueden de ordinario identificarse fácilmente mediante el análisis estereoscópico de pares de fotografías aéreas comprenden:

i. formas de relieve (llanuras inundables, terrazas, tierras altas residuales, dunas, etc.);

ii. modelos y sistemas de drenaje superficial;

iii. formas de erosión y áreas erosionadas;

iv. modalidades de uso de la tierra y límites del mismo, incluyendo a veces límites agrícolas, y otras muestras de actividad humana como carreteras, ferrocarriles, viviendas, canteras, etc.;

v. principales tipos fisionómicos de vegetación natural;

vi. zonas húmedas, en particular lagos, lagunas y ciénagas (estos últimos no son siempre identificables);

vii. evidencia superficial de suelos afectados por sales;

viii. afloramientos rocosos;

ix. matices (variaciones cromáticas en las fotografías de color) y aspectos que pueden reflejar diferencias de suelos y la posición probable de linderos.

Con estos datos y con sujeción desde luego a una comprobación sobre el terreno, puede sacarse una idea general de la geomorfología, fisiografía, hidrología superficial, y en cierto grado geología de la zona de reconocimiento, que tiene un valor incalculable para elaborar una buena leyenda de carácter práctico para la elaboración de mapas de la tierra.

En los reconocimientos de intensidad elevada y muy alta resulta utilísimo completar la información aerofotográfica en dos escalas. La primera serie, a escala 1:40 000, se emplea para la interpretación estereocartográfica y para obtener una idea general del área (un mosaico fotográfico a esa escala o a escalas menores puede también ser de gran utilidad para ese último fin). Una segunda serie, a la escala final probable de cartografía pedológica, o a una escala algo mayor (por ej. a 1:5 000), sirve para alguna interpretación estereocartográfica detallada pero sobre todo como mapas en los que pueden localizarse con precisión sobre el terreno las observaciones y los límites de suelos. Pueden utilizarse fotografías sueltas para este último propósito, pero incluso sobre el campo los resultados más confiables se obtienen mediante el estudio de pares fotográficos, utilizando un estereoscopio de bolsillo.

La interpretación aereofotográfica a altos niveles de intensidad tiene que verificarse mediante adecuados controles terrestres a niveles sucesivos de detalles. Esto es especialmente indispensable cuando el área está cubierta de bosque y los mapas van a emplearse para diseñar proyectos de riego. Los primeros reconocimientos deben orientar sobre la distribución probable de las grandes unidades de suelo, sobre la selección de áreas con mayores requerimientos de topografía mediante reconocimiento libre y/o la mejor dirección y posición de poligonales, y sobre áreas donde probablemente será muy útil una estereointerpretación más detallada de fotografías a mayor escala. Para el resto del reconocimiento se insiste en métodos terrestres aunque con el estudio de aereofotografías de gran escala sobre el terreno podrá obtenerse una gran ayuda para ubicar puntos de muestra y comprobar la ubicación probable de los límites.

5.2 DATOS TOPOGRAFICOS

La topografía constituye muchas veces un elemento importante en la evaluación del riego ya que influye en la selección del método de riego, drenaje, erosión, eficiencia del riego, costos de desarrollo de la tierra, tamaño y configuración de los campos, necesidades de mano de obra, rango de los posibles cultivos, etc. Hacen falta mapas de base estable, que pueden obtenerse de ordinario recurriendo a reconocimientos previos. La precisión sobre el terreno y la escala de los mapas de base reviste especial importancia y es necesario someterlos a una particular comprobación cuando la zona está cubierta por bosques o por una vegetación natural tupida. Los diseños de riego superficial requieren equidistancias entre curvas de nivel para determinar pendientes que han de ser normalmente de un metro o menos, por lo que hace falta una buena escala topográfica. Hacen falta datos topográficos muy detallados para muchas estructuras de riego, especialmente a lo largo de los trazos probables de canales y drenes.

Cuatro son los aspectos topográficos que guardan especial relación con la aptitud para el riego: pendiente, microrrelieve, macrorrelieve y situación.

i. Pendiente - La pendiente puede repercutir en los factores siguientes: métodos que se pretenden de riego, erosionabilidad y erosividad, sistema de cultivo, problemas de mecanización, exposición al viento, etc. Las limitaciones de pendiente varían mucho de un país a otro. En el Boletín de Suelos de la FAO Nº 42 (págs. 39-43) figuran como pautas los límites críticos convenientes para el riego de gravedad y otros sistemas de riego. Valen para situaciones de áreas bajo riego análogas a las existentes en los EE.UU. En Asia y las regiones húmedas, el arroz acuático se cultiva normalmente en tierras con pendientes empinadas, donde lo conveniente son terrazas de tamaño menor. Se remite al lector a la Guía de Conservación de la FAO Nº 1, para las especificaciones sobre terrazas (Sheng, pág. 147, 1977). Las terrazas a curvas de nivel suelen dar resultado en el riego sobre pendientes hasta del 3 por ciento pero en estas tierras y en otras más empinadas hay que determinar la estabilidad de las terrazas y la cantidad de tierra que se pierde por los bordos.

ii. Microrrelieve - Se aplica este término a las pequeñas ondulaciones e irregularidades de la superficie de la tierra, con diferencias de altura entre crestas y a través de una extensión desde 4-5 cm para zonas de llanuras lagunosas planas hasta 4-5 m en áreas con arenas sopladas por el viento. Las estimaciones de explanación y nivelación necesarias dependerán de que se emplee riego de superficie, a presión o de goteo. Se habla de esto en la Segunda Parte, C.22. La información necesaria para evaluar los costos de nivelación de la tierra comprende: corte y relleno, volumen total de tierra movida, profundidad del corte, distancia de transporte, condiciones de suelo y precisión que se quiere en la nivelación final y tipo de equipo disponible. Estos factores deberían relacionarse a si se emplea un contratista local, con equipo sencillo, o si se requiere una licitación internacional para contratistas con equipo moderno que ejecuten la obra.

La profundidad de la capa superficial del suelo y la calidad del subsuelo pueden limitar el grado de explanación aconsejable, o aumentar considerablemente su costo si hace falta conservar esa capa superficial y luego volverla a extender. Algunos subsuelos son improductivos al principio pero van mejorando progresivamente a medida que se van regando y se les aplica abonos o materias orgánicas. En cambio, las arenas gruesas, las gravas o las capas ricas en cal o yeso (Mousli, 1979, Yahia, 1982) o de aluminio intercambiable nunca podrán responder al riego por tener severas limitaciones.

iii. Macrorrelieve - Las características topográficas permanentes donde las pendientes cambian con frecuencia de gradiente y de dirección pueden influir en la elección del método de riego, de los tamaños de las parcelas y de su configuración, así como en los costos de desarrollo de las tierras. Los tamaños y formas de los campos tienen que ser objeto de evaluación, especialmente en lo que respecta al riego de gravedad y superficial y a la mecanización agrícola.

iv. Situación respecto de la zona servida por canales de riego y accesibilidad - La elevación y distancia de las fuentes de agua influye a menudo en la superficie "regable" en los esquemas de riego por gravedad. La zona regada puede aumentar mediante bombeo o construyendo túneles, sifones invertidos u otras estructuras a través de barreras naturales o artificiales, o haciendo embalses. Muchas veces los datos topográficos se emplean para evaluar las alternativas de infraestructura y el costo que supone el desarrollo de las tierras.

Los datos topográficos son necesarios también para el caso de riego de inundaciones, así como para el diseño de medidas de protección contra inundaciones (véase Sección A.13, Segunda Parte) y para diseñar obras de drenaje superficial o subsuperficial (véase Sección 5.6).

5.3 DATOS DE RECONOCIMIENTO DE SUELOS

En el Boletín de Suelos de la FAO Nº 42 se habla detalladamente de la compilación de datos sobre reconocimientos de suelos. En el Cuadro 14 se enumeran las características de suelos que suelen necesitarse para realizar la evaluación. Algunas características pueden ser de carácter clasificador y, por lo tanto, deben ser objeto de especial énfasis; otras serán relativamente menos importantes. La evaluación de tierras para cultivos con regadío se basa en predicciones de las condiciones futuras de los suelos, y por consiguiente han de evaluarse las características variables de los mismos así como las caraterísticas invariables permanentes.

Hay que prestar especial importancia a la predicción del mantenimiento del agua en los arrozales acuáticos (véase Segunda Parte, A.6.6). La percolación y las necesidades netas de agua de riego varían normalmente en más del triple según que el suelo pueda enfangarse efectivamente. Por lo tanto, se trata de un elemento clasificador importante en muchas áreas arroceras (véase Segunda Parte, A.6).

En las zonas más áridas es importante predecir las variaciones de salinidad (Segunda Parte, A.8 y A.9), sodicidad (A.10) y el manto freático (D.28) con un riego sostenido, teniendo presente los demás factores que intervienen, por ej., calidad del agua, drenaje, régimen de lluvias, métodos de riego, cultivo, insumos agrícolas, etc.

Se remite al lector a las referencias que tratan de los diversos procedimientos y métodos de análisis, tanto de campo como de laboratorio, para determinar las características que se enumeran en el Cuadro 14[1]. Desde un principio debe proporcionarse apoyo de laboratorio para las determinaciones químicas y físicas de los suelos y de las aguas. Durante las etapas iniciales de la evaluación pueden irse desertando los análisis que resulten innecesarios en las determinaciones preliminares y pueden decidirse las intensidades correspondientes (Peters, 1979). Tal vez hagan falta estudios detallados sobre la variabilidad espacial de la salinidad y otras caraterísticas importantes.

5.4 DATOS CLIMATICOS Y METEOROLOGICOS

En el Cuadro 15 se enumeran algunos de los datos climáticos que comúnmente se requieren para la evaluación de tierras destinadas a la agricultura bajo riego y sus usos. Generalmente se publican los datos meteorológicos medios mensuales para las estaciones registradoras representativas, pero suele ser necesario obtener los datos diarios originales (por ej. de lluvia) a lo largo de un período lo más prolongado posible en los sitios que interesan. Por ejemplo, si van a evaluarse los beneficios que derivan del riego, tal vez sea necesario analizar los datos de pluviosidad para una situación existente de secano con objeto de estimar la variabilidad actual en la producción agrícola y la influencia de los años secos y de las sequías estacionales (véase Segunda Parte A.1). A menudo hacen falta datos sobre el "comienzo de las lluvias" y el "final de las lluvias" para los distintos años de registros de pluviosidad, así como la frecuencia de períodos secos durante los períodos de crecimiento. Los hidrólogos, agrónomos, ingenieros de riego y drenaje emplean datos de pluviosidad, así como otros datos meteorológicos. Puede evitarse la multiplicación de esfuerzos mediante un enfoque común.

5.5 DATOS SOBRE RECURSOS HIDRICOS

Los estudios sobre recursos hídricos deben considerarse parte integrante del proceso de evaluación de los recursos de tierra. Habrá que programar convenientemente las actividades de los que en ellos participen (hidrólogos, hidrogeólogos, ingenieros, agrónomos y economistas). Los reconocimientos costosos de recursos hídricos en zonas donde la tierra demuestre luego inaptitud para el riego son antieconómicos; viceversa los reconocimientos detallados de tierras y suelos para agricultura con regadío pueden ser un derroche en áreas donde el abastecimiento de agua se demuestre más tarde insuficiente.

---

1 En particular: Arens y Sivarajasingham, 1979; FAO/BIRF, 1970; FAO, 1979a; Hesse, 1971; Loveday, 1974; Maas y Hoffmann, 1977; Peters, 1979; Ponnamperuma, 1976; y USDA, 1954.

Cuad.

A.
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

Cuadro 14 INVENTARIO DE DATOS DE SUELOS

TIPOS DE DATOS		FINES PARA LOS CUALES PUEDEN SER NECESARIOS
A.	FISICOS	
1.	Profundidad efectiva del suelo	Espacio para la raíz, retención de agua y nutrientes, nivelación de la tierra; drenaje; alineamiento y diseño de canales de riego y drenaje.
2.	Presencia de horizontes orgánicos o hísticos	Problemas u oportunidades especiales.
3.	Distribución del tamaño de los cereales (textura)	Para establecer la homogeneidad de las unidades de tierras y para deducir muchas características.
4.	Estructura y porosidad del suelo. Densidad aparente. Volumen y distribución de los espacios porosos. Espacios porosos llenados de aire a capacidad del campo. Estabilidad estructural.	Manejo del entorno radicular, de los nutrientes, del agua y del suelo. Drenaje y permeabilidad, especialmente en suelos sódicos. Lixiviación del exceso de sales. Labranza y trabajabilidad para almácigos y preparación de la tierra. Capacidad de enlodamiento de los arrozales, erosionabilidad.
5.	Velocidad de infiltración	Absorción de lluvias y del riego o escorrentía superficial. Selección del método de riego. Longitud de los surcos o tamaño de las pozas. Selección de las boquillas de aspersión. Erosionabilidad.
6.	Conductividad o permeabilidad hidráulica	Drenaje de suelos, eliminación del exceso de aguas y sales.
7.	Capacidad disponible de agua (capacidad del campo y punto de marchitez permanente)	Balance de agua del suelo, agua residual entre riesgos y después de ellos. Selección del método y programación de riego.
8.	Límites plásticos y líquidos	Indicativos de comportamiento mineralógico y físico.

Cuadro 14 (continuación)

TIPOS DE DATOS		FINES PARA LOS CUALES PUEDEN SER NECESARIOS
9.	Resistencia del suelo, extensibilidad lineal	Resistencia mecánica a las obras de construcción; hinchamiento y contracción; penetración de la raíz.
B.	QUIMICOS	
1.	Reacción del suelo (pH)	Para identificar suelos muy alcalinos, sódicos y de sulfato ácido; deficiencias de nutrientes y toxicidades.
2.	Carbono y nitrógeno	Contenido de materia orgánica y manejo.
3.	Yeso y carbonato de calcio	Capas duras, capas yesíferas expuestas al desplome, requisitos de yeso para los suelos sódicos.
4.	Conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe)	Riesgos de salinidad.
5.	Sales solubles (Na, K, Ca, Mg, SO_4, CO_3, y HCO_3)	Interpretación del riesgo de salinidad.
6.	Capacidad de intercambio catiónico (CIC), bases intercambiables totales (BIT) y base de saturación	Retención de nutrientes y estado de fertilidad química.
7.	Porcentaje de sodio intercambiable (ESP) o relación de absorción sódica ajustado del extracto de saturación (SAR ajust.)	Problemas de sodicidad o alcalinidad.

Cuadro 14 (continuación)

TIPOS DE DATOS		FINES PARA LOS CUALES PUEDEN SER NECESARIOS
8.	Cationes intercambiables (Na, K, Ca, Mg)	Base de saturación, ESP, estado del potasio.
9.	Fósforo disponible	Véase Cuadro 35, Segunda Parte.
10.	Contenido total de P, K, Mg, Na, Cu, Mn, Zn, B, Fe, Al, As, Ni, Cr	Contenido de macro y oligoelementos. Elementos tóxicos.
C.	MINERALOGICOS	
1.	Fracción de arena y sedimentación	Indica el material base y el grado de meteorización.
2.	Fracción de arcilla y óxidos de hierro y aluminio	Material de arcilla 1:1 son menos pegajosos, se hinchan y contraen menos y tienen una superficie menor (y menos CEe) que los minerales de arcilla 1:2. Los minerales de arcilla 1:1 con óxidos de Fe y Al, cuando predominan, pueden resultar excesivamente drenados para el arroz acuático y muchas veces son físicamente favorables pero químicamente menos fértiles para los cultivos no arroceros.
3.	Carbonatos de calcio y magnesio	Suelos duros que restringen la profundidad de la raíz. Cuando abundan disminuyen la retención de nutrientes y la fertilidad; sin embargo, suelos con un 60% de $CaCO_3$ pueden regarse bien pero con una opción reducida de cultivo. La deposición en situaciones salinas de material de grano fino bloquea los poros y reduce la permeabilidad. El encostramiento superficial influye en la germinación y en la infiltración. Deficiencias de nutrientes inducidas por la cal. Los suelos con carbonato de magnesio muchas veces son muy fértiles. Un Mg muy intercambiable da lugar a un perfil impermeable casi sódico.
4.	Yeso	Los suelos duros yesíferos reducen el enraizamiento y dificultan la instalación de drenes y canales. La disolución puede dar lugar a una subsidencia del suelo después del riego. Los cristales de yeso en el suelo pueden neutralizar la tendencia a la sodicidad. Cuando es muy alto su nivel, causa problemas de nutrientes debido a unas proporciones desfavorables de K/Ca Mg/Ca y a costos suplementarios en fertilizantes y enmiendas del suelo.

Nota: Las características del Cuadro 14 deben evaluarse en el contexto de las consideraciones morfológicas y geográficas.

Cuadro 15 INVENTARIO DE DATOS CLIMATICOS

	TIPOS DE DATOS	FINES PARA LOS CUALES PUEDEN SER NECESARIOS
1.	Clase climática	Reconocimiento y elección del TUTs alternativos. Véase Segunda Parte. Cuadro 30
2.	Radiación - radiación extraterrestre - radiación solar (Rs) - PAR - radiación solar neta de onda corta - radiación neta de onda larga - horas de sol - horas reales de sol (n) duración máxima del día (N) horas de sol	Véase Segunda Parte, A.2 Estimaciones de evaporación Definición del período vegetativo Crecimiento del cultivo en relación con la radiación o la luz. La relación n/N se emplea para estimar la radiación solar si no se dispone de datos para Rs Fotoperiodicidad del cultivo
3.	Temperatura (del aire y del suelo) Media mensual de la: - máxima diaria - mínima diaria - media diaria Mensual real: - mínima y máxima Unidades térmicas (grados día) Temperatura de bola húmeda y seca por la mañana y por la tarde	Véase Segunda Parte, A.3 Estimaciones de ETo del cultivo de referencia. Condiciones limitativas para los cultivos susceptibles al frío y a las heladas; quemadura por calor. Definición de períodos vegetativos. Estimaciones de la humedad relativa y de la presión del vapor (véase abajo)
4.	Humedad relativa Medias mensuales de: - presión diaria del vapor por la mañana - presión diaria del vapor por la tarde	Estimaciones de evaporación. Predominio de enfermedades. Maduración de los cultivos. Secado y almacenamiento de los cultivos.

Cuadro 15 (continuación) INVENTARIO DE DATOS CLIMATICOS

TIPOS DE DATOS		FINES PARA LOS CUALES PUEDEN SER NECESARIOS
5.	**Evapotranspiración** ETo del cultivo de referencia - mensual, cada diez días, semanal o diario a partir de datos climáticos Evaporación Evapotranspiración real del cultivo (por ej. a partir de mediciones del agua-suelo, cálculos)	Véase Segunda Parte, A.6 Componente de las estimaciones del balance hídrico para la cuenca y tierras bajo riego; estimaciones de las necesidades de agua de riego; estimaciones de la reducción de los rendimientos de los cultivos con abastecimiento de agua deficiente,
6.	**Precipitaciones y pluviosidad** Precipitación diaria para un período lo más largo posible. Media anual y desviación estándar, etc. Intensidad de las lluvias y erosividad Precipitación efectiva Nieve, rocío	Estimaciones de los componentes del balance de aguas para la cuenca y las tierras de riego; períodos vegetativos; rendimiento de cultivos. Estimaciones de la erosión; daños de cultivos; problemas de manejo; mecanización. Estimaciones de las necesidades de agua de riego.
7.	**Velocidad y dirección del viento** Medias semanales de la velocidad diaria del viento. Relación de las horas diurnas con las nocturnas	Estimaciones del cultivo de referencia ETo Estimaciones del cultivo de referencia ETo, reajustadas según lo expuesto en la Publicación N° 24, Riego y Drenaje de la FAO.
8.	**Incidencia de las tormentas** Frecuencia e intensidad	Daños en los cultivos; erosión.

El volumen de agua obtenible para riego dependerá del resultado de los estudios hidrológicos de las aguas superficiales, y de los estudios hidrogeológicos de las aguas subterráneas (agua subsuperficial). Estos son los aspectos propios del suministro de aguas. Los aspectos de la demanda de agua suponen estudios y labor de campo para estimar las necesidades de agua de riego y las necesidades de agua de los cultivos. Una parte importante de esa evaluación consiste en armonizar el abastecimiento y la demanda de agua (necesidades) mediante reajustes mutuos que supongan un trabajo de cooperación entre los especialistas en recursos de agua, los ingenieros y los agrónomos (véase Segunda Parte, A.6).

i. Estudios hidrológicos: Los estudios pueden ejecutarse a nivel nacional, a nivel de cuenca hidrográfica, a nivel de desarrollo de proyecto, y a nivel de finca o campo (Horning, 1979). Los recursos de agua superficiales pueden desarrollarse progresivamente, primero empleando estructuras de derivación para regular el caudal de agua que fluye de los ríos, en segunda lugar construyendo reservarios para llegar más tarde al pleno control, incluido el control de inundaciones. Para estimar los rendimientos de escorrentía superficial y de cuencas, los volúmenes derivables de agua, las cantidades de agua para almacenamiento, las corrientes subterráneas de agua, los períodos punta y volúmenes de crecidas, etc. podrán emplearse los datos ya existentes y los demás que se obtengan durante los estudios a partir de aparatos que miden el caudal (por ej., puestos fijos, vertederos calibrados, correntómetros y estaciones medidoras de velocidad). Se remite al lector a los textos clásicos, por ej. para modelos hidrológicos, su aplicación práctica y sus limitaciones por ej. Chow (1964), Clarke (1973).

ii. Estudios hidrogeológicos: Normalmente, los estudios sobre los recursos de aguas subterráneas se realizan a nivel de una cuenca hidrogeológica completa o un acuífero. Comprenden observaciones de los niveles de agua y de sus calidades en pozos abiertos, y especialmente en pozos de observación perforados. Suelen necesitarse modelos matemáticos para evaluar el acuífero (por ej. un modelo numérico que simule los flujos de aguas subterráneas en estado inestable, de dos dimensiones). Podrá calibrarse el modelo empleando todos los datos disponibles pertenecientes al acuífero en el espacio y el tiempo. Los datos de entrada necesarios pueden expresarse en forma de un diagrama y un programa de trabajo que permita una evaluación hidrogeológica completa, con todos los aspectos de balance hídrico, en relación con las características y geometría del acuífero y la escala de tiempo. Los datos de salida comprende los niveles iniciales de agua, las transmisividades (permeabilidades), el coeficiente específico o de almacenamiento, la recarga porcentual a partir de la lluvia, enfiltraciones en lechos fluviales y el rendimiento seguro para riego. En la Figura 1 aparece un ejemplo de un diagrama de este tipo (Jacovides, 1982). Hacen falta otros reconocimientos y estudios para establecer la ubicación precisa de los pozos de producción y su rendimiento de agua para riego, el tipo de pozo (superficial excavado a mano, superficial entubado, pozo tubular excavado a mano, pozo tubular profundo, manantial); profundidad del pozo, litología del sondeo y bitácoras hidrogeológicas. Los pozos de estudio se someten a pruebas de bombeo para obtener datos, sobre todo de descarga, reducción,

transmisividad, capacidad específica (l/s/m) y reducción específica (m/l/s). La descarga de agua potencial se expresa en litros por segundo (l/s), que puede variar con el tiempo según la temporada o el año.

Los textos típicos a los que puede remitirse son: Bouwer (1978); Todd (1959) y varios suplementos a los estudios de aguas subterráneas de la Unesco.

iii. Necesidades de agua de riego: Usualmente son necesarios datos meteorológicos y estudios de campo para estimar las necesidades de agua de los cultivos, la precipitación efectiva, el flujo, la aportación de aguas subterráneas, el almacenamiento de agua en el suelo, la escorrentía superficial, la filtración y la percolación, las pérdidas de transporte y las necesidades de lixiviación (véase Segunda Parte, A.6 y la Publicación Nº 24 de la FAO; Riego y Drenaje, 1977b). El abastecimiento de agua para riego y su regulación determinan a menudo los volúmenes de agua empleados por los agricultores, por lo que el manejo de las aguas puede ser un factor tan importante como los de orden físico para armonizar el aporte disponible con las necesidades. En Bos y Nugteren (1974) se discuten las eficiencias de riego en diversas partes del mundo.

En cultivo del arroz, la duración en días de las distintas operaciones en la preparación del terreno (remojado, siembra, aradura, rastrillado, enlodado, transplante), así como el empleo correspondiente del agua para la preparación de la tierra y el transplante, y los componentes del balance de aguas después del transplante (precipitación efectiva, evapotranspiración, filtración y percolación), son los datos principales que deben ser especificados (véase Segunda Parte, A.6).

Para cultivos distintos del arroz habrá que cuantificar las ganancias y pérdidas análogas de agua junto con la necesidad de humedecer la tierra previa a la siembra y tener en cuenta el empleo de agua residual del suelo a medida que maduran los cultivos anuales.

iv. Datos sobre calidad del agua: La calidad de agua para fines agrícolas puede evaluarse utilizando análisis de campo y de laboratorio sobre las propiedades que se enumeran en la Segunda Parte, Cuadros 37 y 38. En el Manual 60 USDA (1954), Boletín de Suelos Nº 10 de la FAO (1970) y en los métodos estándares de la Asociación Americana de Obras Hidráulicas (1971) se describen los procedimientos analíticos para efectuar dichas determinaciones. La conductividad eléctrica de las muestras de agua de riego, y otras pruebas sencillas, pueden ser medidas en el campo empleando equipos de conductividad portables, medidores de pH y equipos de comprobación. Por ejemplo, si se dispone de instrumentos de la especialidad para comprobaciones del agua subterránea en los pozos, se ahorra el tener que transportar muestras de agua. Podrán necesitarse análisis locales de carbonato, bicarbonato y nitrato donde el almacenamiento de las muestras pueden dar lugar a variaciones químicas y a resultados poco exactos.

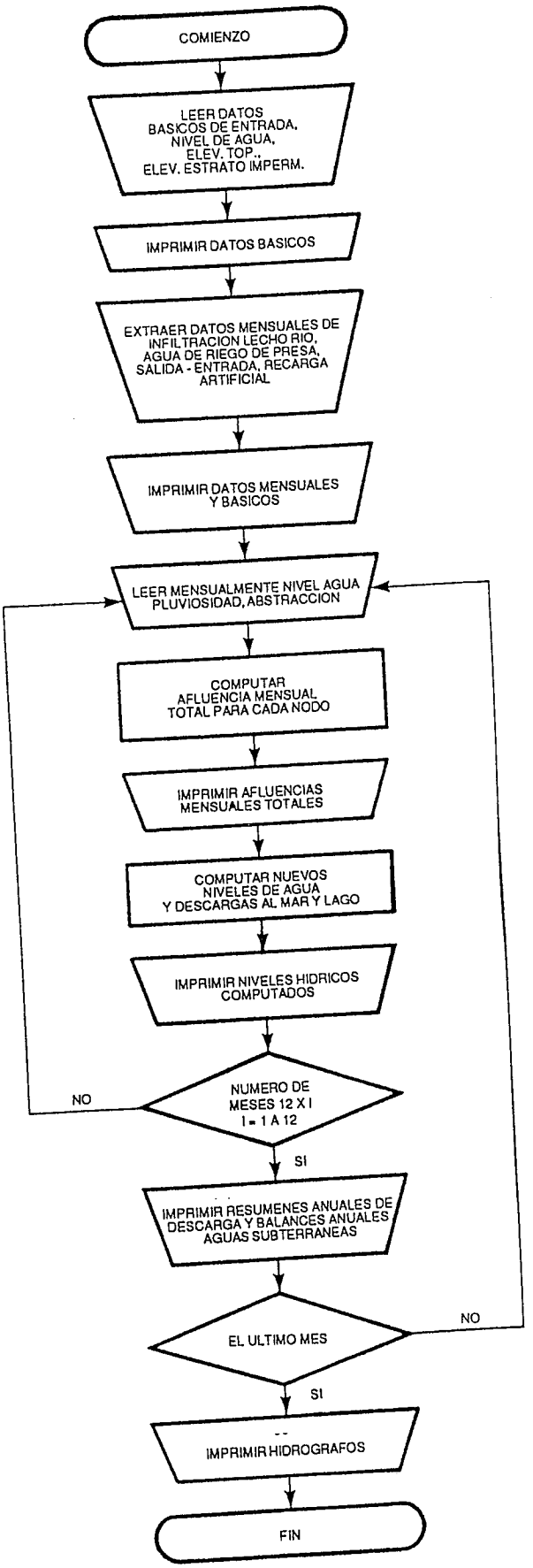


Figura 1: Diagrama simplificado de flujo de un programa modelo de aguas subterráneas, mostrando los datos de entrada y salida.

En las regiones áridas y semiáridas será necesario realizar un balance sódico y un balance hídrico para una zona del proyecto con el objeto de evaluar las necesidades de lixiviación y de drenaje que hará falta para mantener la tierra en condiciones productivas. En los proyectos de rehabilitación, podrán analizarse las muestras de agua en diferentes puntos de la red. En la Figura 18 (véase también Segunda Parte, D.27) se ilustra el flujo de agua y sales en un área bajo riego. Se necesitarán análisis especiales para reciclar las aguas residuales cuando se las destine al riego. Habrá que averiguar la demanda de oxígeno biológico (BOD), la demanda de oxígeno químico (COD), los metales pesados y otras sustancias potencialmente tóxicas. También puede ser necesario un análisis bacterial. Los análisis rutinarios son normalmente parte de los procedimientos de una planta para tratamiento de las aguas. Los lodos de aguas cloacales o activados pueden someterse a tratamiento primario, secundario y terciario. Se requieren análisis de los constituyentes químicos, de suspensión de sólidos y de las sustancias orgánicas disueltas para evaluar si el agua procedente de tratamiento secundario o terciario puede ser usada para riego y los problemas potenciales que presentaría su uso.

El agua para el riego de goteo y para otras técnicas donde exista un problema potencial de obstrucción puede ser evaluado sobre la base de mediciones de los sólidos en suspensión y de las propiedades químicas o biológicas del agua (véase Segunda Parte, Cuadro 38).

En la Publicación Nº 29, Riego y Drenaje de la FAO (1976c; Revisión 1 en prensa) y en otras publicaciones, se dan orientaciones sobre la interpretación de los análisis de aguas.

5.6 DATOS SOBRE DRENAJE

Tal vez se tenga que evaluar las condiciones y necesidades del drenaje superficial y subterráneo por (tubería) o de ambos tipos de drenaje. En las zonas áridas y semiáridas, donde la salinidad y la sodicidad constituyen problemas potenciales, será esencial ejecutar estudios de campo. El edafólogo y el ingeniero de drenaje deberán ponerse de acuerdo, primero sobre los tipos y escalas de mapas y fotografías que van a emplear y sobre la información que cada cúal incluirá en sus trabajos. Se requieren ensayos sobre la conductividad hidráulica en campo y otros tipos de ensayos; el número de ensayos necesarios para un estudio de drenaje guarda relación con la variabilidad del suelo en el área del proyecto (publicación Nº 38; Riego y Drenaje de la FAO, 1980a). Esta variabilidad se analiza inicialmente partiendo de reconocimientos en muestras de áreas que abarquen un 5-10 por ciento del área del proyecto a base de unidades representativas importantes de suelos. A menudo es necesario experiencia local y un criterio sano para determinar un valor medio de conductividad hidráulica que sirva para proyectar el espaciamiento, tamaño y profundidad de los drenes. Esto vale especialmente para el drenaje de suelos pesados, poco permeables, dedicados a otros cultivos distintos del arroz.

Los estudios de drenaje en zonas áridas y semiáridas comprenderán la diagrafía y muestreo de perforaciones de 3-5 metros para determinar las barreras con una conductividad hidráulica relativamente baja en comparación con el suelo del estrato superior o una alta resistencia al flujo vertical (es decir, C = 250 o más constituye una barrera real, mientras no exista barrera alguna C = 50 o menos: C es la resistencia hidráulica igual al espesor de la capa dividido por su conductividad hidráulica vertical).

En los reconocimientos de suelos puede obtenerse una gran cantidad de datos útiles para el estudio de drenaje (por ej. perfiles de suelos confiables hasta 3-5 metros; profundidad hasta la capa freática o indicaciones visibles de condiciones de saturación; calidad del agua, salinidad, sodicidad y acidez del suelo). La información sobre los reconocimientos del suelo permitirá interpolar mediciones de conductividad hidráulica para los suelos intermedios. Por lo tanto, donde sea posible, los estudios de suelo y de drenaje deberían marchar juntos. El edafólogo debe señalar al ingeniero de drenaje las zonas de drenaje potencialmente pobres. Puede tratarse de zonas visiblemente húmedas, terrenos visiblemente salinos o sódicos, zonas topográficamente bajas, otras con unas capas de textura fina dentro de una profundidad de 5 metros; capas de lenta permeabilidad dentro de una profundidad de 5 metros; estructura masiva de ordinario no asociada con la textura identificada; barreras artificiales que podrían impedir un drenaje superficial o el movimiento de las aguas subterráneas; materiales potencialmente inestables, sobre todo capas yesíferas (que pueden dar lugar a subsidencias y a problemas de construcción de obras de riego y de drenaje, con un manto freático elevado). Suele corresponder al ingeniero de drenaje el determinar los estudios necesarios para estimar el costo de los sistemas de drenaje superficiales y subterráneos y las precauciones relacionadas al control de las inundaciones. Podrán tabularse los presupuestos de costos por áreas y emplearse luego para evaluar la clase de aptitud de la tierra y demarcar los terrenos irrigables.

Si las tierras no pueden drenarse físicamente debido a una baja conductividad hidráulica, o a causa de barreras demasiado próximas a la superficie del mismo, debe quedar excluida en la etapa de "regable provisionalmente". En la evaluación de tierras "regables", puede preverse el drenaje físico para satisfacer las necesidades del manto freático, sin embargo por razones económicas pudiera incluso excluirse la tierra. Más tarde si las áreas de drenaje son pequeñas en comparación con el resto del área y no puede instalarse un sistema bien proyectado y ubicado para el área regable sin tener que pasar por dichas tierras, el clasificador tiene la opción de mantener esas tierras como aptas en las clasificaciones de "provisionalmente regables" y "regables". Estas consideraciones son importantes para determinar el alcance de los estudios de drenaje.

El ingeniero de drenaje debe realizar los cálculos sobre las necesidades y costos del drenaje superficial, subterráneo y aquellos relacionados con el control de inundaciones, para todas las tierras "provisionalmente regables", pero para las tierras clasificadas inicialmente como N1 o N2 por razones que no son de drenaje, no necesita proporcionar normalmente datos sobre necesidades y costos del drenaje subterráneo o de control de inundaciones.

Se remite al lector a la publicación Nº 38, Riego y Drenaje de la FAO, (1980a) y al Manual de Drenaje de la USBR (1978). En la Segunda Parte de este boletín, secciones C.20 y C.21 se da información adicional sobre la evaluación de tierras para el drenaje y para los diseños de los sistemas de drenaje.

5.7 USO ACTUAL DE LA TIERRA, VEGETACION Y VIDA SILVESTRE

Se ejecutarán muchas evaluaciones de tierra en áreas que están cubiertas parcialmente con vegetación natural y que se cultivan parcialmente. El alcance geográfico de la vegetación y de la agricultura existente deberían estudiarse al principio de la cartografía evaluativa cuando sea necesario. Generalmente se necesitan reconocimientos del uso actual de la tierra para determinar la producción la cual será predeterminada cuando se implemente un proyecto de riego.

El uso actual de la tierra y la vegetación existente pueden ser importantes debido a:

i. gasto de desmonte de diferentes clases de vegetación (véase Segunda Parte, C.19);

ii. valor potencial de la vegetación; por ej. para bosques y pastizales;

iii. presencia de hierbas nocivas;

iv. necesidad de conservar la vegetación por razones ecológicas y estéticas;

v. valor de la actual producción agrícola;

vi. preferencias para continuar con una producción actual sostenida en algunas tierras.

Muchas veces se produce una eliminación innecesaria de la vegetación debido a que se ha hecho un reconocimiento y una delimitación inadecuadas. Donde sea posible deben conservarse áreas de vegetación natural.

El mantener una estrecha coordinación con los departamentos que se ocupan de la protección ambiental, es por lo general indispensable para conseguir que se respeten los límites de los parques nacionales y las zonas de conservación de la vida silvestre. Puede resultar importante la preservación de la vegetación natural como cortinas rompevientos. Los daños que producen los animales salvajes en los campos de los agricultores pueden obligar a tomar medidas costosas como la instalación de cercos. Los hipopótamos, el jabalí de verruga y los cerdos de matorrales en los países africanos pueden mantenerse a raya fácilmente pero la caza grande exige unas vallas muy costosas. Es casi imposible librarse de monos y babuinos, teniendo que elegir entre envenenarlos o matarlos. Los matorrales también pueden albergar la mosca tsetsé, a la vez que la introducción de cultivos perennes con regadío, por ej. bananos, puede promover la difusión de esta mosca. El riego también puede constituir una barrera para los desplazamientos estacionales de los animales. Los datos que se obtengan sobre los problemas potenciales que plantearían los animales salvajes, en particular roedores, pájaros, cangrejos, etc., pueden imponer la selección de cultivos y TUTs. Los roedores y los cangrejos pueden hacer agujeros a los costados de los canales y en los bordes de los arrozales dando lugar a excesivas pérdidas de agua. Pueden usarse las clasificaciones por factores referidos en el epígrafe A.12, de la Segunda Parte, para evaluar los daños potenciales a los cultivos, productos almacenados e infraestructura por obra de la fauna silvestre.

5.8 SANIDAD AMBIENTAL

El no tener en cuenta el medio ambiente cuando se evalúa el desarrollo del riego puede dar lugar a un aumento de la incidencia de las enfermedades entre la población humana local, sobre todo de enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria, la esquistosomiasis (bilhariziasis), la oncocerciasis (ceguera de los ríos) y la fiebre amarilla. Los vectores son algunos caracoles acuáticos, moscas y mosquitos que sirven de huéspedes al parásito causante de la enfermedad y la transmiten de la persona infectada al individuo sano. Son agentes que necesitan agua para reproducirse y multiplicarse; por eso la expansión del riego también contribuye a difundir las enfermedades a través de las redes de regadío, especialmente en zonas donde se emplea esa agua para fines domésticos también. Hay que analizar la necesidad de medidas de control ambiental al proyectar embalses y canales y la prevención de una vegetación innecesaria o de charcos de aguas estancadas. Se tiene información adicional gracias al Grupo Conjunto de expertos de OMS/FAO/PNUMA sobre manejo ambiental para el control de vectores, y a la FAO, 1984. Worthington (1977) estudia este tema general de las consecuencias del riego en la sanidad ambiental.

5.9 DATOS SOCIALES Y ECONOMICOS

Las evaluaciones sociales y económicas dependen de los trabajos de reconocimiento que deberían comenzar normalmente al principio del proceso de evaluación de tierras. Los objetivos de los trabajos de reconocimiento son identificar y evaluar los aspectos sociales y económicos que influyen en el desarrollo potencial del área de estudio y evaluar las otras posibles propuestas; reunir datos sobre precios y costos financieros y económicos de importancia para la evaluación de los TUTs y de los factores clasificadores; y atender a las necesidades de tipo analítico e informativo del patrocinador del estudio de que se trate (por ej. Banco Mundial, etc.).

El socioeconomista tal vez necesite que los datos del reconocimiento sean obtenidos por agrónomos y viceversa (es decir, datos sobre las actuales prácticas agrícolas y de producción, del uso de la tierra, de insumos agrícolas, etc.) y pueden ser compartidas algunas actividades de reconocimiento sobre la base de un acuerdo previo. Generalmente se necesitan estudios sobre el uso actual de la tierra para determinar la producción, la que será predeterminada cuando se implemente un proyecto de riego. Las tendencias en la producción, uso de la tierra y rendimientos requieren estudios, especialmente cuando se considera la rehabilitación de los actuales sistemas de riego y drenaje. Cuando existe una tendencia a aumentar o reducir la producción, esto, y no tanto un análisis estático de la situación actual, deberá ser la base de las predicciones sobre la situación "sin proyecto" en toda evaluación económica (véase Capítulo 7).

5.9.1 Consideraciones sociales y económicas

A continuación se enumeran algunas de las consideraciones que pueden evitar el pleno aprovechamiento de los recursos naturales y humanos. Quedan muchas veces fuera del control de los individuos afectados y constituyen muchas de las limitaciones que se oponen al avance agrícola y social.

i. Pobreza que se autoperpetua: la falta de capital empresarial, de conocimientos y de la voluntad para adoptar nuevas técnicas es la característica de la agricultura de subsistencia, donde la satisfacción de las necesidades cotidianas puede constituir el límite práctico para una planificación anticipada.

ii. Tradición, actitudes e ideas: los puntos de vista sobre la posibilidad de cambio para controlar el propio destino mejor, pueden basarse por completo en observaciones muy limitadas, siendo éstas las únicas al alcance del individuo. La situación que transcienda de ahí puede ser tan oscura que no ejerza efecto alguno en las aspiraciones del sujeto por algo mejor.

iii. Disuasivos: los objetivos de producción agrícola pueden estar limitados por cuotas, y los precios pueden estar intervenidos a un nivel inferior al costo de producción; en esos casos podrá producirse poco más del nivel de producción necesario para una economía de subsistencia y de trueque local.

iv. Tenencia de tierras: el régimen de propiedad de la tierra y los derechos de arrendamiento junto con los derechos de aguas son a menudo una causa importante de una mala distribución de los ingresos y de la riqueza. El acceso al crédito y a los insumos de producción puede ir vinculado a sistemas de tenencia de tierras. Unas condiciones poco favorables de esta tenencia puede reducir las fuerzas económicas naturales que determinan normalmente el tamaño eficiente de una explotación y la selección de cultivos.

v. Preferencias alimentarias: éstas limitan la gama de cultivos sembrados para el consumo local, especialmente en los sitios donde no se ha creado una salida comercial. Puede haberse desarrollado en torno a las preferencias alimentarias locales una cierta especialización agrícola o ganadera.

vi. Oferta de mano de obra: la actual disponibilidad de mano de obra y las puntas estacionales de necesidad de trabajadores pueden limitar el alcance de las posibilidades de utilización de las tierras. La disponibilidad de personal puede estar limitada en su tecnología actual debido a que la generación más joven no llega a intervenir. Una nueva tecnología podría dar pie a su participación.

vii. Sistemas de fijación de precios: los precios controlados o artificiales pueden constituir una fuerza disuasiva o un incentivo. Si se interviene en los precios hasta el punto de desalentar la producción, hay que buscar la posibilidad de poder modificar esa situación si es de importancia para un proyecto.

Si existen estos tipos de condiciones poco favorables, podrían subsistir en el futuro y seguir influyendo decididamente en lo que harían los agricultores dentro de un sistema de agricultura con regadío. Por consiguiente, los cambios que se proponen en los sistemas agrícolas tradicionales exigen un reconocimiento pleno de las razones por la que se dan las modalidades agrícolas actuales.

Por otro lado, es necesario pronunciarse sobre la rapidez y el grado en que pueden tener lugar cambios favorables cuando se implante el riego. Los cambios que se pronostiquen deben ser no sólo económicamente favorables, sino también poderse producir con probabilidad y no ser sólo meramente

especulativos. Aunque tal vez convenga formular planes que aparezcan óptimos bajo el aspecto económico, en realidad lo que se va a conseguir es casi siempre algo que quedará por debajo de lo óptimo. Lo que probablemente se obtendrá deberá proyectarse en los valores que se asignen a la productividad futura. Las experiencias que se obtengan en los países y en las regiones sobre proyectos análogos pueden convertirse en la mejor clave a este respecto. Estas experiencias deben observarse muy de cerca.

Con frecuencia pueden eliminarse a un cierto precio los obstáculos de orden social y económico. Entre las estimaciones de costos de un proyecto pueden incorporarse los desembolsos para capacitación, reasentamiento, infraestructura, mercados y otros conceptos que se consideren necesarios para conseguir los niveles de productividad previstos.

En el plan del proyecto pueden incorporarse algunas actividades que tal vez se necesiten al introducir la agricultura con regadío, por lo menos durante el período de formación o cuando se alcance el pleno desarrollo, por ejemplo:

- habrán de aumentarse y proporcionarse insumos;
- podría ser necesario expandir los servicios de investigación, extensión y divulgación de los conocimientos técnicos;
- tal vez haya que desarrollar el transporte, el almacenamiento y otro tipo de infraestructura;
- la demanda de combustible y energía puede aumentar y habrá que satisfacerla;
- podrían hacer falta servicios de mercadeo;
- tal vez haya que considerar las necesidades crediticias y financieras y la protección contra los riesgos de una agricultura comercializada.

Entre las características favorables de los posibles grupos de agricultores podría haber una capacidad demostrativa para aceptar nuevos métodos agrícolas, esfuerzos comunitarios y cooperativos para conseguir cambios sociales, respuestas a incentivos financieros, iniciativas y empresas agrícolas diversificadas, etc. Podría obtenerse esta información con la experiencia que se vaya acumulando en programas agrícolas anteriores y presentes.

5.9.2 Lista de datos socioeconómicos

En el Cuadro 16 aparece una lista completa de los datos que pueden necesitar obtenerse en una encuesta socioeconómica (lista adaptada del IRRI 1975c). Se remite también al lector a los textos modelo sobre procedimientos para encuestas socioeconómicas (Yang, 1965) y el capítulo sobre los aspectos económicos de la evaluación de tierras para la agricultura con regadío.

Cuadro 16

A.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

Cuadro 16 LISTA DE DATOS PARA UNA ENCUESTA SOCIOECONOMICA

	DATOS	DONDE OBTENERLOS
A.	PRACTICAS AGRICOLAS ACTUALES	A nivel de distrito o de aldea
1.	Cultivos y variedades sembradas en la zona Lista de los TUTs actuales, inclusive cultivos clasificados como de gran rendimiento, modernos, locales mejorados o tradicionales; calendario de cultivo (precosecha y poscosecha).	
2.	Prácticas agrícolas Métodos de siembra, abonos, estiércoles orgánicos, insecticidas, herbicidas, malahierba; energía manual, animal o de tractores; preparación de la tierra, mecanización, cambios de prácticas.	
3.	Riego y drenaje actual Tipos de sistemas de riego; períodos de disponibilidad del agua, personas u autoridades que regulan su distribución; drenaje suficiente; uso del agua.	
4.	Datos de insumo-producto Costos de todos los insumos, rendimientos y valor del producto ya se emplee para subsistencia, trueque o venta al contado, colocación de los productos.	
5.	Tenencia de tierras, tamaño de las explotaciones, valores de la tierra, derechos de agua Tenencia de tierra, tierra de labranza en arriendo y aparcería, título sobre la tierra y el agua, parcelación, contexto social; ventas de tierra, precios de la tierra.	
6.	Crédito y préstamos Cantidades tomadas en préstamo, prestatarios y prestamistas, crédito para uso personal o agrícola, al contado o especie, duración del préstamo, condiciones del reembolso o tipos de interés, monto del endeudamiento, acceso futuro a préstamos.	
7.	Tamaño del hogar e ingresos Tamaño de la familia agrícola y distribución por edades, empleo en la finca y fuera de ella; fuentes de ingreso; variaciones en los ingresos.	

Cuadro 16 (continuación)

	DATOS	DONDE OBTENERLOS
8.	Mano de obra y empleo agrícola, energía agrícola Mano de obra familiar, mano de obra contratada, costos de mano de obra; influencia de la mano de obra, energía y agua en la preparación de la tierra, prácticas estacionales; cambios en las necesidades de punta de mano de obra.	
9.	Problemas de producción y mercadeo Obtención de las semillas, fertilizantes o productos químicos, crédito, agua (doméstica y de riego); plagas y enfermedades, malezas, cosecha, trillado, secado, almacenamiento, venta, elaboración, otros; mercados.	
B.	INFRAESTRUCTURALES	A nivel nacional, regional, de distrito y de aldea
1.	Transporte Carreteras y cursos de agua; disponibilidad de autocares, camiones, carros, embarcaciones, y otras formas de transporte; ferrocarril, condiciones de las carreteras, pavimentadas o no; su utilización todo el año, etc.	
2.	Servicios de almacenamiento, elaboración y mercadeo Tipos de servicios a las aldeas en la zona del proyecto; secadores, capacidad de molienda, pesos y medidas locales, productos de los molinos, etc.	
3.	Bancos y otros servicios de crédito	
4.	Otros servicios estatales para la producción Estaciones de investigación y experimentales; ensayos de demostración; servicios de extensión.	
5.	Escuelas, dispensarios, servicios de correos y otros	
6.	Medios de comunicación Prensa, radio y otros medios de masa, alcance de las noticias de interés directo para los agricultores, servicio de noticiarios sobre mercados.	

Cuadro 16 (continuación)

	DATOS	DONDE OBTENERLOS
7.	Electricidad	
8.	Suministro de agua a domicilio	
C.	ENTORNO ECONOMICO	A nivel nacional, regional, de distrito y de aldea
1.	Precios Precios de los principales productos, diferencias entre cultivos, variaciones estacionales y anuales; precios en el negocio o cooperativa más próximo de los fertilizantes y otros insumos importantes; datos sobre diferencias de precios entre los mercados locales y centrales.	
2.	Salarios Tarifas de salarios; sistemas de pago de los salarios, su variación a lo largo del tiempo.	
3.	Intereses Tasas que se suelen pagar por préstamos de diversas procedencias; variaciones a lo largo del tiempo.	
4.	Renta Tipos de renta por temporada, año y otros; al contado o en especie; fijos o prorrateados; variaciones a lo largo del tiempo.	
5.	Impuestos Tipos y totales; de carácter municipal y otros; variaciones a lo largo del tiempo.	
6.	Precios de la tierra Promedio para los principales tipos de tierra; variaciones a lo largo del tiempo.	
7.	Costos del riego Tasas oficiales de riego y tasas normales de cobro; costo normal de los sistemas privados de riego, si fuera el caso.	
8.	Semilla o material de siembra Disponibilidad, procedencia, calidad y precios.	

Cuadro 16 (continuación)

	DATOS	DONDE OBTENERLOS
9.	Energía Energía agrícola que suele necesitarse e inversiones para preparación de tierras, tarifas también de alquiler para tractores y animales de tiro.	
10.	Ingresos	
D.	DEMOGRAFIA Y USO DE LA TIERRA	A nivel nacional, regional, de distrito y de aldea
1.	Poblaciones campesinas Total y variaciones porcentuales en los últimos 10 años; fuentes principales de sustentación, de tipo agrícola y no agrícola.	
2.	Otros datos censales Religión, grupo étnico, castas y otros.	
3.	Tipos de asentamientos campesinos A lo largo de las carreteras, con huertos caseros, agrupados, aislados, etc.	
E.	FACTORES INSTITUCIONALES	A nivel nacional, regional, de distrito y de aldea
1.	Organizaciones de agricultores Cooperativas, asociaciones de agricultores y órganos análogos; otros tipos de actividades comunes o colectivas, variaciones a lo largo del tiempo.	
2.	Breve descripción del modo en que los nuevos cultivos, variedades y métodos de manejo se han introducido en el área.	
3.	Servicios de extensión, también crediticios y otros servicios Número de organismos que prestan servicios; cantidad y calidad de los servicios; principales quejas de los agricultores.	

Cuadro 16 (continuación)

	DATOS	DONDE OBTENERLOS
4.	Programas especiales del gobierno Reforma agraria, concentración parcelaria, programas intensivos, y otros.	
5.	Parentesco Importancia para la sucesión, costo de ceremonias, etc., también facciones, litigios, etc.	
6.	Liderazgo en las actividades de interés para el sector agrícola	
7.	Actitudes y valores que afectan el desarrollo Variaciones en el tamaño y costo de las ceremonias; evaluación sobre si la agricultura es una ocupación preferente y evaluaciones análogas.	
F.	MARCO POLITICO NACIONAL	A nivel nacional, regional
1.	Objetivos de la política nacional en materia de cultivos y riego	
2.	Medidas políticas Políticas de precios: insumos y productos, restricciones en el mercadeo de insumos y productos, si fuera el caso; programas de conjunto, etc.; políticas de ingresos y empleo: redistribución de los ingresos, acceso a los recursos de tierra, etc.	
3.	Importancia de los nuevos cultivos y riego en el marco de los objetivos nacionales	

6. ASIGNACION DE LAS CLASES DE APTITUD DE LA TIERRA MEDIANTE ARMONIZACION

Al pasar a este capítulo se remite al lector a los pasos 3 a 5 ya analizados en el Capítulo 4, es decir: la selección de factores clasificadores que tienen importancia desde un punto de vista físico y económico, y la especificación de límites críticos para designar niveles de aptitud, A1, A2, A3, N1 o N2, factor por factor. Estas especificaciones anotadas en el Formulario 1, incluidas las hipótesis sobre las necesidades de insumos y mejoras de tierra, sirven de base para asignar la clase de aptitud y las subclases a cada TUT-combinación de unidad de tierra. Estas especificaciones sirven de orientación al evaluador de tierras sobre la aptitud de una unidad de tierra para un TUT, factor por factor, sin embargo prescindiendo de las interacciones o la importancia respectiva de cada factor.

En el Capítulo 5 aparecen las listas de las características de tierras para describir las unidades correspondientes. En este capítulo se exponen los procedimientos para armonizar esas características de tierras con las especificaciones del TUT respectivo. El proceso de armonización puede realizarse mediante reajustes sucesivos o iteraciones durante tanto la evaluación de tierras "provisionalmente regables" como de tierras "regables", teniéndose por objetivo el conseguir el proyecto más viable y probable. Entre los reajustes típicos durante este proceso de armonización pueden entrar: (i) variaciones del TUT (por ej. en el método de cultivo, de riego o manejo), (ii) reajustes a los insumos (por ej., fertilizantes, cultivos, agua), y (iii) mejoras de la tierra (por ej., drenaje, nivelación de tierras, etc.).

Las especificaciones empleadas en la clasificación de la tierra "provisionalmente regable" se diferenciarán normalmente de las empleadas para la clasificación sucesiva de "regable". Las tierras "provisionalmente regables" se clasificarán normalmente sin un conocimiento cabal del suministro de agua, de la disponibilidad estacional de agua, y del costo de distribución de agua a las distintas partes del área del proyecto. Luego, cuando se clasifique la tierra "regable", la evaluación podrá basarse en unos datos seguros sobre los costos del suministro de agua y del desarrollo de la tierra. En el Capítulo 7 se dan recomendaciones sobre los criterios económicos que se deben aplicar en estas etapas sucesivas.

En la evaluación de tierras "provisionalmente regables", al hacer el reconocimiento de las unidades de tierra en el campo debe conseguirse una armonización y una clasificación provisionales de la tierra. Antes de realizar el reconocimiento, el evaluador de tierras habrá preparado las especificaciones para cada TUT que se va a evaluar (Formulario 1) y las tendrá consigo durante el reconocimiento. Después de representar cartográficamente las unidades de tierra los pasos siguientes son:

Paso 7: Para cada unidad de tierra, decidir qué calidades y características de la tierra son clasificadoras respecto a los requisitos y limitaciones de los TUTs. Para cada unidad de tierra, completar el Formulario 2 indicando los valores correspondientes de las calidades y características de la tierra (véase Procedimientos sobre inventarios de recursos de tierras, Capítulo 5).

Paso 8: Armonizar los "límites críticos" de cada requisito o limitación del uso de la tierra (es decir, partiendo de las especificaciones del Formulario 1), con las condiciones que se encuentren en la unidad de tierra (es decir, Formulario 2), para obtener así una clasificación por factores de A1, A2, A3, N1 o N2, para cada combinación de TUT y unidad de tierra. Entrar en el Formulario 3 para la clasificación por factores. También habrán de indicarse los supuestos sobre insumos, mejoras de la tierra y sus beneficios y costos (véase Ejemplo 2 de la Sección 6.5).

Paso 9: Decidir la "importancia" relativa de cada factor clasificador (o de un grupo de factores interactivos) indicando si es Muy Importante, Moderadamente Importante, Menos Importante o Sin Importancia, según los casos, en la columna encabezada con "Importancia" (Formulario 3). Luego se explicará esto.

Paso 10: Combinar las clasificaciones por distintos factores clasificadores para obtener una clasificación provisional de aptitud de la tierra para cada TUT en cada unidad de tierra. En este paso debe tenerse en cuenta las interacciones entre factores (Sección 6.2) y la "Importancia" (Sección 6.3). Para asignar las clases y subclases puede ser necesario estimaciones de rendimiento del cultivo y beneficios/costos económicos, según las directivas del Capítulo 7. Anotar la clase provisional de aptitud de las tierras, con sus subclases (A1, A2, A3, N1 o N2, etc.) en la parte inferior del Formulario 3 o en el mapa.

Paso 11: Donde sea necesario reajustar la descripción del TUT o introducir insumos o mejoras de la tierra, y repetir los pasos 1-10 hasta que se obtenga el sistema agrícola más viable de cultivo, riego y manejo (la necesidad de esa iteración podrá anotarse en el Formulario 3).

Pasos 12-16: Indicar las clases y subclases de la clasificación de "provisionalmente regable" o "regable" en los Formularios 4 ó 5 según se indica en el Capítulo 3.

6.1 DETERMINACION DE CLASIFICACIONES POR FACTORES

Cada factor clasificador se armoniza primero individualmente. Los límites críticos anotados en el Formulario 1 indican lo apta que puede ser una unidad de tierra para un determinado TUT en función de ese factor. Por ejemplo, si uno de los factores clasificadores para el TUT "maíz bajo riego en pequeñas explotaciones" es el "enraizamiento" (es decir, los requisitos o las limitaciones para un desarrollo radicular) y los límites críticos han de representarse en función de la profundidad efectiva del suelo, esta última figura en el Formulario 1 como rangos de profundidades que se corresponden con los niveles de aptitud A1, A2, A3, N1 y N2. Las profundidades efectivas del suelo que se registren para cada unidad de tierra estarán comprendidos dentro de uno de estos cinco rangos de profundidad y se eligirá la adecuada para la clasificación por factores.

En el siguiente ejemplo se ilustra esto en relación con un factor:

Ejemplo 1

Tipo de utilización de la tierra (TUT A)	Maíz de riego en pequeñas fincas
Factor clasificador	Enraizamiento
requisitos de utilización de la tierra	requisitos para el enraizamiento (maíz)
calidad de la tierra	condiciones para el enraizamiento
representado por las características de la tierra	profundidad efectiva del suelo

Límites críticos profundidad efectiva del suelo (cm) (es decir, especificaciones del TUT)	Clasificación por factores	Unidad de tierra 8 Profundidad efectiva del suelo (cm)
Más de 200	A1	
100 - 200	A2	
50 - 100	A3	75
25 - 50	N1	
0 - 25	N2	

es decir, la clasificación por factores correspondiente al TUT A en la unidad de tierra 8 es A3, dato que se anota en el Cuadro 6.

6.2 INTERACCIONES ENTRE FACTORES

A la hora de combinar las clasificaciones por factores de varios factores individualmente considerados con el fin de decidir la clase apropiada de aptitud de la tierra que hay que asignar debería tomarse en cuenta la posibilidad de interacciones. Interpretando ampliamente el significado de la palabra "interacción", puede fácilmente apreciarse que muchos factores intervienen en el consiguiente índice de productividad, o índice económico, lo cual es el resultado de sus efectos. Sin embargo, los grados de algunos factores pueden reducir o acentuar la influencia de determinados niveles de otros factores, y una simple suma o multiplicación (incluso con ponderaciones) tal vez no resuelva satisfactoriamente esas interacciones.

A continuación se dan algunos ejemplos de dos interacciones de factores donde los niveles de un factor modifican la expresión de determinados niveles de los demás.

ALGUNOS EJEMPLOS DE INTERACCIONES

i. La interacción entre los fertilizantes y los plaguicidas para aumentar el rendimiento del cultivo según experimento

	Con fertilizante	Sin fertilizante
Con plaguicida	aumento de 1 t/ha	singún aumento de rendimiento
Sin plaguicida	ningún aumento de rendimiento	ningún aumento de rendimiento

En este ejemplo hipotético, el cultivo responde si se emplean juntamente fertilizantes y plaguicidas pero no responde a ninguno de los dos individualmente cuando se emplean solos. De ello se desprende fácilmente que un agricultor perdería dinero aplicando fertilizantes si por otro lado las plagas destruyen el cultivo. Por consiguiente, habrá que especificar conjuntamente el nivel de fertilizantes y plaguicidas.

ii. Interacción entre el agua y el NPK expresada en rendimiento del cultivo, calculado empleando la clasificación por factores

		Abastecimiento de agua en relación con sus requerimientos	
		A1	A3
Aporte de NPK en relación con los requerimientos	A1	A1	A3
	A3	A3	N1

(Obsérvese el paralelo con el Cuadro de líneas arriba y para esta interacción en lo que respecta al nitrógeno véase un ejemplo más explícito en la Segunda Parte, Figura 14).

Aunque es poco viable durante la mayoría de las evaluaciones de la tierra, la influencia de las interacciones en los rendimientos de los cultivos, drenabilidad, erosionabilidad, etc., sólo puede determinarse cuantitativamente sobre el terreno, empleando, por ejemplo, diseños experimentales factoriales en los que se combinen sistemáticamente diferentes niveles de los distintos factores. Cuando se disponga de ellos deberían utilizarse siempre los datos de rendimiento actual del cultivo que integran los muchos factores determinantes, guardando relación con las condiciones físicas y socioeconómicas que se estudien.

6.3 EVALUACION DE LA "IMPORTANCIA" EN COMBINAR CLASIFICACIONES POR FACTORES

Aparte de las interacciones, algunos factores serán más importantes que otros en cuanto a su influencia sobre la productividad de la tierra o en la relación beneficio/costo. Por lo tanto, en el paso 9 se prevé clasificar los factores por orden de "importancia" en el Formulario 3, calificándolos de Muy Importante (VI), Moderadamente Importante (MI), Menos Importante (LI) o No Importante (NI), según corresponda. Mientras la clasificación por factores hace una equiparación en función de un único factor (o una única interacción), la clasificación "por importancia" indica la importancia relativa del factor en su influencia sobre la producción o en la relación beneficio/costo. Los factores individuales son a veces de importancia primordial, por ej. la cantidad de agua, costos de drenaje etc., son objetos de una ponderación apropiada empleando niveles de "importancia" en una asignación provisional de clases de aptitud de la tierra antes de proceder a una evaluación económica total.

La "importancia" de los distintos factores resulta muchas veces clara de los análisis económicos que se describen en el Capítulo 7. Sin embargo, tal vez no se destaquen las consideraciones de orden social, de conservación y ambiental como factores de importancia económica. Los grados de "importancia" recuerdan al evaluador de tierras su posible importancia y variación en el área de reconocimiento. Por ejemplo, pueden identificarse en términos sociales los problemas de una determinada técnica de riego, o puede haber problemas de derechos de agua en determinadas áreas. En la reiteración de los pasos tal vez sea útil una clasificación de "Muy Importante"; esto pudiera dar lugar a variaciones apropiadas en el plan del proyecto, en particular a propuestas de reajuste del cultivo, del riego o propuestas de manejo y a la modificación de los planes de desarrollo de la tierra.

6.4 SIMBOLOS PARA RESUMIR LAS CLASES Y SUBCLASES DE APTITUD DE LA TIERRA

En el Cuadro 1 se presentan los símbolos del Esquema de la FAO para indicar los órdenes, clases y subclases de aptitud de la tierra, y se explican luego en el Apéndice 1. Para fines de representación cartográfica, el evaluador de tierras puede necesitar dar alguna información explicativa más, empleando su propia notación concebida para un reconocimiento en particular. Dicha notación debería guardar coherencia con cualquier reconocimiento y estar concebida de forma que se evite toda interpretación errónea. A continuación se da un ejemplo del tipo de símbolos que podrían ser convenientes:

$$\frac{S3d'}{TUT\ A} \quad (e)$$

Los símbolos del Esquema de la FAO a este respecto son S3d, indicando que la tierra es sólo Marginalmente Apta para el TUT A debido a un requerimiento o limitación de drenaje. Los otros símbolos que aparecen arriba son el TUT A debajo de la línea y la d con apóstrofo. La letra con apóstrofo, por ej., d', puede utilizarse para indicar un costo de desarrollo de la tierra está involucrado en la asignación de la clase de tierra A3. La magnitud del costo de desarrollo de la tierra pudiera indicarse empleando uno, dos o tres apóstrofos, como d', d'' o d'''. En el Cuadro 17 se propone una lista de sufijos de letras que indican las subclases de aptitud de la

Cuadro 17 SUFIJOS DE LETRAS PARA INDICAR LAS CLASES Y SUBCLASES DE APTITUD DE LA TIERRA

	FACTOR CLASIFICATORIO	Sufijo de letras
A.	Factores de cultivo (agronómicos)	
1.	Período vegetativo	b
2.	Radiación	j
3.	Temperatura	c
4.	Enraizamiento	r
5.	Aireación	d
6.	Cantidad de agua	m
7.	Nutrición (NPK)	n
8.	Calidad del agua	q
9.	Salinidad	x
10.	Sodicidad	y
11.	pH, micronutrientes y toxicidades	z
12.	Plagas, enfermedades, malezas	p
13.	Inundaciones, tormentas, vientos, heladas	u
B.	Factores de ordenación o manejo	
14.	Ubicación	l
15.	Manejo en la aplicación del agua	w
16.	Manejo agrícola precosecha	v
17.	Cosecha y poscosecha	h
18.	Mecanización	k
C.	Factores de costo de aprovechamiento de la tierra	
19.	Desbroce	c'
20.	Protección contra inundaciones	f'
21.	Drenaje	d'
22.	Explanación y nivelación de la tierra (topografía)	t'
23.	Enmiendas (físicas, químicas, orgánicas)	a'
24.	Lixiviación	x'
25.	Período de recuperación	r'
26.	Obras de riego (construcción)	i'
D.	Factores de conservación y medio ambiente	
27.	Riesgo de salinidad/sodicidad	xy
28.	Riesgo de aguas subterráneas o superficiales	w
29.	Riesgo de erosión a largo plazo	e
30.	Riesgo ecológico	v
E.	Factores sociales y económicos	
31.	Actitudes de los agricultores frente al riego	f
32.	Otros factores si son clasificadores	

tierra (es decir, que denotan el factor o factores clasificadores principales). En esta lista, los factores de costo de desarrollo de la tierra figuran todos ellos con apóstrofo como se explica más arriba. A los factores de conservación y ambientales puede dárseles una acentuación distinta como ê. Pueden también ser subclases. A discreción del evaluador de tierras y en base a sus propias normas podrían utilizarse paréntesis con más información. En este ejemplo, el símbolo (ê) pudiera indicar que habría que tener en cuenta un riesgo de erosión a largo plazo.

El evaluador puede necesitar un símbolo más después de representar y clasificar las tierras "regables". Pueden definirse los límites de las unidades de tierras agregadas y tal vez haga falta indicar la viabilidad económica de éstas sirviéndose de VI, V2, V3, N1 y N2 en lugar de los símbolos de clases de aptitud utilizados para la tierra "provisionalmente regable" y para las evaluaciones de reconocimiento.

6.5 EJEMPLO DE EMPLEO DE LOS FORMULARIOS

En el ejemplo 2 se ilustra el empleo de los Formularios para evaluar un tipo de utilización de la tierra en un área árida salina que va a recuperarse. Se ilustra el empleo de las clasificaciones por factores donde los diversos factores son de carácter clasificador, así como las interacciones que han de tenerse en cuenta y la aplicación de la "importancia" al asignar las clases y subclases de aptitud de la tierra. También se muestra la necesidad de perfeccionamientos en iteraciones sucesivas y la importancia de traducir los criterios físicos en económicos, según se explica más adelante en el Capítulo 7.

EJEMPLO 2:

Tipo de utilización de la tierra (TUT B):	Cultivo de invierno (trigo, frijoles, clavos) Cultivo de verano (maíz, girasol) en una zona árida a ser recuperada y cultivada en pequeñas explotaciones de 2,5 ha. Indice de productividad de la tierra = 1,0 para la mejor tierra A1.
Factor clasificador 9:[1]	Salinidad (control de la)
limitación para uso de la tierra:	Tolerancia de los cultivos citados a la salinidad.
Calidad de la tierra:	Riesgo potencial de salinidad del suelo después de la recuperación y su efecto sobre el índice de productividad de la tierra
representada por características de la tierra	- permeabilidad del suelo (0-75 cm de profundidad) - profundidad hasta la barrera (cm) - resistencia hidráulica al flujo vertical a través de la barrera (C) - elevación de la tierra sobre el nivel medio del mar (msnm)

1 Los números se refieren a la lista de los factores del Formulario 1.

<u>Factor clasificador 21</u>:	<u>Drenaje</u>
requerimiento de uso de la tierra:	Requerimiento de drenaje (diseño)
calidad de la tierra:	Drenabilidad
representada por:	Costo del drenaje (nulo, bajo, medio, alto o en $/ha)
<u>Factor clasificador 24</u>:	<u>Requerimiento de lixiviación</u>
requerimiento de uso de la tierra:	Requerimiento de lixiviación (cm de agua) para recuperar la tierra en condiciones para la lixiviación
calidad de la tierra:	
representada por:	- salinidad actual del suelo (0-75 cm) de profundidad CE de extracto de saturación (dS/m) - profundidad del agua en metros de agua de calidad CE 1-2 dS/m - costo de lixiviación ($/ha)
<u>Factor clasificador 25</u>:	<u>Período de recuperación</u>
requerimiento de uso de la tierra:	Período de recuperación (años)
calidad de la tierra:	No interesante
representada por:	Valor de la producción perdida ($/ha)

(Obsérvese la interdependencia de los factores, especialmente entre el control de la salinidad y el drenaje).

Se darían estos cuatro factores como "especificaciones" del TUT B (Formulario 1) empleando límites críticos como en el Formulario 1 del Ejemplo 2.

Ejemplo 2

FACTOR CLASIFICADO
9. Control la sal (es de riesgo subsis pués de recuper efect los rend tos de vos)
21. Drenaje
24. Requ lixivi
25. Perí recu

1/ Obsérve TUT
2/ Más suelo s
3/ Véase
4/ Pued producc

El eva y la podr

Ejemplo 2 FORMULARIO 1: ESPECIFICACIONES PARA EL TUT B (cultivo de invierno y verano) 1/

FACTOR CLASIFICADOR	REPRESENTADO POR: CARACTERISTICA DE LA TIERRA O COSTO DE MEJORAMIENTO	LIMITES CRITICOS PARA:				
		A1	A2	A3	A4	A5
9. Control de la salinidad (es decir, riesgo que subsiste después de la recuperación y efecto sobre los rendimientos de cultivos)	- permeabilidad del suelo 2/ (0-75 cm de profundidad) m/hora	>1.0	1,0-0.5	0.5-0.1	0.1-0.05	<0.05
	- profundidad hasta la barrera (m)	>5	5-3	3-2	2-1	<1
	- resistencia hidráulica al flujo vertical a través de la barrera (C) 3/	<50	50-100	100-200	200-250	>250
	- elevación del terreno (m)	>20	20-15	15-10	10-3	<3
21. Drenaje	- diseño de drenaje, exigencia en cuanto a costo 4/	ninguno	moderado	moderado a alto	alto	muy alto
	- costos actuales ($/ha)			por determinar		
24. Requisitos de lixiviación	- salinidad actual del suelo (0-75 cm de profundidad) CE del extracto de saturación (ds/m)	<10	10-30	30-60	60-75	>75
	- profundidad del agua (m) (calidad del agua CE 1-2 ds/m, supuesta)	<0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	>2
	- costo de la lixiviación	ninguno	moderado	moderado a alto	alto	muy alto
25. Período de recuperación	- período para reducir la salinidad (0-75 cm de profundidad) a <4 dS/m CE (extracto de saturación) (años) 4/	<0.5	0.5-1	1-2	2-4	>4
	- valor de la producción perdida 4/	ninguno	moderado	moderado a alto	alto	muy alto

1/ Obsérvese que esto es sólo ilustrativo; el evaluador debe formular sus propias especificaciones para cada TUT (véanse directrices en la Segunda Parte).

2/ Más tarde, cuando se demuestre donde sea apropiado, puede substituirse una clase de textura del suelo si corresponde satisfactoriamente a su permeabilidad.

3/ Véase Segunda Parte, C.21.

4/ Pueden ser necesarios estudios especiales para determinar los costos del drenaje y valor de la producción perdida durante la recuperación: éstos deberían incluirse en reiteraciones posteriores.

El evaluador de tierras lleva consigo estas especificaciones para el TUT B al hacer el reconocimiento y la cartografía de las unidades de tierra sobre el terreno. En una determinada unidad de tierra podría registrar los datos siguientes para las calidades de la tierra o características del Formulario 2:

Ejemplo 2 FORMULARIO 2: CALIDADES Y CARACTERISTICAS DE LA TIERRA DE UNA UNIDAD Nº 130 CON EVALUACION DE LOS INSUMOS Y MEJORAMIENTOS DE TIERRA NECESARIOS

FORMULARIO 2: Unidad de tierra 130 NOMBRE DEL EVALUADOR: T. Spade
DESCRIPCION: Sistema de tierra Banypoh, Faceta 1

FACTORES CLASIFICADORES: - calidades o características de la tierra, insumos o mejoramientos	UNIDAD DE MEDIDA	CARACTERISTICA O VALOR CUALITATIVO DE LA TIERRA		INSUMOS Y MEJORAMIENTOS SUPUESTOS PARA EL TUT B
		PRESENTE	FUTURO	
9. Riesgo de salinidad después de la recuperación				
- textura del suelo (0-75 cm)		scl	scl	
- permeabilidad del suelo (0-75 cm)	m/ha	>1,0	>1,0	
- profundidad hasta la barrera	m	2,5	2,5	
- resistencia hidráulica al flujo vertical a través de la barrera	c	75	75	
- elevación de la tierra	m	>20	>20	
21. Drenaje				
- requerimiento de diseño de drenaje				500 m de tubería perforada de 50 mm por hectárea a 1,5 m de profundidad.
- estimación provisional del costo del drenaje				moderados
- estimación revisada del costo del drenaje	$/ha			todavía no determinada
24. Requerimiento de lixiviación durante el período de recuperación				
- salinidad actual del suelo (0-75 cm de profundidad) CE del extracto de saturación	dS/m	variable de 10-30	4	
- profundidad del agua necesaria para la recuperación (calidad del agua CE = 1-2 dS/m)	m			1,2 m de agua
- costo provisional de la lixiviación				bajo
- estimación revisada del costo	$/ha			todavía no disponible
25. Período de recuperación				
- período para reducir la salinidad (0-75 cm de profundidad) a 4 dS/m de CE (extracto de saturación)	años			<0,5 años
- valor de la producción perdida	$/ha			por calcular

En el Formulario 2 se registran:

i. Las observaciones del evaluador al caraterizar la unidad de tierra en el campo.

ii. Su evaluación de las características observadas de la tierra de acuerdo con sus estimaciones de los insumos y mejoras (es decir, requerimientos de drenaje y lixiviación de la tierra recuperada). Por lo tanto, por ejemplo, el suelo será lavado después de instalarse los drenes para reducir la salinidad del mismo desde su nivel actual (10-30 dS/m) hasta un nivel aceptable (4 dS/m).

iii. Las estimaciones de costos basadas sobre el diseño de drenaje (es decir, en la longitud, tamaño, espaciamiento y profundidad de la tubería o canal), más el costo de lixiviación, más el valor de la producción perdida mientras se drenaba y lixiviaba la tierra. El período durante el cual se realizaban estas operaciones puede desplazar cultivos ya existentes, por lo que el período de recuperación debe establecerse junto con el valor de la producción perdida durante ese período. En las primeras evaluaciones sobre el terreno sólo habrán de darse indicaciones aproximadas de los costos (bajos, medianos o altos); en el formulario podrá luego perfeccionarse algo más en una fecha posterior partiendo de los costos actuales.

El evaluador de tierras pasa luego al Paso 8, la armonización de las características de la tierra más los insumos y las mejoras (Formulario 2) frente a las especificaciones del TUT B (Formulario 1) para elegir las clasificaciones apropiadas de factores. Se anotarán éstas en el Formulario 3 como sigue:

Ejemplo 2 FORMULARIO 3: Clasificaciones por factores (TUT B con la unidad de tierra 130)

FORMULARIO 3: CLASIFICACIONES POR FACTORES
NOMBRE DEL EVALUADOR DE LA TIERRA: T. Spade

TUT B: Cultivo de invierno y verano
UNIDAD DE TIERRA: 130

FACTORES CLASIFICADORES	CLASIFICACION POR FACTORES	IMPORTANCIA	OBSERVACIONES
9. Riesgo de salinidad después de la recuperación		Muy importante	
- permeabilidad del suelo	A1		
- profundidad hasta la barrera	A3		
- resistencia hidráulica al flujo vertical a través de la barrera	A2		
- elevación de la tierra	A1		
	A2		
21. Costo del drenaje			
- estimación provisional	A2	Muy importante	
- estimación revisada	n.d.		
24. Requerimientos de lixiviación durante el período de recuperación			
- Costo de lixiviación	A1	No importante	
- estimación revisada			
25. Período de recuperación			
- período para reducir la salinidad	A1	Menos importante	
- Valor de la producción perdida	n.d.		

CLASE Y SUBCLASE PROVISIONAL DE APTITUD DE LA TIERRA A3xd" / TUT B

CLASE Y SUBCLASE FINAL DE APTITUD DE LA TIERRA

n.d. No disponible todavía

Conviene señalar que podría primero estudiarse con ese detalle una serie significativa de unidades de tierra y luego simplificar las entradas.

La asignación de campo provisional de la clase y subclase de aptitud de la tierra es la siguiente:

$$\frac{S3xd''}{TUT\ B}$$

que indica una limitación de salinidad, después de efectuada la recuperación la cual se espera que reducirá los rendimientos en la unidad de tierra Nº 130, y un costo de drenaje moderado. La combinación de los dos factores produce la clase a A3, si bien cada una de las dos limitaciones recibe una clasificación por factores de sólo A2. La tierra es sólo marginalmente apta, y harán falta más estimaciones sobre costos de drenaje y de otro tipo; estos pueden confirmar la clase o pueden dar lugar a una reducción de la misma a N1.

6.6 INCORPORACION DE DATOS Y COSTOS DE RENDIMIENTO DE CULTIVOS

Los datos físicos sobre rendimientos del cultivo y mejoras e insumos de la tierra deben ser presentados por el evaluador para su evaluación económica lo que dará paso a una revisión de las clases de aptitud de la tierra, de ser necesario.

Conviene indicar el rendimiento tope o máximo previsto en la tierra A1 dentro de las descripciones de los TUTs. Luego podrán establecerse unos rendimientos relativos a ese tope para cada clase de aptitud de la tierra como índice de productividad de la misma (por ej. A1 = 1,0-0,8, A2 = 0,8-0,7, A3 = 0,7-0,6, etc. pero no necesariamente esos mismos valores). Obsérvese que las clasificaciones por factores pueden emplearse para rendimientos relativos donde haga falta una ulterior evaluación económica para traducirlos en términos económicos.

En el Ejemplo 2, el único factor clasificador enumerado que repercutiría en el rendimiento es la salinidad de la tierra después de su recuperación (los demás factores indicados son todos limitativos debido a sus costos). Se espera que algunas unidades de tierra tengan manchas de salinidad, o que resulten de más difícil manejo en la salinidad que otras. Por lo tanto, es de prever que sus rendimientos futuros resulten deprimidos en relación con otras unidades de tierra. En el ejemplo anterior del Formulario 3, la clasificación por factores A2 para el factor de "salinidad" podría ser tomado como un 75 por ciento del rendimiento previsto para el tope de A1. En un cuadro se enumerarían los rendimientos máximos A1 para cada uno de los cultivos (trigo, frijoles, clavos, maíz, girasol) del TUT B.

Similarmente los insumos físicos (fertilizantes, plaguicidas, etc.) y los costos de desarrollo de la tierra (costos de obras para el desarrollo de un área específica) se deberán describir primeramente en términos físicos y luego presupuestarse. Con este procedimiento se obtiene la información necesaria para la evaluación económica de la aptitud de la tierra, primero para tierras "provisionalmente regables" y luego para las "regables", lo que se desarrollará en el capítulo siguiente.

7. EVALUACION ECONOMICA DE LA APTITUD DE TIERRAS PARA EL RIEGO

Según se explica en el Capítulo 1, la evaluación de la aptitud de las tierras es fundamentalmente un concepto económico. Se aplican distintas clases de aptitud según las medidas económicas más bien que partiendo simplemente de apreciaciones de la productividad física.

La aplicación de un análisis económico formal, raras veces es posible desde luego en las primeras fases de una evaluación de tierras, cuando sólo se suele disponer de estimaciones aproximadas de los costos de desarrollo y de los niveles potenciales de productividad. Con ello, sin embargo, no se pretende afirmar que deban descartarse las consideraciones de carácter económico al comienzo de los estudios, cuando incluso los cálculos hechos preliminarmente pueden ayudar a dintinguir entre tierras que son provisionalmente "regables" y las que no lo son. Estos cálculos iniciales pueden también ayudar a identificar otros TUTs alternativos, sobre todo posibles sistemas de cultivo, riego y manejo, y el volumen aproximado de dinero que puede invertirse en aprovechamiento de la tierra.

En este capítulo se explica, con ejemplos, cómo se introducen consideraciones de carácter económico en la selección de los TUTs y en las clases de aptitud de la tierra.

Debido a que la mayoría de los países que acometen la rehabilitación o el desarrollo de sistemas de riego les preocupa mucho el impacto que las inversiones necesarias podrán tener en la economía en general, conviene aplicar métodos de análisis económicos más bien que financieros, para la clasificación definitiva de la aptitud de las tierras para riego[1]. Este enfoque contrasta con el adoptado por la USBR, que clasifica las tierras según su "capacidad de pago"; se trata fundamentalmente de una medida del impacto financiero del desarrollo de riego sobre el ingreso del agricultor corriente (véase Capítulo 10). La metodología de la FAO emplea análisis financieros, a base de presupuestos agrícolas, según se explica luego en este capítulo, para confirmar que, en las condiciones actuales o previstas del mercado, existen incentivos financieros para que el agricultor participe en programas de desarrollo de riego propuestos en una determinada zona agrícola.

Las ventajas de adoptar un análisis "económico" más bien que "financiero" para la evaluación de tierras comprende:

i. poner la metodología para la clasificación de tierras de acuerdo con la aplicada tradicionalmente en la evaluación de proyectos, especialmente por los organismos financieros internacionales;

ii. evitar las anomalías en la clasificación causadas por variaciones en la política y legislación de reembolso de los costos y en el grado de responsabilidad de los agricultores por los costos de desarrollo de las tierras con regadío.

---

1 Para una exposición de la descripción entre análisis económico y financiero, véase Gittinger (1982); en el Apéndice 3 se reproduce un fragmento.

iii. eliminar las distorsiones de valores que provoca la intervención oficial, como subvenciones, controles y cuotas; primero, porque encubren precios "reales" y en segundo lugar por su carácter provisional y variable.

7.1 TERMINOLOGIA

i. Medidas de aptitud

En el Capítulo 2 ya se han definido tres posibles medidas de clases de aptitud de la tierra, a saber:

- Indice de productividad de la tierra, con el que se define la productividad física de la tierra en relación con la mejor tierra (véase Sección 2.4);

- Ingreso agrícola neto, es decir, valor obtenido restando los costos variables y fijos del valor bruto de producción en una determinada unidad de tierra (Sección 2.4);

- Beneficio incremental neto del riego (BINR), medida del aumento potencial de productividad de una superficie unitaria de tierra cuando se desarrolla con arreglo a un plan determinado, todo ello expresado en términos económicos como Valor Equivalente Anual (véase más adelante en este mismo capítulo).

El equipo de evaluación de tierras debe decidir cuál de esas medidas de aptitud es la más apropiada para una determinada evaluación. En general, en los estudios de baja intensidad de reconocimiento convendrá una medida física de su productividad. El ingreso agrícola neto puede ser una medida suficiente para clasificar a una tierra como "provisionalmente regable" antes de que se disponga de estimaciones seguras de los costos comunes del proyecto y de los costos de desarrollo de la tierra. Sin embargo, pueden reducirse considerablemente las revisiones y reajustes futuros haciendo estimaciones iniciales del ingreso agrícola neto incremental y de los valores límite entre tierras "aptas" y tierras "no aptas". En la clasificación final de tierras "regables" dentro de un determinado plan de proyecto, el BINR es la medida apropiada de una clase de aptitud según se explica en la Sección 2.4, y más exhaustivamente en el presente capítulo.

ii. Cálculo de intereses y de descuento

En los manuales económicos ordinarios se explican los cálculos de intereses y de descuento mediante los cuales los valores monetarios se manejan para llegar a diversos valores debido al transcurso del tiempo. Las corrientes de valores que se producen periódicamente pueden transformarse en un valor actual global, o en un valor de final de período. A la inversa, un valor único puede extenderse (amortizarse) a lo largo de un período de tiempo. El tipo de interés empleado en estos cálculos puede ser el costo de oportunidad del capital o una tasa que satisfaga al cliente o patrocinador de la investigación. En determinados casos, puede convenir una tasa social de descuento en lugar de una tasa de descuento relacionada con el costo de oportunidad del capital. Los procedimientos necesarios se limitan a unas prácticas uniformes que se ilustran en el Apéndice 2.

7.2 PRESUPUESTOS PARA COMPARAR INGRESOS

Para atribuir valores netos a la producción de cada TUT, es necesario preparar presupuestos de cultivos o agrícolas de carácter total o parcial. Las referencias que aparecen en la bibliografía (Brown, 1982; Gittinger, 1982; Yang, 1965) sirven de guía para preparar presupuestos agrícolas y análisis empresariales de cultivos o de producción pecuaria. Se suelen preparar presupuestos en detalle para mostrar el ingreso neto de una explotación, una unidad de superficie, o una empresa. Pueden registrarse los datos correspondientes desarrollando una metodología y unas hipótesis, y luego conservarlos para que sirvan de referencia en el futuro.

Después de eliminar de la lista inicial los TUTs claramente menos prometedores, podrán analizarse los restantes en función de los presupuestos agrícolas para obtener ingresos agrícolas netos expresados en precios económicos. Para cualquier unidad o grupo de tierra, pueden ser recomendados uno o más TUT alternativos. Donde sea apropiado puede verificarse las variaciones en niveles de ingresos y salidas por medio de presupuestos parciales.

Generalmente hacen falta presupuestos que representen:

i. la situación actual <u>sin</u> el proyecto,
ii. la situación futura <u>sin</u> el proyecto,
iii. la situación futura <u>con</u> el proyecto.

Los dos primeros tipos de estos presupuestos para la situación "sin" proyecto suelen ser parecidos salvo cuando se considera que las tendencias harán probablemente el entorno futuro diferente del actual. En algunos casos (por ej., cuando se prevé que la salinidad aumentará de no existir el proyecto), ha de admitirse el empeoramiento de la situación en el sentido de que el presupuesto para el caso "sin" proyecto supone un estado peor que el de la situación actual. En muchas zonas de secano, puede representarse la situación futura "sin" proyecto por un presupuesto simple (o unos pocos) si la situación actual es bastante uniforme y estable a todo lo largo del tiempo.

Se necesitarán presupuestos que representen la situación futura "con" proyecto para cualquier número de TUTs que se quiera examinar para una unidad de tierra. Unos pocos presupuestos para toda la explotación que representen la tendencia modal, pueden servir de base para presupuestos parciales conexos en los que se examinen de forma sucesiva los efectos de las variaciones como niveles de tecnología y manejo, tamaño de la explotación, niveles de producción e insumos, diferentes supuestos de rendimiento agrícola, variaciones en el suministro de agua, etc., según el grado de detalle necesario.

Para comenzar a descartar los TUTs menos prometedores, hay que ordenarlos por índice de productividad de la tierra, ingreso agrícola neto, o BINR, según el indicador que convenga para la fase de la evaluación. Las comparaciones económicas ayudarán a elegir los requisitos y las limitaciones clasificadoras para cada TUT.

Al efectuar los análisis a nivel de explotación para elegir la composición de empresas o comprobar la viabilidad de los distintos tipos o niveles de insumos o productos, conviene un tipo abreviado de presupuesto que sólo se ocupe de los cambios pertinentes. En el Cuadro 18 se ilustra

cómo pueden ensayarse tres opciones en función del ingreso agrícola. Se comparan dos opciones para inversiones en mejoras de riego en la explotación con la opción de ninguna mejora. Se encontrarán muchas otras aplicaciones para la modalidad abreviada de presupuesto.

El Cuadro 19 presenta un ejemplo de un presupuesto agrícola completo, característico del tipo que conviene para analizar los TUTs a fin de obtener el ingreso agrícola neto. En el Anexo C que le acompaña (Cuadro 20) figuran los costos de producción agrícola por hectárea y en el Anexo L (Cuadro 21) figuran los requisitos de mano de obra por hectárea. Entre otros datos análogos auxiliares pueden figurar los apéndices del esquema mensual y estacional de necesidades de mano de obra empleo agroquímico y costos, etc.

Una variante del TUT A (Cuadro 22) que vale como ejemplo de un presupuesto parcial (es decir, una forma abreviada de presupuesto) podría consistir en una reducción del índice de productividad de la tierra, desde, digamos 100 por ciento (es decir, 1,0) al 75 por ciento (es decir 0,75) debido a las diferencias que existen en la tierra. A fines de aclaración, supóngase que el rendimiento agrícola sufre una depresión debido a un suelo de textura más gruesa y a un exceso de permeabilidad. Las pérdidas excesivas por percolación en esta tierra sitúan a un cultivo arrocero en un estrés mayor de agua, lo que determinará una baja del rendimiento. El Cuadro 22 es un presupuesto parcial que muestra los cambios en los costos y rendimientos variables de una situación, y arroja el ingreso agrícola neto.

Cuadro 18

PRESUPUESTOS PARCIALES PARA COMPARAR LOS BENEFICIOS BRUTOS OBTENIBLES PREVISTOS A PARTIR DE INVERSIONES ALTERNATIVAS EN NIVELACION TOPOGRAFICA DE TIERRAS Y EN RIEGO POR ASPERSION (una hectárea)

Cuadro 18 PRESUPUESTOS PARCIALES PARA COMPARAR LOS BENEFICIOS BRUTOS OBTENIBLES PREVISTOS A PARTIR DE INVERSIONES ALTERNATIVAS EN NIVELACION TOPOGRAFICA DE TIERRAS Y EN RIEGO POR ASPERSION (una hectárea)

Se hace una comparación utilizando tres opciones financiadas por el agricultor para sufragar los costos de desarrollo de la tierra de una determinada zona (riego de surco sin mejorar, nivelación de la tierra, riego por aspersión). La tierra puede cultivarse con riego en su situación natural a pesar de su topografía ondulada. Sin embargo, el nivel de rendimiento no alcanza su pleno potencial. La situación actual presenta las siguientes desventajas, que se evalúan en función de la depresión del rendimiento, aplicación de riego ineficiente, mayores exigencias de mano de obra, pérdida de fertilizantes a causa de una distribución dispareja del agua, y mejores costos por algunas labores de campo. El capital necesario para los trabajos de nivelación de tierra se calcula en $ 1 000 por hectárea. Para el sistema por aspersión, la inversión sería $ 1 500 por hectárea, con una vida útil de 20 años. La tasa de interés es de 8% por año.

Caso 1 – Verificación de la inversión en nivelación de la tierra frente al riego (en surco) de la tierra sin mejorar

Pérdidas		Ganancias	
Costos suplementarios:		Ahorro de costos:	
Interés y amortización del costo de nivelación de la tierra	102 $EE.UU.	Diferencia en la preparación de la tierra	2 $EE.UU.
Impuesto por aumento de las inversiones	15	Mano de obra suplementaria para regar los campos	24
Mantenimiento y reparaciones anuales	10	Reducción de intereses por capital de funcionamiento	4
		Valor de los fertilizantes desperdiciados	20
		Diferencia por cultivo	20
Ingresos perdidos:		Ingresos suplementarios:	
Ninguno		Valor del mayor rendimiento agrícola	210
Total	127 $ EE.UU.		280

Beneficio adicional proveniente de la nivelación de tierra para el riego en surco de la tierra sin mejorar: $280 menos $127 es igual a $153 por hectárea.

Caso 2 – Verificación de la instalación de un sistema por aspersión en comparación con el riego de surco de la tierra sin mejorar

Pérdidas		Ganancias	
Costos suplementarios:		Ahorro de costos:	
Intereses y amortización de la inversión en el sistema de riego por aspersión	152 $EE.UU.	Diferencia en la preparación de la tierra	10 $EE.UU.
		Diferencia en el cultivo	20
Impuestos por el aumento de inversiones	20	Valor de los fertilizantes desperdiciados	20
Mantenimiento y reparaciones anuales	150	Mano de obra suplementaria para regar los campos	42
Costos de combustible para motores	50		
Intereses por capital adicional de funcionamiento	9		
Ingresos perdidos:		Ingresos adicionales:	
Ninguno		Valor del aumento del rendimiento agrícola	300
Total	381 $EE.UU.		392 $EE.UU.

Beneficio adicional del riego por aspersión frente al riego de surco: $392 menos $381 igual a $11 por hectárea.

Cuadro 19 PRESUPUESTO AGRICOLA TOTAL PARA TUT A (1,0) EN LA MEJOR TIERRA 1/ CON EXPLOTACION ARROCERA - 2,0 HECTAREAS CON Y SIN RIEGO COMPLEMENTARIO
Indonesia

Grado de índice de productividad de la tierra: 1,0

CONCEPTO		CON PROYECTO	SIN PROYECTO
Cultivos de estación lluviosa:			
Arroz de secano que rinde	2,0 t/ha	1,0 ha	
Arroz con regadío que rinde	4,2 t/ha	1,0 ha	2,0 ha
Cultivos de la estación seca:			
Soja bajo riego que rinde	0,6 t/ha		0,4 ha
Arroz bajo riego que rinde	4,0 t/ha		1,6 ha
Producción			
Arroz		6,2 t	14,8 t
Soja			0,24 t
Valor de producción		— valores en rupias x 1 000 —	
Arroz a	100 000 rupias/t	620,0	1 480,0
Soja a	195 000 rupias/t	620,0	46,8
Total		620,0	1 526,8
Costos variables (del Anexo C, véase Cuadro 20, para detalles):			
Arroz de secano	(1,0 ha)	69,0	
Arroz bajo riego	(1,0 ha)	113,0	
Estación húmeda	(2,0 ha)		238,0
Estación seca	(1,6 ha)		184,0
Soja (0,4 ha)			18,0
Total		182,0	440,2
Costos fijos		10,0	12,0
Costos totales		192,0	440,2
Ingreso agrícola neto, por explotación		428,0	1 074,6
Ingreso agrícola neto, por hectárea		214,0	537,3

Nota: Este cuadro se ha preparado empleando criterios de análisis económicos (véase Apéndice 3)

1/ El grado de índice de productividad de la tierra (1,0) representa la tierra de mejor calidad.

Cuadro 20

Grado de in

Prepara

Semilla

Fertiliza

Control

Cosecha

Mano de o

Otros

Preparaci

Semilla

Fertiliz

Control d

Cosecha

Mano de

Varios

Nota: Estr

Cuadro 20

ANEXO C CON DATOS JUSTIFICATIVOS DEL CUADRO 19
Costo de producción de una hectárea
Indonesia

Grado de índice de productividad de la tierra 1,0 (valores en rupias x 1 000)

	Arroz de secano	Arroz bajo riego		Soja
	Estación húmeda	Estación húmeda	Estación seca	Estación seca
	SIN PROYECTO			
Preparación de la tierra	15,0	15,0		
Semillas	4,7	4,0		
Fertilizantes	6,6	33,1		
Control de plagas	2,1	8,5		
Cosechas	6,0	11,4		
Mano de obra	32,0	38,0		
Otros	2,6	3,0		
Total	69,0	113,0		
	CON PROYECTO			
Preparación de la tierra		15,0	15,0	3,0
Semillas		4,0	4,0	6,6
Fertilizantes		33,1	33,1	3,1
Control de plagas		8,5	8,5	6,2
Cosecha		12,6	11,0	1,0
Mano de obra		42,0	40,0	22,0
Varios		3,8	3,5	3,1
Total		119,0	115,1	45,0

Nota: Este cuadro se ha preparado empleando criterios de análisis económico.

Cuadro 21

ANEXO L CON DATOS JUSTIFICATIVOS DEL CUADRO 19
Mano de obra por hectárea
Indonesia

Grado de índice de productividad de la tierra 1,0 (días)

	Arroz de secano	Arroz bajo riego		Soja
	Estación húmeda	Estación húmeda	Estación seca	Estación seca
	SIN PROYECTO			
Preparación de la tierra	40	40		
Siembra	35	35		
Cuidado del cultivo	50	55		
Cosecha	35	35		
Total	160	190		
	CON PROYECTO			
Preparación de la tierra		40	40	25
Siembra		35	35	20
Cuidado del cultivo		75	75	30
Cosecha		60	50	30
Total		210	200	110

Nota: En el análisis económico se considera como gasto toda la mano de obra, tanto la contratada como la familiar.

Cuadro 22 PRESUPUESTO AGRICOLA PARCIAL PARA EL TUT A (0,75) PARA TIERRAS 1/ CON UN INDICE DE 75% RESPECTO A LA MEJOR TIERRA CON EXPLOTACION ARROCERA - 2,0 HECTAREAS CON Y SIN RIEGO COMPLEMENTARIO
Indonesia

Grado de índice de productividad de la tierra 0,75 (valores en rupias x 1 000)

CONCEPTO	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
Valor reducido del cultivo 2/	155,0	381,7
Gastos reducidos:		
Costos variables		
Cosecha reducida		
Arroz de secano (1,0 ha)	0,9	
Arroz bajo riego (1,0 ha)	2,3	
Estación húmeda (2,0 ha)		3,8
Estación seca (1,6 ha)		3,5
Soja (0,4 ha)		0,1
Otros gastos variables: sin cambio		
Costos fijos: sin cambio		
Reducción neta en el ingreso	151,8	374,3
Ingreso agrícola neto de TUT A (1,0) por explotación	428,0	1 074,6
por hectárea	214,0	537,3
Ingreso agrícola neto de TUT A (0,75) por explotación	276,2	700,0
por hectárea	138,1	350,15

1/ Respecto del TUT A (1,0) en el Cuadro 19.

2/ La deficiencia de suelo evaluada se calcula que tiene el mismo efecto en la producción agrícola sin proyecto o con proyecto. Tal vez no ocurra así donde el empleo de la tierra vaya a variar notablemente por efecto del proyecto.

7.3 EMPLEO DE LOS COSTOS Y BENEFICIOS PARA DETERMINAR LA CLASE DE APTITUD DE LA TIERRA

Los presupuestos totales o parciales arriba descritos ofrecen una estimación del ingreso agrícola neto por hectárea que se puede atribuir a un determinado sistema de cultivo o TUT en varios niveles de productividad en situaciones "sin" y "con" proyecto. Para determinar las clases de aptitud de la tierra, es necesario tomar en cuenta también:

- costos comunes del proyecto, y
- costos de desarrollo de la tierra para un área específica.

Estos beneficios y costos pueden integrarse para fines de clasificación en un valor denominado el Beneficio Incremental Neto del Riego (BINR). Este podrá calcularse así:

(A) Ingreso agrícola incremental neto (es decir, ingreso agrícola neto "con" proyecto, menos ingreso agrícola neto "sin" proyecto derivado de los presupuestos); calculado normalmente para el año de pleno desarrollo;

Menos (B) Valor equivalente anual de los costos comunes;

Menos (C) Valor equivalente anual de los costos de desarrollo de la tierra para un área específica.

De aquí se sigue que si (A) <u>menos</u> (C) es menor que (B), la tierra que se trata es "No Apta" para el desarrollo de riego y puede clasificarse como N1 o N2. El valor equivalente anual de los costos comunes (B) representa, pues, el valor límite para el ingreso agrícola incremental neto necesario (previo pago de los costos de desarrollo para un área específica).

También será evidente que (A) <u>menos</u> (B) equivale a la cantidad permisible máxima la cual puede gastarse en el desarrollo de la tierra de un área específica (C), expresado en valores anuales equivalentes.

Para establecer los límites de clases "Aptas" (es decir, entre A1, A2 y A3), el rango del BINR entre el punto límite (BINR = 0) y el máximo obtenible en la zona de un proyecto puede dividirse en tres segmentos iguales o desiguales. El empleo de una nomografía simplifica la asignación de clases (véase Subsección 7.3.3 y Figura 2).

A continuación se dan ejemplos de cálculos de los valores límites de los costos permisibles de desarrollo y del BINR, así como de la traducción del BINR en clases de aptitud de la tierra.

7.3.1 <u>Establecimiento del límite entre tierra Apta y No Apta</u>

Las consecuencias económicas de las variaciones de productividad física y los costos de producción marcarán la frontera o punto límite entre la tierra que es apta para el riego y la que no lo es. Cuanto más pobre sea la tierra que vaya a clasificarse como "Apta" debe ser capaz de asumir los costos comunes del proyecto que le corresponde, de lo contrario habría que clasificársela como "No Apta". La divisoria de una clasificación "regable" está representada por el equivalente anual del costo de desarrollo,

operación y mantenimiento del proyecto, menos los costos de desarrollo de cualquier área específica. La tierra que no puede generar un valor incremental neto de producción equivalente al o más grande que el valor límite se clasificaría normalmente como "No Apta".

El valor límite se calcula dividiendo la inversión en servicios comunes del proyecto por el número de hectáreas del proyecto, transformando este valor en un costo anual equivalente, y agregándole los costos de operación y mantenimiento anuales del proyecto (los costos de reposición son mucho más fáciles de representar como un equivalente anual en los costos de operación y mantenimiento, OM & R).

La conversión de los valores de inversión a costos equivalentes anuales (y cualesquiera otras operaciones de descuento necesarias), utilizará el tipo de interés de la inversión o los costos de oportunidad del capital especificados por el patrocinador del proyecto. (En los ejemplos que siguen se supone una tasa hipotética del 12 por ciento y una vida de proyecto de 50 años). El Apéndice 2 muestra cómo se efectúa el descuento.

Los costos comunes del proyecto no comprenden los costos de mejoras de la tierra o desarrollo de la misma (por ej., para su desbroce, drenaje, nivelación, etc.). Estos últimos son costos propios de un área específica y son factores clasificadores de la tierra.

El Cuadro 23 ilustra cómo podría calcularse el valor límite para un proyecto hipotético.

Cuadro 23 CALCULO DE UN VALOR LIMITE ECONOMICO
Proyecto de riego de 2 500 hectáreas
Indonesia

(Valores en rupias x 1 000)

	PROYECTO TOTAL	POR HECTAREA
Inversiones en servicios comunes del proyecto	5 000 000	2 000
Costo equivalente anual (al 12% durante 50 años)	602 000	240
Costos anuales de operación y mantenimiento y reposición	25 000	10
Costos comunes anuales del proyecto	627 000	250
Valor límite por hectárea (o ingreso agrícola incremental neto necesario después de la asignación de los costos de desarrollo de un área específica)		250

Cuadro 24

CALCULO DEL BENEFICIO DE RIEGO INCREMENTAL
Proyecto de irrigación de 2 500 hectáreas
en Indonesia

Tipo de utilización de tierra A — Valores Rp x 1 000

			Indice de niveles de productividad de tierras 1,0 (Unidad de tierra 10)	0,75 (Unidad de tierra 16)
Beneficios del riego (por hectáreas):				
Ingreso neto del agricultor con proyecto			537	350
Ingreso neto del agricultor sin proyecto			-214	-138
Beneficios del riego incremental			323	212
Costo neto del proyecto:				
Costo del proyecto (2 500 ha)	5 000 000			
Costo por hectárea		2 000		
Amortización (12%, 50 años)		240		
Costo anual de funcionamiento, mantenimiento y remplazamiento		10		
Costo anual común del proyecto (por ha)			250	250
Area específica máxima permisible costo de desarrollo de la tierra en TUT A			73	-37
Costo estimado de desarrollo en esta unidad de tierra			0	
BENEFICIO NETO DE LA IRRIGACION INCREMENTAL (El exceso de beneficios sobre los costos)			73	

7.3.2 Establecimiento del rango de costos permisibles en el desarrollo de tierra de áreas específicas

El valor límite arriba expuesto fija la frontera inferior para el rango de costos permisibles de desarrollo de una tierra. Dentro de un análisis económico habrá de justificar cualquier gasto sobre la base de que los beneficios superan los costos y permiten que la productividad resultante de la tierra (después de los gastos) se mantenga por encima de ese valor límite. La frontera superior para el rango económico de tierras aptas se basa en el BINR para la tierra más productiva del proyecto (no simplemente la mejor tierra en un TUT).

Por ejemplo, si el valor límite fuera, digamos, Rp 250 000 por hectárea y la mejor tierra produjera beneficios incrementales de Rp 323 000, la escala de BINR para una tierra apta sería de Rp 1 rupia a 73 000 (anuales), si dicha tierra no tuviera costos de desarrollo específicos.

Si la cifra de Rp 73 000 (Cuadro 24) es el BINR para el TUT A (1,0) (según se desprende de los Cuadros 19-21) para una tierra clasificada como A1 en una clasificación "regable" y el BINR se capitaliza (al 12 por ciento durante 50 años), se aplica a la mejor tierra del proyecto un límite de inversión de Rp 606 200 como costo de desarrollo de una determinada tierra. La tierra de menor productividad cargaría con unos costos de inversión proporcionalmente inferiores.

Si este rango de valores BINR se dividiera en tres clases más o menos iguales, la tierra que genere un BINR de Rp 50 000 - 73 000 por hectárea se clasificaría como A1, la de Rp 25 000 - 50 000 como A2 y la de Rp 0 - 25 000 como A3. En algunos casos, convendrá establecer rangos desiguales que correspondan a las características destacadas de la tierra y a las mejoras relacionadas con ella como nivelación o drenaje.

7.3.3 Nomografía para una determinación rápida del BINR

La nomografía de la Figura 2 ilustra cómo puede representarse convenientemente el ingreso agrícola incremental neto menos los valores equivalentes anuales de costos comunes y de costos de desarrollo de una determinada tierra para facilitar el cálculo del BINR. El Ejemplo 1 que aparece en la nomografía representa una superficie que se convertirá en una tierra productora máxima (ingreso agrícola incremental neto de Rp 325 000) siguiendo gastos en desarrollo de un área específica de, digamos Rp 200 000. El valor equivalente anual de esta inversión es de Rp 25 000, a una tasa de interés del 12 por ciento durante 50 años. La línea quebrada que cruza la nomografía se extiende entre el tope de la escala del ingreso agrícola incremental neto (que representa la productividad máxima), hasta el punto en la escala de costos de desarrollo que refleja una inversión de Rp 200 000 (Rp 25 000 anuales). Con un BINR de Rp 50 000, el terreno se halla en el límite entre A1 y A2.

El Ejemplo 2 de la Figura 2 muestra cómo un terreno que requiere el mismo costo de inversión para desarrollo de la tierra puede sólo producir un ingreso agrícola incremental neto de Rp 280 000. Obsérvese que la línea quebrada de la nomografía se cruza con la escala de BINR en Rp 5 000, lo que corresponde a una clase de aptitud de la tierra de A3.

La nomografía no revela nada que no puede calcularse directamente, pero sirve como una herramienta conveniente para demostrar visualmente las interacciones. Es bastante simple construir una nomografía. Utilizando papel de gráficos, se colocan las escalas verticales equidistantes entre sí. Las dos escalas exteriores son todas de la misma longitud y tienen un tamaño que se ajusta a las subdivisiones del papel y facilita una fácil lectura. La escala de BINR en el centro tiene la mitad de longitud de las dos escalas exteriores.

Los valores empleados para la nomografía se generan determinando el valor límite, los valores del ingreso agrícola neto en los presupuestos agrícolas y el rango de costos permisibles de desarrollo de un área específica.

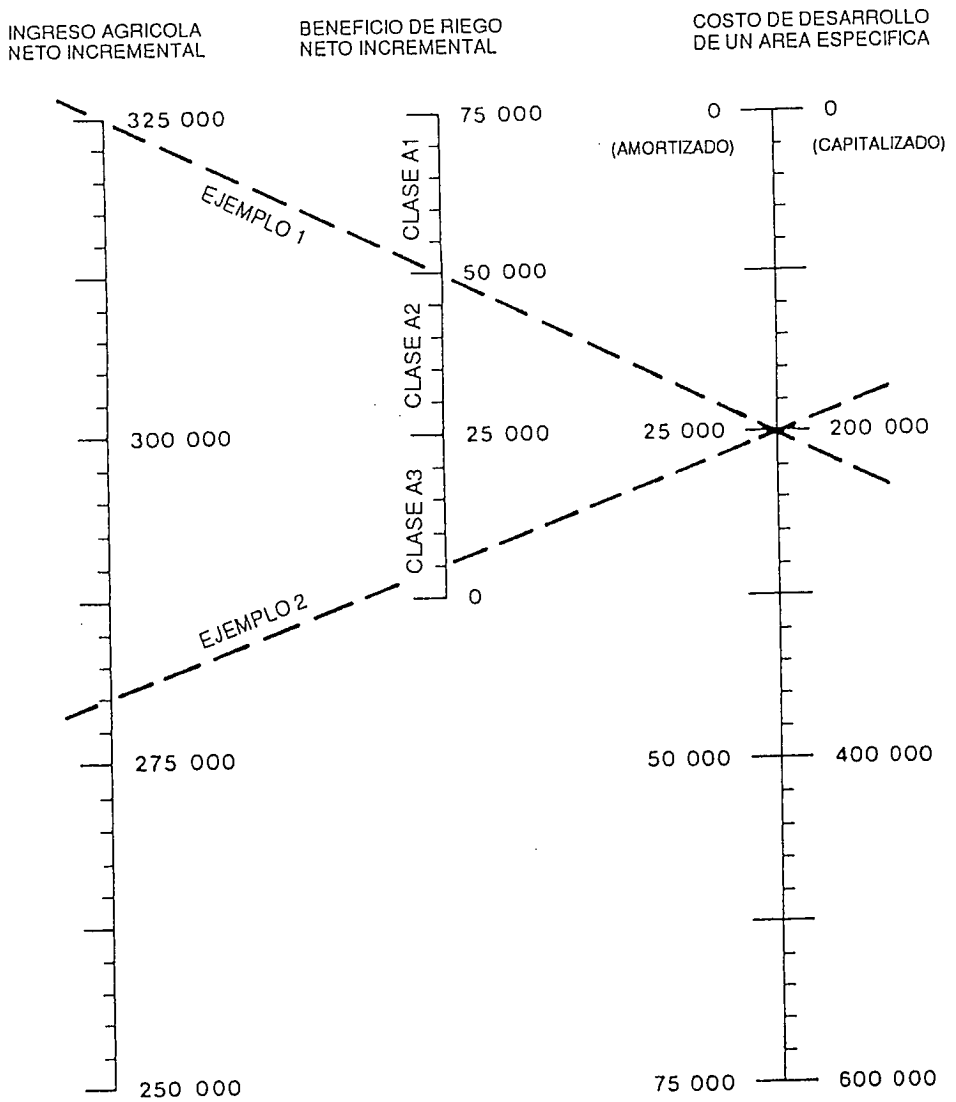


Figura 2: Nomógrafo para correlacionar el ingreso agrícola incremental neto, el beneficio incremental neto de riego y el costo de desarrollo de un área específica (rupias).

Los costos de desarrollo permisible de una determinada tierra para una determinada clase de aptitud de la misma pueden calcularse utilizando el valor en la base de cada clase como línea divisoria. Si los costos de desarrollo de la tierra superan la cifra calculada para la clase, la tierra debe disminuir de clase. Por ejemplo, en el caso donde los rangos por hectárea para una tierra "Apta" se establezcan así:

Beneficios incrementales de la Clase A1	Rp 325 000 ha/año
Valor límite	250 000 ha/año
Rango del BINR	Rp 75 000 ha/año

Los costos admisibles de desarrollo de una determinada tierra para una clase dada de aptitud puede calcularse empleando el valor en la base de cada clase como un límite, según se ilustra en el Cuadro 25. Las tierras muy productivas tendrán, naturalmente, unos mayores costos de inversión que las tierras marginalmente productivas. En el Cuadro 25 se observará fácilmente que la tierra con un factor físico de productividad que es de A3 no soportaría el valor equivalente anual de costos de desarrollo de Rp 35 000; sin embargo, una tierra con una clasificación por factores de A1 y A2 toleraría ese costo pero sus clasificaciones finales podrían reducirse a A2 y A3 debido a tales costos.

Cuadro 25 COSTOS PERMISIBLES DE DESARROLLO DE TIERRAS PARA UN AREA ESPECIFICA

	CLASIFICACIONES POR FACTORES PARA EL RENDIMIENTO RESPECTIVO		
	A3	A2	A1
Rangos de rendimiento potencial respectivo	0,85-0,90	0,90-0,95	0,95-1,00
Costos permisibles de desarrollo (equivalente anual) Rp	25 000	50 000	75 000
Costos actuales de desarrollo (costo equivalente anual), digamos, Rp	35 000		
BINR (beneficio incremental neto de riego) Rp	- 10 000		
Clasificación final	N1		

7.4 SELECCION FINAL DE LOS TUTS PARA LA TIERRA "REGABLE"

En la etapa "provisionalmente regable" de la evaluación, cada unidad o grupo de unidades de tierra puede clasificarse con respecto a uno o varios TUTs. La clasificación de tierra "regable" es más precisa y debería resultar generalmente en una determinación del número de hectáreas, por clases y subclases de aptitud de la tierra, comprendiendo una zona recomendada de riego dentro de un proyecto. Habrá otras alternativas que deberán traducirse en propuestas específicas de sistemas de cultivo, riego y manejo que sean realistas, viables y de probable aplicación. Esto es un modelo de uso de la tierra para la zona del proyecto probablemente como un conjunto emergente.

Cuadro 26 RESUMEN DE LAS CLASES DE TIERRA REGABLES Y AREA DE UN PROYECTO HIPOTETICO - INDONESIA

(Ingreso agrícola neto Rupias/ha x 1 000)

Clase de tierra y unidad de tierra N°	ha	TUT A Hortalizas ha	TUB B Arroz ha	Indice de productividad de la tierra	Ingreso agrícola neto Rupias/ha x 1 000	BINR Rango de rupias/ha x 1 000
Clase A1	552	400 (1)	152	0,95 a 1,0	300 a 352	50-75
Unidades de tierra: 7, 9, 10, 13, 15, 17						
Clase A2	1 500		1 550	0,90 a 0,95	275 a 300	25-50
Unidades de tierra: 1,3,4, 6,8,14,19,20, 21,22						
Clase A3	398		398	0,85 a 0,90	250 a 275	0-25
Unidades de tierra: 2,5,11						
TOTAL REGABLE	2 500	400	2 100			
Clase N1	505					
Unidades de tierra: 12, 16,18						

(1) La distribución de la zona en clase regable A1 entre un TUT A y un TUT B es hecho para facilitar la estimación de los beneficios que derivan del proyecto. Se basa en la demanda limitada del mercado para una producción hortícola local. Para ese uso de la tierra no se designa ninguna unidad de tierra particular o hectárea, aunque el tipo de la superficie del TUT A resulta de consideraciones prácticas.

Este esquema de utilización de la tierra servirá de base para ubicar los sistemas principales de abastecimiento de agua y drenaje del proyecto, así como para calcular los beneficios del riego. Cada combinación de unidad de tierra con un TUT termina (es decir, como A1, A2, etc.) en una clasificación de tierra "regable".

En el Cuadro 26 se resume una clasificación de tierra "regable" para un proyecto hipotético. Se observará que, dentro de una clase de aptitud de la tierra, pueda representarse más de un TUT. Obsérvese en este ejemplo el reparto de las tierras de la clase A1 entre un TUT A y un TUT B, por otras razones distintas a la aptitud de la tierra, por ej., necesidades comerciales, para nivelar los períodos punta de mano de obra, mejorar la liquidez monetaria estacional, o para atenuar la dependencia excesiva de un determinado cultivo, etc.

El procedimiento arriba expuesto permite determinar los beneficios del riego, pero no da al agricultor el esquema de utilización de la tierra preciso. Podrían aplicarse otras consideraciones cuando convenga especificar rangos de utilización de la tierra, según los casos, para el grado previsto de control sobre su uso. Muchas veces conviene examinar más de un esquema general de ultilización de la tierra para el área del proyecto. Después de consultar entre el personal apropiado, se desarrollará un plan probable de utilización de la tierra que satisfaga los objetivos del proyecto y consiga la aprobación de las autoridades produciendo suficientes beneficios para justificar el proyecto en términos económicos. Sin embargo, hay un límite práctico al número de planes que pueden analizarse cuando tienen que cumplirse plazos límite. Otros miembros de un equipo de planificación del proyecto esperarán a que se presente la evaluación de tierras sin demora excesiva y en una forma razonablemente definitiva de suerte que puedan completarse en el tiempo previsto los aspectos hidrológicos, de ingeniería y demás partes de los estudios del proyecto.

El modo de tabular los resultados de la evaluación de tierras podría variar mucho según los detalles que hagan falta. Si el cuadro es extensivo y se ocupa de subclases y de varios TUTs, tal vez no sea útil incluir columnas que muestren el índice de productividad de la tierra, el ingreso agrícola neto y los rangos del BINR. Por otra parte, las clases de aptitud de la tierra obtenidas utilizando estas tres medidas podrán cambiar, según se explica en la Sección 2.4, para cualquier unidad de tierra dada o combinación de TUT.

7.5 CONFIRMACION DE LA VIABILIDAD FINANCIERA DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL AGRICULTOR

Los análisis económicos precedentes para la clasificación de "regable" se han referido al proyecto en su conjunto. Si el plan del proyecto, es sostenerse, debe ser también financieramente remunerador para los agricultores individualmente considerados. Hace falta un análisis que emplee datos, precios y criterios financieros y no sólo económicos (véase Gittinger, 1982 y Apéndice 3) para confirmar así el interés financiero de la propuesta desde el punto de vista del típico agricultor.

Para ello hacen falta presupuestos agrícolas completos para los tipos y tamaños representativos de explotaciones. En esos presupuestos:

i. deben cubrirse todos los aumentos de costos de producción (incluidos los cánones de agua cuando corresponda);

ii. deben cubrirse los aumentos de los gastos de inversiones correspondientes al agricultor;

iii. se calcularán los rendimientos ingresados en relación con el capital social, el manejo familiar agrícola y el insumo de mano de obra, los precios u otros imprevistos (podrán incluirse otros conceptos);

iv. el ingreso neto se encuentra deduciendo todos los costos y prestaciones del valor de las ventas agrícolas y de los productos agrícolas consumidos en la finca.

Cuadro 29

FACTORES QUE PUEDEN DETERMINAR LA CLASE DE APTITUD DE LA TIERRA PARA ARROZ DE TIERRAS BAJAS EN INDONESIA 1/

DESCRIPCION DEL TIPO DE USO DE LA TIERRA Cultivo: Arroz de tierras bajas					
Característica o calidad de la tierra	Unidades	LIMITES CRITICOS			
		A1	A2	A3	n
Duración del período vegetativo	días	120	105 – 120	95 – 105	95
Temperatura media durante el período vegetativo	ºC	24 – 26	26 – 28 22 – 24	28 – 30 20 – 22	30 20
Necesidades de agua (de lluvia y de riego)	mm/año	>1 600	1 300–1 600	1 000 – 1 300	<1 000
Clase de drenaje del suelo 2/		1, 2	3, 4	5	
Textura del suelo 3/		8, 9 10, 11	6, 7 12, 13 14, 15	5 16, 17	1, 2, 3, 4, 18
Profundidad de las raíces	cm	25	25	25	25
pH del suelo		5,5 – 6,5	6,5 – 7,5 5,0 – 5,4	7,6 – 8,2 4,5 – 4,9	8,2 4,5
Salinidad del suelo	dS/m	3	3 – 5	5,1 – 6,5	6,6 – 8
Absorción de nutrientes N (eliminación de nutrientes P entre paréntesis) K	kg/ha	160 32 250	110 24 170	75 18 110	48 (30) 14 (9) 60 (10)

Adaptado de Bunting, 1981.

1/ Obsérvese que no tòdas las características de la tierra arriba indicadas serían clasificadoras. La clase de aptitud de la tierra se basa en las que lo son, teniendo en cuenta sus "interacciones" (Sección 6.2) e "Importancia" (Véase Sección 6.3)

2/ Clave para las clases de drenaje: 1 = muy pobremente drenado, 2 = pobremente drenado, 3 = imperfectamente drenado, 4 = moderadamente bien drenado, 5 = bien drenado, 6 = algo excesivamente drenado, 7 = excesivamente drenado

3/ Clave para las clases de textura: 1 = grava, 2 = arena gravosa, 3 = arena media, 4 = arena fina, 5 = arena franca, 6 = franco arcillo arenoso, 7 = franca, 8 = franco arcilloso arenoso, 9 = franco limosa 10 = lima, 11 = franca arcillosa, 12 = franco arcilloso limosa, 13 = arcilloso arenosa, 14 = arcillo caolinítica, 15 = arcilla limosa, 16 = arcillas mezcladas, 17 = arcilla montmorilonítica estructurada, 18 = arcilla montmorilonítica masiva.

Para ilustrar el tipo de mapa que pudiera presentarse como resultado de un estudio de reconocimiento, en la Figura 3 se muestra el resultado de un gran estudio de planificación de una cuenca hidrográfica en Sri Lanka. El estudio original de la FAO (1968b) preveía un programa de desarrollo de 30 años para aprovechar los recursos de tierras y aguas del río Mahaweli. Los resultados del estudio indicaban la posibilidad de regar 237 000 hectáreas de nuevos arrozales y el suministro de más agua estacionalmente a 104 000 hectáreas de los actuales arrozales de una sola cosecha. Las propuestas fueron para un programa escalonado para desarrollar una serie de esquemas de riego, algunos en la cuenca hidrográfica del propio Mahaweli, y otros en las cuencas adyacentes con agua complementaria tomada del río Mahaweli mediante túneles, canales y transvase u obras de derivación. El programa de desarrollo comprendía centrales hidroeléctricas en cabecera, además de presas y embalses de almacenamiento para proporcionar agua en la estación seca. La Figura 3 muestra las zonas que se designaron para un desarrollo escalonado como resultado de esta evaluación. Más tarde se encargaron los estudios de factibilidad de varias de estas zonas, lo que dió paso a la ejecución del proyecto.

8.2 ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD Y FACTIBILIDAD

Los mapas presentados en los estudios de prefactibilidad y factibilidad suelen ser de escalas que van de 1:25 000 a 1:50 000, con mapas auxiliares de menor escala según interese para el resumen ejecutivo. A falta de un conocimiento pleno de los costos de suministro de agua y desarrollo, la aptitud de la tierra puede clasificarse sobre la base del ingreso agrícola neto. Una zona "regable" puede luego delinearse desde dentro del área "provisionalmente regable" empleando el BINR, como una medida económica de aptitud. Las Figuras 4a y 4b son mapas a pequeña escala que muestran tierras "provisionalmente regables" y "regables", en etapas sucesivas, para el proyecto del Colector Sur en Chipre (Departamento de Desarrollo de Aguas, Chipre y LRDC, 1982).

Al nivel de tierras "provisionalmente regables", se presentarán normalmente varias alternativas de uso de la tierra con una clasificación de sus respectivas aptitudes en diversas áreas de tierras, y con subclases que indiquen algunos de los requisitos de desarrollo de la tierra (por ej., drenaje) para áreas contiguas que fusionen las distintas unidades de tierras cartografiadas. Pueden presentarse mapas de aptitud de las tierras para cada TUT, o también puede presentarse un único mapa con una leyenda tabular que indique los TUTs alternativos y sus clases y subclases de aptitud, utilizando adaptaciones apropiadas del Formulario 5 (Cuadro 9, Capítulo 2). Los mapas pueden utilizarse independientemente del informe y deberán ser, por lo tanto, de por sí autoexplicatorios. En el Cuadro 30 se reproduce un ejemplo de la leyenda que ilustra la clasificación de las unidades de tierra para algunos de los TUTs indicados en el Cuadro 11 (para Bali, Indonesia, véase Sección 4.1.2).

Cuadro 30

CLASES Y SUBCLASES DE APTITUD DE LA TIERRA PARA UNIDADES DE TIERRA Y COMBINACIONES DE TUT EN UNA CLASIFICACION REGABLE ILUSTRANDO UN MAPA CON LEYENDA

Tipos de utilización de la tierra (TUT)1/		ARROZAL DE RIEGO				Cítricos bajo riego	Cocoteros (de secano)	Cultivos alimenticios de secano
		Dos cosechas de arroz/año	Arroz y dos cosechas de palawija/año	Arroz y soya/año	Una de arroz/barbecho			
Unidades de tierra en el mapa y en la zona		TUT 1.1.1	TUT 1.2.2	TUT 1.2.3	TUT 1.1.4	TUT 1.5	TUT 2.1	TUT 2.2
	ha							
1	10	N1m	A3m	A2m	A1	A3rm	A1	A1
2	15	N1m	A3m	A2m	A1	A3rm	A1	A1
3	6	N1m	N1m	A2t	A2t	A3rm	A1	A2p
4	34	N1m	N1m	N1m	N1m	A2d	A1	A1
5	25	A1	A1	A1	A1	A2r	A1	A1
6	18	A2m	A2m	A1	A1	N1d	A1	A1
7	20	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2
etc.								

1/ Los números de TUT se refieren al Cuadro 11.

8.2.1 Modelo de informe

La evaluación de tierras será sólo uno de los aspectos que entran en un informe de prefactibilidad o factibilidad. En las directivas para la Preparación de proyectos de riego y drenaje, (FAO, 1983) aparece una exposición del tipo de informe que hace falta.

Es necesario tener presente las diferentes categorías de lectores que usarán el informe, que van del lector general que desea en unas pocas páginas una reseña general, al especialista, que analizará los aspectos detallados de su especialidad. No existen reglas rígidas ni rápidas sobre la forma que debe adoptar un informe de preparación de proyecto, pero la mayoría de los grandes organismos de financiación exterior prefieren recibir un informe principal relativamente breve de unas 40 páginas sobre un proyecto, que va respaldado generosamente por anexos que contengan los datos pertinentes, el material descriptivo detallado, informes y mapas de evaluación de la tierra, diseños preliminares, especificaciones y estimaciones de costos y demás material de base.

El Informe principal debe comenzar con un breve resumen ejecutivo de las características más destacadas del proyecto, con destino a gobernantes y políticos, sin la propensión o el tiempo necesario para leer los capítulos siguientes. Otra posibilidad es presentar un resumen ejecutivo como documento aparte, que comprenda mapas recapitulativos que muestren las áreas "provisionalmente regables" o "regables" y un croquis de las obras de riego y drenaje.

A continuación se sugiere una secuencia de capítulos en un informe final. En el Cuadro 31 se indica el contenido de los capítulos.

<u>Resumen y conclusiones</u>

I. Introducción
II. Antecedentes
III. Racionalidad del proyecto
IV. Area del proyecto
V. Consideraciones de diseño del proyecto
VI. El proyecto
VII. Organización y gestión
VIII. Desarrollo agrícola y producción
IX. Mercados, precios y resultados financieros
X. Beneficio e impacto ambiental
XI. Temas pendientes y medidas complementarias

A continuación se presenta una serie típica de Anexos que pueden acompañar a un informe principal, aunque el número de volúmenes y sus títulos podrán variar de un proyecto a otro:

1. Recursos de aguas superficiales
2. Recursos de aguas subterráneas
3. Informe y mapas de evaluación de tierras
4. Desarrollo de la agricultura con regadío
5. Ingeniería (presas y derivaciones)

6. Ingeniería (sistema de conducción)
7. Costos de capital y recurrentes
8. Instituciones del proyecto
9. Mercadeo y precios
10. Resultados financieros
11. Análisis económico

La naturaleza y la extensión de los anexos deberán ser tales que prevean y respondan a las preguntas que probablemente hará el equipo de apreciación y el organismo de ejecución. En el Capítulo 9 se analizan más a fondo estos aspectos.

Cuadro 31 CAPITULOS TIPICOS E INDICE PARA UN INFORME PRINCIPAL DE UN PROYECTO DE RIEGO

Resumen y conclusiones

I. INTRODUCCION
Orígenes del proyecto
Organismos interesados
Entorno del proyecto

II. ANTECEDENTES
Marco nacional
Sector agrícola
Subsector de riego
Proyectos anteriores conexos

III. RACIONALIDAD DEL PROYECTO
Oportunidades de desarrollo
Obstáculos para el desarrollo
Selección de prioridades
Idea del proyecto

IV. AREA DEL PROYECTO
Caracterización general
Características físicas
Uso actual de la tierra y agricultura
Economía local
Aspectos sociales
Instituciones

V. CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL PROYECTO
Evaluación y clasificación de tierras
Obras de suministro de agua

VI. EL PROYECTO
Descripción del proyecto
Obras propuestas y otros componentes del proyecto
Oferta y demanda de agua
Ejecución del proyecto y calendario
Costos estimados
Financiamiento
Adquisiciones

VII. ORGANIZACION Y GESTION
Junta de riego
Servicios agrícolas auxiliares
Diseño y construcción del proyecto
Seguimiento y evaluación
Funcionamiento y mantenimiento
Capacitación

VIII. DESARROLLO Y PRODUCCION AGRICOLA
Estrategia para un futuro desarrollo agrícola
Aceptabilidad de las técnicas propuestas
Insumos
Rendimientos agrícolas y producción

IX. MERCADOS, PRECIOS Y RESULTADOS FINANCIEROS
Mercados y precios
Resultados financieros (nivel rural)
Análisis financiero (nivel de empresa)
Recuperación de costos

X. BENEFICIOS E IMPACTO AMBIENTAL
Beneficios y riesgos económicos
Beneficios y riesgos sociales
Impacto ambiental

XI. PROBLEMAS Y MEDIDAS COMPLEMENTARIAS
Aspectos pendientes
Medidas que se adoptarán antes de la estimación

9. LA IMPORTANCIA DE LA EVALUACION DE TIERRAS EN EL ANALISIS E IMPLEMENTACION DE PROYECTOS

9.1 APRECIACION DE LA FACTIBILIDAD

La mayoría de los organismos de inversión importantes exigen que el estudio de factibilidad realizado se someta a revisión por una misión de apreciación. Después de la terminación y presentación de las propuestas del proyecto, una revisión llevada a cabo por la misión de apreciación permite que se adopten las decisiones definitivas en cuanto a si el proyecto debería ser ejecutado, modificado o rechazado.

El propósito principal de la apreciación es confirmar que el proyecto está:

- conforme a los objetivos de desarrollo y las prioridades inmediatas del país;
- técnicamente factible y constituye la mejor de las alternativas disponibles dentro de las condiciones técnicas existentes y otras limitaciones;
- administrativamente trabajable;
- es improbable que influya de forma desfavorable sobre el medio ambiente.

La misión de apreciación elabora un informe con la justificación técnica, económica y financiera del proyecto propuesto y revisado, para su estudio por el organismo patrocinador y para las negociaciones de préstamo con el prestatario. Por lo general, las modificaciones y las "condiciones" se acuerdan en esta etapa, antes de su financiación y ejecución.

El informe de la misión de apreciación es un documento conciso y completo que trata los siguientes aspectos del estudio de factibilidad:

i. las políticas gubernamentales para el fomento agrícola y particularmente para el desarrollo del riego, en tanto que sean importantes para la delimitación del área a regar;

ii. la base de recursos físicos que aparece en los estudios de evaluación de las tierras y las propuestas de cultivo, riego y manejo;

iii. el examen socioeconómico de los interesados en la zona del proyecto para cerciorarse de que el desarrollo propuesto es adecuado a sus actitudes y capacidad y de que van a utilizarse las instalaciones y servicios;

iv. las opciones técnicas para el riego y drenaje de las tierras del proyecto y su escalonamiento, con el fin de asegurar la selección de la solución más económica y, al mismo tiempo, más realista;

v. el diseño preliminar y un plan de obras a nivel público y a nivel de fincas, para demostrar su aptitud y para estimar sus costos (y el escalonamiento de los mismos) y las características operacionales;

vi. la programación de los cambios en el uso de la tierra en agricultura (tamaño y tipo de empresas agrícolas, uso de la tierra, cambios en los cultivos y sus rendimientos) basándose en los recursos físicos y humanos, posibilidades de comercialización y precios previstos;

vii. el escalonamiento de las diversas medidas e insumos necesarios para obtener el plan agrícola;

viii. el manejo y organización necesarias para construir, encargar, operar y manejar el proyecto, dentro del calendario previsto;

ix. los beneficios financieros para los agricultores y para el organismo de operación, el grado de recuperación de costo por el organismo gubernamental correspondiente, el beneficio económico para el país y las repercusiones ecológicas del proyecto.

El análisis de los informes de evaluación de las tierras y de los mapas y los resultados de la revisión de la misión de apreciación sobre la forma en que se utilizaron los resultados de la evaluación de la tierra en la formulación del plan del proyecto, constituyen aspectos importantes de su trabajo. Por lo general, la misión de apreciación examina:

a. la base de datos en que se basó la evaluación de la tiera;

b. la descripción de los tipos de utilización de tierras TUTs posibles y los motivos para la elección de los sistemas de cultivo, riego y manejo;

c. la selección de los factores clasificadores y la especificación de los requerimientos y limitaciones del uso de la tierra;

d. la importancia relativa o la "significación" atribuida a los factores clasificadores en la elección de las clases y subclases de aptitud de la tierra;

e. la coherencia de los mapas del área "provisionalmente regable" y las consideraciones que fueron decisivas en delimitar la tierra apta;

f. la revisión de los mapas de aptitud de la tierra con el fin de delimitar el área "regable", la incorporación de los resultados de drenaje y otros estudios y la revisión de los límites de las unidades de tierra sobre la base de las consideraciones de suministro de agua y del BINR;

g. la coordinación entre ingenieros, economistas, agrónomos, sociólogos y técnicos de otras disciplinas para llegar a adoptar decisiones sobre las propuestas.

El informe de apreciación es una apreciación independiente del proyecto con las revisiones necesarias de las propuestas del estudio de factibilidad. Se trata de un informe previo fundamental antes de proceder a la financiación del proyecto detallado y su ejecución.

9.2 EJECUCION Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

Los informes de evaluación de la tierra y los mapas correspondientes se utilizan en el diseño detallado de las obras y en la disposición ordenada de fincas agrícolas y campos. Durante la fase de ejecución de un proyecto, las misiones de supervisión, que representan al inversor, suelen inspeccionar periódicamente los avances del proyecto y proporcionan al organismo competente información sobre los cambios en la ejecución del mismo, donde sea necesario. La función principal desarrollada por la misión de supervisión es comprobar que el proyecto se ejecuta y marcha en la forma prevista en los documentos del préstamo, pero tal vez sean necesarias algunas revisiones como consecuencias de circunstancias imprevistas. Fundamentalmente, el desarrollo es un proceso de aprendizaje a partir de la experiencia adquirida y resulta necesario adaptar y actualizar con cierta periodicidad los informes de evaluación de la tierra, las representaciones cartográficas y los planes basados en ellos.

Los proyectos de riego han de seguirse siempre de cerca para asegurar su éxito continuado. Los estudios de la factibilidad y los informes de apreciación deberán contener recomendaciones para su seguimiento y algunas de ellas se extraerán de los estudios de evaluación de la tierra. El seguimiento de los niveles del manto freático, de la salinidad del suelo y de su sodicidad, del suministro y del aprovechamiento del agua y de otras características variables de las tierras son medidas precautorias que sirven para advertir la presencia de cambios desfavorables en el medio ambiente dinámico. Si se pusieran de manifiesto tendencias desfavorables, pueden tomarse acciones correctivas mediante el manejo u otros cambios a ser ejecutados.

En el caso de que se produzcan cambios importantes en el cultivo, riego o manejo a causa de modificaciones habidas en circunstancias económicas o en las políticas gubernamentales, el proceso de evaluación de la tierra puede reiniciarse usando los inventarios existentes de recursos de tierras.

La rehabilitación de proyectos de riego que se hayan rechazado debido a un deficiente manejo, a cambios sociales o económicos o a una degradación ecológica, deberían también ir precedidas por una nueva evaluación de la aptitud de la tierra para asegurarse de que las medidas de rehabilitación son convenientes con las condiciones físicas, sociales y económicas predominantes.

10. EL SISTEMA DE CLASIFICACION DE TIERRAS DE LA OFICINA ESTADOUNIDENSE DE RECUPERACION DE SUELOS

En las décadas de los años 20 y 30 se desarrollaron, por primera vez, unos métodos avanzados de clasificación de tierras para la agricultura con regadío por parte de la Oficina Estadounidense de Recuperación de Suelos (USBR). Gran parte de los principios en los que se base el sistema de la USBR se han incorporado al Esquema de la FAO para la evaluación de tierras y también en el presente boletín. La finalidad de este Capítulo es resumir las características principales del sistema USBR y destacar en qué difiere del de la FAO.

El sistema de clasificación de la USBR para tierras con regadío se lleva a cabo en el contexto de un plan de proyecto y con respecto a los usos de las tierras definidos en dicho plan y que pueden tener un carácter general o más limitado. No existe ningún sistema propiamente dicho para definir los tipos de utilización de tierras como lo hay en el Esquema de la FAO; en vez de éstos, los sistemas son implícitos en la formulación del plan.

El sistema de clasificación de USBR incorpora consideraciones económicas generales desde el principio, tal como se recomienda también en la presente publicación. Esta circunstancia reviste importancia porque los proyectos de riego suelen traer consigo insumos y mejoramientos costosos tales como obras, sistemas de riego y drenaje, trabajos de desmonte y nivelación y otras tareas similares.

10.1 PRINCIPIOS

El Manual de Recuperación de la USBR (1951) y las posteriores instrucciones sobre la misma materia enumeran los siguientes principios del sistema de clasificación USBR:

i. Pronóstico: La clasificación debería reflejar las condiciones futuras tal como existirán después de la ejecución del proyecto. Con ello se admite que se producirán cambios en las relaciones entre suelos, agua y cultivos como consecuencia de los mejoramientos de las tierras y del riego y que el clasificador debería utilizar las clases establecidas para indicar si estos cambios son probablemente favorables o desfavorables.

ii. Correlación económica: En este principio se asume que se puede establecer una relación única, durante una clasificación, entre las condiciones físicas de la tierra, tales como características edáficas, topográficas y de drenaje y una medida económica de las escalas de clasificación. La medida utilizada es la capacidad de pago; es decir, la disponibilidad residual para sufragar el costo del agua después de satisfacer todos los demás costos por parte de los agricultores.

iii. Factores permanentes y variables: El clasificador debe distinguir entre factores permanentes, tales como la textura del suelo, la profundidad del suelo, el macrorrelieve, etc., y los factores variables, tales como la salinidad, el valor ESP, el valor pH, el microrrelieve, el nivel de nutrientes, los niveles de la capa freática etc. De este modo, el reconocimiento y la clasificación se orientan a determinar qué insumos y mejoramientos de los factores variables son rentables.

iv. Arabilidad - irrigabilidad: Se clasifica primeramente la tierra capaz, desde el punto de vista físico y económico de proporcionar a un agricultor un nivel de vida apropiado si dispone de agua para el riego. Dicha tierra se denomina "arable" (lo que tiene un significado diferente del que se suele dar a este término en su empleo ordinario). Las tierras arables constituyen zonas que justifican su consideración para incluirlas en un plan de desarrollo. Las tierras que se elijan para su inclusión en el plan de desarrollo se denominan tierras "regables". Este procedimiento de dos etapas se reproduce en esta publicación en la clasificación sucesiva de tierras "provisionalmente regables" y "regables".

10.2 TERMINOLOGIA USBR

Los significados exactos van asociados al empleo de los siguientes términos en el sistema de clasificación de USBR:

Tierra arable es aquella tierra que, en dimensiones apropiadas y adecuadamente provista de los mejoramientos fundamentales de nivelación, drenaje, instalaciones de riego y servicios similares, tendría una capacidad productiva, en condiciones de riego sostenido, suficiente para:

i. cubrir todos los gastos de producción, incluidos los costos de operación y mantenimiento del riego, y proporcionar una rentabilidad aceptable a la inversión agrícola;

ii. contribuir a proveer un razonable reintegro con respecto al costo de las instalaciones y servicios del proyecto;

iii. proporcionar un nivel de vida satisfactorio a la familia propietaria de la explotación.

Tierra regable es aquella tierra inicialmente clasificada como arable (potencialmente regable) que posteriormente resulta merecedora, desde el punto de vista económico (beneficios superiores a los costos), de su inclusión en un determinado plan de desarrollo, que comprende el recurso agua y otros servicios necesarios para un riego sostenido.

Tierra productiva es la máxima extensión de tierra regable dedicada al cultivo y constituye una medida que sirve de base para la determinación de los requerimientos de agua, capacidad del canal y capacidades de pago. Para las condiciones existentes en el oeste de Estados Unidos, la superficie productiva es aproximadamente de un 3 a un 6 por ciento menor que la superficie regable, debido a usos no productivos de la tierra tales como caminos agrícolas, drenajes y derivaciones laterales de las explotaciones agrícolas, estructuras de riego, cercos, edificaciones y parcelas de alimentación.

Tierra con servicio pleno de riego es una tierra regable que recibirá el suministro de agua completo a partir de una sola fuente.

Tierra con servicio complementario de riego es una tierra regable que recibe, o recibirá, un suministro adicional o regulado de agua mediante nuevas instalaciones.

Superficie bruta de clasificación es el área representada en los mapas y clasificada en un reconocimiento determinado.

Clase de tierra es una categoría de tierra que produce una capacidad de pago estándar hablando en términos financieros más que económicos. Esta es la definición utilizada en la práctica en Estados Unidos. Las medidas para sufragar los costos de desarrollo de las fincas y el reembolso del proyecto varían, en gran medida, entre los países en desarrollo y, la diferencia con lo que ocurre en Estados Unidos, no suelen estar firmemente establecidas antes de los estudios del proyecto. Por consiguiente, desde que la clasificación definitiva de tierras regables, bajo un plan de desarrollo económicamente justificado, sería la misma para las clases incluidas en el plan, tanto si la clasificación inicial está basada en el análisis financiero de la finca o explotación (capacidad de reembolso del agricultor) como en un análisis económico (beneficios del riego), podría ser una medida conveniente y ahorradora de tiempo para situaciones internacionales utilizar un método de evaluación económica uniforme para los estudios de clasificación de tierras al principio de las investigaciones. Las consideraciones de reembolso del proyecto y de tipo financiero de la finca o explotación pueden evaluarse y disponerse según pueda ser necesario después de que se haya formulado un plan de proyecto con justificación económica. Este método invertiría simplemente el orden de consideración de los dos factores principales en los estudios de la aptitud para el riego, la "viabilidad financiera" y la "justificación económica", con respecto, al orden empleado por la Oficina Estadounidense de Recuperación de Suelos. A la larga, esencialmente la misma clasificación de tierras "regables" debería resultar de uno u otro método.

Subclase de tierra es una categoría dentro de la clase de tierra que determina una deficiencia o deficiencias y viene indicada por una letra (es decir, s para suelos, t para topografía y d para drenaje).'

Apreciaciones informativas son estudios de determinados factores físicos para proporcionar informaciones necesarias para la planificación, desarrollo y ejecución de proyectos de riego. Los estudios pueden ser del uso actual de la tierra, productividad, aprovechamiento actual de la tierra, requerimientos de agua, etc., o bien apreciaciones informativas de drenabilidad y topografía.

10.3 CONSIDERACIONES FINANCIERAS Y ECONOMICAS

Se le presta gran importancia, en el sistema de clasificación USBR, a los estudios presupuestales de la finca o explotación y al concepto de capacidad de pago en la determinación de las tierras arables. La tierra de más baja calidad que puede clasificarse como "arable" se especifica lo antes posible en los estudios. En Estados Unidos, el requisito mínimo se establece por una ley que señala que las tierras regables deberán clasificarse con respecto a su capacidad en virtud de un programa agrícola determinado para sostener a una familia agrícola y para sufragar los costos del agua (Ley de conservación de suelos, 1924). En consecuencia, las tierras de calidad mínima se han definido como aquellas que son capaces de servir de sostén a una familia agrícola y de sufragar, como mínimo, los costos anuales de operación, mantenimiento y reparación que cabe prever cuando el proyecto se ponga en operación. Por consiguiente, en la clasificación inicial de "arabilidad", las clases de tierras son una expresión de sus diferencias respectivas en la capacidad de pago, lo que constituye una medida financiera más bien que económica.

La selección de tierras para el regadío tiene dos fases:

- selección de tierra arable basándose en consideraciones financieras de producción agrícola;

- selección de la superficie regable teniendo en cuenta la economía del plan del proyecto, siempre que los beneficios del riego determinados por una evaluación económica sean iguales o superiores a los costos del riego del proyecto.

Una financiación satisfactoria de la explotación agrícola es claramente fundamental para una agricultura con regadío sostenida. La aplicación de la economía al proyecto, como un conjunto, facilita la aplicación de una escala o diseño óptimo y la obtención de los máximos beneficios netos. Para el caso de proyectos de propósitos múltiples, puede formularse el plan correspondiente para asignar agua al riego, energía hidroeléctrica, abastecimiento de agua a nivel municipal e industrial y otros fines. De este modo, la superficie regable se elige teniendo en cuenta el agua asignada para riego y la magnitud y la localización de los sistemas de distribución de riego y de drenaje.

La aplicación de los criterios de formulación del plan del proyecto suele dar lugar a reducciones sucesivas de la tierra "arable" en el plan de desarrollo. Entre los reajustes característicos entran los siguientes:

i. la eliminación de incrementos antieconómicos de tierras tales como los que resultan demasiado costosos de atender, drenar o dotar de obras de distribución;

ii. reajuste de superficie de tierras al suministro de agua disponible y la eliminación de parcelas ubicadas en partes altas de difícil riego superficial o a elevaciones que no son fácilmente regables por impulsión;

iii. exclusión de sectores aislados, de parcelas irregulares, de áreas apartadas y supresión de los derechos de paso públicos;

iv. eliminación de áreas que no pueden cumplir con los criterios mínimos para obtener un rendimiento económico dentro del plan.

La selección de tierras está basada, pues, en criterios que exigen que las tierras escogidas:

a. estén incluidas en un plan que tenga una relación beneficio/costo favorable;

b. tengan una capacidad de amortización suficiente para sufragar los costos de construcción correspondientes;

c. tengan capacidad para cubrir los gastos previstos de operación anual, mantenimiento y reposición.

Teniendo en cuenta los estudios de presupuesto de la finca o explotación y un conocimiento de los costos previstos anuales de operación, mantenimiento y reposición (Om & R) para el agua que ha de suministrarse a la explotación, puede realizarse una estimación de la cantidad máxima de dinero que debería gastarse en el desarrollo de la tierra para regadío (costos permisibles para el desarrollo de la tierra). Por ejemplo, en la

hipótesis de que un presupuesto agrícola arrojara una capacidad de pago de 20 dólares por acre para la mejor tierra de Clase 1 en el área del proyecto y de que también los costos anuales de operación, mantenimiento y reposición se estiman en 7,50 dólares. Este último costo se utiliza como la capacidad de pago mínima para cualquier tierra que vaya a incluirse en el proyecto con regadío. La diferencia en la capacidad de pago entre la mejor tierra y la tierra de calidad mínima (20,00 - 7,50 = 12,50 dólares) es el costo permisible de desarrollo de riego. Con un tipo de interés del 6 por ciento, la diferencia de 12,50 dólares en la capacidad de pago equivaldría al interés anual que devengarían unos 208 dólares. Por consiguiente, si la productividad de un terreno desnivelado, una vez explanado, fuera igual al de la tierra de Clase 1, podría gastarse hasta una cantidad de 208 dólares por acre para la obra de desarrollo de la tierra antes de que esta última no se considerara ya como financieramente apta para su puesta en riego. Esas tierras que exigen unos costos de desarrollo superiores a los costos medios para una tierra de Clase 1, pero dentro del límite adicional de 208 dólares por acre, se depreciarían a una clase arable más baja con respecto a los rangos de costos de desarrollo que se determinan a partir de las clases de pago ilustradas a continuación. En este ejemplo particular, cualquier tierra podría incluirse en la categoría arable en tanto que su capacidad de pago resultante fuera igual o superior a 7,50 dólares. Los rangos de clases podrían establecerse en escalas iguales o desiguales de capacidad de pago, por ejemplo;

Clase 1: 20,00 - 15,84 dólares
Clase 2: 15,83 - 11,67 dólares
Clase 3: 11,66 - 7,50 dólares

10.4 CLASES Y SUBCLASES DE TIERRAS DEL SISTEMA USBR

Se suelen admitir seis clases de tierras basadas en factores económicos de producción. Se da a continuación unas breves descripciones de dichas clases:

Clase 1 - Arables: Tierras que son altamente aptas para una agricultura bajo riego y que son capaces de un rendimiento sostenido y relativamente alto de cultivos climáticamente adaptados, a un costo razonable. Estas tierras tienen una capacidad de pago relativamente alta.

Clase 2 - Arables: Tierras que son moderadamente aptas para una agricultura con regadío. Estas tierras son adaptables a una gama más reducida de cultivos, más costosos para un desarrollo de riego o menos productivos que las tierras de Clase 1. En potencia, estas tierras tienen una capacidad de pago intermedia.

Clase 3 - Arables: Tierras que tienen una aptitud marginal para la agricultura con regadío. Son menos aptas que las tierras de Clase 2 y suelen tener una única deficiencia grave o un conjunto de varias deficiencias leves en características edáficas, topográficas o de drenaje. Aunque tal vez exista un mayor riesgo en la explotación de estas tierras que en la de las clasificadas como de Clase 1 y 2, bajo un manejo apropiado es previsible conseguir una capacidad de pago admisible.

Clase 4 — **Tierras de aprovechamiento especial:** Tierras que, en Estados Unidos, sólo son aptas para usos especiales (por ej., arroz, pastos o frutales) y que se clasifican en Clase 1, 2 ó 3 (para reflejar su respectiva capacidad de pago) junto con la letra corrrespondiente que designa el uso de la tierra (cultivo).

Clase 5 — **No arable:** Esta tierra se considera temporalmente como no arable debido a alguna deficiencia determinada tal como una salinidad excesiva, un drenaje objetable, inundación u otra deficiencia que exija más estudios para su solución. Son deficiencias de tal naturaleza y magnitud que se necesitan estudios agronómicos, económicos o técnicos especiales para resolver los costos o sus efectos sobre la tierra. La designación de Clase 5 es provisional y debería cambiarse a Clase 6 o a una clasificación arable durante la formulación del plan de desarrollo recomendado.

Clase 6 — **No arable:** Tierra que se considera no arable en las condiciones existentes o económicas del proyecto en función del desarrollo del proyecto propuesto. Por lo general, en la Clase 6 entran las tierras con excesiva pendiente, pedregosas, rocosas, quebradas o muy erosionadas o tierras con un drenaje inapropiado u otras deficiencias. En algunos casos, las tierras consideradas como de Clase 6 en un área pueden ser arables en otra zona, debido a diferentes condiciones económicas. Además de las diversas deficiencias de tipo físico que dan lugar a una clasificación de tierra no arable, existen tierras inicialmente clasificadas como arables (potencialmente regables) basándose en la capacidad de pago (análisis financiero de la explotación) pueden considerarse no arables si un posterior análisis económico (análisis de beneficios) indicara que los beneficios derivados de dichas tierras son inferiores a sus costos en un plan de desarrollo. Por consiguiente, las clases arables inferiores de tierras se considerarían no arables y, por supuesto, no regables por motivos económicos.

Las subclases se presentan por letras minúsculas que indican el motivo por el que la tierra se ha degradado a una clase más baja. Así, la tierra de Clase 1 no tiene subclases, pero las demás clases pueden tener la adición de las tierras "s", "t" y "d", solas o juntas, para indicar si la deficiencia está en los "suelos", en la "topografía" o en el "drenaje agrícola". Las subclases fundamentales de las clases de tierras son s, t, d, st, sd, td, y std.

En el Apéndice 1, y más concretamente en la Figura A.1, se da una comparación del Esquema de la FAO y la clasificación USBR que se acaba de describir.

10.5 LOS SIMBOLOS DE MAPEO DE LA USBR

Típicamente, los símbolos cartográficos utilizados por la USBR adoptan la forma que aparece en la Figura 5.

Los símbolos de las clases y subclases que aparecen en la parte superior de la línea se han descrito con anterioridad y los demás símbolos pueden utilizarse según se requiera, pero las reglas para su empleo se establecen para cada estudio de clasificación; sin embargo, las normas deben observarse de forma coherente a través de cualquier estudio.

Pueden utilizarse códigos de utilización de la tierra tales como: C - tierra cultivada con regadío, L - tierra cultivada sin regadío, P - pastizal permanente con riego, W - tierras baldías, etc., o también puede emplearse un símbolo para especificar un cultivo.

Códigos de desarrollo y productividad de la tierra: La productividad implica la interacción de los factores económicos de la capacidad productiva y los costos de la producción, pero excluye los costos de desarrollo de tierras. Así, en el ejemplo considerado, la productividad relativa de la Clase 2 y el costo de desarrollo de la Clase 2 (símbolo 22 en el denominador) da lugar a una clase de tierra general 3 en el numerador.

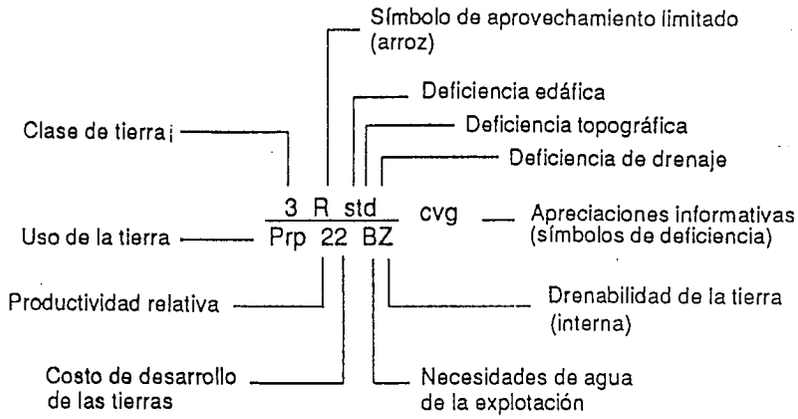


Figura 5: Ejemplo de símbolo cartográfico estándar utilizado por USBR.

SEGUNDA PARTE

DESARROLLO DE LAS ESPECIFICACIONES Y LIMITES CRITICOS DE FACTORES CLASIFICADORES

Los factores que determinan cuán apta es una unidad de tierra para un determinado TUT o sistema agrícola se denominan factores "clasificadores". En el Cuadro 12 del Capítulo 4 se enumeran los distintos factores que pueden escogerse como clasificadores, según que influyan en:

A. El cultivo (es decir, los factores agronómicos que influyen sobre los rendimientos o la producción)
B. Manejo
C. Mejoramientos o desarrollo de las tierras
D. Conservación y medio ambiente
E. Condiciones socioeconómicas

Cada uno de los 32 factores enumerados en el Cuadro 12, y sus interacciones, se analizan de forma consecutiva en esta Segunda Parte, con un desglose en cinco secciones con epígrafes por orden alfabético de los títulos antes indicados. Los 32 factores conservan su prefijo alfabético que figura en el Cuadro 12; por ej., B comienza con el número 14, C con el número 19, etc.

Esta parte está destinada a servir de ayuda en la toma de decisiones necesarias para los pasos 3 a 5 de la Guía de Procedimientos (Capítulo 3), como sigue:

i. ¿Qué factores son "clasificadores"?

ii. ¿Qué límites críticos especifican mejor, para los distintos factores clasificadores, los requerimientos y las limitaciones de un TUT, para los niveles de aptitud a1, a2, a3, n1 y n2? Estos límites críticos son las especificaciones introducidas en el Formulario 1 según se expone en los Pasos 4 y 5.

Se recomienda que los límites críticos se especifiquen primero factor por factor. El número de factores clasificadores objeto de atención se disminuirá progresivamente durante la evaluación, o bien, sus influencias se agregarán dentro de estimaciones de rendimientos de cultivos, producción o como costos y beneficios. Según se explica en el Capítulo 6 es indispensable, después de establecer las clasificaciones por factores para distintos factores o grupos de factores, estimar las interacciones (véase Sección 6.2) y la importancia (Sección 6.3) de cada factor o interacción. Estos factores deberían contribuir siempre a una decisión sobre qué clase de aptitud de tierra (A1, A2, A3, N1 o N2) es adecuada para una determinada combinación de unidad de tierra - TUT. De aquí que los límites críticos de todos los factores clasificadores antes enumerados no necesariamente constituyen las especificaciones de clases de aptitud de tierras. Algunos factores pueden resultar de importancia dominante, mientras que otros pueden quedar relegados al estado de no ser clasificadores. Así, la tierra con una clase de aptitud A1 debería tener una clasificación por factores de s1 para los factores más importantes, pero puede tener una clasificación por factores de nivel más bajo (a2, a3, o incluso n1 si estos factores se consideran como no clasificadores en la etapa final de la evaluación).

En las primeras fases de la evaluación, es importante que los límites críticos se consideren en función de los requerimientos y limitaciones de los sistemas de cultivo, riego y manejo objeto de consideración. Los cultivos requieren radiación, temperaturas adecuadas, un suministro continuo de agua y nutrientes, un medio ambiente adecuado para el enraizamiento, condiciones aptas para el riego o para la cosecha, mecanización, maduración poscosecha, etc. Contrariamente, los cultivos están limitados, de forma diversa, por susceptibilidades o tolerancias a cantidades excesivas de agua, de sales o toxicidades, deficiencias, plagas, heladas, tormentas, etc. Similarmente, los métodos de regadío, como el superficial, por aspersión o por goteo, tienen sus diferentes requerimientos y limitaciones, como lo tienen los sistemas de manejo (por ej., manuales frente a mecanizados). Es importante decidir qué requisitos y limitaciones de uso de las tierras son "clasificadores".

Un enfoque a base de requerimientos y limitaciones estimulará al evaluador de las tierras a considerar las características de las tierras y la necesidad de insumos o mejoramientos de la tierra con miras a conseguir la mejor armonización entre las condiciones de la tierra y su uso. Las características más importantes e influyentes de las tierras, los insumos y los mejoramientos pueden destacarse luego en función de su repercusión sobre los requerimientos y limitaciones para el uso de las tierras. Para mayor sencillez, el proceso puede simplificarse más tarde enumerando especificaciones de las clases que sean, a la vez, racionales y factibles en función de medidas físicas o económicas de la clase de aptitud de la tierra.

Al desarrollar los límites críticos de cada factor que dan lugar a las especificaciones de las clases, es fundamental tener presente las repercusiones de la traducción de la productividad física, de los insumos y de los mejoramientos de las tierras en términos económicos. Por consiguiente, cuando sea posible, los beneficios y los costos asociados con los distintos factores deberían analizarse con detalle. En la práctica, durante las primeras etapas de una evaluación, las clasificaciones por factores a1, a2, a3, n1 y n2 pueden utilizarse para indicar los niveles de producción y los beneficios y costos del desarrollo. Estos últimos pueden mejorarse cuando se dispone de datos cuantitativos en el transcurso de los estudios.

Obsérvense las definiciones de los términos a1, a2, a3, n1 y n2 que aparecen en el Cuadro 13.

La lista de los 32 factores analizados aquí, aunque sea completa, no pretende ser exclusiva, y el evaluador de tierras debería sentirse libre para modificar o reagrupar los factores cuando lo estime oportuno para cualquier evaluación dada. Al hacerlo así deberá tener cuidado en no contar por dos veces el mismo aspecto bajo epígrafes diferentes. Las divisiones y el agrupamiento en factores en la Segunda Parte se hace solamente por comodidad y, en la práctica, las interacciones pueden revestir gran importancia. Estas últimas deberán reconocerse y tratarse adecuadamente para cada evaluación particular.

A. FACTORES AGRONOMICOS

Requerimientos y limitaciones de los cultivos

El medio ambiente del cultivo

En esta sección se analizan, bajo trece epígrafes, factores que son eminentemente agronómicos. Dichos factores son: ciclo de crecimiento y período vegetativo; radiación; temperatura; enraizamiento; aireación; cantidad de agua; nutrientes (NPK); calidad del agua; salinidad; sodicidad; toxicidades de boro y de cloro; pH; micronutrientes y otras toxicidades; plagas, enfermedades y malezas; inundación, tormentas, vientos y heladas. Algunos aspectos que inciden sobre el manejo se incluyen de forma inevitable; y, en tales casos, estas consideraciones de manejo se excluyen de la Sección B (Manejo).

A.1 CICLO DE CRECIMIENTO Y PERIODO VEGETATIVO

El ciclo de crecimiento es el período necesario para que un cultivo anual complete su ciclo anual de arraigo, crecimiento y producción del fruto a ser cosechado. Los cultivos perennes tienen ciclos de crecimiento de más de un año.

El período vegetativo, o de crecimiento, para cultivos anuales es la duración, en días, del período cuando la temperatura como la humedad del suelo y otros factores permiten el crecimiento del cultivo y su desarrollo.

Por consiguiente, un ciclo de crecimiento es una propiedad del cultivo (es decir, un requerimiento del cultivo), mientras que un período vegetativo es una condición de la tierra (es decir, una característica o calidad de la tierra).

El período vegetativo es un determinante principal de la aptitud de la tierra para los cultivos y cultivares a nivel mundial y a escala continental según se describe en FAO, 1978a. En los Cuadros 32 y 33 se ilustra este concepto. Dentro del área de desarrollo del proyecto, los períodos vegetativos suelen variar debido a las características variables de temperatura, abastecimiento de agua y pluviosidad.

En climas subtropicales y templados, hay períodos vegetativos invernales y estivales debido a los cambios estacionales de la temperatura. Por ejemplo, en el Bajo Egipto, los cultivos templados tales como el trébol de Alejandría, trigo, cebada y frijoles se plantan en el invierno y los cultivos con exigencias de temperatura más alta, tales como algodón, arroz y maíz, se plantan durante el verano. En condiciones normales, estas variaciones estacionales de la temperatura no serán factores clasificadores. Por consiguiente, los tipos de utilización de la tierra (TUTs) pueden describirse para el sistema rotativo de cultivos abarcando los períodos vegetativos de invierno y de verano. En las áreas montañosas, en donde las temperaturas varían con la altitud, o en donde se producen heladas en los fondos de los valles, el período vegetativo puede considerarse "clasificador", incluso cuando los suministros de agua varían de un lugar a otro.

Cuadro 32

CLIMAS PRINCIPALES
(Compárese con el Cuadro 33)

Clima	Climas principales durante el período vegetativo		Régimen de temperatura (°C) media de 24 horas (diaria) durante el período vegetativo	Apto para consideración de grupos de cultivos (Cuadro 33)
	N°	Nombre descriptivo		
Tropical Todos los meses con temperaturas medias mensuales, corregidas al nivel del mar, superiores a 18°C	1	Tropical cálido	Más de 20	II y III
	2	Tropical moderadamente fresco	15 - 20	I y IV
	3	Tropical fresco	5/10 - 15	I
	4	Tropical frío	Menos de 5	No apto
Subtropical Uno o más meses con temperaturas medias mensuales, corregidas al nivel del mar, inferiores a 18°C pero superiores a 5°C en todos los meses	5	Subtropical cálido/moderadamente fresco (lluvias estivales)	Más de 20	II y III
	6	Subtropical cálido/moderadamente fresco (lluvias estivales)	15 - 20	I y IV
	7	Subtropical cálido (lluvias estivales)	Más de 20	II y III
	8	Subtropical moderadamente fresco (lluvias estivales)	15 - 20	I y IV
	9	Subtropical fresco (lluvias estivales)	5/10 - 20	I
	10	Subtropical frío (lluvias estivales)	Menos de 5	No apto
	11	Subtropical fresco (lluvias invernales)	5/10 - 20	I
	12	Subtropical frío (lluvias invernales)	Menos de 5	No apto

Cuadro 32 (continuación)

Clima	Climas principales durante el período vegetativo		Régimen de temperatura (°C) media de 24 horas (diaria) durante el período vegetativo	Apto para consideración de grupos de cultivos (Cuadro 33)
	N°	Nombre descriptivo		
Templado Uno o más meses con temperaturas medias mensuales, corregidas al nivel del mar, inferiores a 5°C	13	Templado fresco	5/10 - 20	I
	14	Templado frío	Menos de 5	No apto

Fuente: FAO 1980c, p. 355; Higgins y Kassam 1981.

Cuadro 33 GRUPOS DE ADAPTABILIDAD DE CULTIVOS, BASADOS EN VIAS FOTOSINTETICAS Y RESPUESTA A LA RADIACION Y TEMPERATURA (Compárese con Cuadro 32)

Grupo de adaptabilidad de cultivos	I	II	III	IV	V
Sendero foto-sintético	C3	C3	C4	C4	CAM
Temperatura óptima para fotosíntesis (°C)	15 - 20	25 - 30	30 - 35	20 - 30	25 - 35
	Remolacha Judía Trigo Cebada Avenas Patata Frijol (TE) Garbanzo	Soja (TR) Judía Arroz Mandioca Camote Ñame Frijol (TR) Cacahuete Algodón Tabaco Banano Coco Caucho Palmera aceitera	Sorgo (TR) Maíz (TR) Mijo perla Cañota Mijo (TR) Mijo de uña Panico común Caña de azúcar	Cañota Mijo (TE, TH) Sorgo (TE,TH) Maíz (TE,TH) Panico común	Sisal Piña

TE = Cultivares templados; TR = Cultivares tropicales (tierras bajas);
TH = Cultivares tropicales (tierras altas).

Fuente: Información extraída de FAO 1978a y 1980c.

El período durante el cual se dispone de suministros de agua de riego determina el período de crecimiento en muchos países. Los proyectos con regadío en los países del sureste asiático, o del Oriente Medio, que cuentan con las aguas torrenciales o de los ríos pueden incluir tierras en las que el período vegetativo y el período de riego pueden variar desde 12 meses a unos pocos meses al año. Dichas variaciones pueden ser clasificadoras cuando se den dentro de un área del proyecto.

Los períodos vegetativos pueden restringirse por las condiciones de humedad que limitan las oportunidades para la maduración y el secado del cultivo o que dan lugar a problemas de calidad (por ej., contenido en azúcar reducido de la caña de azúcar, manchado del algodón, defectos en las frutas, etc.).

A.1.1 Límites críticos del período vegetativo

Método 1: Método general (FAO 1978a)

Este método es de utilidad en los estudios de reconocimiento o de intensidad baja, sobre todo cuando se va a evaluar la necesidad de riego. Se basa en la temperatura diaria media (T), precipitación (P) y evapotranspiración potencial (ETP) para obtener datos tales como los ilustrados en la Figura 6. Pueden utilizarse datos para períodos de 10 días o meses o los datos mensuales pueden convertirse en datos para períodos de 10 días. El procedimiento es:

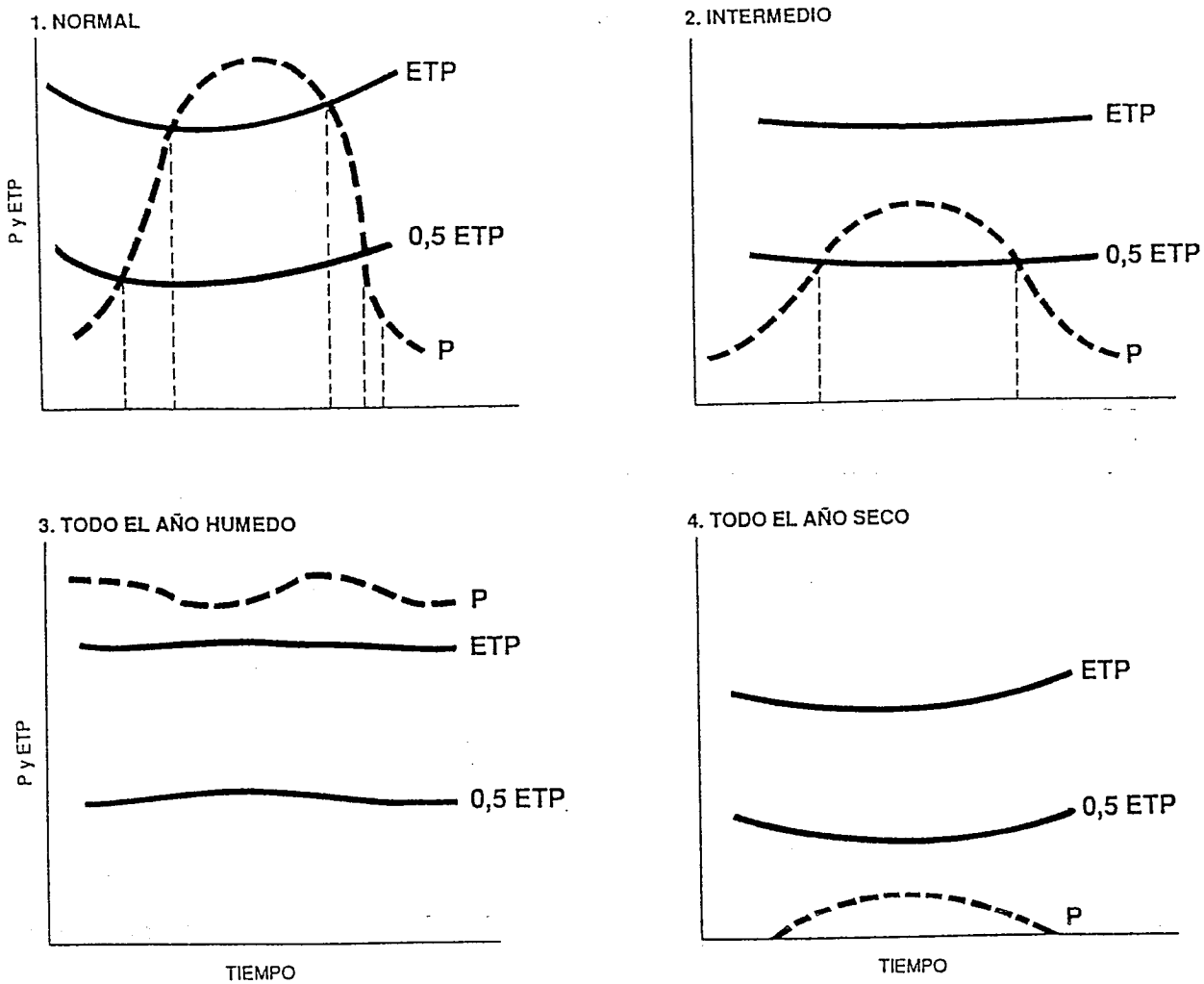
i. Limitación de temperatura: el período vegetativo está limitado a períodos de 10 días en los que la temperatura diaria media es igual o superior a una temperatura mínima (por ej., 5°C).

ii. Comienzo del período vegetativo: en condiciones de secano, este período se considera como el tiempo en el que la precipitación es igual o superior a la mitad de la evapotranspiración potencial.

iii. Período húmedo: en condiciones de secano, un período vegetativo normal deberá incluir, como mínimo, un período húmedo de 10 días definido como un período en el que la pluviosidad es superior a la evapotranspiración potencial.

iv. Final de las lluvias: este período puede considerarse como el tiempo en el que la pluviosidad es inferior a la mitad de la evapotranspiración potencial.

v. Final del período vegetativo: el período vegetativo finaliza cuando se agota la reserva de agua almacenada en el suelo después de que hayan cesado las precipitaciones de lluvia y el riego.



a	- Comienzo de las lluvias y período vegetativo
b_1 y b_2	- Comienzo y final del período húmedo, respectivamente
c	- Final de las lluvias y estación lluviosa
d	- Final del período vegetativo
p	- Precipitación
ETP	- Evapotranspiración potencial

Figura 6: Ejemplos de cuatro tipos del período vegetativo
(en condiciones de secano que podrían modificarse mediante riego) (según FAO 1978a).

Las isolíneas para períodos vegetativos, a escala continental, se publican en los resultados del Proyecto de Zonas Agroecológicas (FAO, 1978/80/81). Estas isolíneas se generalizan para salvar las limitaciones de la escala de publicación. Para estudios más detenidos, pueden dibujarse isolíneas de período vegetativo a intervalos de 75 días, de 90 días y luego, a intervalos de 30 días hasta llegar a 365 días. Estas líneas pueden trazarse para la agricultura existente y para la agricultura prevista después del riego complementario. Los períodos vegetativos pueden indicar la necesidad de uno o dos cultivos en sucesión o de diferentes cultivares del mismo cultivo.

Método 2: Eventos relacionados con la pluviosidad (Stern y Coe, 1982)

Este método es de utilidad si el período vegetativo depende de las variaciones pluviales estacionales de un año a otro.

El método se basa en un análisis de pluviosidad diaria para distintos años de registros pluviométricos. La característica singular de este método es que cada año proporciona un solo número para cualquier evento o característica de interés. El evento lo define el usuario, es decir, un conjunto de características de pluviosidad que podrían, por ej., definir un período seco, el comienzo de las lluvias, el final de las lluvias, la duración del período vegetativo entre el comienzo y final de las lluvias, o la distribución de las cantidades pluviométricas a través de todo el año. Cada evento en cada año es objeto de enumeración (por ej., el día o período de aparición). Una estimación de la probabilidad de un evento que se produce puede efectuarse directamente a partir de su frecuencia relativa de ocurrencia o, alternativamente, puede elaborarse una distribución (tipo normal).

Otra proyección de este método es el cálculo de un balance hídrico diario del suelo basándose en la mejor información disponible. Este balance puede indicar el contenido hídrico del suelo entre un determinado contenido hídrico de capacidad de campo (límite superior) y el punto de marchitamiento permanente (límite inferior) según las ganancias y pérdidas diarias de agua. La Figura 7 ilustra el resultado de dicho método para un suelo permeable, mostrando que los períodos vegetativos en condiciones de secano varían de una estación a otra y de un año a otro.

El empleo de este método se facilita con la informática, pero los datos pueden procesarse también manualmente (Stern y Coe, 1982) si no se dispone de computadoras. Una de las ventajas principales sobre los métodos más generales es que las condiciones en distintos años extremos pueden determinarse a partir del registro pluviométrico histórico.

Figura 6: Ejemplos de cuatro tipos del período vegetativo
(en condiciones de secano que podrían modificarse mediante riego) (según FAO 1978a).

ETP - Evapotranspiración potencial

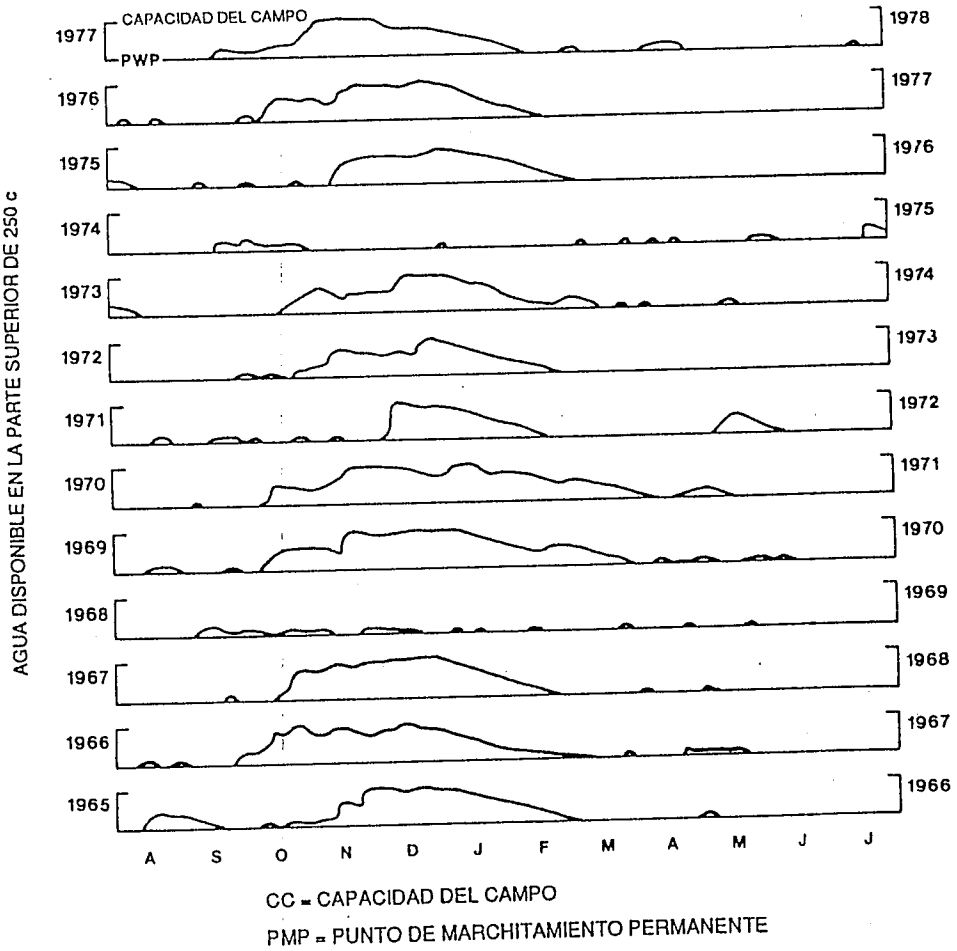


Figura 7: Agua disponible en el suelo, calculada para el período de 1965-78 basándose en la pluviosidad diaria, capacidad del campo y punto de marchitamiento permanente del luvisol crónico de Kilinochchi, con 304 mm (12 pulgadas) de agua disponible en una profundidad de enraizamiento de 250 cm y con una evapotranspiración de 5 mm (0,2 pulgadas) por día.
Fuente: Robertson y Eavis, 1983.

A.2 RADIACION

Los tres aspectos importantes de la radiación son: (i) duración del día, (ii) su influencia sobre la fotosíntesis y la acumulación de materia seca en los cultivos y (iii) sus efectos sobre la evapotranspiración. Los niveles de radiación pueden ser importantes también en el secado y maduración de los cultivos, sin embargo esta circunstancia se evalúa en el Epígrafe B.17.

La duración del día puede ser un factor clasificador importante en las evaluaciones llevadas a cabo con baja intensidad a través de diferentes latitudes como se expuso ya en el epígrafe del "período vegetativo" (Cuadros 32 y 33). La duración de la luz diurna afecta a los cultivares sensibles al fotoperíodo de cultivos como el arroz, influyendo sobre la iniciación floral y el comienzo o la duración de las fases vegetativa y reproductiva de crecimiento y desarrollo. La interacción de la duración de

la luz diurna con la disponibilidad de agua o la temperatura puede resultar, a veces, de carácter clasificador a nivel de proyecto (por ej., al influir sobre la floración de la caña de azúcar, la floración y la aparición de los frutos de los mangos y en la formación de bulbos y maduración de las cebollas, etc.).

La influencia de la radiación sobre la fotosíntesis y la acumulación de materia seca en cultivos fue objeto de revisión por Monteith (1972). Las relaciones para los cultivos C3 y C4 son diferentes según se indica en el Cuadro 33.

Los componentes del balance de la radiación que pueden utilizarse para definir los límites críticos que se indican en la Figura 8 son los siguientes:

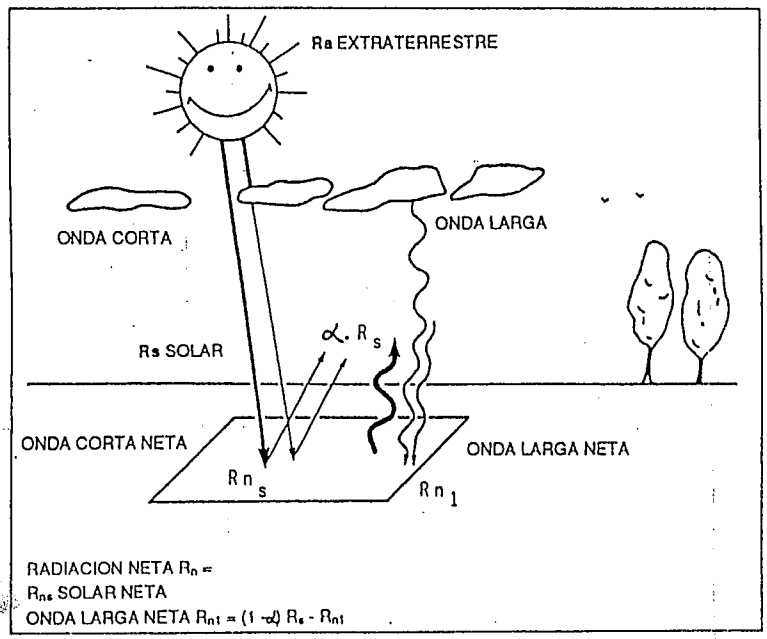


Figura 8: Ilustración del balance de la radiación. Fuente: FAO 1977b.

i. La <u>radiación extraterrestre</u> (R_a): es la radiación recibida en la parte superior de la atmósfera. Es función de la latitud y de la época del año.

ii. La <u>radiación solar</u> (R_s): es aquella parte de la radiación extraterrestre que no es absorbida ni dispersa cuando pasa a través de la atmósfera, junto con parte de la radiación dispersa que llega también a la superficie terrestre. Una proporción de esta radiación (aproximadamente un 50 por ciento) es la radiación fotosintéticamente activa (RAP) (Szeicz, 1974). Los valores de la radiación solar pueden obtenerse a partir de medidas directas o aproximadas con el empleo de la fórmula:

$$R_s = (0,25 + 0,05\ n/N)\ R_a$$

donde n es el número actual de horas reales de luz solar brillante (por ej., medidas con un solarímetro de Campbell Stokes) y N es el número máximo posible de horas de luz solar para un determinado mes y una determinada latitud (según se indica en cuadros estándares; por ej., véase Estudio FAO: Riego y Drenaje de la FAO, Nº 24, 1977b).

iii. Radiación solar de onda corta neta (R_{ns}): Parte de la radiación solar (R_s) es objeto de reflexión directa por el suelo y el cultivo y se pierde en la atmósfera. La magnitud de la reflexión depende de la naturaleza de la cubierta superficial y es aproximadamente un 5 por ciento para el agua y del 20 al 25 por ciento para muchos cultivos de hojas verdes. Lo que queda después de las pérdidas por reflexión es la radiación de onda corta neta, R_{ns}.

Para obtener la radiación de onda corta neta, deberá corregirse la radiación solar por la reflectividad de la superficie de cultivo mediante la expresión:

$$R_{ns} = (1 - \alpha)\ R_s$$

Por ejemplo, para cultivos verdes que cubren el suelo, el valor de se toma como 0,25 y el valor de R_{ns} es 75 por ciento de la radiación solar.

iv. La radiación de onda larga neta (R_{nl}) es la diferencia entre la radiación de onda larga saliente y entrante. La radiación saliente suele ser mayor que la radiación de onda larga entrante y de ahí que se produzcan pérdidas adicionales en la superficie terrestre debidas a la radiación de onda larga; por consiguiente, la radiación de onda larga neta representa una pérdida de energía. Esta última puede determinarse a partir de la temperatura, de la presión de vapor (ed) y de la radiación n/N (horas reales/horas posibles de luz solar brillante). Los valores para las funciones f (t), f (ed) y f (n/N) se dan en el Estudio FAO: Riego y Drenaje Nº 24, Cuadros 15, 16 y 17.

v. La radiación neta total (R_n) es igual a la diferencia entre la radiación de onda corta neta y la radiación de onda larga neta, por lo que se tiene:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

El valor de la radicación neta total se utiliza en la estimación de las pérdidas de agua por evaporación. La unidad de R_n = cal/cm^2/min es aproximadamente equivalente a la energía requerida para evaporar 1 mm de agua por hora. La radiación en unidades SI se expresa como mW/m^2, y se precisa 1 mW/m^2 para la evaporación de 830 mm/día.

El crecimiento vegetativo de la mayoría de las plantas aumenta de forma inicial con la radiación solar hasta un límite más allá del cual no se produce ningún nuevo incremento. En muchas áreas tropicales, la escasez de agua, más bien que la radiación, limita el crecimiento y no se alcanza el potencial límite de radiación. Sin embargo, pueden evidenciarse efectos estacionales notables sobre los rendimientos (por ej., en Filipinas y otros países del sureste asiático, las variedades modernas de arroz de riego, con abundancia de agua, dan un mayor rendimiento en la estación seca que en la estación húmeda nublada). En países templados, la radiación es uno de los factores más dominantes en la limitación del crecimiento en los meses invernales y las características de las tierras, tales como el aspecto y pueden utilizarse para definir límites críticos, según proceda.

Los cuadros para relacionar los datos sobre radiación y las horas de luz solar con la tasa de producción de materia seca de un cultivo estándar son facilitadas por la FAO (1978, 1980, 1981) y Doorenbos y Kassam (en FAO 1979a). Estas cifras, junto con los datos fenológicos de los cultivos y la temperatura, pueden utilizarse como base para el cálculo de la biomasa convertida en rendimientos de cultivos con respecto a la radiación para determinadas zonas.

A.3 TEMPERATURA

La temperatura se ha tratado con anterioridad en el Epígrafe A.1 - Ciclo de crecimiento y Período vegetativo. El crecimiento de la mayoría de los cultivos cesa por debajo de una temperatura crítica baja y las temperaturas muy altas (normalmente superiores a 30 - 35°C) tienen efectos desfavorables. Los cultivos se dividen en cinco grupos de adaptabilidad basándose en la vía para la asimilación fotosintética del carbono (C3, C4 o CAM) y según los efectos de la radiación y de la temperatura sobre la fotosíntesis (véase Cuadro 33). Entre la temperatura mínima para el crecimiento y la temperatura óptima para la fotosíntesis, el ritmo de crecimiento aumenta, de forma casi lineal, con la temperatura y luego, alcanza una zona intermedia estable dentro del intervalo de temperatura óptimo antes de experimentar un fuerte descenso a temperaturas más altas. La temperatura interacciona con la radiación, de suerte que el potencial más alto de crecimiento se consigue con la radiación y las temperaturas en el intervalo óptimo.

En muchos climas templados y en las grandes altitudes de los países tropicales, la temperatura para el crecimiento es inferior a la óptima durante parte de la temporada de crecimiento.

Los límites críticos para definir los niveles a1, a2, a3, n1 y n2 de aptitud pueden especificarse en función de intervalos de temperatura en °C, o en otras unidades. Por ejemplo, las unidades térmicas se utilizan, a veces, para indicar las condiciones estacionales de algunos cultivos, tales como algodón, en unidades de grados diurnos acumulados durante una temporada de crecimiento (período vegetativo).

A.4 ENRAIZAMIENTO

Las plantas necesitan agua y nutrientes, que son transportados desde el suelo a las partes productivas de las plantas a través de las raíces. Si el crecimiento radicular, o el desarrollo o función de un sistema radicular, es obstaculizado por características desfavorables de la tierra, el crecimiento y el rendimiento del cultivo puede resultar también perjudicado por la falta de agua o nutrientes.

El crecimiento y la distribución de las raíces en el suelo pueden ser afectados por:

i. el suministro de sustancias asimilables (azúcares, etc.) desde los retoños y hojas a las raíces;

ii. temperaturas del suelo;

iii. humedad del suelo;

iv. nutrientes del suelo y el entorno químico, en especial salinidad, sodicidad, pH; deficiencias en micronutrientes y toxicidades;

v. el suministro de oxígeno para satisfacer las necesidades de oxígeno para la respiración de los tejidos radiculares;

vi. resistencia mecánica a la penetración de las raíces;

vii. plagas y enfermedades del sistema radicular.

Debido a su importancia individual en la evaluación de la tierra, conviene evaluar algunos de estos factores en epígrafes diferentes. Así, la aireación del suelo se trata en el Epígrafe A.5, el agua en el A.6, la salinidad en el A.9, la sodicidad en el A.10, el factor pH, las deficiencias en micronutrientes y las toxicidades en el A.11, las plagas y las enfermedades en el A.12, etc. Todos estos factores pueden influir en el crecimiento de la raíz y la función o desarrollo del sistema radicular, así como en el crecimiento de todo el cultivo.

En el presente Epígrafe A.4, el término "enraizamiento" significará el espacio radicular y la impedancia mecánica.

El espacio radicular es el espacio necesario para el desarrollo de la raíz. Puede representarse por límites críticos de (i) profundidad efectiva del suelo, (ii) porcentaje volumétrico ocupado (o no ocupado) por piedras y (iii) el volumen de suelo impenetrable (o penetrable), según el caso de que se trate. El volumen de suelo ocupado por las raíces varía con el tiempo en el caso de cultivos anuales que desarrollan sistemas radiculares desde el arraigo de la plántula a su madurez y este proceso puede retardarse por la resistencia mecánica del suelo.

La impedancia mecánica a la penetración de la raíz es la fuerza que las raíces deben ejercer, o la resistencia que deben superar, para penetrar en el suelo. Esta magnitud depende de la resistencia del propio suelo.

El espacio radicular y la impedancia mecánica pueden constituir factores clasificadores cuando varíen en medida suficiente desde una unidad de tierra a otra para producir diferencias en la absorción de agua y nutrientes por los cultivos, lo que influye en los rendimientos finales, la producción o la calidad.

La profundidad efectiva del suelo y el porcentaje volúmetrico de piedras son objeto de estimación por técnicas estándares de estudios del suelo. La profundidad efectiva del suelo para el enraizamiento puede estar limitada por: (i) capas duras inducidas que afloran a la superficie como superficie como consecuencia de las prácticas de manejo (por ej., tráfico intenso o suelo en condiciones de sumergimiento continuo), (ii) por capas duras genéticas tales como capas arcillosas, capas entarquinadas, frangipans (costras quebradizas), capas cementadas y endurecidas, capas duras yesíferas o calcáreas, etc., (iii) por horizontes C o D restrictivos y (iv) por horizontes de pH bajo o alto, con acumulaciones tóxicas de aluminio, hierro, manganeso o compuestos sulfurosos (con bajo pH) o de sodio con carbonatos y bicarbonatos (alto pH).

La resistencia del suelo y la impedancia mecánica a la penetración de las raíces varían con: (i) la textura del suelo o la distribución granulométrica, (ii) la estructura del suelo o su consistencia y (iii) la humedad del suelo. La resistencia mecánica del suelo y la resistencia a la penetración aumentan cuando la densidad aparente del suelo se incrementa por compactación y cuando el suelo se hace más seco. Ejemplos de estos efectos se ven en arenas de diferente granulometría y en suelos franco arenosos, véase los trabajos de Eavis (1972) y Warnaars y Eavis (1972). La impedancia mecánica puede estimarse mediante un penetrómetro o puede deducirse de las medidas de resistencia mecánica del suelo o mediante observaciones de los sistemas radiculares en calicatas para estudiar el perfil del suelo (puntas de raíces con verrugas, distribución limitada, etc.). Un aparato triaxial utilizado en los estudios de la mecánica de los suelos puede utilizarse para medir la resistencia mecánica del suelo. Un método más sencillo y satisfactorio es aplicar una carga "normal", a través de una placa, a la parte superior de un testigo de suelo no confinado colocado encima de un platillo de una balanza de carga. La lectura de la balanza cuando se fracture el testigo del suelo da la resistencia mecánica del suelo no confinado. Como alternativa, un pequeño penetrómetro construido a partir de un pasador invertido puede insertarse en el testigo del suelo, registrando las fuerzas que se oponen a la penetración según se observa en la escala de dicha balanza de carga.

Las mediciones del penetrómetro y de la resistencia mecánica del suelo deben realizarse en condiciones de contenidos adecuados de agua en el suelo, pues resultan muy influidas por la humedad del suelo. El contenido de humedad del suelo seleccionado debe reflejar las condiciones que las plantas experimentan en el campo.

Las medidas antes citadas no deberían utilizarse sin sentido crítico. Las raíces pueden proliferar a través de grietas, pasajes de termitas o gusanos y antiguos canales radiculares, etc. Sin embargo, el tamaño de los poros que retienen agua en suelos no saturados son siempre demasiado pequeños para alojar a las raíces. Por consiguiente, las raíces deben deformar, por lo general, el suelo para poder penetrar a través del mismo.

Los límites críticos para el "enraizamiento" con el empleo de características tales como la profundidad efectiva del suelo, el porcentaje volumétrico de piedras y la resistencia mecánica del suelo, pueden establecerse en función de las exigencias de cultivos o sistemas de cultivo especiales, utilizando los niveles de aptitud a1, a2, a3, n1 y n2 con la ayuda de las recomendaciones anteriores.

A.5 AIREACION

Las raíces de las plantas consumen, al respirar, grandes cantidades de oxígeno y, por término medio, a una temperatura de 25°C consumen aproximadamente nueve veces su volumen de oxígeno cada día. Las raíces de plantas que crecen en condiciones sumergidas pueden obtener poco oxígeno a partir del suelo y del agua circundantes. El arroz en cultivo inundado y algunas plantas que crecen en zonas pantanosas pueden obtener el oxígeno que necesitan sobre todo por transporte a través de pasajes de aire desde las partes aéreas a las raíces (Greenwood, 1968).

Las plantas, fuera del arroz y de las desarrolladas en zonas pantanosas, deben obtener su oxígeno sobre todo a través del suelo. Por consiguiente, un suministro suficiente de oxígeno a través del suelo durante toda la temporada de crecimiento constituye una exigencia de muchos cultivos. Los microorganismos en el suelo consumen también grandes cantidades de oxígeno y en condiciones anaeróbicas pueden producir niveles estimulatorios o inhibitorios de etileno, que es una hormona de la planta.

Para poder llegar a las raíces, el oxígeno se difunde a través de poros llenos de gases y desde allí pasa a través de películas de agua y de los propios tejidos radiculares respiratorios. El oxígeno se difunde con una rapidez 10 000 veces mayor en la fase gaseosa que en la líquida, por lo que la concentración de oxígeno en diferentes puntos a través de la red de interconexión de poros llenos de gases suele ser bastante uniforme. En cambio, los gradientes de concentración del oxígeno a través de las películas de agua y de los tejidos radiculares son grandes. Por esta razón, el contenido hídrico de los suelos y el espesor de las barreras de agua que se oponen al movimiento del oxígeno en torno a las raíces influyen mucho sobre la disponibilidad del oxígeno.

Aunque pueda detectarse con facilidad una aireación deficiente en suelos a partir de observaciones estándar de reconocimientos de suelos, tales como colores de suelos mal drenados, no existe ninguna propiedad fácilmente medible del suelo, o un instrumento confiable, para determinar el estado de aireación del suelo. Los espacios intersticiales llenos de gases en suelos del campo cambian de forma inversa al contenido hídrico del suelo y, por consiguiente, las simulaciones informáticas semejantes a las descritas en la Figura 7 podrían modificarse para indicar los riesgos variables de una aireación deficiente. La duración de los períodos de saturación puede deducirse calculando un balance diario del agua del suelo y los períodos de fuertes lluvias cuando el suelo supere la capacidad de campo, debido a un drenaje no suficientemente rápido. Así, una característica importante puede ser la permeabilidad del suelo o la facilidad con la que el suelo transmite el agua para drenarla. Esta característica puede ser afectada por la capa freática o por un estrato con una conductividad hidráulica o permeabilidad relativamente baja en comparación con el suelo situado encima. La resistencia al flujo vertical (C) a través de una barrera es igual al espesor de la capa dividido por su conductividad hidráulica vertical. Los límites críticos de C pueden establecerse entre C = 50 o un valor inferior, lo que representa a al, o prácticamente ninguna barrera, y C = 250 o un valor superior, que constituye una barrera real al flujo del agua (Publicación FAO: Riego y Drenaje Nº 38, 1980a).

La importancia del drenaje en eliminar el agua y las sales sobrantes se analiza también en la Sección C.21.

A veces, es importante reconocer que los efectos desfavorables debidos a una aireación deficiente en un período húmedo, puede compensarse por un crecimiento adicional en un período seco posterior. Este crecimiento adicional puede ser consecuencia del agua suplementaria almacenada en el suelo antes de la sequía. Dicho de otro modo, los beneficios derivados de la humedad residual adicional del suelo para el crecimiento, después que siguen el final de un período de anegamiento o saturación del suelo, compensan los efectos de una aireación deficiente (Eavis, 1971).

Si se considerara necesario estudiar los posibles problemas de la aireación del suelo para un suelo particular, puede utilizarse una técnica de bioensayos adecuada para los testigos del suelo mantenidos en el laboratorio a un rango de contenido de agua del campo utilizando guisantes u otra plántula como planta de prueba (Eavis, 1972). Puede establecerse un "índice de deficiencia de aireación" mediante desviaciones a partir de la relación existente entre la tasa de extensión de las raíces y la resistencia al penetrómetro. A veces, este índice puede establecer si una aireación deficiente o algún otro factor es la causa del deficiente crecimiento o de los rendimientos no óptimos de un determinado suelo.

Aunque la falta de oxígeno suele ser la razón principal para los efectos desfavorables de la aireación deficiente sobre el crecimiento del cultivo, pueden existir otras influencias también importantes, entre las que se incluyen las putrefacciones de las raíces y raicillas causadas por agentes patógenos bacteriales o fúngicos. Estos pueden ser factores "clasificadores" para algunos cultivos. Por ejemplo, los árboles de frutos cítricos y otros árboles frutales pueden ser propensos a la gomosis y otras enfermedades en suelos expuestos a períodos de aireación deficiente.

La aireación deficiente puede dar lugar a un empleo ineficaz del nitrógeno aplicado en estiércol y fertilizantes. Las pérdidas de nitrógeno pueden producirse por desnitrificación y lixiviación.

Al evaluar el factor "aireación", deben tenerse en cuenta las prácticas de manejo y los requerimientos de desarrollo de la tierra para reducir al mínimo los efectos desfavorables. Los costos de drenes de campo permanente deben evaluarse según el Epígrafe C.21, y los costos de drenes de campo temporales según el Epígrafe B.16.

A.6 CANTIDAD DE AGUA

Al calcular cuanta agua se necesita para el riego, hace falta distinguir entre las necesidades de agua del cultivo, necesidades netas de agua de riego, requerimientos brutos de agua de riego y sus componentes, que se enumeran a continuación.

Las necesidades de agua pueden expresarse en función de lámina (mm) o volumen (m^3) de agua. Una profundidad de 1 mm de agua en una hectárea de tierra es igual a un volumen de 10 m^3/ha (es decir, para convertir datos en mm a datos en m^3/ha hay que multiplicar por 10). La calidad del agua se analiza en el Epígrafe A.8. Los factores clave en la determinación del suministro de agua a un cultivo de riego se indican en la Figura 9.

i. Las <u>necesidades de agua del cultivo</u> se definen como el agua necesaria para compensar la tasa máxima de evapotranspiración del cultivo cuando la humedad del suelo no es un factor limitativo.

ii. Las <u>necesidades netas de agua de riego</u> se definen como el agua que se requiere para satisfacer las necesidades de agua del cultivo menos las contribuciones aportadas en el campo por la lluvia, afluencias naturales, el agua subterránea y el agua almacenada en el suelo, y más las pérdidas en el campo debidas a escorrentía, filtración y percolación.

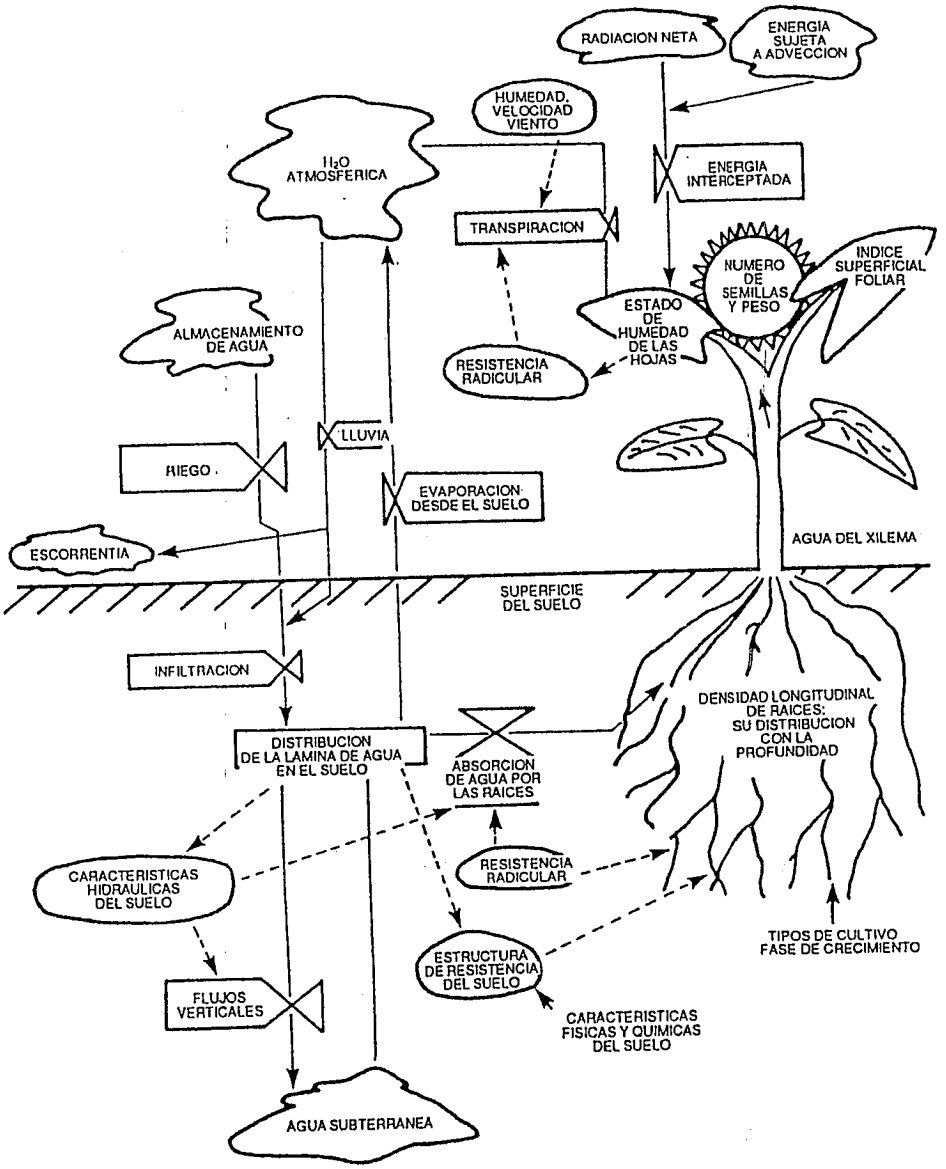


Figura 9: Diagrama de flujo de factores clave que determinan el abastecimiento de agua a un cultivo bajo en riego.
Fuente: Informe anual de la CSIRO, 1978/80.

iii. Las <u>necesidades brutas de agua de riego</u> se definen como las necesidades netas de agua de riego más las pérdidas de conducción entre la fuente del agua y el campo, más cualquier agua adicional para lixiviación en añadidura a la percolación.

iv. La <u>evapotranspiración</u> es la tasa de pérdida de agua mediante la transpiración a partir de la vegetación, más la evapotranspiración desde la superficie del suelo o desde el agua estancada en dicha superficie. Los términos **evapotranspiración del cultivo de referencia** (Eto), **tasa máxima de evapotranspiración del cultivo** (ETm o ETcultivo) y **la tasa real de evapotranspiración del cultivo** (ETa) se definen en el Glosario.

v. La precipitación efectiva (o lluvia efectiva) es la parte de la precipitación que contribuye a satisfacer las necesidades de agua del cultivo, las necesidades netas de agua de riego o ambas.

vi. La afluencia natural se refiere a la aportación de agua superficial procedente de los terrenos adyacentes y la escorrentía a las pérdidas que van a terrenos adyacentes.

vii. El agua subterránea se refiere a la contribución de agua procedente del subsuelo.

viii. El agua del suelo es el agua almacenada en el suelo.

ix. La filtración (según el IRRI) se refiere a las pérdidas de agua a partir del campo por flujo lateral, flujo superficial a través de los lomos (bordes de tierra) de los arrozales.

x. La percolación se refiere a las pérdidas de agua a partir del campo por flujo vertical a través del perfil del suelo.

xi. S y P indica la filtración y la percolación (en arrozales acuáticos).

xii. Las pérdidas de conducción son las pérdidas debidas a la evaporación, percolación o roturas en la red de los canales de riego entre la fuente de agua y el campo.

xiii. Requerimientos de lavado o lixiviación es el agua requerida para drenar a través de la zona radicular los excesos salinos del suelo (a veces, se expresa como fracción de las necesidades netas de agua de riego o fracción de lixiviación).

A.6.1. El significado de la cantidad de agua como un factor clasificador

En algunos países y áreas de proyectos, el suministro de agua no limita la producción agrícola y está regulada para satisfacer las necesidades completas. En otros lugares, la abundancia de agua varía, en gran medida, a través del año y de un año a otro. Los suministros de agua pueden modificar la duración del período vegetativo como se expuso ya en el Epígrafe A.1.

A.6.2 Necesidades de agua en relación con suministros de agua

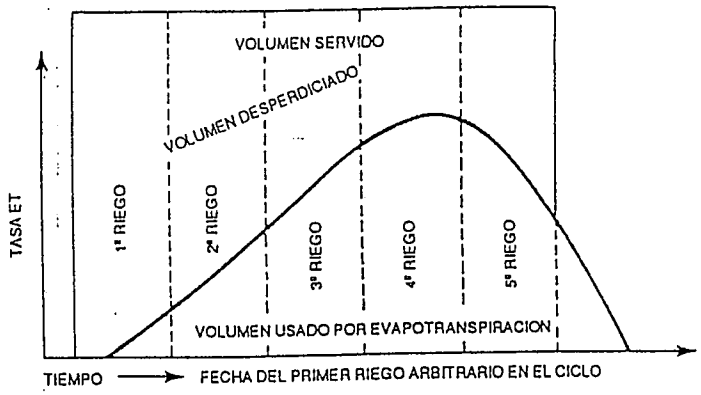
El grado de regulación del suministro de agua en un valle fluvial puede variar notablemente desde un pequeño control a un control pleno. El riego por avenidas y el riego por gravedad con agua de río regulado por estructuras de derivación sin almacenamiento puede dar lugar a un suministro de agua muy variable. A falta de un almacenamiento suficiente dentro de la red de riego para transferir agua desde la temporada lluviosa a la temporada seca, surgen situaciones durante el año que se describen mejor como meses "limitados por la tierra" y meses "limitados por el agua". En los meses del año "limitados por la tierra", hay suministros abundantes de agua y tierra insuficiente donde aplicarla. En los meses "limitados por el agua", el área regable está restringida por los suministros de agua y no por la superficie de la tierra; algunas áreas de tierra pueden recibir entonces más agua que otras.

El área que puede regarse está, de hecho, restringida por la cantidad de agua disponible en el mes o período de limitación del agua (Eavis, Socratous y Makin, 1979; Hazlewood y Livingstone, 1978; Livingstone y Hazlewwood, 1979). En los meses de abundancia de agua, el agua que no puede almacenarse se desperdicia o puede ser utilizada por el agricultor para ayudarse en la preparación de la tierra (es decir, ablandamiento de la tierra) o control de malezas (es decir agua profunda estancada en los arrozales). Se deduce de lo anterior que para muchos sistemas de agua de río alimentadas por gravedad (y también para muchos esquemas con almacenamiento limitado) los límites críticos para definir los niveles de aptitud (a1, a2, a3, n1, n2) deben ser relacionados con el período "limitado por el agua" y no necesariamente por la cantidad total de agua disponible para su uso a lo largo de todo el año.

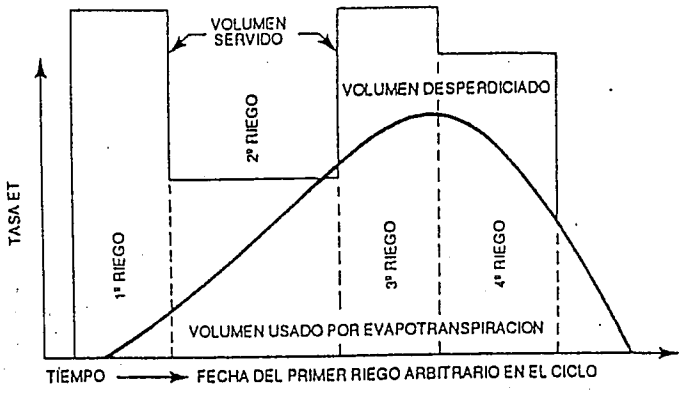
Un elemento importante de cualquier evaluación de suministro y necesidades de agua, donde el agua sea un artículo escaso y estacionalmente variable, es armonizar cuanto sea posible el suministro de agua y los perfiles (demanda) de necesidades de agua. Por ejemplo, los sistemas de cultivo, y las áreas ocupadas por diversos cultivos, pueden manejarse para admitir una disminución en el suministro de agua hacia el final de una temporada lluviosa. Además, la preparación de la tierra y las fechas de siembra pueden escalonarse para suavizar la demanda máxima de agua cuando sea superior al suministro de agua en algunos meses. La Figura 10 ilustra la forma en que la programación del riego afecta la armonización del suministro y de las necesidades de agua. Si el proyecto de riego está planificado para abastecer agua sobre la base de un programa de cantidad constante - frecuencia constante, la armonización antes citada puede resultar deficiente. No obstante, muchos proyectos de riego tienen que planificarse sobre la base para simplificar las disposiciones administrativas de distribución de agua. La armonización de los perfiles de oferta-demanda puede mejorarse variando la cantidad o la frecuencia de aplicación del agua, o ambas magnitudes a la vez, según se ilustra en la Figura 10.

Las variaciones de un año a otro en los suministros de agua suelen ser tan importantes en la evaluación de la tierra como las variaciones estacionales. Las decisiones sobre la extensión del área de tierra "regable" están basadas en la armonización del suministro de agua y de sus necesidades; en aquellas situaciones en las que existen abastecimientos erráticos y no confiables, el área "regable" debería calcularse con un nivel de riesgo admisible. Se debe elegir entre proporcionar agua de forma segura a una pequeña área de tierra y suministrarla, de forma menos segura, a una extensión grande; esta última opción puede utilizar el suministro de agua disponible mejor que la primera en años más lluviosos. La solución de compromiso debería dirigirse a conseguir los mayores beneficios netos posibles del proyecto o por unidad de agua, en lugar de cerciorarse de lograr altos rendimientos en un área de tierra más pequeña (Eavis, Socratous y Makin, 1978). Si los suministros de agua están limitados por variaciones anuales, los altos rendimientos por unidad de tierra sólo pueden conseguirse con regularidad renunciando a la oportunidad de regar un área más grande en años más lluviosos, a no ser que un almacenamiento apropiado sea posible.

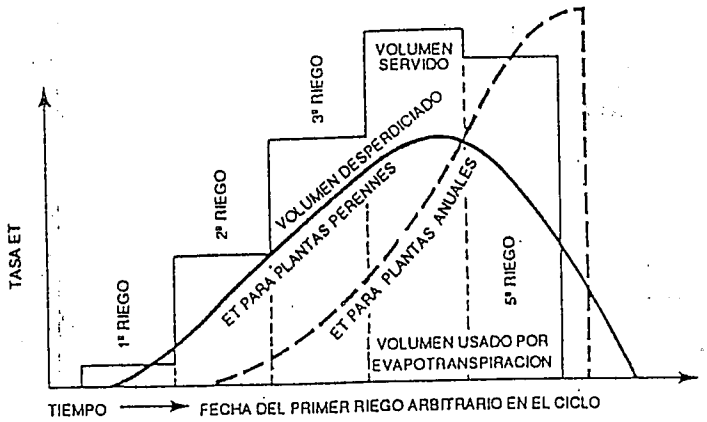
En términos generales, existen dos formas de reducir las necesidades de agua para armonizar un suministro escaso de agua en períodos secos. Una de dos: el área de tierra regada puede reducirse temporalmente durante el período de escasez cortando por completo los suministros a algunas zonas o bien, los suministros de agua pueden reducirse a una magnitud inferior a la exigencia óptima con la reducción consiguiente de los rendimientos del cultivo.



a) Programa (rotacional) de cantidad constante - frecuencia constante



b) Programa de cantidad constante - frecuencia variable (rotación de frecuencia variable)



c) Programa de cantidad variable - frecuencia constante (rotación de cantidad variable)

Figura 10: Efecto del programa del riego en la armonización del suministro de agua con las necesidades de agua.
Fuente: Replogle y Merriam, 1980.

Dicho en forma más clara, a las áreas de tierra que recibirán agua en algunos años o temporadas, pero no durante períodos de escasez, se les deberá asignar un nivel de aptitud más bajo que a aquellas que tengan suministros de agua más seguros. Los cultivos que toleran la sequía, pero que responden cuando hay abundancia de agua, algunas veces pueden crecer en dicha tierra o pueden eliminarse del sistema de cultivo durante el período seco los cultivos de corta duración.

A partir de estas consideraciones pueden establecerse los límites críticos que definan los niveles de aptitud a1, a2, a3, n1 y n2 para un tipo de utilización de la tierra (TUT).

A.6.3 Rendimientos de los cultivos y escasez de agua

Los efectos de la escasez de agua en los rendimientos de muchos cultivos se han descrito en la Publicación 33 Riego y Drenaje (FAO, 1979c). De forma experimental, el rendimiento de los cultivos y la transpiración se suelen considerar como directamente proporcionales y para muchos fines prácticos, una relación lineal entre el rendimiento de los cultivos y la evapotranspiración real de los cultivos (ETa) es una buena aproximación (al menos para la escala de rendimientos comercializables). Algunos cultivos sufren de la falta de agua más en algunas etapas de desarrollo que en otras, circunstancia que puede tenerse en cuenta.

El tipo de función de producción suele determinarse de forma experimental según se ilustra en la Figura 11. El rendimiento y la evapotranspiración se representan como relaciones del rendimiento máximo (Rm) y la evapotranspiración máxima (ETm o ETc). Al restar estas relaciones de la unidad (1), se transforman las escalas de modo que indiquen una disminución del rendimiento relativo (1 - Ra/Rm) y un déficit de evapotranspiración relativo (1 - ETa/ETm). Pueden establecerse límites críticos tal como se ilustra en la Figura 11 para escalas adecuadas de rendimientos. Si el suministro de agua varía de un año a otro, el porcentaje de años en los que se produce un valor de clasificación "n" puede servir de base para seleccionar los límites críticos (ver Eavis, Socratous y Makin, 1979).

A.6.4 Estimación del riego y necesidades de agua de los cultivos

Los métodos para la estimación de las necesidades de agua se describen en la Publicación 24 Riego y Drenaje, FAO. Los principales pasos que suelen ser necesarios se enumeran a continuación. Existe un procedimiento más sofisticado basado en modelos de balance hídrico, descrito por Eavis, Socratous y Makin (1979), que tiene en cuenta las variaciones de la pluviosidad diaria en campos de agricultores, el suelo considerado como depósito y la escasez de agua.

He aquí los pasos principales en la estimación de las necesidades de riego y de agua de cultivo:

i. determinar un calendario de cultivos con períodos semanales o de 10 días para la preparación de la tierra, plantación (drenaje de los arrozales sumergidos), cosecha, etc;

ii. calcular la "evapotranspiración del cultivo de referencia" (ETo) para cada período semanal o de 10 días. Utilizar los datos climáticos o registros de evaporación en cubeta por los métodos descritos en la Publicación Nº 24 Riego y Drenaje, FAO;

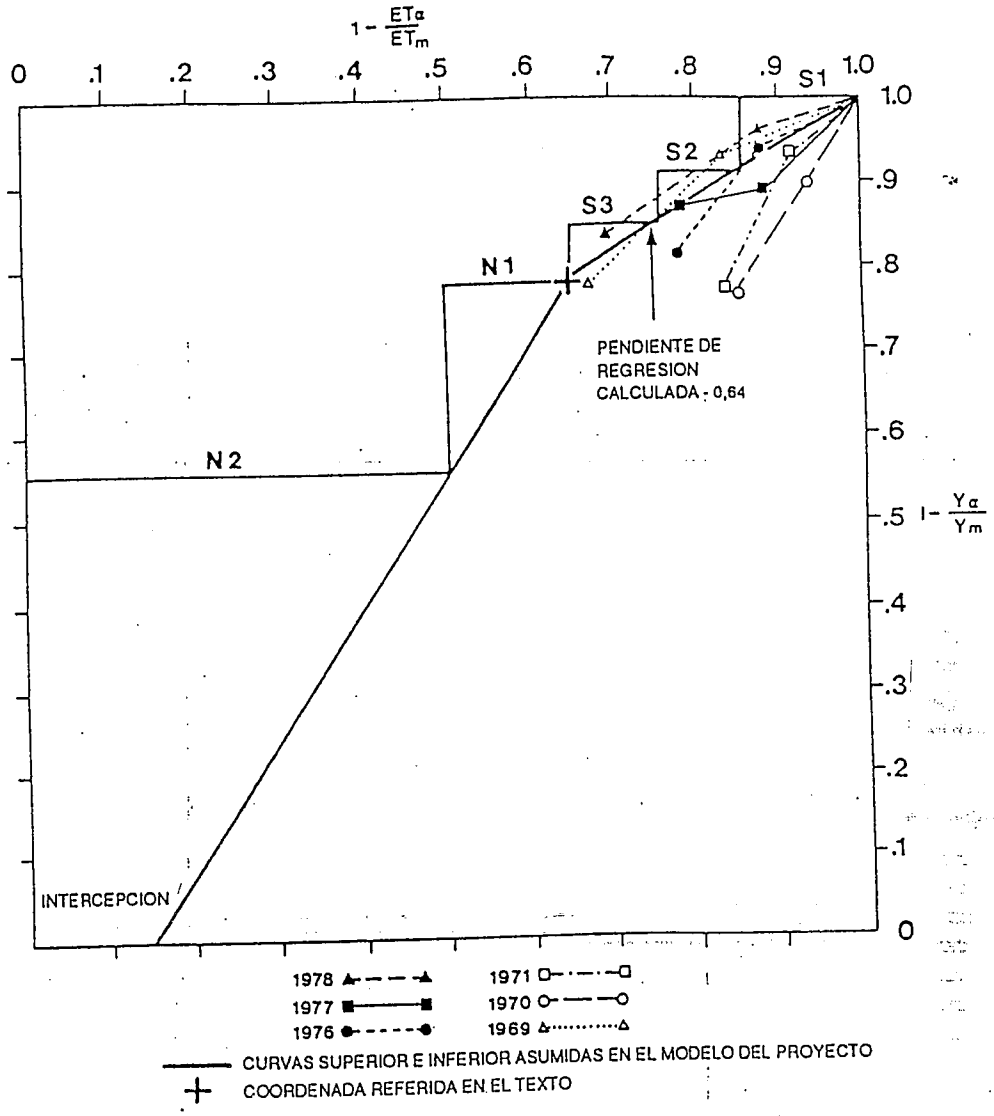


Figura 11: Relación entre la evapotranspiración del cultivo y el rendimiento en papas, basada en experimentos de riego en Chipre, mostrando como se definieron los límites críticos. (La proporción de años en que el suministro de agua y los rendimientos correspondientes descendieron a n1 (N1 en la figura), sirvió de base para determinar la extensión de la zona regable).

iii. seleccionar los coeficientes de cultivo (Kc) de acuerdo con las instrucciones contenidas en la Publicación Nº 24 Riego y Drenaje, FAO (Kc = ETm/ETo para diferentes etapas de desarrollo del cultivo);

iv. obtener la evapotranspiración máxima del cultivo (ETm) multiplicando ii por iii. (ETm = ETo.Kc) para diferentes etapas del desarrollo del cultivo. Se asume que no se produzca escasez de agua;

v. añadir en las necesidades de agua las de humedad del suelo inicialmente si está seco, y para la preparación de la tierra; también para drenaje de arrozales a efectos de deshierbe, etc;

vi. restar las necesidades de agua suministrada por la humedad residual del suelo hacia finales de la temporada de crecimiento (según proceda);

vii. añadir las estimaciones de pérdidas por escorrentía, filtración y percolación o de ganancias por afluencia natural o agua subterránea;

viii. calcular los requerimientos de lixiviación (véase Figura 16). Si la percolación esperada es insuficiente para mantener la salinidad del suelo dentro del margen necesario, añadir la cantidad adecuada a las necesidades de agua;

ix. deducir de las necesidades de agua de riego la contribución aportada por la precipitación o lluvias en las tierras de los agricultores (lluvia efectiva);

x. convertir los requerimientos anteriores expresados en milímetros (mm) en volúmenes de agua por superficie regada (es decir, mm x 10 x ha = m^3);

xi. añadir las pérdidas de conducción entre la fuente de agua y el campo;

xii. sobre la base de la técnica de aplicación de riego, decidir el programa de riego (por ej., véase Figura 10) según sea la frecuencia, caudal y duración de la aplicación del agua;

xiii. determinar las necesidades máximas de agua en función de los caudales (litros por segundo por ha, l/s/ha);

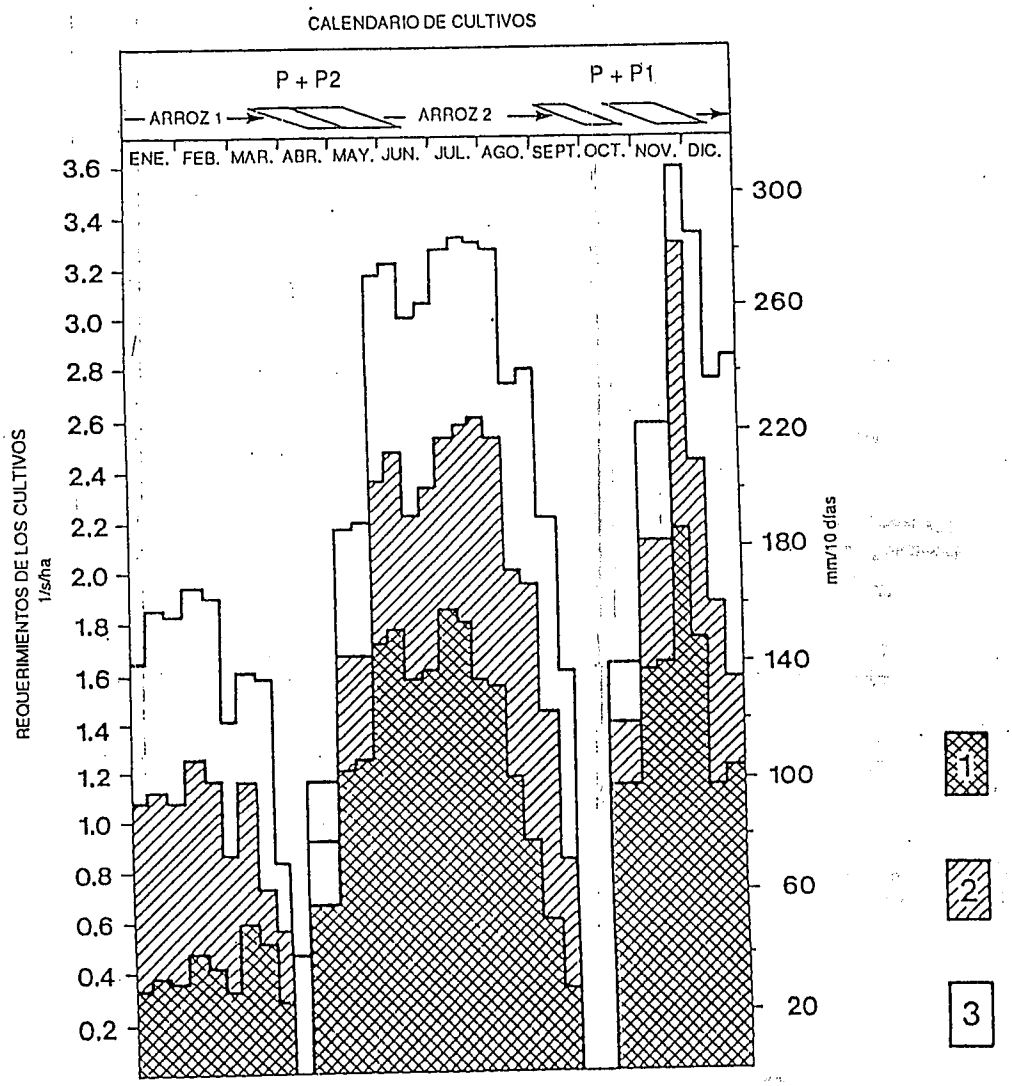
xiv. armonizar los perfiles de suministro y necesidades mediante revisión e interacción.

Una descripción detallada de los procedimientos anteriores cae fuera del objeto de esta publicación. En la Figura 12, con el Cuadro 34 adjunto, ilustra, a modo de ejemplo, algunas estimaciones de las necesidades de agua de riego para doble cosecha de arroz en Bali, Indonesia (Eavis y Walker, 1976). El rango de necesidades de agua de riego para diferentes unidades de tierra en el área del proyecto de este ejemplo diferió principalmente debido a la variación en las pérdidas sobre el terreno producidas por la filtración y la percolación (véase Sección A.6.6).

Cuadro 34 REQUISITOS BRUTOS ANUALES DE AGUA DE RIEGO PARA UN CULTIVO DE ARROZ LOCAL DE 140 DIAS, SEGUIDO POR UN CULTIVO DE ARROZ VAR DE 120 DIAS (acompaña a la Figura 12)

Pérdidas por filtración y percolación, mm/día		Cultivo Arroz 1 (140 días) mm/cosecha	Cultivo Arroz 2 (120 días) mm/cosecha	Requisitos brutos anuales de agua de riego mm/año 1/	Tasa máxima de demanda l/seg/ha
1	5,0	1 352	1 901	3 253	2,15
2	10,0	2 146	2 744	4 890	3,26
3	15,0	3 096	3 701	6 797	3,59

1/ mm/año x 10 = requerimiento bruto de agua de riego en m^3/ha/año.



Leyenda: H1 = Primera cosecha, H2 = Segunda cosecha
P + P1 = Primera arada y plantación
P + P2 = Segunda arada y plantación
l/s/ha = Litros por segundo por hectárea, asumiendo un riego de 24 horas/día

Asunciones: a) Las pérdidas por infiltración y percolación se estimaron en 5 mm/día, 10 mm/día, y 15 mm/día para satisfacer el rango de condiciones en las distintas unidades de tierra 1, 2 y 3 (zonas sombreadas).
b) Extensión de la plantación en 60 días.
c) Variedad local (tradicional) de 140 días de duración; VAR (variedad de alto rendimiento) de 120 días.
d) Presaturación de 250 mm para la primera cosecha y 100 mm para la segunda cosecha.
e) Pérdidas de conducción del 15 por ciento del suministro bruto, más 5 por ciento de pérdidas por operación: pérdida total hasta cabecera de campo = 20 por ciento del suministro bruto.
f) La lluvia con una probabilidad del 80 por ciento fue el valor utilizado para aproximarse a la lluvia efectiva.

Figura 12: Necesidades de agua de riego de un arroz local, seguida por otra de arroz VAR, en la costa norte de Bali, Indonesia.

A.6.5 Contribución de la lluvia a las necesidades de agua en tierras de agricultores (lluvia efectiva)

En las zonas húmedas, las necesidades de agua de cultivo pueden cubrirse, en parte, con la lluvia que cae directamente sobre los campos de los agricultores. Las proporciones respectivas de las necesidades de agua de riego provistas por (i) lluvia o precipitación y (ii) por riego, pueden diferir de un año a otro y de una temporada a otra.

No toda la lluvia caída directamente en el campo es efectiva. Parte de ella se pierde por escorrentía, percolación profunda o por evaporación de la lluvia interceptada por la vegetación. En los casos en los que la escorrentía no es importante, el mejor método para estimar la contribución directa de la lluvia a las necesidades de agua es elaborar un balance diario de la humedad del suelo utilizando los datos históricos de lluvia diaria (Stern y Coe, 1982). Con frecuencia se han aplicado aproximaciones más simples (por ej., la lluvia con una probabilidad del 80 por ciento, a veces con resultados engañosos). Métodos más antiguos para el cálculo de las probabilidades pluviométricas y de lluvia efectiva se exponen en el Documento Nº 24, Riego y Drenaje de la FAO.

Las características de la tierra, tales como la pendiente, el relieve, la tasa de infiltración, el agrietamiento, la permeabilidad y el manejo del suelo, pueden influir, todas ellas, sobre la utilización de la lluvia, y los límites críticos de las características importantes pueden utilizarse en la evaluación de la tierra.

En el caso contrario del arroz acuático, la contribución de la lluvia efectiva depende de las prácticas de conservación de los recursos hídricos. El flujo continuo de agua por gravedad en muchas áreas dedicadas al cultivo del arroz mantiene a los arrozales llenos de agua. La lluvia en un arrozal lleno de agua produce un rebose, y es posible que no se pueda utilizar de forma efectiva corriente abajo. Para mejorar el aprovechamiento directo de lluvia, los agricultores deberían bloquear el flujo de paso y permitir que disminuyan los niveles de agua estancada en los campos. Estas medidas surten un efecto de vaciado parcial del arrozal y proporcionan una oportunidad para el almacenamiento temporal del agua de lluvia; al mismo tiempo, disminuyen las pérdidas por filtración y percolación (véase más adelante).

Por lo general, la proporción de lluvia total que es efectiva es más grande en las temporadas secas que en las temporadas húmedas. La nieve derretida y la afluencia de cursos naturales procedentes de zonas adyacentes son de gran importancia en algunas áreas.

A.6.6 Filtración y percolación en arrozales sumergidos

En muchos arrozales, las pérdidas de agua por filtración y percolación (S y P) son muy superiores a las de evapotranspiración. Si existieran limitaciones en la cantidad de agua, las pérdidas por filtración y percolación (S y P) y las características de la tierra que las afecta serían factores importantes merecedores de evaluación.

La filtración es el flujo lateral de agua a través del suelo y a través de malecones, terraplenes y lomos o camellones alrededor de los campos. La percolación es el descenso de agua vertical hacia el nivel freático. La filtración y la percolación no siempre pueden diferenciarse con claridad en condiciones de campo y, por consiguiente, a menudo se consideran juntas.

En áreas relativamente planas con un drenaje pequeño y un manto freático elevado, la filtración y la percolación dependen del efluente total en respuesta a cargas hidrostáticas diferenciales y de la resistencia al flujo a través de los bordes de los arrozales y del suelo. En una serie de arrozales con pendiente, la filtración desde un arrozal al contiguo se compensa con la filtración procedente de los arrozales más altos y las pérdidas netas pueden medirse a partir del último arrozal del sistema, que suele estar situado a lo largo de una zona de drenaje, o no cultivada, que actúa como sumidero para todo el sistema.

Las tasas de percolación están reguladas por la carga de agua (presión) y la resistencia al flujo de agua a través del perfil del suelo. La lámina de agua estancada en los arrozales, debida al aumento de la carga hidrostática, tiene una influencia notable en las tasas de percolación a través del suelo del campo y a través de los bordes de los arrozales en suelos permeables. La permeabilidad del suelo está influida por la estructura del suelo, por su textura y por las interfases entre horizontes, incluida la existencia de capas de arcilla compacta o capas duras que pueden dar lugar a un manto freático colgante distinto del manto verdadero y ubicado por encima del mismo. En muchos arrozales, el nivel freático por sí mismo controla las pérdidas de agua por percolación.

En un terreno con pendiente, en donde el nivel freático está por debajo de 25 a 30 cm de la profundidad de enraizamiento del arroz, la filtración y la percolación están relacionadas con la forma en que se impermeabilizan los arrozales en terrazas mediante el enfangado del piso del suelo y el bloqueo de las infiltraciones a través de los bordes de los arrozales. El enlodado descompone la estructura del suelo y contribuye a su impermeabilización contra las pérdidas de agua. Su efectividad del enfangado depende de características tales como la textura, los minerales arcillosos predominantes, el esponjamiento y la contracción del terreno, la salinidad, el contenido en materia orgánica y el control del agua. La efectividad de dicha operación suele ser una consideración esencial en la evaluación de las pérdidas de agua por filtración y percolación. Los arrozales de reciente creación no pueden ser objeto de esta operación con eficacia y es frecuente que esa eficacia mejore a lo largo de los 5 a 10 primeros años.

Las pérdidas de agua hacia el nivel freático no solamente se producen a través del suelo del campo, sino también a través de los bordes de los arrozales. En muchos arrozales, estos bordes permanentes tienen suelos permeables bien estructurados que permiten las infiltraciones que aumentan con la lámina de agua permanente en el campo (Walker y Rushton, 1984); estas pérdidas pueden revestir importancia. Si los bordes son estructuras permanentes de terrazas, la dificultad de evitar dichas pérdidas es probable que sea mayor que cuando los lomos quedan destruidos después de cada cosecha de arroz y luego se acondicionan y compactan de nuevo durante la preparación de la tierra.

La textura del suelo, el porcentaje de arcilla y la composición mineralógica de la arcilla pueden ser factores que contribuyan a una evaluación de las pérdidas de agua por filtración y percolación. Las necesidades netas de agua de riego para los cultivos de arroz en suelos arenosos son probablemente mayores que para los suelos arcillosos. Chin y Lee (1961) informaron de necesidades de agua de 7, 9, 10 y 12 mm/día para suelos de Taiwán que tienen un contenido en arcilla del 25-30 por ciento, 15-25 por ciento, 10-15 por ciento y 5-10 por ciento, respectivamente. Gupta y Bhattacharya (1969) informaron de unas pérdidas por percolación decrecientes para suelos arenosos, franco arenosos, franco arenosos finos y

arcillosos pesados. No obstante, Achar y Dastane (1971) informaron de unas pérdidas por percolación que llegaban a ser de 19 mm/día en vertisoles negros pesados con un porcentaje de arcilla de hasta el 50 por ciento. El tipo de mineral de arcilla y el contenido en sales del suelo y del agua son factores importantes a considerar. Las sales dan lugar a la formación de agregados de arcilla montmorillonítica y otras clases de arcillas y agravan las pérdidas por filtración y percolación. Las arcillas caoliníticas se hinchan relativamente poco y su enlodado es menos eficaz que en el uso de las arcillas montmorillonítícas.

La filtración y la percolación determinarán muchas veces el límite de riego para el arroz acuático en sucesivos desniveles topográficos. En los fondos de los valles, la filtración y la percolación son menores que en los terrenos con pendientes de las laderas, lo que se debe en parte a los cambios en la estructura y la textura del suelo. Por consiguiente, la filtración y la percolación suelen ser importantes para decidir la extensión del área regable. Un rango de la filtración y la percolación entre 2 y 15 mm/día en el ejemplo ilustrado en la Figura 12 corresponde a un incremento triple en las necesidades netas de agua de riego por año y a un incremento similar en la tasa máxima de demanda de suministro.

Las directivas para fijar los límites críticos de filtración y percolación para el arroz acuático se indican a continuación, pero deberán modificarse para reflejar la importancia de los suministros de agua en las condiciones locales, según se expuso en la Sección A.6.1:

a1 0 - 2 mm/día
a2 2 - 5 mm/día
a3 5 - 15 mm/día
n1 más de 15 mm/día

Los valores aproximados para la filtración y la percolación pueden obtenerse a partir de las observaciones de la recesión del agua estancada en arrozales de suelos similares a los que interesan. Según la técnica seguida para medir la pendiente, se instala en los arrozales representativos una varilla graduada inclinada (con pendiente 1:5). Se mide con este aparato el descenso en el nivel del agua, que representa las pérdidas combinadas por evapotranspiración, afluencia (riego más lluvia) y filtración y percolación. Si no se añade agua o se drena el arrozal, entonces el agua total utilizada (indicada por el cambio en la lámina) es simplemente igual a la evapotranspiración sumada a la filtración y percolación. En áreas pequeñas, la evapotranspiración es aproximadamente la misma y las diferencias entre unos lugares y otros pueden asumirse diferentes en la filtración y la percolación.

A.7 NUTRIENTES (NPK)

El análisis de la nutrición de los cultivos en esta Sección está limitada en buena parte al nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), que son los tres nutrientes principales que se suelen suministrar como fertilizantes. Otros nutrientes y micronutrientes importantes, así como los efectos del pH y de las toxicidades se examinan en el Epígrafe A.11.

En primer lugar, debe establecerse una distinción entre:

- requerimientos de nutrientes de los cultivos basados en el contenido actual en nutrientes del cultivo, y

- necesidades de fertilizantes y estiércol.

La composición mineral de la materia seca de la planta como forma de medir las necesidades de nutrientes del cultivo exige un muestreo por serie durante la vida del cultivo para poder obtener unos resultados exactos; sin embargo, la absorción de nutrientes del cultivo se suele tomar como el contenido de nutrientes de los cultivos cosechados. Esto sirve de guía en relación con los nutrientes que se necesitan para mantener la fertilidad del suelo a aproximadamente el nivel existente. Los suministros de nutrientes de la planta para sustituir a los eliminados en la cosecha pueden proceder de:

i. mineralización del suelo (es decir, la transformación de los minerales del suelo, o de la materia orgánica, de nutrientes no disponibles en nutrientes disponibles);

ii. fertilizantes y estiércol, o

iii. fijación a partir del aire, como en el caso del nitrógeno.

Asimismo, se producen pérdidas por lixiviación, fijación en formas no disponibles y desmineralización, etc. Las necesidades de abonos orgánicos y fertilizantes dependen de todas estas consideraciones y se suelen determinar de forma empírica mediante experimento.

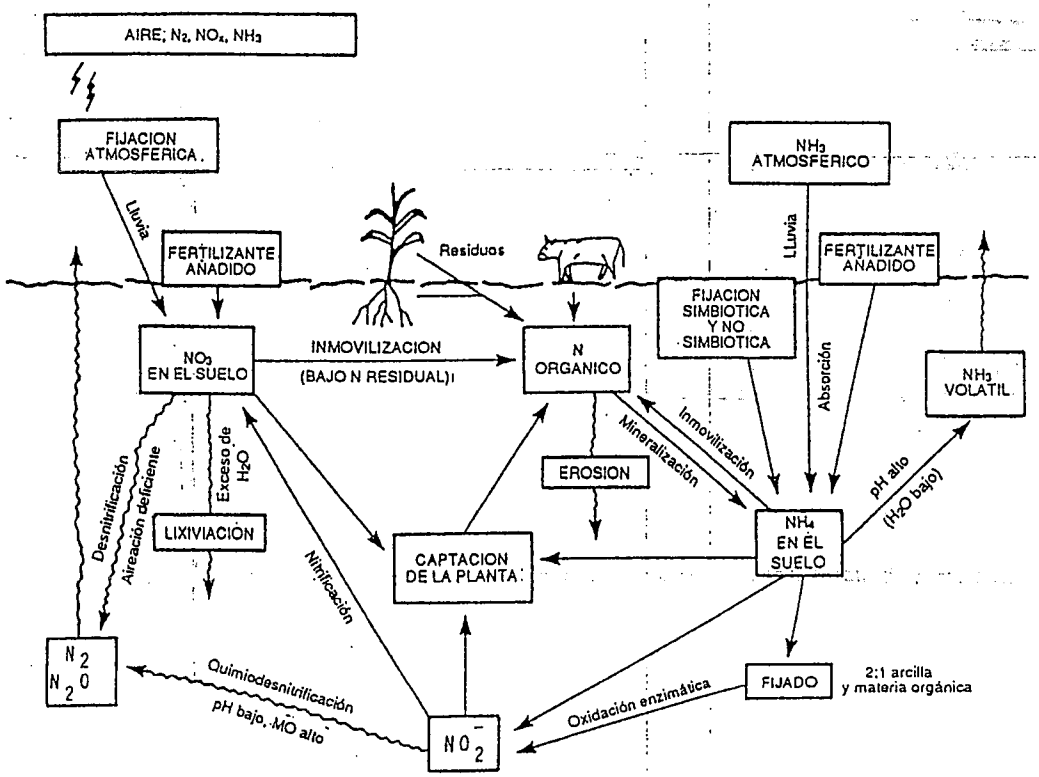


Figura 13: Transformaciones del nitrógeno en la rizósfera.
Fuente: FAO 1980d.

A.7.1 Nitrógeno

El nitrógeno sólo sigue al agua en importancia como factor que afecta a los rendimientos de la mayoría de los cultivos de riego. En la Figura 13 se ilustra el ciclo del nitrógeno. Los fertilizantes nitrogenados proporcionan unos rendimientos bastante predecibles donde la falta de nitrógeno es el factor principal que limita los rendimientos. Las consideraciones principales al decidir cuánto nitrógeno debería aplicarse para conseguir un rendimiento determinado son:

i. las cantidades de nitrógeno consumidas por el cultivo;
ii. el contenido inicial de nitrógeno del suelo;
iii. la aportación derivada de la fijación del nitrógeno;
iv. las pérdidas de nitrógeno por lixiviación, desnitrificación, etc.

Otra consideración más, cuando se exijan altos rendimientos de cultivos hortícolas de corta duración, es la necesidad de altas concentraciones temporales de nitrato o nitrógeno amónico en el suelo para estimular la absorción en etapas críticas del crecimiento; dichas aplicaciones suelen dar lugar a pérdidas adicionales por lixiviación y, por consiguiente, la cantidad de nitrógeno aplicada en un cultivo intensivo puede ser considerablemente mayor que el nitrógeno consumido por ese mismo cultivo. Por otra parte, las contribuciones pueden proceder del aire o de la mineralización de la materia orgánica. Variedades de arroz tradicionales se han cultivado durante siglos en muchas partes de Asia sin emplear fertilizantes o abonos nitrogenados, gracias a la fijación atmosférica de nitrógeno por obra de microorganismos y algas. Los cultivos inundados de arroz y de leguminosas pueden contribuir en el orden de 30-75 kg N/ha en condiciones favorables a lo largo de un período de tres a cuatro meses, aunque esto no es suficiente para conseguir rendimientos óptimos o máximos en el caso de variedades modernas.

Si no hay limitaciones por factores distintos del agua y los nutrientes, entonces la interacción entre el abono nitrogenado y la aplicación de agua será con frecuencia muy significativa. Los suelos recién recuperados en zonas áridas y semiáridas suelen ser, por sí mismos, de muy bajo contenido en materia orgánica y nitrógeno y no obstante, muy adecuados para el riego. En la Figura 14 se ilustra el tipo de respuesta e interacción a los abonos nitrogenados y al agua que se obtiene en dichos suelos; se consigue una mejor respuesta al nitrógeno si el agua no es escasa. El desarrollo variable de las unidades de tierra puede evaluarse en función de dicha superficie de respuesta. Como alternativa, los límites críticos pueden definirse como el costo de los insumos de fertilizantes en diferentes unidades de tierra.

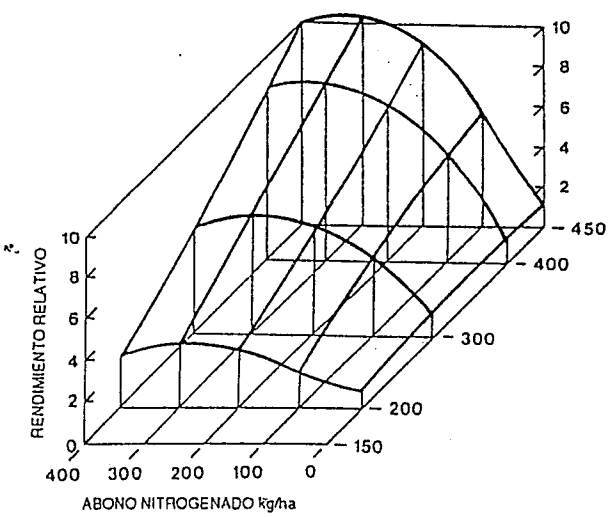


Figura 14:

Ejemplo de la respuesta de rendimiento al abono y al agua para un suelo con bajo contenido en nitrógeno.

El costo de aplicar fertilizante nitrogenado puede variar de una unidad de tierra a otra. Los suelos que exigen altos insumos de nitrógeno pueden ser inicialmente de bajo contenido en nitrógeno, o bien, pueden utilizar aplicaciones de nitrógeno ineficientemente debido a la lixiviación u otras pérdidas. En la práctica, sin embargo, los agricultores suelen emplear las mismas cantidades de abono en todas sus tierras y los rendimientos pueden variar a causa de su diferente aprovechamiento.

La deficiencia de nitrógeno es frecuente sobre todo en suelos arenosos y bien intemperizados en zonas de alta pluviosidad y en suelos con bajo contenido en materia orgánica. Los contenidos totales en nitrógeno propiamente dicho y en nitrógeno bajo forma de nitrato de los suelos son un signo de grave deficiencia pero, en las escalas intermedias y debido a variaciones estacionales, sirven de poco para determinar las necesidades inmediatas de fertilizantes.

Los suelos arables tienen un contenido variable de nitrato, que va desde menos de 2 mg/l a 60 mg/l de nitrógeno en forma de nitrato. Los niveles altos de nitrógeno en forma de nitrato pueden indicar que ha de aplicarse poca o ninguna cantidad de nitrógeno. El contenido total de nitrógeno en el suelo se considera bajo si es inferior a 0,1 por ciento y alto si es superior a 0,3 por ciento en el suelo exento de humedad.

Los análisis de los tejidos de las hojas de las plantas arrojan un rango en contenido total de nitrógeno que varía de un 1,5 por ciento (bajo) a un 3,5 por ciento (alto), según el cultivo y edad de la hoja, etc. (Chapman, 1973).

A.7.2 Fósforo

Se ha prestado mucha atención al desarrollo de métodos químicos para determinar el fósforo disponible en un suelo, donde la disponibilidad se define como la cantidad que un cultivo absorberá del suelo o, también donde se utiliza como medida de la capacidad del suelo para suministrar las cantidades necesarias para un rendimiento agrícola máximo dentro del sistema de cultivo que se practique (Russell, 1973). Los análisis de suelos pueden detectar, por lo general, la deficiencia bruta, pero no suelen ser muy indicativos a la hora de decidir qué abonos fosforosos harían falta para conseguir diversos rendimientos a no ser que se pruebe primero que son adecuados para un área particular. La absorción del fósforo disponible del suelo por los cultivos depende de muchos factores entre los cuales podemos citar los siguientes:

i. la rapidez con que las formas no disponibles de fósforo se transforman en formas intercambiables y viceversa;

ii. la tasa en la que las formas disponibles e intercambiables se liberan pasando a la solución del suelo;

iii. el contenido hídrico del suelo y las concentraciones de la solución durante el período vegetativo;

iv. las necesidades de fósforo por parte del cultivo;

v. la eficacia con que el sistema radicular explora el volumen del suelo y absorbe y utiliza el fósforo existente.

La deficiencia de fósforo se suele presentar con mayor frecuencia en suelos tropicales muy meteorizados, suelos calcáreos y suelos turbosos y humíferos, sin embargo existe una respuesta al fertilizante fosforoso en una gama muy amplia de suelos.

Entre los suelos ácidos tropicales muy meteorizados hay algunos que absorben fosfato con tanta fuerza que su concentración en la solución del suelo se mantiene demasiado baja para que el cultivo se aproveche de su presencia sin aplicaciones masivas. No obstante, algunos cultivos (por ej., la mandioca) pueden utilizar el fosfato en dichos suelos. En la evaluación de la tierra, reviste especial importancia la identificación de los suelos que absorben fósforo con gran intensidad. En los trópicos, estos suelos suelen ser oxisoles o ultisoles. Russel (1973) propone que podrían identificarse mediante una determinación en laboratorio de la cantidad de fósforo que una muestra de suelo debe absorber para alcanzar el equilibrio con una solución de fósforo de la misma concentración que necesita para una absorción de fósforo activo por la mayoría de los cultivos (por ej., 10^{-5} M, pero con una tolerancia que depende del cultivo correspondiente).

Los suelos ácidos suelen necesitar una mayor adición de fósforo que los suelos neutros y calcáreos y el fosfato mineral es más efectivo en suelos ácidos. El fósforo en cantidades excesivas en especies tales como los cítricos, que son sensibles al exceso de fósforo, pueden dar lugar a síntomas de deficiencia de cobre y de zinc en suelos calcáreos.

El fósforo en los suelos tropicales se suele mineralizar a partir de la materia orgánica al comienzo de las lluvias o del riego, después de un período seco. La disponibilidad de fósforo, bien estimada por métodos químicos o por la absorción de la planta, aumenta al sumergirse un suelo. El incremento en la disponibilidad del fósforo y otros elementos se suele considerar como uno de los beneficios de los suelos de arrozales inundados (Ponnamperuma, 1976). No obstante, el incremento en la solubilidad del fósforo en terrenos inundados es pequeño en el caso de ultisoles y oxisoles.

Por lo general, las necesidades de abonos orgánicos o fertilizantes fosfatados para el cultivo de arroz es menor que para otros cereales. Las gramíneas y los cereales suelen tener unas necesidades inferiores a cultivos como la papa, remolacha azucarera y hortalizas, que pueden tener una respuesta de dos a tres veces mayor que la tasa de aplicación para los cultivos citados en primer lugar (Bingham, 1973). Siempre que sea posible, dichas generalizaciones deberán confirmarse mediante experimentos que examinen también las fuentes óptimas y los insumos de abonos fosfatados en sus diversas formas, tales como fosfato de roca, superfosfato, superfosfato triple, etc.

Se están utilizando actualmente muchas técnicas químicas para la medición del fósforo del suelo "disponible para la planta" dichas técnicas se resumen (Cuadro 35) en función de las respuestas que se prevén en el área donde se utilizan (Bingham, 1973).

Cuadro 35 PRODUCTOS USADOS PARA ESTIMAR EL FOSFORO EN LOS SUELOS (DISPONIBLE PARA LA PLANTA)

EXTRACTANTE	SUELOS	mg P/1 DE SUELO SECO		
		Respuesta prevista	Respuesta probable	Respuesta improbable
1. Acido acético-acetato (Morgan) 1/ 0,0125 con respecto a una solución de sodio 0,16N en relación al acetato de pH 4,8 a 5,0.	Suelos ácidos	<5	6-15	>15
2. Método del fósforo soluble en ácido sulfúrico-ácido clorhídrico (Mehlich) 5 g de suelo agitado durante 5 minutos con 20 ml de solución 0,05N HCl-0,25N H_2SO_4. Filtrese.	Suelos ácidos no calcáreos que no se han tratado recientemente con fosfato de roca	<10	11-31	>31
3. Ensayo del fósforo soluble en floruro amónico-ácido clorhídrico (Bray Nº1) Agítese una parte del suelo durante 1 minuto con 7 partes de solución de fluoruro amónico 0,025N HCl - 0,03N. Filtrese.	Suelos no calcáreos	<7	7-20	>20
4. Ensayo del fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) Añadir 100 ml de 0,5M bicarbonato sódico ajustado con un pH de 8,5 a 5 g de suelo. Añádase una cucharada de negro de carbón exento de fósforo y agítese durante 30 minutos. Filtrese y determínese el fósforo en 5 ml por 25 de volumen final.	Suelos neutros, calcáreos y ácidos. No es aplicable a suelos sódicos con alto contenido en materia orgánica	<5	6-10	>11
5. Acido carbónico (McGeorge) Colóquese 50 g de suelo en una probeta con 250 ml de agua destilada. Hágase pasar CO_2 a través de la suspensión durante 15 minutos antes del filtrado.	Suelos calcáreos. El ensayo normalizado rápido no siempre es posible	<3	6-10	>10
6. Método del fósforo hidrosoluble (Bingham) Agítese 10 g de suelo durante 15 minutos con 100 ml de agua destilada y filtrese.	Todos los suelos	<1 o <0,13 en extracto agua	1-2	>2 o >0,13 en extracto agua

1/ En el ensayo de Morgan, las proporciones y los tiempos de los extractantes varían en gran medida por ej. 1:2 suelo:extracto con un tiempo de agitación de 1 minuto en comparación con 1:5 con tiempo de agitación de 30 minutos.

El contenido de fósforo total en los tejidos de la planta varía de 0,05 por ciento a 0,5 por ciento según el estado de nutrición, especies de plantas, temporada y el tejido objeto de muestra. Los valores foliares procedentes de cultivos arbóreos suelen ser inferiores a los correspondientes a la mayoría de los cultivos anuales, con una variación que va del 0,05 por ciento a 0,1 por ciento de contenido total de fósforo para una condición de deficiencia y de 0,2 por ciento a 0,4 por ciento en el rango satisfactorio. Una cantidad excesiva no se detecta con facilidad mediante análisis de los tejidos, pero si se encuentran valores superiores al 0,5 por ciento en los árboles, tal vez sea recomendable un nuevo examen (Bingham, 1973).

A.7.3 Potasio

La deficiencia de potasio, evidenciada por el bajo contenido en potasio intercambiable (Ulrich y Ohki, 1973), se suele presentar en:

i. suelos arenosos con una lixiviación excesiva;
ii. suelos arenosos ácidos;
iii. suelos orgánicos;
iv. suelos que hayan sido objeto de cultivo intensivo, lixiviación o erosión;
v. ferrasoles con alto grado de lixiviación.

En cambio, los suelos ubicados en muchas zonas áridas y semiáridas, tienen una cantidad de potasio a disposición de la planta más que suficiente para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos de riego. Esto es así por la repercusión relativamente pequeña de la meteorización y la lixiviación sobre los suelos de zonas secas. Las excepciones en dichos suelos pueden descubrirse con facilidad a partir de determinaciones del potasio intercambiable, extrayendo el potasio con acetato amónico normal o con una solución 0,5 normal de bicarbonato sódico.

Los suelos con menos de 100 kg/ha de potasio intercambiable en la rizósfera suelen ser sensibles a los abonos potásicos. Si el suelo contiene más de 300 kg/ha de potasio intercambiable, es probable que muy pocos cultivos sean sensibles a dicho abono (Ulrich y Ohki, 1973).

En la mayoría de las plantas examinadas se tiene un contenido en potasio en las hojas empleadas para el ánalisis de los tejidos que varía de 0,7 a 1,5 por ciento de peso seco. Algunas especies de plantas (por ej., la papa) exigen concentraciones mucho más altas en sus tejidos para su crecimiento normal y se ha descubierto que un contenido en potasio de hasta el 5 por ciento puede ser beneficioso en cultivos intensivos al inicio de la estación de clima templado.

A.7.4 Clasificación de factores para "nutrientes NPK"

La elección de las adecuadas clasificaciones por factores para "nutrientes NPK" exige una apreciación de curvas probables de respuesta del rendimiento para cultivos en las unidades de tierra objeto de evaluación. Por ejemplo, en la Figura 14 se ilustra toda una serie de curvas de respuesta del rendimiento para abono nitrogenado (en correspondencia con diferentes niveles de evapotranspiración). Las respuestas físicas a varios niveles de fertilizantes pueden traducirse en índices financieros de beneficios/costos. Las clasificaciones por factores para "nutrición NPK" pueden servir para aproximar los beneficios/costos. Por ejemplo, si una unidad de tierra proporcionara unos rendimientos excelentes sin ningún

Cuadro 36 CLASIFICACION DE FACTORES DE "NUTRIENTES NPK" EN FUNCION DE LA NECESIDAD DE FERTILIZANTES PARA UNA ESPECIFICA UNIDAD DE TIERRA Y TIPO DE UTILIZACION DE TIERRA

TUT:
Cultivo o cultivos:
Unidad de tierra N°:

	Clasificación por factores					Clasificación seleccionada
	A1	A2	A3	N1	N2	
	Indice beneficio/costo 1/					
	>3	2 - 3	1 - 2	0,5-1	<0,5	
Nitrógeno						A3
Fósforo						A1
Potasio						A1
	Clasificación por factores para "nutrición NPK" (es decir, se requieren costos relativamente altos de abonos nitrogenados para obtener rendimientos aceptables)					A3
Conclusión:	Introducir A3 en el formulario 3 para "Nutrición NPK"					

1/ Los valores de la relación beneficio/costo se dan solamente a título de ejemplo.

fertilizante se le asignaría una clasificación por factores de a1. Una relación beneficio/costo menor que 1, que significa que los costos de los fertilizantes superan al valor financiero del incremento del rendimiento, daría lugar a una clasificación por factores de n1 o n2. Se pueden evaluar por separado los valores correspondientes a N, P y K, y luego combinarse para obtener una clasificación por factores total para "nutrición NPK", como se ilustra en el Cuadro 36 a título de ejemplo. La importancia de esta clasificación por factores puede juzgarse luego en relación con las demás clasificaciones enumeradas en el Formulario 3.

A.8 CALIDAD DEL AGUA

Las directivas para evaluar la aptitud del agua para riego se exponen en el Documento Nº 29, Riego y Drenaje de la FAO 1976c (la revisión I está en prensa y saldrá en 1985). Se indican valores (Cuadro 37) que se relacionan con los problemas generales del riego en lo que respecta a la salinidad, infiltración y toxicidad iónica específica. La aptitud del agua depende de: (i) cómo se administre, (ii) la naturaleza del suelo y (iii) la tolerancia del cultivo a la salinidad de diversas clases de agua de riego. Los criterios de las calidades del agua deben interpretarse en el marco de los balances de sales totales y de sus toxicidades y efectos sobre el suelo. Los problemas que se derivan del empleo de agua con calidades deficientes varían tanto en clase como en magnitud pero los más comunes son:

i. Salinidad: Un problema de salinidad puede ocurrir si la cantidad total de sales en el agua de riego es suficientemente alta para que las sales se acumulen en la zona radicular de los cultivos en tal grado que resulten afectados desfavorablemente los rendimientos. Las cantidades excesivas de sales solubles en la zona radicular inhiben la absorción de agua por las plantas, que sufren por la sequía

i. Salinidad: Un problema de salinidad puede ocurrir si la cantidad total de sales en el agua de riego es suficientemente alta para que las sales se acumulen en la zona radicular de los cultivos en tal grado que resulten afectados desfavorablemente los rendimientos. Las cantidades excesivas de sales solubles en la zona radicular inhiben la absorción de agua por las plantas, que sufren por la sequía inducida por las sales. Las plantas dan una respuesta más crítica a la salinidad en la parte superior del perfil del suelo que a los niveles de salinidad a mayor profundidad. Por consiguiente, el control de esta zona radicular superior crítica puede ser tan importante como proporcionar una lixiviación apropiada para evitar acumulaciones de sales en la zona radicular total.

ii. Infiltración: Un problema de infiltración relacionado con la calidad del agua se produce cuando la tasa de infiltración de agua a través del suelo se reduce (debido a esta calidad del agua) en tal grado que el cultivo no recibe un suministro apropiado de agua y, en consecuencia, disminuye el rendimiento. Una infiltración deficiente del suelo dificulta más el suministro apropiado de agua al cultivo y puede contribuir en gran medida a las dificultades de cultivo por incrustación de almácigos, anegamiento de suelo superficial y problemas conexos de enfermedades, salinidad, maleza, oxígeno, así como de tipo nutricional. Se evalúan primero las sales totales en el agua porque el agua con bajo contenido en sales puede dar lugar a una deficiente infiltración debido a la gran capacidad del agua pura para disolver y eliminar calcio y otros elementos solubles en el suelo; en segundo lugar, a partir de una comparación del contenido relativo de sodio con respecto al calcio y magnesio en el agua o SAR (relación de absorción de sodio). En tercer lugar, los carbonatos y bicarbonatos pueden afectar también desfavorablemente a la infiltración y por ello han de evaluarse. Estos tres factores tienen una interacción en la determinación de la influencia a largo plazo de un agua sobre la tasa de infiltración del suelo.

iii. Toxicidad: Se produce un problema de toxicidad cuando algunos constituyentes del agua son absorbidos por el cultivo y se acumulan en cantidades que dan lugar a una disminución del rendimiento. En las zonas áridas y semiáridas, dicha circunstancia se suele relacionar con uno o más iones específicos del agua y que son, concretamente, boro, cloro y sodio.

iv. Efectos diversos: Pueden ocurrir otros varios problemas y entre ellos podemos citar la cantidad excesiva de nitrógeno en el suministro de agua, depósitos blancos en frutas debido a un alto contenido de bicarbonato en el agua aplicada por aspersión y a anormalidades sospechosas evidenciadas por el agua con un pH no habitual.

Las orientaciones presentadas en el Cuadro 37 deberían permitir que la determinación del agua con una salinidad, SAR y composición iónica específica dada permita o no, limitar la producción de un cultivo. Cuando se señalen limitaciones, el agua puede seguir siendo utilizable a condición de que se tomen algunas medidas de manejo para aliviar el problema. Las directivas que figuran en el Cuadro 37 se elaboraron suponiendo que el área objeto de consideración es semiárida o árida, de baja pluviosidad, buen drenaje, ningún nivel freático superficial y que los riegos superficiales o por aspersión se utilizaron con un 15 por ciento del agua en condiciones de percolación a través de la zona radicular. Es posible que dichas directivas sean demasiado estrictas para el riego por goteo en suelos muy permeables, pero, no obstante, el usuario debe estar constantemente en guardia contra la posibilidad de llegar a conclusiones no deseadas basándose estricta y exclusivamente en resultados de laboratorio. En el Epígrafe A.9 se presenta un estudio más detenido de las limitaciones impuestas por la salinidad.

Cuadro 37 GUIAS PARA LA INTERPRETACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO 1

Problema de riego potencial	Unidades	Restricciones sobre el uso		
		Ninguna	Pequeñas a moderadas	Graves
Salinidad (afecta a la disponibilidad de agua para el cultivo) 2/				
CE_w	dS/m	<0,7	0,7 – 3,0	>3,0
(o) TDS	mg/1	<450	450 – 2 000	>2 000
Infiltración (afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo. Evalúese utilizando CE_w y SAR a la vez) 3/				
SAR = 0 – 3 y CE_w =		>0,7	0,7 – 0,2	<0,2
= 3 – 6 =		>1,2	1,2 – 0,3	<0,3
= 6 – 12 =		>1,9	1,9 – 0,5	<0,5
= 12 – 20 =		>2,9	2,9 – 1,3	<1,3
= 20 – 40 =		>5,0	5,0 – 2,9	<2,9
Toxicidad iónica específica (afecta a los cultivos sensibles)				
Sodio (Na) 4/				
riego superficial	SAR	3	3 – 9	>9
riego por aspersión	me/1	3	3	
Cloro (Cl) 4/				
riego superficial	me/1	4	4 – 10	>10
riego por aspersión	me/1	3	3	
Boro (B) 5/	mg/1	0,7	0,7 – 3,0	>3,0
Oligoelementos (véase FAO 1985)*				
Efectos diversos (afecta a los cultivos susceptibles)				
Nitrógeno (NO_3 –N) 6/	mg/1	<5	5 – 30	>30
Bicarbonato (CO_3H) (riego a presión solamente)	me/1	<1,5	1,5 – 8,5	>8,5
pH		(rango normal 6,5 – 8,4)		

Véanse notas en la página siguiente.

(notas del cuadro anterior)

1/ Adaptado por el Comité de Consultores de la Universidad de California, 1974.

2/ CE_w significa conductividad eléctrica y es una medida de la salinidad del agua, expresada en decisiemens por metro a 25º C (dS/m) o como se expresaba anteriormente en milimhos por centímetro a 25º C - (mmho/cm); ambas expresiones son equivalentes desde el punto de vista numérico. TDS significa sólidos disueltos totales y se expresa en miligramos por litro (mg/l).

3/ SAR significa relación de absorción sódica. A veces, se expresa por el símbolo RNa. Véase el Glosario para el procedimiento de su cálculo. Para un determinado valor de SAR, la tasa de infiltración aumenta cuando lo hace la salinidad del agua. Hay que evaluar el problema de infiltración potencial valiéndose del SAR modificado por la CE_w. Adaptado de Rhoades, 1977; y Oster y Schroer, 1979.

4/ Los valores para el sodio y el cloro son aplicables a los árboles y plantas leñosas sensibles con riego superficial; muchos cultivos anuales son menos sensibles a estas especificaciones. Con el riego a presión y condiciones de baja humedad (30 por ciento), el sodio y el cloro absorbidos a través de las hojas de cultivos sensibles pueden producir daños.

5/ Para las tolerancias del boro, véase Cuadro 42.

6/ NO_3-N significa el nitrógeno en forma de nitrato expresado como nitrógeno elemental. (NH_4-N y N-orgánico deberían incluirse cuando se están sometiendo a ensayos las aguas residuales).

* Ver la Publicación Nº 29 (revisada), Riego y Drenaje de la FAO (1985) en lo que respecta a los oligoelementos y al nuevo método para calcular el SAR ajustado (RNa ajust.).

Cuadro 38 LIMITES CRITICOS PARA CLASIFICAR EL RIESGO POTENCIAL DE OBSTRUCCION DEL AGUA DE RIEGO A UTILIZAR EN SISTEMAS POR GOTEO

Factor	Riesgo de obstrucción		
	Pequeño	Mediano	Grande
Físico			
sólidos en suspensión (ppm max.) 1/	<50	50-100	>10
Químico			
pH	<0,7	7,0-8,0	>8,0
Sólidos disueltos totales (ppm. max.) 1/	<500	500-2 000	>2 800
Manganeso (ppm. max.) 1/	<0,1	0,1-1,5	>1,5
Hierro (ppm. max.) 1/	<0,1	0,1-1,5	>1,5
Sulfuro de hidrógeno	<0,5	0,5-2,0	>2,0
Biológico			
Poblaciones de bacterias (N° max/ml) 2/	<10 000	10 000-50 000	>50 000

1/ Concentración máxima medida a partir de un número representativo de muestras de agua, utilizando procedimientos estándar para el análisis.

2/ El número de bacterias por mililitro puede obtenerse a partir de muestreadores portátiles de campo y análisis de laboratorio.

Fuente: Bucks y Nakayama a partir de Howell et al, 1980

La calidad del agua para técnicas de riego localizado constituye un criterio de manejo importante que puede introducirse oportunamente aquí. Bucks y Nakayama (véase Howell, Bucks y Chesness, 1980) han señalado límites críticos, según se expone en el Cuadro 38.

A.9 SALINIDAD

Los efectos desfavorables de la salinidad del suelo sobre el crecimiento de la planta varían con la clase de cultivo de que se trate. La presencia de salinidad en la solución del suelo, resultante de la sal natural existente en el suelo o de la sal añadida con el agua de riego, puede influir en el crecimiento: (i) reduciendo la disponibilidad de agua para el cultivo (el efecto osmótico) y (ii) aumentando la concentración de algunos iones que tienen un efecto tóxico sobre el metabolismo de la planta (el efecto iónico específico). Existe un rango aproximado del décuplo en la tolerancia de los cultivos agrícolas a las sales. Esta amplia opción de cultivos aumenta, en gran medida, el rango utilizable de salinidad del agua para riego y destaca el hecho de que las calidades del agua y la salinidad del suelo son específicas para la utilización prevista. Muchas plantas (por ej., cebada, trigo y maíz) son sensibles al efecto osmótico durante la germinación y las fases iniciales del desarrollo de la plántula, pero tienen tolerancias más grandes en etapas posteriores (USDA, 1954). El daño producido por las sales se agrava con condiciones de ambiente caliente y seco y puede ser menos grave en una situación húmeda fresca. Los datos de tolerancia a las sales para cualquier cultivo determinado no pueden considerarse como valores fijos, sino que deberían utilizarse como pautas a seguir.

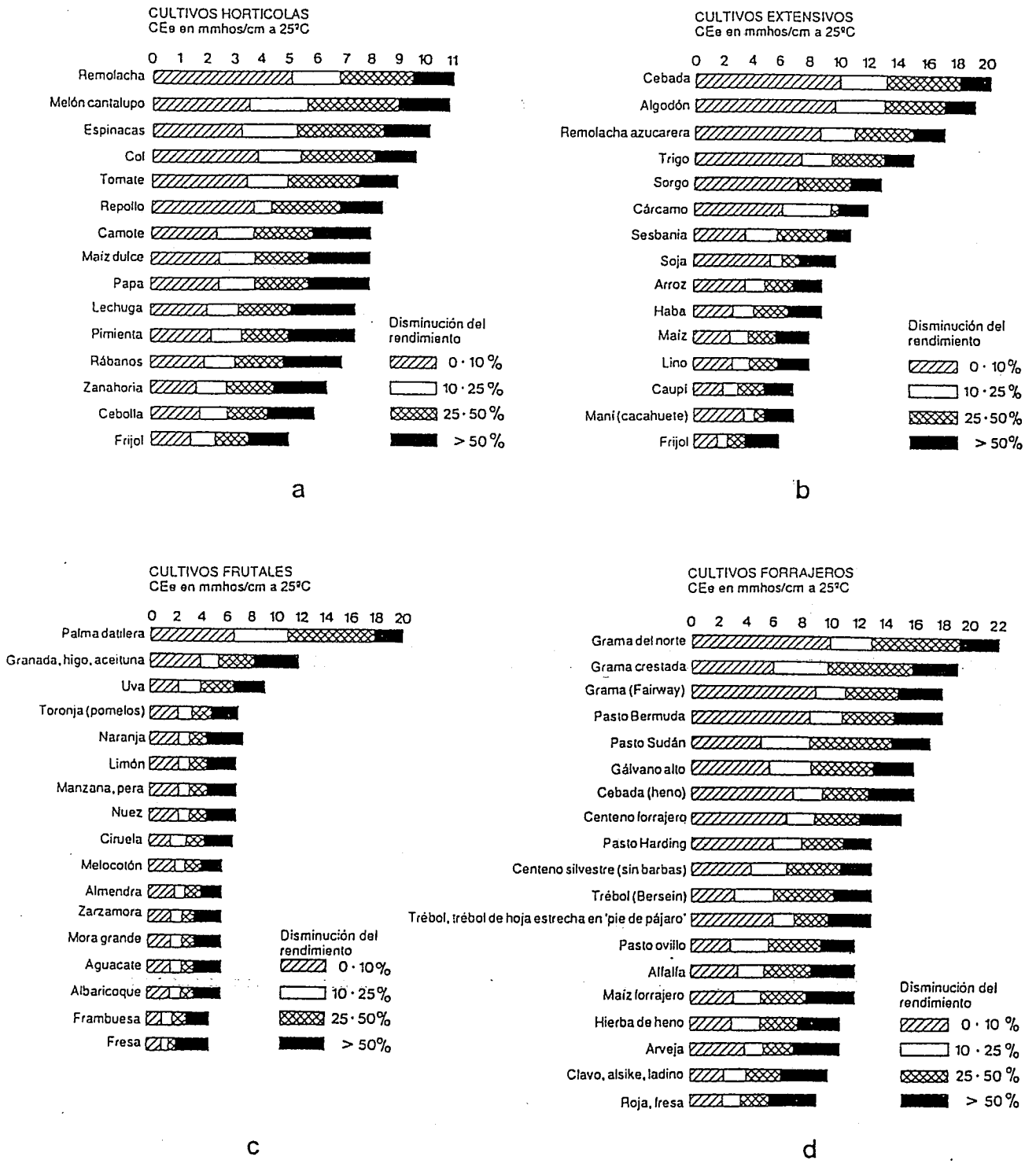


Figura 15: Tolerancias de diversos cultivos a la salinidad, medida en el extracto de saturación CEe.
Fuente: Maas y Hoofmann, 1977; James et al. 1982.

La evaluación de los datos de tolerancia a las sales de las plantas suministrados por Mass y Hoffman (1977) indica que para cada cultivo existe un determinado valor límite más allá del cual los rendimientos de los cultivos disminuyen de forma lineal con el aumento de la salinidad. Cuando el valor CEe del extracto de saturación del suelo es menor que un valor límite preestablecido, los rendimientos de los cultivos no resultan afectados y representan un 100 por ciento del rendimiento relativo. Las tolerancias de salinidad para diversos cultivos se indican en la Figura 15, que representa también las reducciones aproximadas de los rendimientos en relación con el incremento de la salinidad del extracto de saturación del suelo CEe.

La relación existente entre la conductividad del extracto saturado CEe y la del agua de riego CEw, puede estimarse aproximadamente suponiendo que el agua de riego se concentra tres veces más al convertirse en agua del suelo y que la salinidad del extracto de saturación es la mitad de la que tiene el agua del suelo (es decir, CEe = 3/2 ECw). Por ejemplo, el rendimiento de la remolacha azucarera se reduce en un 10 por ciento cuando el valor CEe llega a 8,6 dS/m (a 25°C). Esto corresponde a un valor CEw = 5,7, que es la conductividad eléctrica ECw del agua de riego, lo que daría lugar a una disminución del rendimiento del 10 por ciento si los supuestos son válidos. Este cálculo presupone también que la totalidad de la salinidad se obtiene a partir del agua de riego y ninguna a partir del suelo y, sin embargo, tal vez sea necesario, con frecuencia, tener en cuenta la última fuente.

El requerimiento de lixiviación usando agua de riego de diferentes salinidades para cultivos de distintas tolerancias a las sales puede obtenerse con facilidad a partir de la solución gráfica que se representa en la Figura 16. Así, si la conductividad del agua de riego es 2 dS/m y el valor límite de la tolerancia salina del cultivo es 4, el requerimiento de lixiviación es aproximadamente 0,10, o sea, que un 10 por ciento del agua aplicada debería lixiviar a través del suelo.

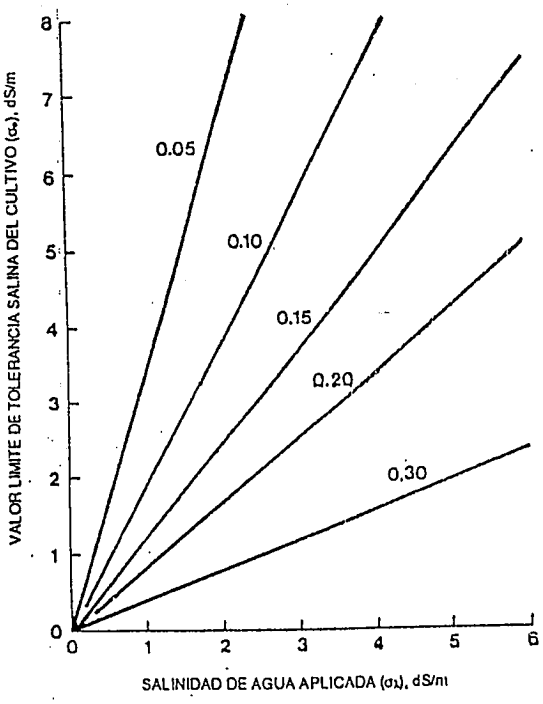


Figura 16:

Solución grálica para el requerimiento de lixiviación (Lr), que es la fracción de lixiviación mínima que impide la reducción del rendimiento, como función de la salinidad del agua aplicada y del valor límite de la tolerancia a las sales del cultivo.
Fuente: Hoffmann y van Genuchten,

Se necesitará más agua para reducir un contenido de sales inicialmente alto hasta un nivel admisible (véase la Sección C.24, Lavado de recuperación).

A.10 SODICIDAD

El efecto nocivo asociado con la acumulación de sodio en el suelo puede dividirse en dos categorías: (i) deterioro de la condición física del suelo y (ii) toxicidad sódica.

i. Efectos físicos de la toxicidad

La presencia de cantidades excesivas de sodio intercambiable en el suelo estimula la dispersión y el esponjamiento de los minerales arcillosos. El suelo se hace impermeable al aire y al agua. La infiltración y la conductividad hidráulica disminuyen hasta el grado de que se produce poco o ningún flujo de agua. El suelo es plástico cuando está húmedo y se hace duro (como un ladrillo) cuando está seco. La labranza se dificulta y se produce el encostramiento del suelo. Una reciente investigación (Frenkel et al., 1978) ha indicado que la dispersión bloquea los poros del suelo, mientras que el esponjamiento reduce el tamaño de poros. El efecto es más acentuado en suelos que contengan arcillas que se esponjan y contraen. Los suelos que contienen arcillas no expansibles, tales como la caolinita y los sesquióxidos, son relativamente insensibles a los efectos físicos del sodio intercambiable. Sin embargo, las arcillas pesadas agrietables pueden ser tan impermeables, cuando están húmedas, que la disminución de la permeabilidad asociada con un alto contenido en sodio puede carecer de importancia.

La sodicidad viene determinada por el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Al clasificar la sodicidad deberán tenerse en cuenta las variaciones en el PSI que habrá después que la tierra sea regada.

La sodicidad actual, que puede mantenerse en el suelo con las prácticas previstas de manejo del suelo y del agua, deberá valorarse según el efecto global en la producción agrícola . Dado que los sistemas radiculares de la mayoría de los cultivos se desarrollan mejor en la capa superior de 30 cm del suelo, mayor atención puede prestarse al suelo superficial, con la excepción del caso de los cultivos arbóreos, o cuando la sodicidad en el subsuelo es un factor importante para el drenaje.

Pueden emplearse métodos de laboratorio y de campo para determinar la salinidad y la sodicidad. Los estudios de laboratorio pueden utilizarse para determinar los límites críticos de la influencia del sodio intercambiable sobre las características físicas (por ej., la permeabilidad) de determinados suelos.

En estudios anteriores, las etapas de sodicidad de los suelos se solían distinguir basándose en un alto pH medido sobre el terreno. Sin embargo, el valor del pH no es solamente una función de la sodicidad sino también de la salinidad y no debe utilizarse por sí solo para la valoración de la primera. En el caso de que no esté determinado el valor del PSI, o lo esté solamente para un número limitado de perfiles, puede ser objeto de estimación a partir de las relaciones pH-PSI-CE que se hayan obtenido para varias zonas. Estas relaciones no siempre pueden mantenerse, sobre todo cuando existe yeso. El valor SAR del agua de riego influirá en el valor PSI del suelo, sin embargo la relación existente entre ambos valores no puede ser sencilla, porque el valor PSI del suelo está condicionado

por la magnitud SAR de la solución del suelo y esta última cambia de forma constante. Después del riego, la solución del suelo se va haciendo lentamente más concentrada a medida que el cultivo transpira agua y por ello aumentará su SAR y si el efecto de la concentración es hacer que se precipite alguna cantidad de calcio o de magnesio en forma de carbonato, esto hará también que su valor aumente todavía más. Cuanto más alto sea el contenido total en sales del agua de riego, tanto menor deberá ser su valor SAR si el valor PSI del suelo permanece por debajo de su nivel determinado (Cuadro 37).

Antes de la lixiviación, los suelos alcali-salinos suelen tener un alto valor PSI asociado con una elevada salinidad. Los valores PSI de suelos, antes de la lixiviación, pueden producir una impresión engañosa de riesgo de sodicidad potencial. Los valores PSI deben determinarse después de ejecutarse los ensayos de lixiviación con agua de calidades semejantes a la que se utiliza para el riego.

En algunos suelos arcillosos agrietables, (por ej., las arcillas negras con alto contenido de motmorillonita en Proyecto Gezira, Sudán), que se agrietan al secarse, pero que por lo demás son impermeables, pueden obtenerse buenos rendimientos agrícolas aun cuando tengan un valor PSI (hasta del 40 por ciento) y una estructura inestable. Estas arcillas pueden contener películas de hidróxido de aluminio, que probablemente ayudarán a estabilizar las grietas hasta un cierto grado.

En el Cuadro 39, basado en un trabajo realizado en el Sudán (Purnell, com. pers.), se dan los límites críticos para la sodicidad, utilizando valores para el PSI y SAR de la solución del suelo después de la lixiviación. Las clasificaciones a1, a2, a3 y n indican suelos no sódicos, ligeramente sódicos, moderadamente sódicos y excesivamente sódicos, respectivamente. Estos datos pueden no ser satisfactorios para una evaluación adecuada por sí solos. Otros factores, incluidos el drenaje interno del suelo, las propiedades de los minerales arcillosos existentes, el contenido en calcio y en yeso, el tamaño de las partículas de las fracciones de carbonato y el contenido en sales y el valor SAR del agua de riego, son todos ellos importantes.

Cuadro 39 LIMITES CRITICOS PARA LA TOLERANCIA A LA SODICIDAD

Clasificación por factores 1/	PSI (0-30) 2/	PSI (30-90)	SAR 3/ (0-30)	SAR (30-90)
a1	<10	<20	<8	<18
a2	10 - 20	20 - 35	8 - 18	18 - 38
a3	20 - 35	35 - 50	18 - 38	38 - 68
n	>35	>50	>38	>68

1/ Las clasificaciones pueden elevarse en un nivel si la permeabilidad es superior a 2 cm/h (por ej., en los suelos arenosos y francos).
2/ Rangos de profundidad del suelo en cm.
3/ Puede utilizarse el valor de SAR si los valores de PSI no parecen confiables.

ii. Toxicidad del sodio

Las plantas tienen una variación considerable en su capacidad para tolerar los iones de sodio. La mayoría de los cultivos arbóreos y otros cultivos perennes de tipo leñoso son especialmente sensibles a las bajas concentraciones de sodio. La mayoría de los cultivos anuales son menos sensibles, pero pueden resultar afectados por concentraciones más altas. La toxicidad del sodio se suele modificar y reducir si existe también calcio y, por consiguiente, una evaluación razonable de la toxicidad puede conseguirse utilizando el valor SAR para el extracto de humedad del suelo y el valor SAR del agua de riego. Los síntomas de la toxicidad del sodio sólo pueden aparecer después de un período de tiempo durante el cual se acumulen concentraciones tóxicas en la planta: los síntomas se presentan como una quemadura o secado de los tejidos que aparecen primero en los bordes exteriores de las hojas. El Cuadro 40 puede emplearse para evaluar el riesgo del sodio para cultivos representativos.

iii. Toxicidades del cloro y del boro

En los Cuadros 41 y 42 aparecen los valores críticos para la tolerancia al cloro y al boro para diversos cultivos.

A.11 pH, MICRONUTRIENTES Y TOXICIDADES

Aparte de los nutrientes NPK, examinados en A.7 y de las toxicidades producidas por cantidades excesivas de sodio, boro y cloro, estudiadas en A.10, quedan las limitaciones del pH, deficiencias de micronutrientes y otras toxicidades. Estas últimas se estudian para terrenos no dedicados al arroz, para arrozales sumergidos y para condiciones de sulfato ácido en las tres secciones siguientes: A.11.1, A.11.2 y A.11.3.

A.11.1 pH, deficiencias de micronutrientes y toxicidades en tierras con cultivos no arroceros

i. pH (observaciones generales)

Los cultivos varían en su respuesta al pH; las plantas calcífugas rechazan la cal mientras que las plantas calcífilas son propensas a su absorción. Existen muy pocos cultivos que crecen bien en suelos calcáreos y que no crecen igualmente bien con un pH superior a 6 bajo condiciones no calcáreas. Varios cultivos, tales como el té, exigen condiciones ácidas. Muchos cultivos resultan afectados por deficiencias de micronutrientes o toxicidades a determinados niveles del pH. En la Figura 17 se ilustra la disponibilidad de diversos macronutrientes y micronutrientes de acuerdo a un rango de pH; sin embargo, dicha disponibilidad varía de un cultivo a otro.

El pH de suspensiones de suelos varía si el suelo se agita con agua o con un electrolito tal como cloruro potásico normal. El pH de este último puede ser una unidad de pH completa más bajo que el pH medido agitando con agua, pero más próximo al pH real en las propias partículas del suelo. Es preferible utilizar un electrolito cuando ha de medirse el pH de suelos salinos, sobre todo cuando son necesarias las comparaciones con los valores pH de suelos no salinos.

Cuadro 40 TOLERANCIA DE VARIOS CULTIVOS AL SODIO INTERCAMBIABLE (PSI) EN CONDICIONES NO SALINAS

Tolerancia al PSI y rango en la que resulta afectado	Cultivo	Respuesta del crecimiento bajo condiciones de campo
Extremadamente sensible (PSI = 2-10)	Frutas perecederas Nueces Cítricos (Citrus spp.) Aguacates (Persea americana Mill.)	Síntomas de toxicidad del sodio, incluso a bajos valores PSI
Sensibles (PSI = 10-20)	Frijoles (Phaseolu. vulgaris. L)	Crecimiento atrofiado en estos valores del PSI, aun cuando pueda ser buena la condición física del suelo
Medianamente tolerante (PSI = 20-40)	Trébol (Trifolium spp.) Avena (Avena sativa L.) Gálbano alto (Festuca arundinacea Schreb.) Arroz (Oryza sativa L.) Pasto Dallis (Paspalum dilatum Poir.)	Crecimiento atrofiado, debido a factores nutricionales y condiciones desfavorables del suelo
Tolerante (PSI = 40-60)	Trigo (Triticum aestivum L.) Algodón (Gossypium hirsutum L.) Alfalfa (Medicago sativa L.) Cebada (Hordeum vulgare L.) Tomates (Lycopersicon esculentum Mill.) Remolacha (Beta vulgaris L.)	Crecimiento atrofiado, debido normalmente a condiciones físicas desfavorables del suelo
Muy tolerante (PSI más de 60)	Grama crestada y Farirway (Agropyron spp.) Grama del Norte (Agropyron elongatum) (Host Bean) Pasto de Rhodas (Chloris gayana Kunth)	Crecimiento atrofiado, debido normalmente a condiciones físicas desfavorables del suelo

Nota: Las estimaciones del PSI de equilibrio pueden realizarse a partir del agua de riego o, con preferencia, a partir del valor SAR del extracto de saturación del suelo con el empleo del nomograma contenido en el Apéndice B de la Publicación N° 25 Riego y Drenaje, FAO. Este método de estimación no es aplicable cuando existe yeso en el suelo. La efectividad de cualquier acción correctiva planificada debe probarse en campo antes de aplicarse a gran escala. Los suelos con un valor PSI = 20-40 y mayores tendrán normalmente una estructura física demasiado deficiente para una buena producción del cultivo. Los resultados de los estudios antes citados se obtuvieron con suelos cuya estructura se estabilizó con krilio.

Fuente: Pearson, 1960. Para una información actualizada, véase la Publicación N° 29, Riego y Drenaje, FAO.

Cuadro 41 TOLERANCIA AL CLORO PRESENTE EN EL EXTRACTO DE SATURACION DEL SUELO POR ESTACAS DE CULTIVOS FRUTALES Y SUS VARIEDADES SI QUIEREN EVITARSE DAÑOS A LAS HOJAS

Cultivo	Estaca o variedad	Contenido de cloro máximo permisible en el extracto de saturación (me/1)
	Estacas	
Cítricos (Citrus spp.)	Lima Rangpur, mandarina Cleopatra	25
	Limón rugoso, tangelo, naranja agria	15
	Naranja dulce, citrange	10
Fruta de hueso (Prunus spp.)	Marianna	25
	Lovell, Shalil	10
	Yunnan	7
Aguacate (Persea americana Mill.)	India occidental	8
	Mexicano	
Uvas (Vitis, spp.)	Salt Creek, 1613-3	40
	Dog Ridge	30
	Variedades	
Uvas (Vitis, spp)	Thompson, Seedless, Perlette	25
	Cardinal, Black rose	10
Zarzamora 1/ (Rubus spp.)	Mora grande	10
	Zarzamora	10
	Frambuesa india de verano	5
Fresas (Fragaria spp.)	Lassen	8
	Shasta	5

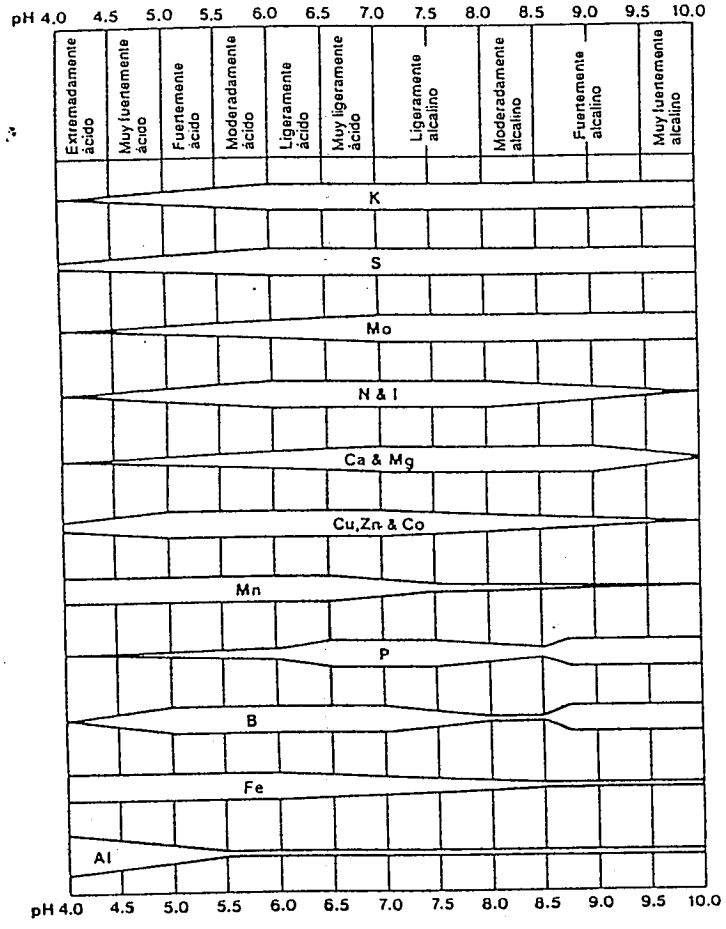
1/ Se dispone de datos para una sola variedad de cada cultivo.

Fuente: Bernstein, 1965. Para una información actualizada, véase la Publicación Nº 29, Riego y Drenaje, FAO.

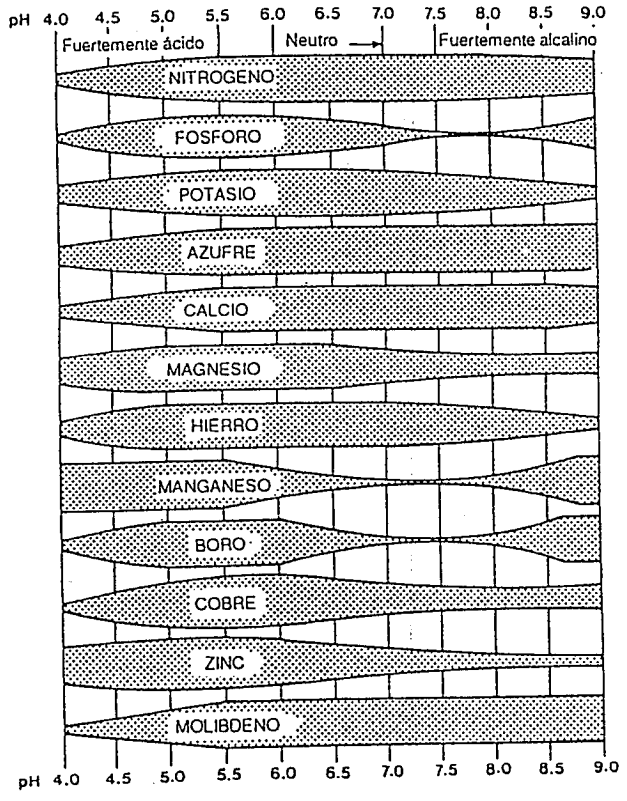
Cuadro 42 TOLERANCIA RELATIVA DE CULTIVOS Y PLANTAS ORNAMENTALES AL BORO 1/
(La tolerancia disminuye por orden decreciente en cada columna)

Tolerante	Semitolerante	Sensible
4,0 mg/l de boro	2,0 mg/l de boro	1,0 mg/l de boro
Arbol atel (Tamarix aphylla)	Girasol, nativo (Helianthus annuus L.)	Pecana (Carya illinoensis)
Espárrago (Asparagus officinalis L.)	Papa (Solanum tuberosum L.)	(Wang. K. Koch)
Palma (Phoenix canariensis)	Algodón, Acala y Pima (Gossypium spp)	Nogal, negro y persa o inglés (Juglans spp.)
Palma datilera (P. dactylifera L.)	Tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)	Alcachofa de Jerusalén (Helianthus tuberosus L.)
Remolacha azucarera (Beta vulgaris L.)	Alverjilla (Lathyrus odoratus L.)	Frijol blanco común (Phaseolus vulgaris L.)
Remolacha forrajera (Beta vulgaris L.)	Rábanos (Rhapanus sativus L.)	Olmo americano (Ulmus americana L.)
Remolacha de huerto (Beta vulgaris L.)	Guisante común (Pisum sativum L.)	Ciruelo (Prunus domestica L.)
Alfalfa (Medicago sativa L.)	Rosal (Rosa sp.)	Pera (Pyrus communis L.)
Gladiolo (Gladiolus sp.)	Olivo (Olea europea L.)	Manzana (Malus sylvestris Mill.)
Haba (Vicia faba L.)	Cebada (Hordeum vulgare L.)	Uvas (Sultanina y Málaga) (Vitis sp.)
Cebollas (Allium cepa L.)	Trigo (Tricticum aestivum L.)	Higo kadota (Ficus carica L.)
Nabos (Brassica rapa L.)	Maíz (Zea mays L.)	Níspero (Diospyros virginiana L.)
Coles (Brassica oleracea var capitata L)	Sorgo sin azúcar (Sorghum bicolor L. Moench)	Cereza (Prunus spp.)
Lechuga (Lactuca sativa L.)	Avena (Avena sativa L.)	Albaricoques (Prunus armeniaca L.)
Zanahorias (Daucus carota L.)	Zinia (Zinnia elegans Jacq.)	Mora sin espinas (Rubus spp.)
	Calabaza (Curcubita spp.)	Naranja (Citrus sinensis L.) Osbeck)
	Pimiento dulce (Capsicum annuum L.)	Aguacate (Persea americana Mill.)
	Camote (Ipomea batatas L.)	Toronjas (Citrus paradisi Macfad.)
	Frijolillo (Phaseolus lunatus L.)	Limón (Citrus limon L. Burm. f.)
2,0 mg/l de boro	1,0 mg/l de boro	0,3 mg/l de boro

1/ La tolerancia relativa se basa en el contenido de boro en el agua de riego, en el cual se observaron síntomas de toxicidad de boro cuando las plantas se desarrollaron en terrenos de cultivo arenoso. No indica necesariamente una reducción en el rendimiento.
Fuente: Wilcox, 1960.



1. Disponibilidad relativa de elementos comunes en suelos minerales con pH (según Truog, 1948)



2. Suelos orgánicos (según Lucas y Davis, 1961)

Figura 17: Tendencia general de la influencia de la reacción (pH) sobre la disponibilidad de nutrientes de la planta (la parte más ancha de la barra indica la disponibilidad máxima).

En las suspensiones de suelo/agua, el pH puede variar con la relación suelo/agua. En el campo, a medida que el suelo se hace más seco, puede elevarse la concentración de sales en la solución del suelo dando lugar a un descenso en el valor del pH. Si los suelos contienen sustancias susceptibles a la oxidación y reducción, el pH disminuirá o aumentará en consecuencia. Así, el pH de suelos anegados, que contengan sulfuros, descenderá desde un pH igual a 7 a un pH inferior a 4 si están drenados y aireados (véase A.11.3). El pH de un suelo está influido también por la concentración en bióxido de carbono del aire del suelo; cuanto más alta sea esta concentración tanto más bajo será el valor del pH y cuanto más grande sea el efecto tanto más alto será el pH del suelo. Debido a que el pH de muestras del suelo obtenidas en el campo depende de las condiciones de la medida, la obtención y la medición deberán normalizarse en cualquier estudio realizado.

ii. Necesidades de calcio y de cal

La cantidad de abono con cal que se necesita para neutralizar la acidez del suelo, y el pH final que es deseable conseguir, deben determinarse normalmente dentro de condiciones locales en ensayos sobre el campo. En el laboratorio, la cantidad de cal necesaria para llevar el suelo a un valor pH elegido puede determinarse mediante valoración química del suelo con cal para este pH o, de forma más adecuada, agitando el suelo con una solución de calcio indicada a este pH.

En muchos suelos tropicales ácidos, el objeto de aplicar cal es neutralizar el aluminio intercambiable y no el de conseguir un determinado pH, lo que parece resolver los problemas asociados con un abono excesivo de cal. El algunos suelos ácidos, el abono de cal excesivo puede dar lugar a deficiencias de micronutrientes y la cal deberá suministrarse en pequeñas y frecuentes dosis de abono, manteniendo un control estricto del valor del pH y del comportamiento del cultivo siempre que se suministren dosis adicionales de cal.

Los abonos con cal incluyen óxido cálcico (cal quemada o rápida), hidróxido cálcico (cal hidratada o apagada), piedra caliza finamente desmenuzada y greda. En los climas húmedos, el bicarbonato cálcico se elimina continuamente del suelo por lixiviación; en el Reino Unido, por ejemplo, esto se pierde por lavado de 200 a 400 kg de carbonato cálcico por hectárea y por año (Russell, 1973).

La deficiencia de calcio, sobre todo en los cultivos frutales y hortícolas, puede presentarse en algunos suelos ácidos, aunque los efectos nocivos de los suelos ácidos suelen deberse a toxicidades de aluminio, hierro, manganeso o azufre.

iii. Magnesio

La deficiencia de magnesio suele producirse en suelos arenosos ácidos de zonas de pluviosidad moderada a alta. La deficiencia del magnesio puede inducirse aplicando fertilizante con bastante potasio y a veces, incluso al recubrir con gramíneas ricas en potasio. El abono de nitrógeno tiende a estimular la admisión de magnesio. En

suelos arenosos sometidos a lixiviación, los suelos con las mismas cantidades de magnesio disponible pueden ser más propensos a la deficiencia de magnesio en condiciones de bajo pH que en condiciones de un pH más alto (Chapman, 1973).

Los suelos con alto contenido en magnesio intercambiable y que presentan la morfología y los problemas de los suelos sódicos están ubicados en zonas áridas y semiáridas del oeste del Canadá, Estados Unidos y Oriente Medio. En estos suelos, las condiciones de laboreo difícil y la baja permeabilidad son más importantes que una cantidad excesiva de magnesio.

iv. Zinc

La deficiencia de zinc está muy difundida en suelos neutros o alcalinos. Una cantidad excesiva de fósforo en el suelo agrava la deficiencia de zinc. Algunos cultivos resultan más afectados que otros. Por ejemplo, los frijoles, el maíz, la papa, las cebollas, los cítricos, las cerezas y los melocotones son susceptibles, mientras que la alfalfa, el trigo, la cebada y las gramíneas se ven afectados en muy raras ocasiones. Una buena predicción de la deficiencia de zinc puede conseguirse utilizando zinc extraíble por DTPA que, si está en una proporción inferior a 0,8 ppm en suelo seco, denota la necesidad de abonos de zinc a cultivos no arroceros susceptibles (véase A.11.2 para el arroz). Para cultivos extensivos en zonas áridas y semiáridas, un abono de 10 kg de zinc por hectárea, aplicado a voleo e incorporado en el suelo, corrregirá la deficiencia de zinc durante tres o cuatro años. Los abonos foliares de 1-2 kg de zinc por hectárea y por año a cultivos arbóreos son muy efectivos.

v. Hierro

La deficiencia de hierro, o la clorosis inducida por la cal, en suelos calcáreos, es un problema muy complejo en el que influyen muchos factores físicos, químicos y biológicos. El hierro es absorbido por las plantas como Fe (II), que es relativamente soluble, pero con un rango de pH de suelos neutros a alcalinos se convierte rápidamente en Fe (III), que es muy insoluble. Los síntomas de deficiencia foliar son bastante específicos para el hierro. Los ensayos de diagnóstico de suelos para el hierro disponible no han tenido éxito generalmente y suelen ser de poco uso puesto que la condición es difícil de corregir. Sin embargo, Lindsay y Norvell (1978) en los Estados Unidos y Stewart-Jones (1979) en Arabia Saudita han recurrido a la extracción de DTPA con algunos resultados satisfactorios. Las adiciones de sulfato ferroso a suelos que sean muy deficientes en hierro pueden producir, a veces, importantes incrementos en los rendimientos y la respuesta está en función de la actividad microbiana y de la presencia de materia orgánica. La clorosis inducida por la cal dentro de unidades de tierra suele ser muy variable e impredecible, pero muchos suelos proporcionarán en general una buena producción y productividad, a pesar de sus rendimientos más bajos en parcelas particularmente afectadas. Algunos cultivos tienen cultivares con "eficiente hierro"

e "ineficiente hierro", y con cultivos arbóreos, la clorosis suele variar notablemente de un árbol a otro. El análisis de los tejidos no sirve para identificar de forma satisfactoria este problema, pero se pone de manifiesto con facilidad por la clorosis de las hojas.

vi. Azufre

La deficiencia de azufre tiene lugar en viejas superficies de tierras profundamente meteorizadas en donde los suelos han sido objeto de una fuerte lixiviación durante un largo período de tiempo y sólo en muy raras ocasiones se da en zonas áridas. La capacidad de exportación de azufre de un suelo puede estimarse a partir de la cantidad de sulfato hidrosoluble y absorbido en la zona radicular, puesto que los cultivos pueden aprovechar con bastante rapidez este sulfato absorbido. En suelos deficientes en azufre del sur de Idaho, se encontró que una proporción inferior a 3 ppm de SO_4-S en suelo extraído con solución de cloruro litiado guardaba perfecta correspondencia con el rendimiento de la alfalfa. La deficiencia en azufre se corrige con facilidad mediante fertilizantes que contengan sulfato (por ej., superfosfato o fosfato amónico) o yeso.

La toxicidad por azufre se produce en suelos sulfato-ácidos según se expone en la Sección A.11.3.

vii. Boro

La deficiencia de boro no se suele dar en tierras áridas o semiáridas, en donde la toxicidad del boro es un fenómeno mucho más probable, como ya se expuso en la Sección A.10 y el Cuadro 42. La deficiencia de boro se suele producir con frecuencia en los suelos calcáreos o en suelos ácidos que se hayan abonado con cal, sobre todo cuando plantas como la remolacha azucarera sufren escasez de agua en períodos secos. La deficiencia suele producirse cuando el boro del suelo soluble en agua caliente es menor que 0,3 a 1,0 ppm, pero el valor indicativo de este ensayo no siempre es satisfactorio. El análisis de los tejidos de las plantas es muy confiable para confirmar la deficiencia de boro en ellas. Debe notarse que, mientras la deficiencia de boro se suele determinar utilizando el proceso de extracción de agua caliente, la toxicidad por boro se identifica normalmente a partir del boro en el extracto de saturación de los suelos.

viii. Cobre

La deficiencia de cobre se da en muchos suelos viejos profundamente meteorizados (por ej., en Australia) que tiene un bajo contenido en cobre, y en algunos suelos arenosos, sobre todo en los de turbas y arenas calcáreas.

ix. Manganeso

La deficiencia de manganeso en suelos neutros a alcalinos suele estar asociada con deficiencias de hierro y de zinc, pero en raras ocasiones, si las hay, con ambas a la vez. La deficiencia de manganeso, sola o en combinación con otros elementos, se presenta

con mucho menos frecuencia que las deficiencias de zinc y de hierro. Rara vez se encuentra en cultivos extensivos u hortícolas en zonas bajo riego pero suele ser una limitación en los cultivos de cítricos y árboles caducifolios.

x. Molibdeno

La deficiencia de molibdeno se suele encontrar solamente en suelos ácidos, y con frecuencia se puede corregir abonando cal o, de forma más barata, aplicando molibdato amónico o sódico al suelo, cultivo o semilla. Una fijación deficiente de nitrógeno por los cultivos leguminosos está asociada con la deficiencia de molibdeno.

xi. Aluminio

La toxicidad del aluminio, acompañada por la del manganeso y del hierro, suele darse en suelos ácidos de grandes áreas de oxisoles y ultisoles expuestas a una humectación y secado estacionales en las zonas tropicales húmedas. La toxicidad del aluminio, a valores de pH inferiores a 5, es una de las causas principales de una escasa penetración radicular de cultivos anuales, como algodón, por debajo de determinadas profundidades del suelo (Pearson, 1974). (Para suelos de sulfato ácido, véase la Sección A.11.3).

En el Cuadro 43 se presentan los rangos internacionales de análisis de suelos y de plantas, empleando datos obtenidos por Sillanpää y según aparecen en el Boletín de Suelos Nº 48. Sillanpää obtuvo aproximadamente 2 000 muestras de plantas indicadoras y de suelos a partir de suelos representativos de 25 países. En el Cuadro 43, unas dos terceras partes de las muestras caen dentro del rango representado por la media, más o menos la desviación estándar. Los valores mínimo y máximo en esta población de muestras son también objeto de tabulación. Los valores dados en este cuadro pueden utilizarse como indicativos y se remite al lector al Boletín de Suelos Nº 48 para una explicación más detallada de los métodos analíticos empleados.

A.11.2 Características químicas de suelos con arrozales sumergidos (basado en Ponnamperuma, 1976)

Los suelos de arrozales inundados soportan cambios químicos que difieren de los que se producen en condiciones de terrenos secos. En muchas partes del mundo, las variedades de arroz más reciente han dado resultados desalentadores debido a que los problemas del suelo han afectado desfavorablemente a estas nuevas variedades; dicha circunstancia no se detectó antes debido al empleo de variedades de arroz tradicionales tolerantes a las condiciones desfavorables del suelo. La toxicidad de hierro en suelos ácidos, la deficiencia de fósforo en ultisoles, oxisoles, vertisoles y andeptos, la deficiencia de zinc en suelos sódicos, calcáreos y turbosos y la deficiencia de hierro en suelos con alto pH son los problemas principales que han de identificarse al evaluar los efectos de la sumersión en el cultivo de arroz. Las condiciones de sulfato ácido son también potencialmente importantes para el arroz si los suelos se secan periódicamente.

Cuadro 43 PROMEDIOS Y RANGOS INTERNACIONALES DE ALGUNOS ANALISIS DE SUELOS Y PLANTAS (MAIZ) 1/
(Número de muestras = 1 976, procedentes de 25 países, con una profundidad de muestreo de 0 - 20 cm)

	Unidad	Media	± Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Propiedades generales de los suelos					
Distribución según el tamaño de las partículas					
<0,002	%	28	18	1	87
0,002 - 0,06	%	36	20	1	87
0,06 - 2	%	35	26	0	97
> 2 mm	%	1	5	0	56
Indice de textura		42	17	9	91
Capacidad de intercambio catiónico (CIC, suelo no tamponado)	meq/100 g	27,0	15,4	2	99,7
pH (H_2O)		6,92	1,05	4,00	8,95
pH ($CaCl_2$)		6,40	1,11	3,62	8,55
Conductividad eléctrica (1: 2,5 suelo:agua)	dS/m	2,1	3,2	0,1	73,0
Equivalente en CO_3Ca	%	2,8	7,1	0	67,1
Carbono orgánico	%	1,3	1,3	0,1	39,1
N (total)	%	0,135	0,088	0,008	1,657
Densidad aparente (disturbada secada al aire)	g/cm3	1,2	0,14	0,47	1,77
Macronutrientes del suelo 2/					
N (total)	mg/l	1 547	793	97	14 729
P (bicarbonato sódico 0,5M, pH 8,5, Olsen)	mg/l	22,5	33,0	0,1	656,0
K Potasio extractable (acetato amónico 1M, pH,7) 3/	mg/l	330	356	18	5 598
Calcio extractable (idem)	mg/l	3 450	2 815	10	17 995
Magnesio extractable (idem)	mg/l	446	462	2	6 490
Sodio extractable (idem)	mg/l	86	260	0	4 058
Micronutrientes del suelo 2					
B (extracción agua caliente) 4/	mg/l	0,65	0,71	0,05	10,02
Cu (extracción AAAc-EDTA) 5/	mg/l	6,0	7,9	0,1	99,7
Fe (AAAc-EDTA)	mg/l	160	139	14	2 275
Mn (extracción DTPA) 6/	mg/l	43,2	38,4	0,9	378,4
Mo (extracción AO-OA) 6/	mg/l	0,212	0,273	0,010	3,560
Zn (extracción DTPA)	mg/l	2,14	6,49	0,09	185,20
Contenidos en nutrientes de las plantas de maíz 7/ (cultivadas en los suelos anteriores)					
N	%	3,14	0,87	0,88	6,51
P	%	0,330	0,104	0,050	1,038
K	%	3,13	0,96	0,58	6,71
Ca	%	0,470	0,205	0,091	1,880
Mg	%	0,251	0,119	0,036	1,125
B	ppm	9,24	8,00	1,88	100,04
Cu	ppm	11,6	4,2	2,0	99,6
Fe 8/					
Mn	ppm	77,6	47,8	8,3	517,1
Mo	ppm	0,86	1,35	0,01	21,03
Zn	ppm	35,7	47,2	6,2	915,6

(Véanse notas en la página siguiente)

Notas del Cuadro 43

1/ Fuente: Sillanpää, Boletín de Suelos de la FAO Nº 48, página 433. En esta publicación se proporcionan detalles de métodos analíticos y los resultados obtenidos a partir del estudio en el que se obtuvieron muestras de suelos y de plantas procedentes de 25 países. Unas dos terceras partes de las muestras caen dentro de la escala representada por la media, más o menos la desviación estándar. Véase Sillanpää, p. 441, para un desglose de los resultados por unidades de suelos FAO-Unesco.

2/ Los resultados expresados aquí como mg/l tienen una base volumétrica. Pueden convertirse a una base de peso, es decir, para obtener los cationes extractables en unidades tradicionales de miliequivalentes por 100 g de suelo seco, dividir el valor en mg/l por el producto (peso equivalente x densidad aparente x 10).

3/ El término "extractable" puede ser similar pero no idéntico al de "intercambiable"; la importancia de (i) la intensidad de lixiviación con el extractante, (ii) la presencia de cationes solubles no aobsorbidos en el complejo de intercambio y (iii) el valor pH, debe ser objeto de apreciación si los resultados han de darse como "intercambiables".

4/ Como índice de disponibilidad de plantas, los valores del boro (B) del suelo pueden corregirse de acuerdo con la CIC (véase Sillanpää p.49).

5/ Extractante acetato amónico ácido EDTA (Sillanpää p.10). Como índice de disponibilidad de plantas, los valores del cobre (Cu) del suelo pueden corregirse de acuerdo con el contenido en carbono orgánico (Sillanpää. p. 56).

6/ El contenido de manganeso de las plantas disminuye con un valor pH creciente. Como índice de disponibilidad de plantas, los valores del manganeso (Mn) del suelo puede corregirse en función del pH (Sillanpää p.67). Puede aplicarse también un factor de corrección del pH al molibdeno (Mo) del suelo extraído con soluciones de oxalato amónico - ácido oxálico.

7/ Contenidos de nutrientes de las plantas expresados sobre base de materia seca (105ºC). Los resultados indicados corresponden a muestras de maíz cultivadas en el campo y presentadas con las muestras del suelo. En el Apéndice 4 de la obra de Sillanpää se presentan también análisis de plantas de trigo cultivadas en macetas.

8/ Resultados no confiables, debido posiblemente a la contaminación del suelo.

En los ocho apartados siguientes se indican importantes cambios químicos (Ponnamperuma, 1976) que tienen repercusiones en la evaluación de la tierra para el arroz acuático:

i. Variación del valor del pH: A las pocas semanas de la sumersión, el pH de los suelos ácidos experimentará un incremento y disminuirá el valor pH de los suelos sódicos y calcáreos. Por consiguiente, la sumersión hace que los valores del pH de la mayoría de los suelos ácidos y alcalinos converjan en un valor comprendido entre 6 y 7. La rapidez y la magnitud de las variaciones del pH dependen de la temperatura y de las propiedades del suelo. Los suelos con una cantidad suficiente de materia orgánica (> 2 por ciento) y de hierro activo (> 1 por ciento) y que tienen un bajo contenido en reservas de ácidos alcanzan un pH de aproximadamente 6,5, a las pocas semanas de sumersión. Sin embargo, si los suelos ácidos tienen un bajo contenido en materia orgánica o en hierro activo, o un alto contenido en reservas de ácidos, puede ser que no alcancen un pH superior a 5, incluso después de meses de sumersión. En consecuencia, al evaluar la tierra para la producción de arroz, el pH del suelo seco puede no ser tan importante como los factores que influyen en la cinética del pH en condiciones de sumersión del suelo.

ii. Variaciones en la salinidad: La conductividad eléctrica de la solución del suelo después de que la sumersión aumenta con el tiempo, alcanza un valor máximo y, luego, experimenta una disminución. La mayoría de los suelos sumergidos, a pesar de sus conductividades iniciales, tienen valores superiores a 2 dS/m durante una buena parte de la temporada de crecimiento. Las conductividades son más altas en suelos salinos y más bajas en ultisoles y oxisoles objeto de lixiviación, y el curso de los cambios de la conductividad varía, en gran medida, con el suelo. Los cambios producidos tienen una gran correlación con la concentración de hierro y de manganeso en las soluciones suelos ácidos y con la concentración de bicarbonato magnésico y cálcico en suelos alcalinos.

El riesgo de salinidad en suelos inundados puede ser mayor que el que pueden indicar los valores CEe del suelo inmediatamente después de su sumersión. La reducción del suelo y la acción disolvente del bióxido de carbono liberan grandes cantidades de iones en la solución del suelo, pero debido a la dilución puede ser menor que lo que puedan arrojar los valores CEe.

iii. Reducción de Fe (III) a Fe (II): El cambio más importante que se produce cuando un suelo se sumerge y se somete a reducción es que los hidratos óxido de Fe (III) se reducen a compuestos de Fe (II). En consecuencia, el color del suelo cambia de marrón a gris y entran en la fase de solución grandes cantidades de Fe (II). La concentración de hierro hidrosoluble, que en terrenos sumergidos no suele ser superior a 0,1 mg/l puede elevarse a 600 mg/l transcurridas unas pocas semanas después de la inundación y luego disminuye o alcanza un nivel que se mantiene prácticamente constante. En los suelos sulfatoácidos, los valores máximos pueden ser de hasta 5 000 ppm.

La toxicidad de hierro puede constituir un riesgo para el arroz acuático en suelos en que los inconvenientes principales para los cultivos de tierras secas son las toxicidades de manganeso y de aluminio y una deficiencia de macroelementos. Así, la toxicidad de

hierro es común en suelos sumergidos de ultisoles, oxisoles y sulfato ácido en los trópicos. También puede presentarse en suelos arenosos ácidos y en suelos turbosos con bajo contenido en hierro activo como en los suelos de Akiochi. Las bajas temperaturas (inferiores a 20°C), al provocar tardías pero altas y persistentes concentraciones de hierro hidrosoluble, pueden producir toxicidad de hierro en suelos en los que, a una temperatura de 25 a 30°C, son efímeras las altas concentraciones. Las características para predecir el riesgo de toxicidad de hierro son:

a. pH del suelo seco;
b. grado de acidez de reserva;
c. reactividad y contenido de hidrato óxido de Fe (III);
d. temperatura del suelo;
e. contenido en sales;
f. tasa de percolación;
g. interflujo desde zonas adyacentes.

iv. Incremento en el suministro y disponibilidad de nitrógeno: (véase Epígrafe A.7.1).

v. Incremento en fósforo, silicio y molibdeno disponibles: La disponibilidad de fósforo y de silicio, juzgada por métodos químicos o por la absorción de la planta, aumenta al sumergirse un suelo. La concentración de molibdeno hidrosoluble aumenta con la inundación, presumiblemente como consecuencia de la desorbción a raíz de la reducción de los óxidos férricos. Esta circunstancia puede beneficiar a las algas fijadoras del nitrógeno en la superficie, a las bacterias anaeróbicas en el suelo reducido, y a las bacterias aeróbicas en las raíces.

vi. Disminución en las concentraciones de cobre y de zinc hidrosolubles: La disminución en las concentraciones de cobre y zinc hidrosolubles es una de las pocas desventajas de la inundación de suelos para el cultivo del arroz. Desde 1966, la deficiencia de zinc se ha reconocido con un amplio desorden nutricional del arroz en suelos sódicos y calcáreos. Un reciente trabajo indica que la deficiencia de zinc (y tal vez la de cobre) es un grave obstáculo para el crecimiento del arroz en suelos siempre húmedos y suelos turbosos (Ponnamperuma, 1965 y 1972). Estas deficiencias pueden no ser tan agudas para cultivos en tierras secas desarrolladas en dichos suelos después que han sido drenados. Por consiguiente, la posibilidad de deficiencias de zinc y de cobre deberán considerarse siempre al evaluar las tierras para sembrar arroz acuático.

vii. Producción de toxinas: En el término de toxinas entran los productos orgánicos de reducción, los ácidos orgánicos, el etileno y el sulfuro de hidrógeno. Este último se produce en suelos sumergidos como consecuencia de la reducción del sulfato y la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. En suelos normales, se vuelve inofensivo por su precipitación como sulfuro ferroso, pero en suelos con alto contenido de sulfatos y materia orgánica y bajo contenido de hierro, puede llegar a ser perjudicial para las plantas de arroz (véase A.11.3).

Cuadro 44 CONDICIONES LIMITANTES DEL CRECIMIENTO PARA ARROZ EN SUELOS SUMERGIDOS DE VARIOS TIPOS

CLASE DE SUELO Y LIMITACIONES PRINCIPALES	OTRAS CONDICIONES LIMITADORAS DEL CRECIMIENTO
Suelos salinos	
Suelos salinos áridos	Alcalinidad, deficiencia de zinc, deficiencias de nitrógeno y fósforo
Suelos salinos costeros ácidos	Toxicidad de hierro, deficiencia de fósforo, agua profunda
Suelos salinos y costeros alcalinos y neutros	Deficiencia de zinc, agua profunda
Suelos con sulfato ácido de deltas y estuarios	Toxicidad de hierro, deficiencia de fósforo, agua profunda
Histosoles costeros	Deficiencias de nutrientes, toxicidad de sulfuro de hidrógeno, toxicidad de sustancias orgánicas, agua profunda, toxicidad de hierro
Suelos en condiciones de sulfato ácido	
Suelos costeros	Salinidad, toxicidad de hierro, deficiencias de nitrógeno y de fósforo, agua profunda
Suelos interiores viejos	Deficiencias de nitrógeno y de fósforo
Histosoles	Toxicidad de hierro, toxicidad de sulfuro de hidrógeno, deficiencias de nutrientes, agua profunda, salinidad
Suelos con toxicidad de hierro	
Suelos en condiciones de sulfato ácido	Salinidad, deficiencias de nitrógeno y de fósforo, agua profunda
Ultisoles y oxisoles ácidos	Deficiencia de fósforo, bajo estado de bases, bajo contenido en silicio
Histosoles	Toxicidad de sulfuro de hidrógeno, toxicidad de sustancias orgánicas, deficiencias de macro-nutrientes, deficiencias de zinc y cobre, agua profunda
Deficiencias de fósforo en arroz acuático	
Suelos en condiciones de sulfato ácido	Fuerte acidez, toxicidad de hierro, estado de bajo contenido en nutrientes, deficiencia de base, salinidad
Ultisoles y oxisoles ácidos	Toxicidad de hierro, deficiencias de bases
Vertisoles	Deficiencia de zinc, deficiencia de hierro, salinidad, alcalinidad
Suelos con deficiencia de zinc	
Suelos sódicos y salino-sódicos	Salinidad, deficiencias de nitrógeno, fósforo y hierro
Vertisoles	Deficiencias de fósforo y de hierro, salinidad, alcalinidad
Suelos calcáreos	Deficiencia de potasio
Suelos húmedos	Deficiencia de cobre
Histosoles	Deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, silicio y cobre; toxicidad de sulfuro de hidrógeno, agua profunda

Fuente: según Ponnamperuma, 1976.

viii. Repercusiones en la evaluación de las tierras para el arroz acuático: Los cambios químicos producidos por las condiciones de suelos sumergidos pueden modificar, en gran medida, la categoría en la que se clasifique un suelo basándose en las características para un suelo de tierras secas. Algunos suelos pueden pasar de ser aptos a no aptos y viceversa. Los mismos cambios químicos, junto con las propiedades intrínsecas del suelo, complican enormemente la evaluación de los suelos con problemas. En el Cuadro 44 se enumeran algunos de los factores limitadores del crecimiento, que son probables sean importantes en varios suelos.

A.11.3 Suelos con sulfatos ácidos

Las condiciones de sulfato ácido pueden preverse cuando existe el propósito de drenar suelos sumergidos con alto contenido en sulfatos y materia orgánica; por ej., en manglares. La aireación de estos suelos, cuando son objeto de drenaje, puede dar lugar a la oxidación de compuestos de azufre y a la acidificación a un valor de pH muy bajo. Este proceso de acidificación es un problema potencial en muchas zonas costeras sometidas a la influencia de las mareas por agua de mar salina, sobre todo en el caso de los manglares que han de drenarse y recuperarse. Muchas decenas de miles de hectáreas en los trópicos húmedos podrían dedicarse al cultivo del arroz o de la palmera aceitera, a condición de que se impida el secado de los suelos mediante un control riguroso del agua durante todo el año.

Para distinguir los suelos que tienen un riesgo potencial de los que no lo tienen, la importancia de la acidificación en condiciones de secado puede medirse en el campo o en laboratorio a partir de variaciones en el valor del pH. En el campo, las mediciones del pH pueden realizarse con suspensiones de suelo-agua del 1:5, tan pronto como sea posible después del tiempo de muestreo. Con ello se establecen los valores normales de campo para el suelo no recuperado. Para determinar los efectos de la oxidación sobre estos suelos, cuando son objeto de drenaje, pueden exponerse al aire muestras duplicadas aflojando los cuellos de las bolsas de politeno que sirven para el muestreo. Las mediciones se realizan a intervalos para seguir de cerca las variaciones en el valor del pH. Si el pH baja a menos de 4 en un plazo de 30 días, es posible que sea nocivo para el arroz un nivel de aluminio soluble de aproximadamente 2 mg/l. Para un valor del pH de 3,6, el aluminio soluble podría llegar a ser de hasta 43 mg/l. Los niveles de hierro ferroso superiores a 500 mg/l son también nocivos para el arroz y otros cultivos y en algunos suelos en condiciones de sulfato ácido pueden llegar a ser de 5 000 mg/l.

Cuando se dispone de instalaciones de laboratorio, los ensayos pueden llevarse a cabo en muestras de suelo duplicadas que se hayan mantenido sin aire. Se oxida un juego de muestras con peróxido de hidrógeno en el laboratorio antes de su análisis, y el otro no. La pirita total (FeS) se determina a partir de la diferencia entre los análisis, y su concentración indica si el suelo posee potencialmente sulfato ácido.

Los suelos potencialmente con sulfato ácido suelen tener horizontes con una consistencia untuosa blanda que dificulta la extracción de material con un barreno. Estos suelos suelen ser concordantes con vegetación de palmera Nipah y manglo Rhizophora; con frecuencia, hay olor de bisulfuro de hidrógeno en los hoyos perforados en el suelo o agujeros de barreno, un valor bajo del pH en condiciones de suelo seco y un alto contenido en sulfatos.

A.12 PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALEZAS

El no tener suficientemente en cuenta los problemas que pueden crear las plagas, enfermedades y malezas en la evaluación de las tierras suele dar lugar a la elección de sistemas inadecuados de cultivo y rotaciones incorrectas que originan un deficiente desarrollo de los proyectos de riego.

Son varias las clases de problemas que pueden enumerarse debido a: (i) animales salvajes, (ii) artrópodos, incluidos insectos y termitas, (iii) nemátodos parasitarios, (iv) agentes patógenos fúngicos, (v) agentes patógenos bacteriales y (vi) enfermedades virales. En los estudios de reconocimiento hay que tener en cuenta todo esto al seleccionar tipos alternativos de utilización de la tierra (TUTs).

Las plagas, las enfermedades y la maleza pueden ser factores "clasificadores" debido a la posibilidad de variación desde una unidad de tierra a otra en la exposición a los animales salvajes, en los microclimas o suelos o en otras características de la tierra. Los problemas de los insectos, sobre todo en el algodón, han dado lugar al fracaso de grandes proyectos de riego (por ej., en Australia).

Algunos cultivos necesitan protección mediante cercas contra los animales salvajes y el robo. Este gasto podría considerarse como una inversión y costo de desarrollo de las tierras dentro de la Sección C. La ubicación y el paisaje que influye en el microclima pueden producir una mayor frecuencia de muchas enfermedades fúngicas y bacteriales de las hojas. Las frescas temperaturas en la base de laderas pueden degradar la tierra al hacerla propensa a las enfermedades. Los lugares húmedos pueden estar más expuestos a las enfermedades puesto que el número de horas durante las cuales la superficie de la hoja está húmeda suele estimular a los agentes patógenos, fúngicos y bacteriales y mermar la eficiencia de las medidas de control.

Los suelos mal drenados predisponen a algunos cultivos a la putrefacción de las raíces y raicillas (véase A.5). Los problemas de nemátodos pueden ser más graves en suelos arenosos que en los arcillosos.

Se suele subestimar los problemas de la maleza. Sin embargo, decenas de miles de hectáreas de tierra se han abandonado debido a la dificultad de controlar las malas hierbas en algunos suelos. La imposibilidad de controlar la maleza durante períodos de tiempo húmedo en suelos pesados limita la gama de cultivos que pueden desarrollarse en tierras de labranza no dedicadas al arroz. Las malas hierbas que no constituyen un problema en las primeras fases de vida de un proyecto pueden llegar a serlo con el tiempo o viceversa. Para una lista y detalles de las 100 malas hierbas más perjudiciales del mundo, véase Holm et al. (1977) y para las malezas de los arrozales, véase Moody (1981).

El costo de los plaguicidas, herbicidas y mano de obra, etc., para luchar contra las plagas, enfermedades y malas hierbas, incluidas actividades tales como espantar pájaros, es un insumo para los presupuestos agrícolas, que inicialmente puede valorarse con el empleo de las clasificaciones por factores.

Los riesgos a largo plazo de las plagas, enfermedades y malas hierbas se acumulan para determinadas rotaciones, por lo que el manejo deberá basarse, dentro de lo posible, en experiencias obtenidas localmente.

A.13 INUNDACIONES, TORMENTAS, VIENTOS Y HELADAS

La evaluación de estos factores puede tratarse por separado en secciones relativas a las inundaciones y agua profunda en el cultivo del arroz, riesgo de inundaciones en general, riesgo de tormentas y vientos, y riesgo de heladas, según se expone en las Secciones A.13.1, A.13.2, A.13.3 y A.13.4, respectivamente.

A.13.1 Inundación en el cultivo del arroz

Del veinticinco al treinta por ciento de las zonas arroceras del mundo están sometidas a una inundación de aguas profundas y en ellas crecen variedades tradicionales de arroz alto y flotante y del 25 al 30 por ciento están bajo aguas superficiales (IRRI, 1975b). El arrozal de aguas profundas está ubicado sobre todo en valles densamente poblados y en los deltas de ríos caudalosos (por ej., Ganges, Brahmaputra, Godavari, Irrawaddy, Chao Phraya y Mekong), en donde se desarrollan variedades índicas de bajo rendimiento. En las zonas más profundas (1 a 6 metros) se cultivan variedades de arroz flotante. Los tallos de estas variedades se alargan a medida que sube el agua y las hojas flotan sobre la superficie del agua. Un 10 por ciento de los arrozales en Asia y Africa está plantado con arroz flotante y casi la mitad del total está plantado con variedades altas no flotantes adaptadas a aguas de profundidad media a grande. La aptitud de la tierra depende de las variedades disponibles y de la confiabilidad de la inundación. La velocidad de la elevación o del descenso en los niveles del agua con respecto a las variedades cultivadas es muy importante. Si el agua se retira con demasiada rapidez, las variedades pueden fijarse. El agua en rápido movimiento puede aplastar o desarraigar el cultivo o cubrirlo con limo. La inundación por agua de mar produce daños adicionales por las sales. Muchas variedades de arroz son tolerantes a una cierta sumersión o son capaces de crecer en aguas profundas. Las plantitas jóvenes suelen ser más susceptibles a la inundación y a las condiciones de suelos sumergidos que las de más edad.

El arroz flotante suele plantarse al principio de las primeras lluvias monzónicas, sembrándose a voleo en suelo seco o húmedo. Durante el período inicial, el arroz crece como un cultivo de tierras altas e incluso puede ser tolerante a la sequía en la fase germinativa. La fotoperiodicidad (véase el apartado relativo a la radiación) hace que las flores se formen después de que el agua comience a retirarse, pero antes del final de las lluvias. La cosecha se realiza, a veces, desde barcas o puede tener lugar después de que el agua se haya retirado por completo y el suelo esté seco. La aptitud de la tierra y del agua depende de la confiabilidad y profundidad de la inundación, de la duración y profundidad de la inundación requerida por variedades particulares y de la velocidad de retirada del agua. La velocidad del flujo de agua es también un factor importante.

Es posible que la variedad del arroz pueda venir determinada por las características de la tierra y si estas variedades difieren en el potencial de rendimiento, afectan a la productividad de la tierra y, por consiguiente, el requerimiento relativo a la variedad puede ser clasificador de la tierra. Se reconocen cinco categorías de variedades de arroz: arroz acuático de riego (tierras bajas), arroz de secano superficial (tierras bajas), arroz de secano de profundidad intermedia (tierras bajas), arroz de aguas profundas y arroz de tierras secas. Las variedades adaptadas a estas diversas condiciones tienen diferente potencial de rendimiento, siendo el más grande para el arroz de tierras húmedas bajo riego y el más bajo suele corresponder a las tierras secas.

Puede citarse un ejemplo de la costa meridional de Java, donde se distinguieron zonas "no sujetas a inundación", "sujetas a inundación moderada" y "sujetas a inundación prolongada". En la tierra no sujeta a inundación podían cultivarse dos cosechas de variedades modernas de arroz de alto rendimiento y el beneficio correspondiente podría compensar el costo de la protección de tierra adicional contra las inundaciones. Las variedades de arroz altas (algunas de ellas mejoradas) eran aptas para tierras sometidas a una inundación repentina temporal. Los aspectos importantes a evaluar era el riesgo asociado con diferentes fechas de plantación y si el empleo de arroces mejorados de duración más corta permitiría la obtención de dos cosechas en lugar de una sola por año. Los beneficios obtenidos compensarían entonces los costes del riego y del control de las avenidas. En las áreas sometidas a una inundación estacional prolongada, solamente podría obtenerse una cosecha de arroz de temporada seca. Los costos de inversión en desarrollo de tierras, producción de arroz e insumos-producto en las diferentes unidades de tierras se expresaron en términos económicos para definir las clases de aptitud de las tierras. Como alternativa, hubieran podido crearse diferentes tipos de utilización de tierras (TUTs), pero esto habría dado lugar a demasiadas combinaciones de tipos y de unidades de tierras (TUTs) para su evaluación.

A.13.2 Riesgo de inundaciones

En arrozales de aguas superficiales y en zonas que produzcan otros cultivos, las avenidas irregulares no solamente afectan desfavorablemente al cultivo, sino que también perjudican al suelo y a la infraestructura; es decir, los bordes de los arrozales, veredas, viviendas temporales y permanentes, caminos y puentes, etc. Los daños por avenidas es muy probable que se produzcan en llanuras inundables por ríos, llanuras costeras y aluvionales, zonas con grandes variaciones estacionales en la pluviosidad y expuestas a lluvias intensivas durante horas o días. Así, el modelo detallado de incidencia está relacionado con las formas del relieve.

Al establecer límites críticos para el riesgo de inundaciones, pueden utilizarse dos criterios: período de inundación y frecuencia de las avenidas. El período de inundación es el promedio de días durante la temporada de cultivo o año cuando la tierra está cubierta por agua. Esto puede obtenerse a partir de registros o ser objeto de estimación. La frecuencia de avenidas es la probabilidad de que ocurran avenidas perjudiciales durante al año. Una avenida perjudicial es aquella que destruye o produce graves daños al cultivo, tierra o infraestructura. Cuando sea necesario, una avenida perjudicial puede definirse, de forma cuantitativa, en función del período de inundación y/o de la velocidad de flujo o volumen de descarga del agua en movimiento. Puede aplicarse, de forma cuantitativa, cuando se disponga de datos, la siguiente escala aunque normalmente servirá de base para una estimación subjetiva.

Frecuencia de avenidas perjudiciales:

Muy rara o nunca	Menos de 1 año en 20 o nunca conocida a ocurrir
Rara	Menos de 1 año en 5
No frecuente	Entre 1 año y 5 y una por año
Muy frecuente	Más de 5 veces al año

En el caso especial de que se cultive arroz, puede ser necesario distinguir entre avenidas con una corriente débil, que puede ser beneficiosa, y avenidas con una fuerte corriente, que puede perjudicar las estructuras del campo. En el Cuadro 45 se da un ejemplo de límites críticos para avenidas de estos dos tipos en el Sudán.

Cuadro 45 EJEMPLO DE RANGOS CRITICOS PARA EVALUAR EL RIESGO DE INUNDACIONES

Clasificación por factores	Frecuencia de inundaciones	
	Inundación de corriente fuerte durante la temporada de crecimiento	Inundación de corriente débil
a1	Una vez cada 10 años	Ninguna - 2 días
a2	Una vez cada 6-10 años	2 días - 3 semanas
a3	Una vez cada 3-5 años	3-20 años
n	Cada 1-2 años	Más de 20 semanas

A.13.3 Riesgo de tormenta, granizo y viento

La exposición de la tierra a las tormentas y al viento y su susceptibilidad o tolerancia a estos factores para diferentes cultivos requiere muchas veces una valoración al efectuar la evaluación de la tierra. Ha de enjuiciarse la repercusión económica que es probable que se produzca para los cultivos y unidades de tierras correspondientes. Dos aspectos dignos de consideración son la predominancia general del riesgo (por ej., viento) y la frecuencia de eventos especiales tales como una alta intensidad de lluvias, ciclones y huracanes. Estas últimas son consideraciones que hay que tener en cuenta en la selección de los tipos de utilización de tierras (TUT), pero el grado de magnitud de los daños y la capacidad del cultivo para sobrevivir y sostener la producción después de dicho evento pueden ser más graves en determinados lugares, que podrían ser diferenciados en clasificaciones por factores. Entre los cultivos hay una distinción clara entre cultivos a corto plazo y cultivos perennes. La supervivencia de los cultivos a corto plazo en el caso de un riesgo de tormentas no frecuentes es de menor consecuencia que para los cultivos arbóreos y hortícolas que se podrían destruir por completo. Los bananos tienen la capacidad de volver a crecer a partir de ahijamientos subterráneos si se destruyen las partes de la planta por encima del terreno, pero la mayoría de los cultivos arbóreos no tienen esta capacidad.

El granizo puede producir graves daños o destruir los cultivos en muchas partes del mundo y puede tener importancia en la selección de cultivos. Los daños producidos por el granizo suelen estar muy localizados. La posibilidad de un seguro contra los daños del granizo pueden afectar también a la selección de los cultivos.

A.13.4 Riesgo de heladas

Cuando se producen, las heladas pueden ser un factor clasificador importante de las tierras. Las "bolsas de heladas" se producen en los fondos de valles debido a movimientos descendentes del aire. Las heladas pueden destruir las flores de cultivos frutales templados y, en consecuencia, afectar a los rendimientos. Las heladas imprevistas son de importancia especial en el caso de cultivos hortícolas (por ej., cultivos cítricos), en donde pueden acabar con árboles de todas las edades. Las heladas perjudiciales pueden definirse en función de las temperaturas, duración y períodos del año durante los cuales pueden producirse daños, empleando para ello datos obtenidos a partir de registros climáticos. La experiencia local es a menudo útil para indicar el efecto del relieve (por ej., la mayor frecuencia en los fondos de los valles y el incremento en la frecuencia con la altitud).

B. MANEJO

Requerimientos y limitaciones del manejo

Condiciones de las tierras que afectan al manejo

En la Sección A se trataron ya algunos aspectos agronómicos que afectan al manejo. En esta sección, las consideraciones adicionales son las asociadas con la ubicación, manejo en la aplicación de agua, manejo agrícola precosecha, condiciones de la cosecha y poscosecha y mecanización.

B.14 UBICACION

La ubicación de una unidad de tierras influye en muchos aspectos del manejo según sigue:

i. proximidad a mercados o fábricas de transformación;

ii. disponibilidad de insumos de fertilizantes, plaguicidas, semillas y material de plantación;

iii. provisión de servicios (caminos, electricidad, agua doméstica, etc.);

iv. disponibilidad y suministro de agua para riego;

v. tiempo desperdiciado en desplazamientos y costo del transporte o ambos factores a la vez;

vi. atención al manejo diario de los cultivos y del riego;

vii. posibilidad de acceso de la maquinaria para preparación de la tierra, cosecha, etc.

Estos aspectos se tratarán a continuación uno a uno.

i. Proximidad a mercados o fábricas de transformación: Las hortalizas frescas y las frutas se suelen producir en tierras próximas a los centros de población. La existencia de instalaciones para el proceso por ej., un molino de arroz, un ingenio de caña de azúcar o instalaciones desmotadoras de algodón influye en el costo de transporte y en la viabilidad de un cultivo en una determinada ubicación. El tiempo, la distancia o el costo del transporte pueden servir para definir límites críticos a efectos de clasificación por factores.

ii. Disponibilidad de insumos de fertilizantes, plaguicidas, semillas y material de plantación, etc.: Si el uso de las tierras depende de dichos insumos, deberán estar disponibles en el momento y en las cantidades que sean necesarias. Si no estuvieran disponibles, la tierra deberá clasificarse "no apta" para este uso. La confiabilidad y oportunidad en el suministro de insumos puede constituir un factor de descripción de un tipo de utilización de tierras o un factor clasificador.

iii. Suministro de servicios (caminos, electricidad, vivienda, escuelas, clínicas, agua doméstica, etc.): La productividad de la tierra en lugares aislados suele ser menor que cuando están próximas a poblaciones o aldeas dotadas de los servicios antes citados. En este caso, han de asignarse diferentes aptitudes a las unidades de tierras basadas en el efecto probable en función de la producción y de los costos.

iv. Disponibilidad y suministro de agua para riego: Los usuarios ubicados en la cabecera de canales de riego suelen obtener más agua que los de la parte final de los mismos; hasta el punto de que los valores de las tierras son, a veces, muy diferentes. Las aptitudes en función de la "ubicación" en el ámbito de la evaluación de tierras "regables" puede ser muy importante. La capacidad de los agricultores para pagar las cuotas del agua y los impuestos suele basarse en las clases de las tierras y por consiguiente, reviste importancia una evaluación escrupulosa. Para evitar un doble recuento por concepto diferentes, conviene utilizar los requerimientos de agua o el factor de la ubicación pero no ambos a la vez.

Los factores de ubicación y afines, que son importantes con respecto al suministro de agua, fueron estudiados por Wickham et al. (1977) y el IRRI (1974) para el arroz de tierras bajas acuático de río. Dichos factores son:

a. distancia a la derivación lateral
b. distancia a la derivación sublateral
c. recorrido del flujo sobre la tierra
d. elevación del canal con respecto al arroz
e. textura del suelo
f. número de explotaciones a lo largo de la trayectoria del canal
g. densidad de acequias a nivel de fincas.

Los efectos de estos factores ejercen una interacción en lo que respecta a la suficiencia con que el sistema de riego suministra agua a sus áreas y con factores de manejo tales como la fecha de siembra, el control del agua, corriente arriba, desde una determinada unidad de tierras (por ej., el uso de diques de retención), las etapas de distribución y programación y el control de las compuertas. De este modo, cuando el agua es escasa, el aumento de la sequía en determinadas partes de un sistema puede atribuirse a una ubicación desfavorable dentro del sistema y a la competencia dentro del mismo. Los agricultores ubicados más cerca de la fuente del agua están en mejores condiciones que los situados lejos. En un proyecto de riego de Filipinas, estudiado por Wickham, los factores más asociados con la duración de la falta de agua y los rendimientos eran la distancia de la finca al inicio del lateral y sublateral, y la distancia sobre la tierra desde la finca hasta el punto en donde el agua se distribuye por el canal. Los motivos principales para el aumento de la frecuencia de la sequía a lo largo de los canales principales, eran las retenciones temporales que restringían la cantidad de agua que pasaba a lo largo de los canales y la falta de compuertas de regulación. Los factores que no eran importantes en el estudio de Wickham eran la elevación del canal con respecto al arrozal, la textura del suelo, el número de explotaciones (diferentes que había en la trayectoria del canal) o

la densidad de acequias de la finca. La escasa asociación entre la textura del suelo y la distancia a lo largo de la derivación lateral se debía al hecho de que los suelos más pesados, con mayor capacidad de retención de agua se ubicaron, en las zonas más distantes del sistema, a mayores distancias por tierra, y ello tendía a servir de compensación.

Estos factores de la ubicación son mucho más importantes a si el agua es escasa o abundante y esta circunstancia conviene tenerla en cuenta al elegir las clasificación por factores o niveles de "importancia" para la "ubicación".

La elevación y distancia es de gran importancia en los proyectos de riego donde se entrega el agua a lugares más elevados a causa del costo del bombeo. En las clasificaciones de "provisionalmente regables" puede pasar por alto esto en gran medida, pero no deja de ser una consideración importante en la elección de tierras "regables". Dentro de la zona regable, una vez que se haya determinado su extensión, existen dos posibilidades principales:

a. Si el agricultor tiene que sufragar el costo total del agua entregada a su finca incluidos los costos de bombeo, la relación beneficio/costo y la conveniencia de la ubicación resultarán muy afectados por la elevación y la distancia. Esto suele ser el caso de la puesta en riego por elevación y agua subterránea.

b. Si el proyecto en su conjunto o la administración pública corren a cargo del costo del agua entre la fuente y los puntos elevados de distribución a las explotaciones, a todas las explotaciones puede cobrárseles lo mismo por el agua o los costos pueden recuperarse de forma indirecta o de ninguna manera en absoluto. En este caso, la elevación y la distancia no han de constituir necesariamente un factor en la evaluación, una vez determinada la extensión de la tierra regable. Esto reviste importancia en la determinación de la zona "regable" y los costos de desarrollo del proyecto. Sin embargo, la mayoría de los organismos de financiación exigen que cada unidad de tierra financie sus propios costos de inversión para áreas específicas (véase Capítulo 7).

v. Tiempo desperdiciado en desplazamientos y costo del transporte y viajes: Este costo en función del tiempo de un agricultor y de la mano de obra puede ser decisivo al evaluar la "ubicación". Los costos del transporte (que no tienen nada que ver con las dificultades del transporte) después de las obras del proyecto de regadío pueden repercutir considerablemente en las relaciones beneficio/costo según las diferentes ubicaciones. Los límites críticos pueden expresarse en términos relativos (a1, a2, a3, n1 o n2) o en términos de beneficios/costos relativos utilizando, por ejemplo, el costo del transporte por tonelada/kilómetro o por hora. Para la definición de la tierra "regable" tal vez sea necesaria la representación de los accesos con el empleo de isócronas.

Existen métodos perfeccionados y especializados para evaluar los costos de transporte, que se utilizarían cuando el transporte sea un factor importante que se pretenda estudiar de forma detallada. Los

especialistas en transporte aplicarán métodos de evaluación más sofisticados que los siguientes, no obstante la idea principal se ilustra a continuación para los caminos:

a. Clasificar y elaborar mapas de los caminos existentes; se recomienda el procedimiento siguiente:

camino asfaltado de 2 ó 4 vías	Cada uno dividido en:
camino asfaltado de una sola vía	- terreno nivelado con una pendiente y con gradientes medios de 1 en 10
grava o tierra afirmada, con una anchura superior a 5,5 m	- terreno con pendiente moderada a grande, con gradientes medios de 1 en 10
tierra no afirmada y/o una anchura inferior a 5,5 m	

b. Estimar un costo de transporte para cada clase de carretera, por tonelada/km.

c. Identificar los centros. Mediante medición efectuada en los mapas se determinan las clases de carreteras, se multiplica por el costo unitario correspondiente a cada clase y así se determina el costo del transporte a/o desde centros, por tonelada, para tramos a lo largo de los sistemas de carreteras.

d. Estimar la distancia a partir de una carretera a través de la cual resulta razonable suponer que se transportarán los insumos y productos correspondientes. Trazar los límites alrededor de la red de carreteras de esa distancia. Las zonas que queden más allá de esos límites se considerarán como inaccesibles.

e. Para la zona con acceso a carreteras, dibujar isopletas del costo.

vi. Atención al manejo diario de los cultivos y riego: Tal vez no sea posible plantar determinados cultivos en sitios distantes debido a la seguridad del cultivo y a los robos. La protección de los cultivos contra animales salvajes, pájaros y otras plagas y enfermedades puede dejar que desear, y el manejo ser inferior a un valor óptimo. Todos estos factores suelen ser muy importantes. El problema de la seguridad se aplica también a los equipos de riego (por ej., tuberías de aspersores, boquillas de latón, etc.) que pueden ser robados para hacer utensilios, piezas para vehículos de motor, etc. De este modo, puede perjudicarse el funcionamiento del sistema de riego.

vii. Posibilidad de acceso de la maquinaria para la preparación de la tierra, cosecha, etc: Este es un factor importante sobre todo para cultivos voluminosos (por ej. caña de azúcar y remolacha azucarera) en donde interesa el cultivo mecánico para conseguir una siembra o

plantación en el momento oportuno. Los límites críticos dependen del tipo de equipo que se ha de utilizar, de la pluviosidad y de las condiciones del suelo, de la topografía y en particular de la pendiente y de otros factores. Si la tierra es inaccesible, o está sujeta a condiciones que dificultan el acceso, tales como caminos encharcados, desagües intransitables, etc., las oportunidades que se ofrecen para ejecutar las operaciones oportuna y eficientemente varían según la gravedad y la ubicación de estas limitaciones.

Con la ayuda del Cuadro 46 puede facilitarse una evaluación conjunta de todos estos factores, procurando no estimar dos veces los factores que se considerarán bajo otros epígrafes.

Cuadro 46 CLASIFICACION DE FACTORES PARA LA UBICACION DE UN TIPO DE UTILIZACION DE TIERRA ESPECIFICO Y UNIDAD DE TIERRA

Número de unidades de tierra: Tipo de uso de la tierra						
Factores	Clasificación por factores 1/ a1	a2	a3	n	Importancia para esta evaluación	Clasificación por factores seleccionada
Proximidad de mercados, instalaciones para el proceso	✓				No importante	por ej., a1
Disponibilidad de insumos						
Proximidad a servicios, vivienda y aldeas						
Efecto de la ubicación sobre el suministro de agua y su costo						
Costos del transporte y mano de obra						
Manejo diario y seguridad				✓	Muy importante	n
Posibilidad de acceso a la maquinaria						
	Clasificación por factores para: UBICACION					n

(Entrar con n en el Formulario 3)

1/ Anótese según corresponda.

B.15 MANEJO EN LA APLICACION DEL AGUA

El evaluador de tierras debería evaluar las características de la unidad de tierra que influirán sobre la aplicación del agua en el campo después de que la tierra se haya desarrollado para riego, según se analiza más abajo.

Para evitar una doble consideración de los factores, el evaluador debería de partir del supuesto de que la cantidad de agua especificada en la Sección A.6 (y tal como queda afectada por la ubicación según se indica en la Sección A.14) será objeto de suministro y que podrá, o no, satisfacer plenamente las necesidades, según los casos.

Asimismo, debería asumir una determinada técnica de aplicación del agua (riego superficial, por aspersión o localizado) como se indica en la descripción del tipo de utilización de la tierra (sin embargo, consultar el Capítulo A.2.1). Las preguntas que requieren ser contestadas son:

i. ¿Cómo influyen las características de la tierra en la operación de la técnica de aplicación de agua especificada?

ii. Dada la ubicación, ¿existen algunas ventajas o limitaciones concretas que influirán en los rendimientos o costos de la aplicación de agua en esa tierra?

Para la técnica de riego tomada en consideración, las características de las tierras utilizadas para definir los límites críticos y la clasificación por factores serán las que influyan en el costo de la aplicación del agua o en el nivel de producción de un cultivo en esa tierra. Los costos de la aplicación del agua pueden influir en:

a. el tamaño potencial que puedan tener las unidades y subunidades de manejo (por ej., el tamaño y la forma de los campos y explotaciones);

b. las diferentes necesidades de mano de obra y sus disponibilidades (asociadas con la zona específica de tierra en lugar de con los factores de ubicación más arriba considerados);

c. las diferentes oportunidades y necesidades de mecanización o automatización para la aplicación del agua de riego.

En el nivel de producción agrícola pueden influir:

- la uniformidad de la aplicación del agua sobre el terreno en relación con los suelos, topografía u otras características de la tierra;

- los factores relativos al caudal, duración y frecuencia de una determinada aplicación del agua a la tierra.

Para evitar un doble recuento, la evaluación estimada en este epígrafe no debería incluir aspectos que se hayan estimado con anterioridad, ni los que se someterán a consideración en epígrafes posteriores, es decir:

1. excluir la consideración de las características de la tierra que afectan a las necesidades o abastecimiento de agua;

2. excluir los aspectos de ubicación tratados en la Sección B.14;

3. excluir los factores que influyen sobre los costos del desarrollo de las tierras (véase Sección C).

Para elegir una clasificación por factores en el Epígrafe puede utilizarse el siguiente método: "Manejo en la aplicación de agua" (Cuadro 47).

Cuadro 47 CLASIFICACION DE FACTORES PARA EL MANEJO EN LA APLICACION DE AGUA

Nº de unidades de tierra Tipo de uso de la tierra: Cultivos Técnica de aplicación del agua			
Características de las tierras que influyen en la clasificación	Clasificación por factores 1/ a1 a2 a3 n	Importancia	Clasificación seleccionada
Ejemplo:			
1. Tamaño y forma de los campos		Importante	n
2. Tasa de absorción del suelo que afecta a la uniformidad, lixiviación		Menos importante	s1
3. Costos del desplazamiento de tuberías más allá de una obstrucción		Importante	n
	Clasificación por factores para: MANEJO EN LA APLICACION DE AGUA (Introducir en el Formulario 3)		n

1/ Anotar según corresponda.

Las formas en que las características de la tierra podrían influir sobre el manejo en la aplicación del agua en diferentes unidades de tierras cuando vayan a utilizarse técnicas de riego superficial, por aspersión y localizado, están incluidas entre las consideraciones enumeradas en el Cuadro 48. En este cuadro se describe la totalidad de las características y exigencias de las técnicas de aplicación del agua de riego, incluidas las que influyen sobre la selección del sistema y la aptitud de la tierra. Se trata de una lista completa, y no todas las características descritas son importantes para evaluar el manejo en la aplicación del agua.

Cuadro 48 CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO PARA EVALUAR LA SELECCION DEL SISTEMA Y APTITUD DE LA TIERRA

A. TECNICAS DE APLICACION SUPERFICIAL (página 1)

CARACTERISTICA	BANCALES O POZAS PEQUEÑOS	(MEDIOS) 1/	BANCALES O POZAS GRANDES	TABLARES O MELGA	SURCOS CORTOS	(MEDIOS) 1/	SURCOS LARGOS
1. Costos de desarrollo de las tierras	Bajos		Frecuentemente altos; requiere precisión en la nivelación	Bajos a medios, según la topografía	Bajos		Frecuentemente altos; requiere precisión en la nivelación
2. Intensidad de capital (equipo de campo)	Baja		Baja	Baja	Baja		Baja
3. Intensidad de mano de obra	Alta		Bajos	Media	Alta		Baja
4. Intensidad de energía	Baja (por gravedad) Alta (por bombeo)		Baja (por gravedad) Alta (por bombeo)	Baja (por gravedad) Alta (por bombeo)	Baja (por gravedad) Alta (por bombeo)		Baja (por gravedad) Alta (por bombeo)
5. Tamaño y forma de los campos	Muy flexibles, suelen ser pequeños e irregulares		Se necesitan campos grandes y de formas irregulares	Largos y rectangulares, pudiendo ser estrechos	Muy flexibles, suelen ser pequeños e irregulares		Tamaño medio a grande y forma regular
6. Topografía	Importante, pero no suele ser crítica		Suele ser crítica si el bancal o poza está nivelado o explanado	Pendiente adecuada sin pendientes transversales	Importante, pero suele ser crítica		Suele ser crítica, para surcos nivelados y sin inclinación horizontales
7. Suelos	Sus índices de absorción suelen ser críticos para una utilización eficiente del agua y uniformidad en su aplicación; influye en el tamaño de los bancales o pozas, las longitudes de los surcos o de los tablares o melgas en relación con la cantidad de entrega de agua, pendiente y uniformidad del microrrelieve.						
8. Manejo calificado	Adecuada para pequeños agricultores en PMD		Se exige un manejo sofisticado	Adecuada para un manejo de nivel medio	Adecuada para pequeños agricultores en PMD		Se exige un manejo sofisticado

1/ Indica que hay situaciones intermedias a tener en cuenta.

Cuadro 48 (cont.) CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO PARA EVALUAR LA SELECCION DEL SISTEMA Y APTITUD DE LA TIERRA

A. TECNICAS DE APLICACION SUPERFICIAL (página 2)

1/ Indica que hay situaciones intermedias a tener en cuenta.

Cuadro 48 (cont.) CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO PARA EVALUAR LA SELECCION DEL SISTEMA Y APTITUD DE LA TIERRA

A. TECNICAS DE APLICACION SUPERFICIAL (página 2)

CARACTERISTICA	BANCALES O POZAS PEQUEÑOS (MEDIOS) 1/	BANCALES O POZAS GRANDES	TABLARES O MELGA	SURCOS CORTOS (MEDIOS) 1/	SURCOS LARGOS
9. Mecanización y limitaciones del cultivo	Amplia gama de cultivos, pero sin mecanizar	Cultivos extensivos adecuados plantados en zonas llanas o lomas y con mecanización	Cultivos extensivos adecuados plantados en zonas planas y con mecanización	Amplia gama de cultivos, pero sin mecanizar	Cultivos de surco y no los plantados en las zonas planas; con mecanización
10. Programa para la frecuencia, tasa y duración del suministro de agua	De carácter continuo (arroz); intermitente, generalmente fijo para la Oficina de Aguas; a menudo limitada a 10-30 l/s con una duración determinada	Suele ser intermitente, por acuerdo o determinado por la Oficina de Aguas; altas tasas de suministro, con posibilidad de una corta duración	Intermitente, por acuerdo o establecido por la Oficina de Aguas; la tasa de suministro ha de armonizarse con la mano de obra; inconvenientes para un caudal importante	Intermitente, por acuerdo o establecido por la Oficina de Aguas a menudo limitadas a 10-30 l/s con una duración determinada	Intermitente, por acuerdo o establecido por la Oficina de Aguas; la tasa de suministro ha de armonizarse con la mano de obra; inconvenientes para un caudal importante
11. Factores que influyen en la uniformidad de aplicación	Topografía, manejo del suelo, tamaño y forma de los campos, suministro de agua, mano de obra calificada.	Explanación y nivelación de la tierra, suelos, manejo, tamaño y pendiente del bancal o poza, posibilidad de variación sobre el terreno	Uniformidad de la nivelación, inexistencia de pendiente transversal, tasa y duración, inconveniente en la magnitud del caudal y mano de obra calificada	Topografía, suelos, manejo, tamaño y forma de los campos, suministro de agua, mano de obra calificada	Uniformidad de la explanación o nivel, tasa y duración, inconvenientes para el caudal o utilización de caudales de retorno, posibilidad de variación
12. Problemas mecánicos	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
13. Problemas de seguridad	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
14. Problemas de sales y lixiviación	Parcelas aisladas con exceso de sales en zonas altas poco regadas	Ningún problema especial	Ningún problema especial	Acumulación de sales en los bordos parcelas aisladas con exceso de sales en zonas altas	Acumulación de sales en los bordos, de no ser así, ningún problema especial

1/ Véase nota en la página 214.

Cuadro 48 (cont.) CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO PARA EVALUAR LA SELECCION DEL SISTEMA Y APTITUD DE LA TIERRA

A. TECNICAS DE APLICACION SUPERFICIAL (página 3)

CARACTERISTICA	BANCALES O POZAS PEQUEÑOS	(MEDIOS) 1/	BANCALES O POZAS GRANDES	TABLARES O MELGA	SURCOS CORTOS	(MEDIOS) 1/	SURCOS LARGOS
15. Ubicación	Cuando hay escasez de agua, la distancia desde la fuente es importante		Suele disponerse de un servicio adecuado	Ningún problema especial	Cuando hay escasez de agua, la distancia desde la fuente es importante		Ningún problema especial
16. Eficiencias del uso del agua en el campo	Intrínsicamente bajas en suelo permeable; la aplicación mínima es de 50 mm por riego		Puede ser muy alta en bancales o pozas nivelados con gran exactitud	Depende mucho del control del agua, de la pendiente transversal y pueden ser altas y bajas	Intrínsicamente bajas en suelo permeable; la aplicación mínima es de 50 mm por riego		Gran dependencia con respecto al control del agua, tasa, duración. pendientes altas o bajas
17. Problemas principales que se suelen encontrar	Uniformidad deficiente en la aplicación, exceso de agua, tierras desperdiciadas en lomos y canales		Costos muy altos por la explanación de la tierra. Exposición del subsuelo	Uniformidad deficiente en la aplicación, erosión daños a los cultivos	Uniformidad deficiente en la administración, exceso de agua, tierras desperdiciadas en canales		Uniformidad deficiente en la aplicación, escorrentía excesiva, erosión
18. Observaciones generales	Sistemas de riego de fácil programación del agua, a expensas de un uso eficiente de la misma. Es conveniente para los agricultores del tercer mundo		Adecuados para grandes unidades mecanizadas en donde la mano de obra es costosa y es importante la eficiencia del uso de la energía y del agua	Adecuados para fincas de tamaño medio sin cultivos de surco, sobre todo para forrajes	Sistemas de riego de fácil programación de agua a expensas de un uso eficiente de la misma. Conveniente para agricultores del Tercer Mundo		Adecuados para grandes unidades mecanizadas, donde hay mano de obra especializada

1/ Véase nota en la página 214.

Cuadro 48 (cont.) CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO PARA EVALUAR LA SELECCION DEL SISTEMA Y LA APTITUD DE LA TIERRA

B. TECNICAS DE RIEGO POR ASPERSION Y LOCALIZADO (página 1)

Cuadro 48 (cont.) CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO PARA EVALUAR LA SELECCION DEL SISTEMA Y LA APTITUD DE LA TIERRA
B. TECNICAS DE RIEGO POR ASPERSION Y LOCALIZADO (página 1)

	ASPERSORES			MINIASPERSORES	GOTEADORES DE RECORRIDO LARGO Y ORIFICIOS (INCORPORADOS O EN LINEA)	TUBERIAS DE PAREDES DOBLES
	BAJO RENDIMIENTO	MEDIO 1/	ALTO RENDIMIENTO			
1. Costo de desarrollo de las tierras	Bajo o ninguno	Bajo o ninguno		Bajo o ninguno	Bajo o ninguno	Bajos o nulos
2. Intensidad de capital (equipo de campo)	Alta	Alta		Alta	Alta	Alta
3. Intensidad de mano de obra	Sistemas de desplazamiento manual, gran necesidad de mano de obra; sistemas de baja mecanización y movibles			Grandes necesidades de mano de obra en la instalación y retirada de las tuberías, bajo requerimiento de mano de obra durante el período de riego y/o control automático del suministro de agua		Grandes necesidades de mano de obra para la instalación y baja para la operación, a menudo laboreo con arado
4. Intensidad de energía	Se necesitan presiones de agua de magnitud media a alta	Presiones de magnitud media a muy alta		Presiones bajas (pérdidas por filtración)	Presiones bajas (ninguna ventaja cuando la presión para filtración es alta)	Presiones bajas, pero pérdidas a través de los filtros
5. Tamaño y forma de los campos	No adecuados para campos muy pequeños. Los sistemas de desplazamiento manual son flexibles y los sistemas móviles y mecanizados son inflexibles y necesitan campos grandes y de formas regulares			Muy adaptables; longitud limitada de los laterales	Muy adaptables; longitud limitada de los laterales	Muy adaptables; longitud limitada de los laterales
6. Topografía	No adecuados para un terreno muy inclinado. Algunas limitaciones para sistemas móviles y mecanizados, pero menores que para los sistemas de riego superficial			Muy adaptables	Muy adaptables	Muy adaptables

1/ Indica que hay situaciones intermedias que tener en cuenta.

Cuadro 48 (cont.) CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO PARA EVALUAR LA SELECCION DEL SISTEMA Y LA APTITUD DE LA TIERRA
B. TECNICAS DE RIEGO POR ASPERSION Y LOCALIZADO (página 2)

	ASPERSORES			MINIASPERSORES	GOTEADORES DE RECORRIDO LARGO Y ORIFICIOS (INCORPORADOS O EN LINEA)	TUBERIAS DE PAREDES DOBLES
	BAJO RENDIMIENTO	MEDIO 1/	ALTO RENDIMIENTO			
7. Suelos	Adecuados para suelos con altas tasas de infiltración. A veces se plantean problemas con suelos de bajas tasas de infiltración. Problemas con altas tasas de aplicación, en sistemas móviles y pistolas de lluvia			Ningún problema de infiltración. Alguna dispersión de agua lateral	Ningún problema de infiltración. La dispersión lateral está limitada sobre todo en suelos arenosos	Ningún problema de infiltración. La dispersión lateral está limitada sobre todo en los suelos arenosos
8. Manejo calificado	No adecuados para agricultores del Tercer Mundo, que no pueden obtener piezas de repuestos ni controlar y manejar la operación con eficiencia			Nivel intermedio de manejo, pero bastante sencillo	Manejo sofisticado para evitar deficiencias funcionales	Manejo sofisticado para evitar deficiencias funcionales
9. Mecanización y limitaciones del cultivo	Aparte de algunos cultivos altos y del arroz, no hay problemas. Laterales montados sobre ruedas muy mecanizados, pivotes centrales, sistemas de cables o sistemas permanentes que disminuyen las necesidades de mano de obra			Preferible para cultivos arbóreos y cultivos de surcos muy espaciados; hay posibilidad de un control automatizado	Cultivos intensivos de alto valor; no adecuados para riego de almácigo, sistemas en ovillo, automatización	Cultivos de surco ancho; pueden ser subterráneos (por ej., de caña de azúcar) instalación mecanizada
10. Programa para la frecuencia, tasa o duración del suministro de agua	Suelen ser a petición. Los intervalos son de días o de semanas, tasas medias y altas, 3-15 mm por hora		Suele ser a petición. Los intervalos son de días o de semanas, tasas medias a altas, 3-15 mm por hora	Suele ser a petición. Intervalo de 1 a 3 días, tasas bajas a medias, duración media a larga	Suele ser a petición. Intervalos de 1 a 3 días o continuos. Tasa pequeña a larga duración	Suele ser a petición. Intervalo de 1 a 3 días o continuos. Tasa baja y larga duración

1/ Véase nota en la página 217.

Cuadro 48 (cont.) CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO PARA EVALUAR LA SELECCION DEL SISTEMA Y LA APTITUD DE LA TIERRA

Cuadro 48 (cont.) CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO PARA EVALUAR LA SELECCION DEL SISTEMA Y LA APTITUD DE LA TIERRA
B. TECNICAS DE RIEGO POR ASPERSION Y LOCALIZADO (página 3)

	ASPERSORES			MINIASPERSORES	GOTEADORES DE RECORRIDO LARGO Y ORIFICIO (INCORPORADOS O EN LINEA)	TUBERIAS DE PAREDES DOBLES
	BAJO RENDIMIENTO	MEDIO 1/	ALTO RENDIMIENTO			
11. Factores que influyen en la uniformidad de la aplicación	El viento es el problema principal de los sistemas de aspersores de accionamiento manual. Descenso en las presiones a lo largo de las conducciones, distancias de alcance y espaciamiento entre aspersores			No uniformes cuando se utilizan como riego localizado; pueden utilizarse reguladores de la presión para mejorar la uniformidad	No uniformes cuando se utilizan como riego localizado; la variación a lo largo de los laterales es un factor de diseño	No uniforme cuando se utiliza como riego localizado; la variación a lo largo de los laterales es un factor de diseño
12. Problemas mecánicos	Desgaste de las piezas móviles; las boquillas se pueden bloquear y hay necesidad de servicio y filtración			Bloqueo de las boquillas	La filtración es un aspecto crítico para detener las obturaciones, lo que constituye una limitación importante	
13. Problemas de seguridad	No a prueba de actos vandálicos; los accesorios de montaje metálicos y tuberías pueden ser removidos del campo por la noche en algunos países			No muy vulnerables a los daños o al robo. Precisan atención	No especialmente vulnerables y los equipos pueden dejarse funcionando en el campo durante largos períodos de tiempo sin atención de personal alguno	
14. Problemas de sales y lixiviación	Un riego por debajo de lo necesario puede constituir problema en suelos muy permeables; problemas de uniformidad; las quemaduras en hojas húmedas revisten especial importancia, es decir, cultivos cítricos			Ningún problema especial. El nivel bajo evita la quemadura superficial de las hojas en cultivos arbóreos	La ventaja principal consiste en mejores rendimientos con agua que contenga sales debido a que el suelo nunca se seca y se precisan riegos frecuentes. Costras de sales en la superficie del suelo	
15. Ubicación	La distancia y la elevación son importantes factores de costo en las pérdidas de carga de presión y las necesidades correspondientes			Costos intermedios para presurización	El riego de larga duración da lugar a pérdidas de carga más pequeñas, pero se observa una pérdida de carga a través de los filtros	
16. Eficiencia del uso del agua en el campo	Está muy influida por el viento y la uniformidad de la distribución, pudiendo ser alta o baja			Muy alta	Muy alta	Muy alta

1/ Véase nota en la página 217.

Cuadro 48 (cont.) CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO PARA EVALUAR LA SELECCION DEL SISTEMA Y LA APTITUD DE LA TIERRA
B. TECNICAS DE RIEGO POR ASPERSION Y LOCALIZADO (página 4)

	ASPERSORES			MINIASPERSORES	GOTEADORES DE RECORRIDO LARGO Y ORIFICIO (INCORPORADOS O EN LINEA)	TUBERIAS DE PAREDES DOBLES
	BAJO RENDIMIENTO	MEDIO 1/	ALTO RENDIMIENTO			
17. Problemas principales que se suelen encontrar	Equipos costosos, altos costos del bombeo, dificultades operacionales, problemas de desplazamiento manual en tierras húmedas, tasas de aplicación demasiado altas con sistemas móviles, aplicación no uniforme y con desplazamientos por el viento			Longitudes excesivas de las tuberías, sobre todo para cultivos con pequeño espaciamiento. Grandes necesidades de mano de obra para el desbloqueo de las boquillas	Obturación, instalación y retirada de grandes longitudes de tuberías. Presencia de maleza. Costo elevado. No ha de utilizarse para almácigos	Obturación, instalación, no ha de utilizarse para riego de almácigos y por consiguiente puede necesitar también aspersores
18. Observaciones generales	Adecuados para suelos con alta tasa de infiltración y topografía irregular, para una amplia gama de cultivos y sistemas de explotación extensivos o intensivos			Necesidades de baja presión aptas para agricultores de pequeña a mediana escala	Unos mejores rendimientos y una eficiencia del uso del agua justifican los altos desembolsos de capital en cultivos no intensivos	Unos mejores rendimientos y la eficiencia del uso del agua pueden justificar altos desembolsos de capital

1/ Véase nota en la página 217.

B.16 MANEJO AGRICOLA PRECOSECHA

El factor más importante a evaluar bajo este concepto es el efecto de las características de la tierra sobre la distribución en el tiempo de las actividades agrícolas. La oportunidad suele ser un factor clasificador en la medida en que en él influye la capacidad de laboreo del suelo y otras características, que varían de un lugar a otro. Por consiguiente, puede tener una influencia importante sobre la producción total de la explotación y sobre los costos de producción.

Las siguientes actividades de una explotación agrícola pueden ser facilitadas u obstaculizadas por determinadas características de la tierra tales como la trabajabilidad del suelo junto con la disponibilidad de mano de obra, energía y agua:

i. preparación de la tierra (fecha de comienzo, duración en días o semanas);

ii. preparación en semilleros y siembra (disponibilidad de agua);

iii. siembra directa o transplante en el campo;

iv. riego (planificación del horario, suspensiones debidas a condiciones de suelos húmedos, etc.);

v. malezas (períodos de lluvias y suelos difíciles de trabajar);

vi. abonado superficial (los retrasos dan lugar a pérdidas de rendimiento);

vii. pulverización para el control de las plagas y enfermedades o control de la maleza;

viii. otras actividades (por ej., cultivos entre surcos) propias de determinados cultivos.

La aptitud puede valorarse en función de la medida en que las características de las tierras influyen en las faenas agrícolas. Suele ser necesario tener en cuenta la oferta de mano de obra y las necesidades máximas, la energía existente en la propia explotación en forma de recursos humanos, animales y tractores y la cantidad de agua disponible. Por ejemplo, en el cultivo del arroz acuático, las faenas agrícolas en un suelo que es difícil de cultivar, cuando se seca, con aperos arrastrados por animales, pueden dar un rendimiento menor, debido a que el agricultor tiene que retrasar la siembra o la plantación hasta que se disponga de suficiente agua para su ablandamiento, que cuando es posible el cultivo con tractores. El retraso en la fecha de plantación puede ser más, o menos grande, según el suelo y podría dar lugar a rendimientos mayores o menores o al cultivo de solamente una cosecha por año en lugar de dos.

Continuando con los ejemplos, el mismo agricultor puede tener tierras que se puedan llenar de malezas con más facilidad (por ej., suelos arenosos) que otras clases de tierras (por ej., suelos arcillosos). Un arrozal puede drenarse con facilidad para su pulverización y otro arrozal puede ser imposible de drenar, con diferencias que dan lugar a variaciones en el control de las plagas y de las enfermedades y, por consiguiente, en los rendimientos.

La elección de las clasificaciones por factores para "Manejo agrícola precosecha", puede facilitarse mediante el empleo del Cuadro 49 o una modificación del mismo.

Cuadro 49 CLASIFICACION DE FACTORES PARA MANEJO AGRICOLA PRECOSECHA

N° de unidad de tierra Tipo de uso de la tierra: Cultivos Otras descripciones pertinentes				
Características de la tierra o factores	Actividad que resulta influida	Clasificación por factores 1/ A1 A2 A3 N	Importancia	Clasificación seleccionada
Ejemplo: 1. Trabajabilidad del suelo	Preparación de la tierra Trabajo en semilleros Siembra directa Trasplante Abonado Riego Malezas Pulverización Otras actividades			
2. Acceso al agua para un semillero adelantado	Fecha de plantación Número de cosechas por año Rendimientos			
	Clasificación por factores para MANEJO AGRICOLA PRECOSECHA			( )

(introducir ( ) en el Formulario 3)

1/ Anotar según corresponda.

B.17 CONDICIONES DE COSECHA POSCOSECHA

Esta evaluación se refiere a las condiciones de cosecha y poscosecha que influyen sobre:

i. la realización de las faenas de cosecha y poscosecha de manera eficiente y puntual;

ii. los daños a la cosecha producidos en el campo o durante las operaciones ulteriores de secado y elaboración.

Las características de las tierras que podrían influir sobre una u otra de las actividades anteriores suelen estar asociadas con la humedad, la sequedad o el viento. Puede ser imposible cosechar un cultivo a su debido tiempo o la tierra puede ser que haya resultado dañada por la compactación mediante maquinaria de algunos suelos más que otros, o la calidad del producto puede ser mejor en determinados suelos que en otros. Por ejemplo, algunos cultivos, especialmente los de raíces y cacahuete tienen una mejor calidad final si se plantan en suelos no adhesivos en vez de suelos adhesivos, y son más difíciles de cosechar en estos últimos. El rendimiento resulta perjudicado porque parte del cultivo se pierde en el suelo durante la cosecha. La adherencia del suelo a las raíces, como en el cultivo de la remolacha azucarera, puede dar lugar a una menor aceptación y a precios más bajos o a penalidades en la planta procesadora.

La calidad del producto suele estar afectada por una excesiva pluviosidad o humedad del aire y ello puede dar lugar a enfermedades y pérdidas en el almacenamiento. Los productos procedentes de tierras bien secadas antes de la cosecha pueden ser de mejor calidad final que los que proceden de tierras que no tienen dicha calidad. Por ejemplo, la calidad del molido de la caña de azúcar producirá más azúcar por tonelada de caña en una tierra que haya hecho posible la maduración de la caña y la concentración del jugo que en una tierra más humeda.

El suelo rojo en el cultivo de papas aumenta los precios de exportación de un determinado país, de modo que la producción de esta cosecha está limitada a un suelo de ese color.

El viento puede ser un factor favorable o desfavorable, ayudando al secado de algunos cultivos (por ej., cereales) y aumentando el carácter perecedero de otros (por ej., hortalizas).

Para cualquier combinación dada de cultivo y de tierra, pueden determinarse con facilidad las características que son clasificadoras.

B.18 MECANIZACION

Esta evaluación se refiere a las condiciones de la tierra que influyen concretamente en las labores agrícolas mecanizadas, excluidas las ya analizadas (por ej., la capacidad de laboreo del suelo para faenas agrícolas anteriores a la cosecha). Las condiciones que actúan como limitaciones para la mecanización son el ángulo de las pendientes, los obstáculos rocosos, la pedregosidad, un suelo muy superficial y la existencia de arcillas pesadas. En el Cuadro 50 se indican algunos límites críticos para algunas de estas condiciones.

Se trata de una evaluación importante si va a emplearse maquinaria cosechadora pesada y si tienen que transportarse fuera del campo a algún punto central productos cosechados de gran volumen. Las limitaciones a la mecanización pueden provenir de varias características diferentes del terreno que no han de estar necesariamente relacionadas.

una zona. En los casos en que se desmontan amplias zonas apresuradamente empleando equipo pesado antes del asentamiento de los colonos, el resultado suele ser una jungla secundaria, haciéndose necesaria una nueva operación de desbroce.

Los gastos de limpieza dependen del tamaño y del tipo de la vegetación, de los costos de la mano de obra local, del equipo disponible y de la zona en cuestión. Los costos suben mucho a medida que aumenta el tamaño de los distintos arbustos y árboles y la densidad de la masa. Con el empleo de maquinaria moderna y, comparando con los costos del desbroce de un arbusto ligero (artemisa), una plantación tupida de pinos con un diámetro de tronco de 30 a 45 cm podría costar 40 veces más, y en una selva densa 120 veces más. Para grandes extensiones de tierra (más de 2 000 ha), con una maquinaria muy pesada puede reducirse a la mitad el costo de limpieza del terreno de matorral, sin embargo han de tenerse en cuenta también los daños resultantes. Siempre que sea posible, deberían de utilizarse cuchillas de corte para evitar grandes agujeros y la extracción de los cepellones (Clarke, 1980).

Los suelos arenosos tienden a tener un costo de desbroce inferior al de los suelos de textura fina. El desbroce de árboles grandes con tractores de cuchilla tiende a dejar grandes agujeros donde estaban plantados los árboles, y el suelo adherido a las raíces se acarrea a los lomos para su quema. Por consiguiente, suele ser necesaria la nivelación de la tierra prescindiendo de si ha de emplearse el riego por aspersión o el riego superficial.

El resultado de los métodos manuales de desbroce puede incrementarse en gran medida con el empleo de sierras de dientes articulados. El costo de los métodos manuales (con la añadidura del uso de sierras de cadena) puede estimarse calculando las operaciones siguientes:

i. Sotopoda: Operación que consiste en cortar, lo más cerca posible del nivel del suelo, todas las gramíneas, viñas y árboles de pequeño diámetro (menor de 10-15 cm), facilitar el acceso a las cuadrillas de trabajo con sierras de cadena y también, una vez secado el material muerto, proporcionar una buena base seca para su quema posterior.

ii. Corte y tala: Después de la sotopoda, los equipos de trabajo con sierra de cadena (que suelen estar constituidos por un operador y dos ayudantes) cortan todo, lo más cerca posible al nivel del suelo; la altura del tocón variará en función de las alturas de las raíces zancos o laminares. De ser posible, todos los árboles deben cortarse y talarse en la misma dirección para facilitar las operaciones posteriores y debería de hacerse esta operación fuera de los cursos de agua naturales.

iii. Quema: Consiste en eliminar todas las hojas y la mayor parte posible de las ramas. La vegetación cortada y talada debería dejarse secar antes de la quema. Esta operación suele tardar de seis a ocho semanas, dependiendo de la luz solar y de la humedad ambiente. La quema no debería retrasarse más de tres meses después de la corta y tala debido a que el brote de las hojas verdes dificultará la quema. Para aumentar las posibilidades de secado y una buena quema, estas operaciones se realizan mejor en la temporada seca. Es fundamental tener una buena quema porque el nuevo encendido y las operaciones posteriores son mucho más difíciles en una vegetación semiquemada.

iv. Apilamiento: Después de la quema, toda la leña restante debería cortarse en trozos que puedan manipularse bien. Estas piezas deberían apilarse sobre tocones y se volverán a quemar. De esta manera, gran parte del propio tallo se elimina sin dejar un agujero grande. Los trozos con un diámetro muy grande deben cortarse de modo que puedan llevarse rodando hacia los límites de la parcela en donde se dejan pudrir. El proceso de apilamiento y nueva quema pueden exigir que se lleve a cabo varias veces antes de que se consiga un resultado satisfactorio.

Cuando exista una madera aceptable desde el punto de vista comercial en el área objeto de desbroce, tendrá que adoptarse un procedimiento algo modificado de suerte que esta madera pueda retirarse antes del corte y quema general. También es posible que se tenga que modificar el apilamiento para tener en cuenta la topografía, la nivelación o las curvas de nivel de la tierra para el riego y contando con las futuras necesidades de carbón o de leña. La tierra puede desbrozarse, en ocasiones, con vistas al aprovechamiento de la madera y leña existente.

Es importante que el evaluador de tierras comprenda las repercusiones de los métodos y los peligros de las actividades de limpieza puesto que, de ordinario, está en una situación privilegiada para asesorar sobre estas materias y teniendo presente que diferentes zonas exigen un tratamiento diferente. Además, tal vez tenga que estimar los costos de la limpieza de la tierra para fines de evaluación. En el Cuadro 51 (A y B) aparecen dos estimaciones de necesidades de mano de obra basadas en las condiciones existentes en Indonesia de acuerdo con un estudio realizado por la Universidad Gajah Mada y por M. Ross de la Comisión de Desarrollo de Zonas de Transmigración (Transmigration Area Development).

C.19.2 Areas de malezas persistentes

Los tres métodos principales de destruir las malezas persistentes utilizados en la recuperación de tierras son los que se indican a continuación y pueden emplearse por separado o en combinación:

i. cultivo mecánico

ii. inundación

iii. control químico.

Muchos millones de hectáreas en Asia con posibilidad de riego están cubiertas con plantaciones de alang-alang o ladang (Imperata cylindrica) y habrán de destruirse lo más completamente posible antes de la colonización. Las características de las tierras en determinadas ubicaciones pueden indicar cuál de los tres métodos de control anteriores, o sus combinaciones, son preferibles. Esta mala hierba particular, y otras malezas persistentes, suelen tener rizomas subterráneos muy profundos (30-40 cm). De ordinario, dichas zonas se cultivan con pesados rastrillos de disco, pero, transcurrido un mes o dos después del rastrillado, los rizomas cortados producen nuevos vástagos o ahijamientos. Por consiguiente, el problema tiende a multiplicarse y en zonas de asentamiento, si los colonos no llegan inmediatamente después de la puesta en barbecho, la infestación se agrava. Cuando sea posible, la inundación de la tierra en condiciones de disponibilidad para el cultivo puede ayudar al agricultor a mantener la maleza bajo control. El cultivo repetido es necesario para cortar los

rizomas de modo que mueran a la larga, pero esta operación es costosa. Cinco o seis cultivos bien distribuidos en el tiempo pueden ser eficaces. Sin embargo, aun cuando el corte se lleve a cabo de forma satisfactoria, siempre quedará alguna duda de que se haya conseguido una profundidad suficiente para un control completo. De aquí que tal vez sean necesarios métodos de control químico que utilicen un herbicida que destruya la planta completa o una desfoliación repetida. El clasificador de tierras tal vez tenga que aconsejar sobre las condiciones del terreno para administrar el herbicida mediante métodos mecánicos, cuando han de tratarse zonas grandes. En algunos lugares, la escasa disponibilidad de agua para las pulverizaciones puede constituir un problema; puede probarse una pulverización de muy bajo volumen a razón de 2 litros/ha.

C.19.3 Eliminación de rocas y de piedras

Al evaluador de tierras se le puede solicitar la estimación del costo de la eliminación de rocas y de piedras; dicha evaluación puede constituir un factor clasificador para determinar si la tierra es apta o no apta en una clasificación de "regable provisionalmente". Los métodos de eliminación varían desde la eliminación manual hasta la eliminación mecánica, trituración o voladura. La ubicación de las rocas o de las piedras puede ser un aspecto importante en la alineación de las tuberías o canales de riego al clasificar la "tierra regable". Ello puede influir en la forma y el tamaño del campo y dar lugar a un descenso de categoría de la clase de aptitud de la tierra.

Las piedras (con un diámetro de 20 a 40 cm) y los guijarros (con un diámetro de 7 a 20 cm) se suelen eliminar de la zona de labranza aunque algunos cultivos, por ej., las pasturas y los hortícolas, sufran pequeñas pérdidas de producción por tal circunstancia. Los costos de esa eliminación han de ser objeto de consideración al asignar las clases de aptitud de las tierras.

Un método de estimación del costo de la eliminación de piedras utilizado por la Oficina Estadounidense de Recuperación de Suelos (USBR) consiste en eliminar y apilar todas las piedras o guijarros existentes en la superficie y en los 20 cm superiores de la capa del suelo en un área de 21 x 21 pies (0,01 acres), y luego medir o estimar el volumen del montón de piedras. De este modo, cada piedra de este área con un diámetro de 10 pulgadas es equivalente a un yd^3/ac en la superficie de la zona en su conjunto. Un equivalente métrico de este método podría emplear una superficie de 10 m x 10 m (0,01 ha) para excavación. Cada piedra de 26,7 cm encontrada dentro de este área equivaldría a 1,0 m^3 de piedras por hectárea.

Se necesitan unas 2,3 horas-hombre por m^3 para la recogida manual de las piedras, y también habrá de tomarse en consideración lo que costaría su acarreo.

C.20 PROTECCION CONTRA LAS INUNDACIONES

Los riesgos de avenidas procedentes de ríos o quebradas suelen influir en los costos de uso, manejo y desarrollo de las partes afectadas de un proyecto de riego. Cualquier tierra ubicada en zonas expuestas a dichos daños debería evaluarse en función de los beneficios y costos derivados de las medidas de protección contra las inundaciones. Podría tratarse de medidas simples tales como la construcción de un drenaje superficial adicional a base de pequeños terraplenes de tierra o gabiones (cajas de alambre llenas de piedras) o unas estructuras más complejas. Con frecuencia,

los daños de las avenidas se eliminarán mediante construcciones aguas arriba, que integran las medidas para conseguir una mayor disponibilidad de agua para el riego. La reducción o eliminación de inundaciones suele constituir un beneficio que reportan los proyectos a gran escala.

Antes de la clasificación, el evaluador de tierras debería consultar con el ingeniero e hidrólogo del proyecto sobre el efecto de las obras propuestas en las futuras avenidas.

Las tierras expuestas a graves y frecuentes avenidas perjudiciales suelen quedar excluidas de los proyectos de riego. Los cultivos de arroz flotante y de aguas profundas son posibilidades a considerar cuando la magnitud y el calendario de las crecidas y descensos del agua pueden ser objeto de predicción (véase Epígrafe A.13).

Una evaluación fiable de los riesgos de inundaciones y los costos conexos de recuperación de las tierras es algo difícil de conseguir porque no existen dos situaciones exactamente idénticas.

La escorrentía de las laderas contiguas es un problema corriente en las tierras que están ubicadas en la base de colinas. El problema reviste una gravedad especial en las zonas erosivas propensas a lluvias torrenciales y perjudiciales durante varios meses del año. En esas condiciones, el suelo, las piedras y los detritos vegetativos procedentes de las laderas pueden decantarse sobre la tierra de cultivo objeto de evaluación. Las piedras y los guijarros en la superficie del suelo y la grave erosión perceptible en las laderas serán elementos indicativos de problemas de inundaciones existentes o potenciales. La tierra sometida a tales riesgos es menos apta para la puesta en riego que la tierra similar bajo otros aspectos. Si la situación es muy grave, las tierras sujetas a este tipo de escorrentía habrán de excluirse de la zona "regable provisionalmente".

C.21 DRENAJE

La necesidad de eliminar las sales y excesos de aguas de una cuenca hidrográfica regada (Figura 18) exige una red de drenes superficiales o subsuperficiales. El drenaje se analiza en dos publicaciones de la colección Riego y Drenaje de la FAO y, en particular, en los documentos Nos. 28 y 38, relativos a los Factores del diseño del drenaje (1980) y también en el Manual de Drenaje de la USBR y en la obra de Luthin y otros (1957).

Los costos del drenaje constituyen un criterio importante en la clasificación de la tierra, sobre todo en zonas áridas y semiáridas, en las que ha de controlarse la salinidad y la sodicidad. Inicialmente, la evaluación se suele llevar a cabo con anticipación a los estudios detallados de drenaje, y con frecuencia el clasificador no dispone de la información necesaria en que basarse para la evaluación al momento del estudio. Por consiguiente, reviste gran importancia el hecho de que la clasificación se modifique en etapas posteriores basándose en los estudios de drenaje. Son muchos los problemas causados por el clasificador de tierras al determinar los costos del drenaje cuando, en realidad, dicha determinación debería haberse realizado por un ingeniero calificado en drenaje.

Cuadro 51 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA PARA LIMPIEZA DE VEGETACION EN SUMATRA

A) ESTUDIO DE LA UNIVERSIDAD DE GAJAH MADA
(Rimbobujang en Sumatra)

Necesidades para limpieza de la tierra:	días/hombre/ha
Sotopoda de toda una vegetación con un diámetro inferior a 10 cm	10
Corte de árboles (cadena de sierra)	2
Corte de copas y ramas	6-8
Primera quema	1
Corte de ramas restantes	3
Apilamiento	60
Segunda quema	2
Corte y apilamiento	100
Tercera quema	2
Total:	186

B) DESARROLLO DEL AREA PARA TRANSMIGRACION (Ross) (Muara Marah)

Necesidades para la limpieza		días/hombre/ha
Sotopoda		18
Corte y tala:	Operadores de sierra de cadena	3
	Ayudantes	3
Quema		2
Primer reapilamiento		18
Nueva quema		3
Limpieza final de surcos:	Operadores de sierra de cadena	2
	Ayudantes	2
	Total:	51

Estas cifras corresponden a las siguientes condiciones de vegetación de Muara Marah:

Rango de diámetros de tallos en cm	Nº de tallos
0 - 15	Sin contar
5 - 29	76 - 107
30 - 39	16 - 45
40 - 49	14 - 34
50 - 59	16 - 19
Mayor de 60	22 - 27
Total por ha	149 - 217 1/

1/ Estos totales no se corresponden con el número mínimo y máximo de tallos que aparecen en este cuadro.
Fuente: Clarke, 1980

AFLUENCIAS FLUVIALES

FLUJOS DE AGUA
FLUJOS DE SALES

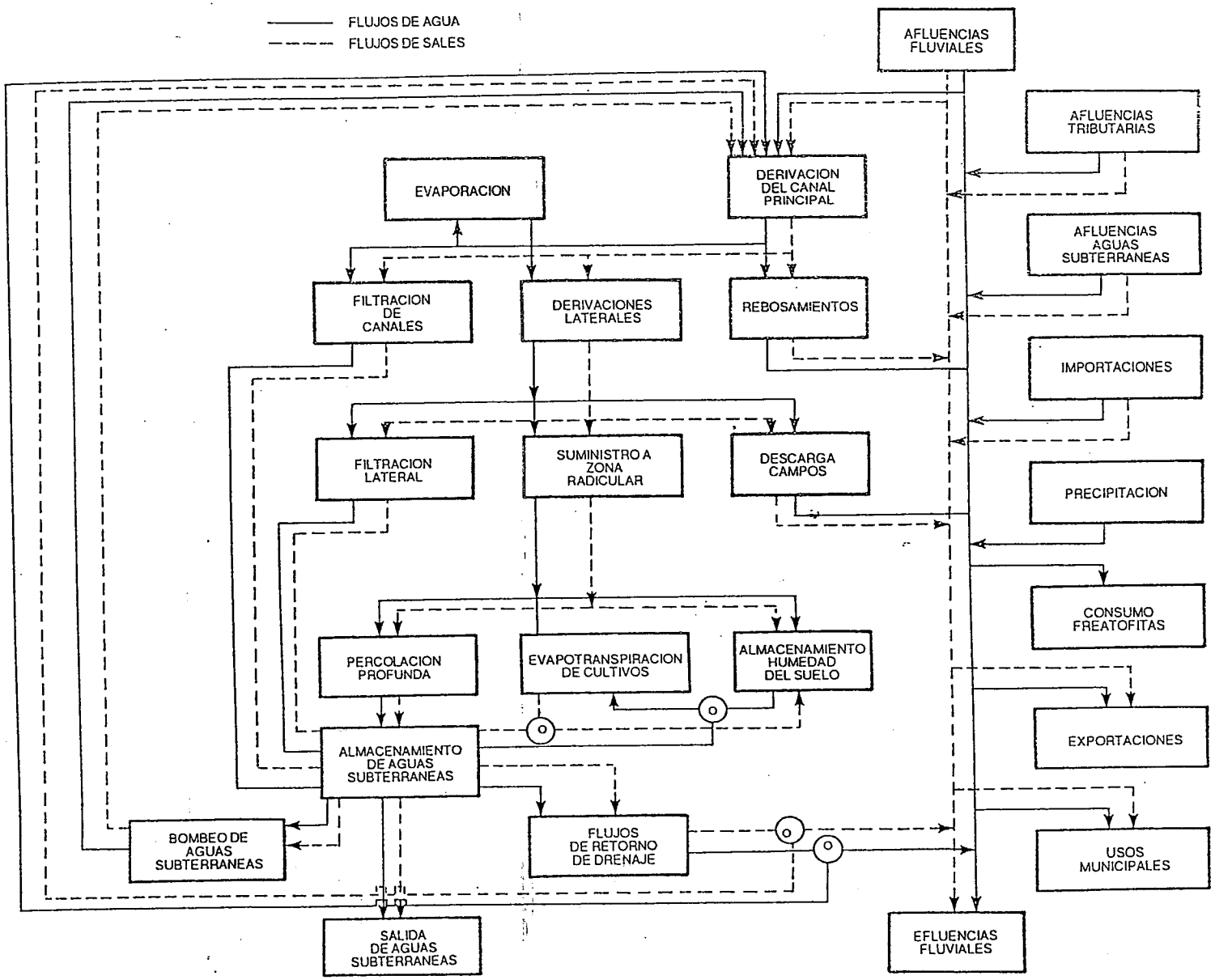


Figura 18: Diagrama del flujo de circulación del agua y de las sales en una cuenca hidrográfica regada.
Fuente: Westcot, 1979 (en FAO 1979a).

Los estudios de drenaje se encaminan a la determinación de las profundidades predominantes, las pendientes y fluctuaciones en el nivel de la superficie de agua subterráneas, a la presencia o ausencia de mantos freáticos confinados (es decir, agua sometida a presión por debajo de un estrato lentamente permeable) y al espesor y la permeabilidad del suelo y de las capas de substratos que tal vez retrasen la transmisión del agua.

Unos buenos estudios de drenaje exigen una red de pozos entubados de observación con una elevación conocida, o pozos internos existentes, junto con instalaciones piezométricas para detectar las capas freáticas; requieren también numerosas perforaciones profundas para determinar la variabilidad de los materiales de substratos, y pruebas sobre el terreno relativas a la permeabilidad. Se suelen utilizar tres métodos para obtener datos sobre la permeabilidad horizontal in situ. Estos métodos son la prueba del barreno (o bombeo de pozos poco profundos), la prueba del piezómetro y la prueba de bombeo interno de pozos superficiales. La prueba del "permeámetro" se emplea para determinar la permeabilidad vertical de una zona estrecha. En la mayoría de los estudios de drenaje, el conocimiento de la permeabilidad horizontal que se obtiene por una de estas pruebas se considera suficiente, suponiendo que la permeabilidad vertical baste para que el agua alcance la zona saturada a partir de la cual será objeto de drenaje en sentido horizontal. Cuando existe una causa para sospechar la presencia de capas lentamente permeables por encima de la zona saturada, la prueba del "permeámetro de anillo" (descrita por Winger, 1965) y en el Boletín de Suelos Nº 52 de la FAO, 1984) sirve de método para determinar la permeabilidad vertical de estas capas que, aunque es complejo y bastante lento, proporciona resultados uniformemente fiables con un costo moderado. Una necesidad importante para la realización adecuada de esta prueba es la instalación de pares de tensiómetros y de piezómetros para confirmar el cumplimiento de los requerimientos de la Ley de Darcy para el movimiento de líquidos a través de materiales saturados, sobre la que se basa el cálculo posterior de la permeabilidad.

Se han desarrollado varias fórmulas para estimar los espaciamientos de drenaje requeridos a partir de datos sobre su permeabilidad y profundidad hasta la barrera. El método utilizado por la USBR (Dumm, 1968) tiene en cuenta las necesidades de agua de los cultivos, la eficiencia del riego, las necesidades de lixiviación, la profundidad deseada del manto freático, las características de pluviosidad y el rendimiento específico. Debido a la importancia del drenaje para el éxito de un proyecto de riego, deberán evitarse métodos abreviados para la estimación de los requerimientos de drenaje, a menos que su validez en un área particular haya sido probada.

El drenaje dentro del campo tiene un pequeño beneficio si se deja de considerar la red de drenaje como un conjunto o las salidas de descarga son susceptibles de bloqueo. El evaluador de tierras, en unión con el ingeniero de drenaje, tendrá que cerciorarse de que todas las formas de drenaje existentes y las áreas, las cuales requerirán salidas para drenes superficiales forman parte integrante del plan de desarrollo.

La evaluación de las necesidades de drenaje puede facilitarse mediante la relación de permeabilidades que aparece en el Cuadro 52 para poder comparar y clasificar las permeabilidades de diferentes suelos y materiales de substrato.

Para una orientación complementaria sobre el diseño del drenaje, se remite al lector a la Publicación Nº 38, Riego y Drenaje de la FAO y a otras publicaciones. Véase también la Sección C.25.

C.22 NIVELACION DE TIERRAS

Las necesidades de nivelación y explanación de las tierras están basadas en un apreciación de la topografía y en la necesidad de enmiendas para adaptar la elección de la técnica de riego especificada en el tipo de utilización de la tierra (TUT). Existen cuatro aspectos topográficos que tienen influencia especial sobre los requisitos de nivelación y de explanación de la tierra para el riego superficial: 1) pendiente, 2) microrrelieve, 3) macrorrelieve y 4) cobertura. El clasificador de tierras ha de ser competente en la distinción y evaluación de dichas características topográficas, que son de importancia. Se necesita una experiencia considerable para conseguir una exactitud admisible en la estimación de los costos de nivelación a partir de las observaciones sobre el terreno. Los mapas topográficos no siempre proporcionan una información suficiente para obtener unas evaluaciones exactas. La orientación y la capacitación puede proporcionarlas un ingeniero agrónomo experimentado que se dedique a realizar estudios detallados de disposición general. Las disposiciones agrícolas detalladas de zonas representativas que indiquen los costos de explanación de la tierra pueden proporcionar las mejores directivas. Si se realiza de forma adecuada, la evaluación de la topografía basada en la experiencia y en estudios de disposiciones de campo es suficiente para la mayoría de los estudios de planificación.

El grado de pendiente aceptable para el desarrollo de riego y, por consiguiente, el coste de explanación de la tierra depende de: (i) el método de riego previsto, (ii) la intensidad y cantidad de precipitación, (iii) la susceptibilidad del suelo a la erosión, y (iv) el sistema de cultivo planificado. Las pendientes del 50 por ciento o superiores, suelen ser objeto de riego superficial en sistemas tradicionales de cultivos en terrazas en Asia; sin embargo, dicha tierra no se consideraría hoy día, por lo general, apta para su puesta en riego. En los Estados Unidos, el riego por el sistema de gravedad en pendientes superiores al 12 por ciento se practica en muy raras ocasiones. Con los sistemas de riego por aspersión o por goteo, son importantes las limitaciones relativas a la pendiente debido a un riesgo de erosión o al empleo de maquinaria agrícola. Las pendientes del 20 por ciento se consideran actualmente como la pendiente máxima admisible en los Estados Unidos para cultivos de riego por aspersión. En las áreas propensas a fuertes tormentas, la pendiente máxima utilizable puede ser menor. La tierra dedicada a un cultivo de cobertura densa o de gramíneas puede permitir el riego con pendientes más inclinadas que para cultivos extensivos o de surco.

Si bien la pendiente excesiva es el problema más frecuente, la falta de pendiente puede constituir también una limitación. Un terreno excesivamente plano puede dar lugar a unos costos de nivelación más altos para aumentar la pendiente y conseguir la superficie uniforme suave necesaria para la distribución uniforme del agua de riego. Gradientes muy suaves pueden dificultar el riego de suelos de permeabilidad lenta porque el agua estancada propicia el encostramiento y el anegamiento. Los suelos muy permeables y con relieve muy plano pueden evitar el riego uniforme sin un exceso de percolación profunda y uso de agua. En cambio, la tierra muy plana proporciona una oportunidad para utilizar métodos de riego superficial realmente eficientes, tales como el riego por pozas y por tablares o melgas, en aquellos casos en que los suelos sean aptos.

Cuadro 52 COMPARACION Y CLASIFICACION DE LA PERMEABILIDAD PARA DIFERENTES SUELOS Y MATERIALES DEL SUBSTRATO

Clase de textura y/o materiales de substrato 1/ (1)	Metros por día Máximo (2)	Mínimo (3)	Normal (4)	Reconocimiento suelo Indice Nº (5)	Clasificación de tasas normales 2/ (Indices y clases descriptivas) Clave-clase (6)	Drenabilidad Indice Nº (7)	Reconocimiento Clase-clave (8)
Arcillas pesadas	0,5	<0,001	0,01	1	Muy lenta	1	Muy deficiente
Arcillas medias	0,6	0,002	0,02	1	Muy lenta	1	Muy deficiente
Arcillo-limoso	0,6	0,002	0,04	2	Lenta	2	Deficiente
Arcillo-arenoso	0,6	0,007	0,05	2	Lenta	2	Deficiente
Franco arcilloso-limoso	0,7	0,005	0,12	2	Lenta	3	Regular
Franco arcilloso	1,2	0,02	0,15	2	Lenta	3	Regular
Limosos	0,6	0,005	0,1	2	Lenta	3	Regular
Franco limoso	3	0,01	0,3	3	Mod. lenta	3	Regular
Franco arcilloso arenoso	3	0,02	0,5	3	Mod. lenta	3	Regular
Franco	3,5	0,05	0,6	3	Mod. lenta	4	Buena
Franco arenoso fino	3,5	0,1	1	4	Mod. rápida	4	Buena
Franco arenoso	4	0,1	1	4	Mod. rápida	4	Buena
Franco areno gravoso	5	0,3	2	5	Rápida	5	Muy buena
Arena fina franca	4	0,3	2	5	Rápida	5	Muy buena
Arena franca	5	0,4	2,5	5	Rápida	5	Muy buena
Arenosa gravosa franca	6	2	3	5	Rápida	5	Muy buena
Arenosa fina y arenosa muy fina	12	0,1	2	5	Rápida	5	Muy buena
Arena media	60	2	4	6	Muy rápida	5	Muy buena
Arena gravosa	120	6	12	7	Excesiva	5	Muy buena
Arcillas gravosas a franco arcillo gravosas	1	<0,001	1	2	Lenta	3	Regular
Limos gravosos a francos	4	0,005	1	4	Mod. rápida	4	Buena
Francos arenoso gravoso fino a arenosos finos	60	2	6	6	Muy rápida	5	Muy buena

1/ Las clases de texturas están clasificadas basándose en las estructuras normales y no incluyen los suelos con gran dispersión contienen una cantidad excesiva de iones de sodio intercambiables. Los datos proceden de todas las fuentes conocidas.

2/ Estos índices comparan solamente tasas de transmisión de agua. La drenabilidad de una zona está influida también por la profundidad hasta las capas impermeables, estratificación, espesor y ubicación de los acuíferos, pendientes y tasa de infiltración del agua y capacidad de almacenamiento de los suelos.

Nota: Cuadro preparado por Ralph M. Parsons Co.

Cuadro 52 (continuación)

Clase de textura y/o materiales de substrato 1/ (1)	Metros por día Máximo (2)	Mínimo (3)	Normal (4)	Reconocimiento suelo Indice Nº (5)	Clasificación de tasas normales 2/ (Indices y clases descriptivas) Clave-clase (6)	Drenabilidad Indice Nº (7)	Reconocimiento Clase-clave (8)
Arcillas muy gravosas a franco areno muy gravosas	12	1	3	5	Rápida	5	Muy buena
Limos muy gravosos a francos	60	3	6	6	Muy rápida	5	Muy buena
Francos arenosos finos muy pedregosos a arenosos finos	120	6	12	7	Excesiva	5	Muy buena
Arenas y gravillas mezcladas	60	1,5	12	7	Excesiva	5	Muy buena
Gravillas limpias	240	24	48	7	Excesiva	5	Muy buena
Grava, guijarros y arenas (mezcladas)	120	2	36	7	Excesiva	5	Muy buena
Gravas limpias	1 200	36	77	7	Excesiva	5	Muy buena
Guijarros y grava	1 800	72	120	7	Excesiva	5	Muy buena
Guijarros	2 400	120	240	7	Excesiva	5	Muy buena
"S" gravoso, suelto, "yeso", etc. 3/	24	1	12	7	Excesiva	5	Muy buena
"S" margoso o calizo, blando a semiduro	4	0,05	0,5	4	Moderada	3	Regular
"S" margoso o calizo, semiduro a duro	0,05	<0,005	0,03	2	Lenta	2	Deficiente
"S" arcilloso a calizo, compacto a muy duro	0,05	<0,005	0,001	1	Muy lenta	1	Muy defic.
Gravas algo cementadas	77	0,1	12	7	Excesiva	5	Muy buena
Cualquier roca fracturada o fisurada	77	0,005	6	6	Muy rápida	5	Muy buena
Rocas porosas incluyendo caliche semiduro y duro	77	0,005	6	6	Muy rápido	5	Muy buena
Suelo rocoso uniforme con pocas o ninguna fracturas o fisuras	0,005	<0,0001	>0,0005	1	Muy lento	1	Muy deficiente
Suelo de yeso				1	Excesiva	5	Muy deficiente

1/ Las clases de texturas están clasificadas basándose en las estructuras normales y no incluyen los suelos con gran dispersión contienen una cantidad excesiva de iones de sodio intercambiables. Los datos proceden de todas las fuentes conocidas.

2/ Estos índices comparan solamente tasas de transmisión de agua. La drenabilidad de una zona está influida también por la profundidad hasta las capas impermeables, estratificación, espesor y ubicación de los acuíferos, pendientes y tasa de infiltración del agua y capacidad de almacenamiento de los suelos.

3/ Incluye una amplia gama de materiales de substrato y subsuelo normalmente no consolidados (arena, limos, arcillas y gravas) con diversos grados de meteorización, iluviación y cementación.

Al proceder a la estimación del costo de la nivelación, habrán de determinarse los límites de los campos y el tipo de riego superficial (pozas pequeñas, pozas grandes, longitudes de los surcos y de los tablares o melgas, etc.). Existe una interrelación entre el tamaño del campo de riego y la magnitud de nivelación del terreno exigida. Cuando la nivelación acarree perjuicios al exponer las capas duras y los horizontes subsuperficiales, deberían considerarse otras posibles opciones de desarrollo.

Una estimación de las necesidades de nivelación de la tierra es parte fundamental de un estudio de clasificación de tierras si ha de emplearse el riego superficial. De ser posible, el clasificador de tierras debería adquirir conocimientos, conversando con los economistas, sobre el costo máximo admisible para el desarrollo de la tierra antes de que se inicie el estudio de campo. No existen métodos específicos ni enfoque que sean de obligatorio empleo. La intuición para la estimación del movimiento de tierra necesario se consigue sobre todo a través de la experiencia. Los mapas topográficos y las maquetas agrícolas detalladas de zonas representativas son de gran valor para establecer unas estimaciones correlativas en zonas similares. Un método consiste en el corte y relleno que se requiere por término medio dentro de un campo y su conversión al volumen estimado de material que ha de ser objeto de movimiento. La estimación del corte y relleno puede hacerse mediante la evaluación de la diferencia existente entre los puntos altos y bajos del microrrelieve y el promedio de ellos para el campo. Este método implica un corte medio en más de la mitad del área con relleno en la parte restante. Pueden elaborarse cuadros para poner de relieve el volumen representado por las varias diferencias. Si se dispone de mapas topográficos con las elevaciones registradas para cada lectura, podrán servir de buena guía para los puntos altos y bajos. Habrán de apreciarse en su totalidad la profundidad de la capa superficial, las calidades del subsuelo, la existencia de un substrato yesífero o de otros substratos.

El grado de uniformidad de la superficie del terreno para un riego eficaz puede variar con el gradiente, el método aceptado de riego por gravedad, la calidad del agua, la profundidad prevista hasta el manto freático y los sistemas de cultivo. Suele ser necesaria una nivelación menos precisa a medida que aumenta el gradiente, y con métodos de riego menos eficientes como los utilizados por los pequeños agricultores a base de pozas pequeñas y surcos cortos. Hay una correspondencia compensatoria entre el costo de la nivelación de la tierra y los beneficios de un empleo eficiente del agua. Cuando la eficiencia del empleo del agua se hace inevitablemente baja, ya no habrá inconveniente en conseguir una explanación fina de la tierra en la dirección de la pendiente, con la excepción de los sistemas de arrozales con pozas en donde la profundidad del agua estancada es un factor crítico.

El volumen de tierra que hay que desplazar para la construcción de los ramales laterales, drenes y estructuras agrícolas debería incluirse, a veces, en las estimaciones del costo total de nivelación de la tierra. Aunque estos costos estén basados sobre todo en el volumen total de tierra a mover, otros factores pueden influir en el costo total. Los costos unitarios para la nivelación varían con la profundidad de los cortes, la distancia de acarreo, el grado de dureza que debe tener la superficie, la textura del suelo (que influyen en la plasticidad y el rango de condiciones de humedad en que se puede trabajar) y el tamaño del campo (por la mayor dificultad que supone maniobrar con maquinaria grande).

En los sistemas agrícolas mecanizados, los costos de nivelación guardan correlación con la elección de la forma y tamaño del campo para reducir al mínimo los costos de operación de la maquinaria agrícola una vez desarrollada la tierra. La forma y el tamaño del campo, en este marco, se determinan sobre todo a partir del macrorrelieve de la tierra. Otros factores son el límite de los recorridos de riego en suelos con tasas de infiltración excesivas y la importancia de la longitud de la pendiente en el control de la erosión. En casos de topografía compleja, con cambios frecuentes de la pendiente en las direcciones lateral y transversal, tal vez no sea viable el riego superficial para agricultura mecanizada. A medida que se hace más pequeño el campo y más corto el recorrido de riego, aumentan las necesidades de mano de obra, se necesita un sistema de riego más complejo de la explotación, aumentan los costos de operación de la maquinaria, se incrementa la proporción de tierra no productiva y disminuyen las eficiencias del riego. El tamaño de campo económico mínimo y la longitud de recorrido de riego que se establece en las especificaciones se basan principalmente en estos factores. En estas circunstancias, la estimación del tamaño del campo ha de preceder a la estimación de los costos de nivelación de la tierra. Los límites de los campos suelen establecerse basándose en las características topográficas más prominentes y el relieve menos prominente dentro de ellas puede nivelarse para permitir el flujo de agua por gravedad. Otras características, tales como las líneas divisorias de propiedades, las masas de tierra no arable, los límites de tierra en un uso que impide el riego y que podrían interrumpir el flujo de riego, pueden definir también los límites de los campos. Las características que determinan el tamaño del campo han de definirse por observación. Esto último exige una considerable experiencia y capacidad de discernimiento. En los estudios de clasificación de tierras más generales, no es viable definir cada campo. En tales situaciones, una estimación del tamaño del campo se consigue comparando el relieve con zonas similares en donde se hayan completado planes detallados de explotación o con zonas regadas de topografía similar. Los tamaños de campo adecuados pueden estar asociados con diferentes unidades de tierras.

En el Cuadro 53, a título de ejemplo, se muestra una evaluación de la forma y tamaño del campo en relación con la aptitud para el cultivo mecanizado en los Estados Unidos. En el Cuadro 54 se presenta el volumen de tierra que ha de moverse en diversas profundidades de corte y relleno y que, junto con los costos unitarios locales, son datos que se pueden utilizar para el cálculo de los costos de nivelación.

Cuadro 53 EVALUACION DEL TAMAÑO DE CAMPOS REGADOS PARA FINCAS MECANIZADAS

	Límites críticos			
	a1	a2	a3	n
Tamaño del campo, mínimo (ha)	8,0	3,6	2	1
Longitud de recorrido mínimo (m) 1/	390	120	100	50
Dimensiones (m)	390 x 200	120 x 300	100 x 200	50 x 200

1/ Han de considerarse las tasas de infiltración de agua al evaluar la longitud adecuada correspondiente a un suelo determinado.

Cuadro 54 ESTIMACIONES DE NIVELACION EN TERMINOS DE CORTE Y RELLENO

Tipo de nivelación	Ligera	Media	Pesada
Profundidad media de corte y relleno (cm)	7,5	15	30
Movimiento de tierra (m^3/ha)	375	750	1 500
(yd^3/ac)	400	400	800

Nota: 100 yd^3/ac equivalen a 189 m^3/ha.

Por último, ha de evaluarse el efecto del movimiento de tierra sobre la productividad física de la tierra. Esta influencia puede depender de la profundidad de la capa superficial, de las calidades del subsuelo, de la existencia de capas yesíferas, así como de otras características.

C.23 AYUDAS Y ENMIENDAS FISICAS, QUIMICAS Y ORGANICAS

La bonificación de la tierra puede incluir la necesidad de tratamientos para el mejoramiento físico, químico y orgánico. Aparte de la lixiviación, que se describe en la Sección siguiente, los mejoramientos especiales de tierra, que tal vez sean necesarios, pueden dividirse en dos epígrafes.

C.23.1 Ayudas físicas para recuperación

Dichas ayudas comprenden:

i. el **laboreo profundo con arado**, sobre todo en suelos estratificados con capas permeables e impermeables o en suelos con capas de yeso dentro del radio de acción del arado;

ii. el **laboreo del subsuelo**, sobre todo para romper un horizonte B endurecido o una capa de caliza;

iii. la **inversión del perfil**, cuando el subsuelo superior tenga propiedades no deseables (los subsuelos superior e inferior son objeto de trastocamiento y, luego, se substituye la capa superficial);

iv. el **arenamiento** que trae consigo el esparcimiento y mezcla de arena en los horizontes superiores de suelo de textura fina (lo que no es eficaz en suelos de arcillas pesadas).

C.23.2 Enmiendas químicas y orgánicas

Las enmiendas químicas suelen ser necesarias, con mucha frecuencia, en la recuperación de suelos salino-sódicos y sódicos para neutralizar el sodio libre y para suministrar un catión que sustituirá al sodio en el complejo de intercambio. El yeso es, hasta ahora, el material de enmiendas empleado más a menudo. El yeso fosforoso, que es un subproducto del superfosfato y del que se dispone a un precio relativamente bajo en países con fábricas de superfosfatos, puede ser efectivo, incluso en bajas dosis de administración, debido al pequeño tamaño de las partículas del material. Shainberg (en una comunicación personal) y otros han descubierto que produce

efectos muy notables en las propiedades electrolíticas de suelos hidrófugos y da lugar a rápidas mejoras en la condición física de la fracción limo/arcilla. Otras enmiendas que pueden utilizarse son las proporcionadas por el cloruro de calcio, el carbonato cálcico y la cal residual procedente de las fábricas de azúcar (mezcla de compuestos cálcicos alcalinos). Los materiales acidificantes como el ácido sulfúrico, el azufre y el sulfato de hierro sirven para recuperar suelos sódicos neutralizando la soda y reaccionando con la cal en suelos calcáreos para obtener yeso que aporte el calcio soluble deseado. Otra forma eficaz de solubilizar el CO_3Ca en el propio suelo es aumentar el nivel de materia orgánica cultivando abono verde o añadiendo abonos orgánicos. Con esta medida correctiva se hace disminuir el valor del pH aumentando la concentración de bióxido de carbono en el suelo. El plantar un cultivo de recuperación puede ser, con frecuencia, la forma más eficaz para mejorar los suelos salino-sódicos después de la lixiviación. El recubrimiento de dichos suelos con materiales orgánicos puede tener también efectos espectaculares (Eavis y Cumberbatch, 1977).

El evaluador de tierras, cuando evalúa la necesidad de medidas correctivas, si éstas con de carácter químico y están relacionadas con la cantidad de sodio que ha de eliminarse, puede calcular inicialmente el requerimiento teórico de yeso mediante la expresión siguiente:

$$\text{Requerimiento de yeso (en me/100 g de suelo)} = \frac{\text{CIC (PSI inicial} - \text{PSI final)}}{100}$$

El "PSI inicial" es el valor medido antes de la recuperación y el "PSI final" es el valor deseado que se suele tomar como 10, que es un nivel de sodio intercambiable en el que no se produce ninguna peptización perceptible. Por ejemplo, si se tienen los valores de PSI inicial = 30, PSI final = 10 y CIC = 24, se tendrá:

$$\text{Requerimiento de yeso (me/100 g suelo)} = 24 \times \frac{30 - 10}{100} = 4{,}8$$

Puesto que 1 me de yeso/100 g de suelo es equivalente a 860 ppm de yeso y se puede considerar que una hectárea de suelo, a una profundidad de 20 cm, pesa 3,1 millones de kg, la cantidad teórica de yeso que se requiere para tratar esta profundidad del suelo será:

$$\text{Requerimiento de yeso/ha/20 cm} = 860 \times 10^6 \times 3{,}10^6 \times 4{,}8 = 12\ 400 \text{ kg}$$

En la práctica, es probable que el yeso sea impuro y habrá de utilizarse un factor de corrección para la pureza porcentual. Además, la eficiencia de la sustitución del sodio por el calcio no es del 100 por ciento, lo que se debe en parte a la existencia de sodio libre en el suelo. Por consiguiente, se recomienda que la cantidad de yeso a aplicar se incremente de acuerdo con los equivalentes de carbonato y bicarbonato sódicos libres (FAO/Unesco, 1973). Los estudios de la USBR en Idaho (no publicados) han puesto de manifiesto que, por lo general, el yeso sólo tiene una eficiencia de 60 a 75 por ciento en la sustitución del sodio intercambiable, y hallazgo que puede emplearse para ajustar el requisito calculado. En el Cuadro 55 aparece la cantidad de otros elementos correctivos que serían tan eficaces como una tonelada de yeso puro, si fueran más económicos a nivel local. Cuando el agua disponible no tenga un alto valor SAR (relación de absorción sódica) debe pensarse en la posibilidad de conseguir esa mejora sin el empleo de enmiendas aumentando el contenido electrolítico mediante el empleo de agua con moderados niveles de

salinidad. La importancia del valor SAR dependerá de los minerales arcillosos existentes en el suelo, con un valor SAR que suele ser menor de 10 para minerales del tipo 2:1 y algo más alto para minerales del tipo 1:1. El agua salina (5-8 dS/m) con adiciones de yeso o cloruro cálcico para disminuir el valor SAR por debajo del valor límite correspondiente suele ser adecuado para la lixiviación inicial de suelos salino-sódicos o sódicos.

Los suelos yesíferos tienen requerimientos especiales de recuperación, según expone Mousli (1979). El suelo puede: (i) contener material yesífero en toda su integridad, (ii) ser un suelo yeso-calcáreo, (iii) ser un suelo que contenga una capa de yeso sólido a una profundidad aproximada de 150 cm, (iv) ser un suelo arenoso-yesífero o (v) ser un suelo pedregoso-yesífero. La alta solubilidad del yeso produce una alta presión osmótica que disminuye la extracción de agua por las plantas, aunque a valores CE_e más altos que para los suelos salinos. La solución del suelo está saturada con calcio que da lugar a la fijación de los oligoelementos (Fe, Mn, Cu y Zn) en formas menos disponibles. Una capa dura o impermeable impide la penetración del agua y de las raíces. La solución de yeso y su lavado del suelo durante el riego produce un aumento en la plasticidad y una disminución en la cohesión y estructura de algunos suelos. También puede producir el colapso de canales mal revestidos. Los suelos yesíferos suelen estar expuestos a la erosión debido a la falta de cohesión y estructura. Para mejorar el perfil de los suelos yesíferos, reviste importancia la incorporación de materiales orgánicos, el laboreo profundo con arado y el manejo cuidadoso del agua de riego.

Cuadro 55 CANTIDADES DE ENMIENDAS QUIMICAS EQUIVALENTES A UNA TONELADA DE YESO

Enmienda	Toneladas
Yeso ($CaSO_4$, $2H_2O$)	1,00
Cloruro de calcio ($CaCl_2.2H_2O$)	0,85
Piedra caliza ($CaCO_3$)	0,58
Azufre	0,19
Acido sulfúrico	0,57
Sulfato de hierro ($FeSO_4.7H_2O$)	1,62
Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$)	1,29
Polisulfuro de calcio ($CaSO_4$) 24% azufre	0,77

Fuente: FAO/Unesco, 1973

Al evaluar los costos y los beneficios de las ayudas y enmiendas físicas, químicas y orgánicas, el evaluador de tierras debe seguir las directivas dadas en el Capítulo 7.

C.24 LAVADO DE RECUPERACION

Algunos suelos tienen tales concentraciones altas de sales antes del riego que se necesita una lixiviación inicial para que pueda iniciarse la producción agrícola. La cantidad de agua que debe administrarse para recuperar una zona radicular salina mediante lixiviación depende sobre todo de los niveles iniciales de salinidad del suelo y de la técnica de aplicación de agua. Por lo general, un 70 por ciento de las sales solubles, inicialmente existentes en un perfil de suelo salino, se eliminarán por medio de lixiviación con una lámina de agua equivalente a la profundidad del suelo objeto de recuperación si se vierte continuamente agua en la superficie del suelo y hay un drenaje apropiado (Hoffman, 1980).

La relación existente entre la fracción de sal restante en el perfil, C/Co (siendo Co la concentración inicial de sal y C la concentración de sales durante la recuperación) y la cantidad de agua objeto de lixiviación a través del perfil del suelo mediante un humedecimiento continuo debido al represamiento de una lámina de agua, por la profundidad unitaria de suelo, d_w/d_s, (Estudio en preparación realizado por el personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos) puede obtenerse de forma aproximada mediante la siguiente ecuación:

$$(C/C_o).(d_w/d_s) = 0,3 \text{ cuando } d_w/d_s \text{ es mayor que } 0,3$$

Los datos para esta relación, ilustrada en la Figura 19, incluyen los tipos de suelos que varían desde suelos turbosos a franco arenosos y a arcillosos. La ecuación anterior puede perfeccionarse teniendo en cuenta la concentración en sales del agua aplicada (C_i). Esto último se realiza sustituyendo C/C_o por $(C - C_i)/C_o - C_i)$. Dicho perfeccionamiento mejora la evaluación de d_w cuando aumenta C_i o cuando se pretende una recuperación completa (es decir, cuando C se aproxima a C_i).

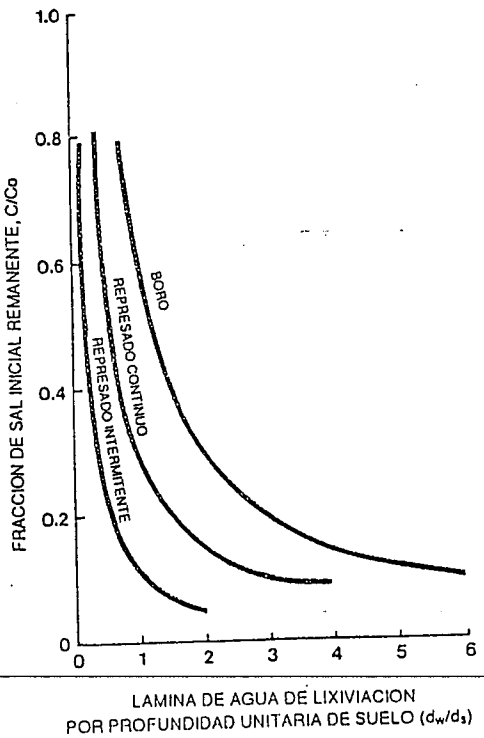


Figura 19:

Lámina de agua por profundidad unitaria del suelo necesaria para la lixiviación de un suelo salino mediante humedecimiento por represamiento continuo o intermitente, o para la lixiviación de un suelo con un contenido alto intrínsecamente en boro (trabajo en preparación del Salinity Laboratory Staff de Estados Unidos).

La cantidad de agua necesaria para la lixiviación de sales solubles puede disminuirse mediante aplicaciones intermitentes de agua represada o mediante aspersión. Las diferencias en la eficiencia de lixiviación entre los métodos de lixiviación tienen su causa principal en las diferencias en el efecto de difusión de sales a canales de flujos primarios o en el mayor porcentaje de agua que fluye a través de los poros finos de la masa del suelo en el caso de no estar saturado. La relación existente entre C/C_o y d_w/d_s para un represado intermitente con una lámina de agua sobre la superficie del suelo (trabajo en preparación del personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos), ilustrada en el Gráfico 19, puede aproximarse mediante:

$$C/C_o \cdot (d_w/d_s) = 0{,}1 \text{ cuando } d_w/d_s \text{ es mayor que } 0{,}1$$

La relación correspondiente al represado intermitente se obtuvo a partir de cuatro ensayos sobre el terreno en los que la lámina de agua aplicada en cada ciclo variaba desde 50 a 150 mm con los intervalos de represado correspondientes variando desde una periodicidad semanal a mensual. Para eliminar un 70 por ciento de las sales solubles inicialmente existentes mediante represado intermitente, se necesita una lámina de agua igual a aproximadamente una tercera parte de la profundidad de suelo objeto de recuperación. Se trata solamente de una tercera parte de la cantidad requerida cuando se utilizó el represado continuo. Sin embargo, estos son los resultados de ensayos en condiciones experimentales controladas, en la práctica de campo, la uniformidad requerida en la aplicación podría no conseguirse para hacer de la lixiviación intermitente una propuesta práctica favorable.

La eficiencia de la lixiviación mediante aspersión es similar a la de humedecimiento represado intermitente. En algunos casos, la eficiencia puede mejorarse todavía más, sobre todo cuando se mantienen tasas bajas de aplicación de agua, o cuando sea intermitente la aspersión. El método de la aspersión tiene, además, la ventaja sobre el represado de que no se exige una explanación precisa de la tierra. Un inconveniente de la aspersión y del represado intermitente es que se necesita un período más largo y, en el caso de suelos con baja tasa de infiltración, las pérdidas por evaporación pueden aproximarse o llegar a ser superiores a la infiltración. Se ha de tener mucho cuidado en asegurar la uniformidad de la aplicación del agua. Si un cultivo tolerante a las sales es el primero que se va a plantar en el terreno, es posible que se complete la lixiviación de recuperación primaria durante la vida de dicho cultivo.

Una cantidad excesiva de boro suele ser más difícil de lixiviar que las sales solubles porque puede ser objeto de absorción por las partículas del suelo. El origen del boro puede determinar la cantidad de agua necesaria para la recuperación. Los suelos que tienen intrínsecamente un alto contenido de boro parece ser que retienen el boro con más tenacidad que los suelos en los que se ha añadido boro en el agua de riego. Los primeros exigen más lixiviación para la recuperación inicial y suelen requerir una lixiviación periódica adicional para eliminar el boro liberado posteriormente del suelo. Lo mismo que en el caso de las sales solubles, las relaciones entre C/C_o y d_w/d_s en la lixiviación de suelos intrínsecamente altos en contenido de boro (trabajo en preparación del personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos), ilustradas en la Figura 19, pueden estimarse mediante:

$$(C/C_o) \cdot (d_w/d_s) = 0{,}6 \text{ cuando } d_w/d_s \text{ es superior a } 0{,}6$$

Por consiguiente, para suelos con un contenido en boro intrínsecamente alto, la cantidad de agua necesaria para eliminar una determinada fracción de boro es aproximadamente el doble que la requerida para eliminar sales solubles mediante humedecimiento por represado continuo. La eficiencia de la lixiviación del boro no parece estar notablemente influida por el método de aplicación del agua.

Tal vez para el evaluador de tierras sea necesario valorar el uso de agua para recuperar zonas diferentes. La característica adecuada en las primeras estimaciones es el volumen o lámina de agua que se necesita. Puede establecerse una concentración en sales limitadora (CEe) para la condición del suelo inicial para separar la tierra que vale la pena que sea objeto de lixiviación y recuperación de aquella otra que no es merecedora de dicho tratamiento.

C.25 DURACION DEL PERIODO DE RECUPERACION

Las tierras que deben recuperarse mediante nivelación y lixiviación tal vez no sean inmediatamente aptas para su aprovechamiento y el cultivo final deseado. En algunos casos, habrán de transcurrir varios años antes de que los rendimientos sean óptimos. La longitud del período de recuperación puede afectar, en gran medida, a la viabilidad de un proyecto y, por lo general, cuanto más corto sea el período de recuperación tanto mejor. La uniformidad del crecimiento del cultivo en los primeros años puede ser deficiente y tal vez sea deseable plantar cultivos de valor inferior que sirvan para aumentar el contenido en nutrientes y materia orgánica del suelo. Pueden plantearse problemas de subsidiencia debido a la disolución de yeso y a la compactación insuficiente de la tierra que se ha rellenado en operaciones de "corte y relleno".

Un gran factor de importancia económica es la etapa en la que se instala el drenaje en los campos. En términos de valor presente neto, resulta mucho más costoso instalar el drenaje al principio de la vida del proyecto que más adelante. Por consiguiente, ha habido la tentación de retrasar la instalación de los drenajes de los campos o, en muchos casos, de ignorar el drenaje en su totalidad. Esto ha tenido consecuencias desastrosas en los proyectos de regadío en zonas áridas y semiáridas. No obstante, puede resultar perjudicial desde el punto de vista económico la instalación del drenaje en las primeras fases de un proyecto, si la capa freática es muy profunda. Durante los años siguientes al inicio del riego, la capa freática suele elevarse hasta el punto de que es esencial el drenaje. Para diferentes zonas de tierra, el clasificador puede tener que decidir en qué año después del primer año de proyecto ha de instalarse el drenaje. Esta circunstancia se evalúa basándose en la profundidad de la capa freática y en la tasa prevista de elevación. En suelos deficientemente permeables donde es probable que haya una capa freática colgada o aislada, tal vez el drenaje tenga que instalarse desde el comienzo del riego. A veces, se hace necesario el drenaje mientras las sales están siendo objeto de lixiviación durante la recuperación pero, en condiciones normales, no vale la pena procurar un drenaje suplementario en un diseño de drenaje sino administrar el agua a través de un período de tiempo más largo.

En los arrozales relativamente permeables, las pérdidas por filtración y percolación suelen ser excesivas en los primeros años después de la recuperación inicial. De ordinario, se necesita un período de unos siete años para que se reduzcan las tasas de percolación como consecuencia de la acumulación de material de grano fino en el suelo de los arrozales, que actúa como un sello.

La determinación del período de tiempo durante el cual la tierra mejora hasta alcanzar su plena productividad, el tiempo que transcurre hasta la instalación de drenes de campo y sus efectos asociados en la producción y los costos pueden servir de límites críticos del período de recuperación.

C.26 REQUERIMIENTO DE OBRAS DE RIEGO

La evaluación de la aptitud de la tierra o las limitaciones con respecto a las obras de riego pueden referirse a: (i) el desarrollo de tierras nuevas para el riego y (ii) la rehabilitación de los proyectos de riego.

i. Tierras nuevas

Una evaluación previa de la aptitud de la tierra para el riego y obras de drenaje suelen tener que llevarse a cabo por el clasificador de tierras en las primeras etapas de un proyecto como parte integrante de un estudio general. Más adelante, los ingenieros tal vez tengan que hacer un reconocimiento con gran detalle de los posibles trazos de riego y las redes de drenaje y levantar mapas topográficos complementarios.

Las consideraciones más importantes en los reconocimientos previos son:

a. Las características topográficas de la tierra que influyen en el flujo de agua por gravedad o la elevación y distancia a la que habrá de bombearse el agua (Véase también la Sección B.14 Ubicación).

b. Las profundidades de barreras que pueden actuar como obstrucciones para la construcción de canales, drenes y otras estructuras o que pueden influir en las actividades de nivelación y explanación de la tierra (es decir, aspectos que no se evaluaron en otros epígrafes).

c. La existencia de materiales inestables bajo la superficie que pueden dar lugar a problemas de subsidiencia.

d. Las permeabilidades de suelos sobre los que se construirán canales y drenes y las pérdidas de agua asociadas para canales revestidos o sin revestir.

e. La condición del substrato en la medida en que afecta a la instalación de estructuras permanentes tales como presas de derivación, depósitos de almacenamiento, etc.

f. Las condiciones de los suelos para instalar los drenes principales y de campo (es decir, profundidad hasta la barrera, naturaleza de la barrera, etc.).

g. Condiciones de acceso a lugares donde se realiza la construcción del proyecto.

h. La ubicación de pozos excavados o pozos entubados con respecto no solamente al agua, sino también a la tierra que será objeto de riego, para obtener el máximo aprovechamiento en función de la topografía y conservación de la energía.

i. El tamaño y la forma de las posibles unidades de manejo o campos (véase también Epígrafe B.14).

j. La ubicacción de bordos o diques de acuerdo con la topografía y variaciones en la textura del suelo u otras características de las tierras, con lo que se mejora la eficiencia del uso del agua y la productividad.

k. La evaluación de los tamaños de los bancales o pozas, longitudes de los surcos, etc. (Cuadro 48) en relación con los costos del movimiento de la tierra y las pendientes y microrrelieve admisibles después de la nivelación (véase también la Sección B.15).

l. La armonización del suministro y demanda de agua con la programación de su empleo en cuanto a frecuencia, caudal y duración de la aplicación. El diseño de las redes de tuberías o canales para el campo y los costos de las obras dependerán de algunos o de la totalidad de estos factores.

Algunos de los factores anteriores pueden ser clasificadores con independientemente de las evaluaciones realizadas anteriormente en epígrafes precedentes.

ii. Rehabilitación de proyectos de riego

En los proyectos de riego, tal vez se necesiten unas evaluaciones muy diferentes según se trate, por ejemplo, si el proyecto se ubica en arrozales asiáticos en una zona árida o semiárida con problemas de salinidad y de anegamiento. En las zonas de pluviosidad intermedia se dan también otras categorías.

En la situación de arrozales asiáticos, la rehabilitación suele traer consigo el mejoramiento de las redes de suministro de agua primarias, secundarias y terciarias o la instalación o mejoramiento de estructuras perfeccionadas de control del agua (presas de derivación, dispositivos de medida, estructuras de almacenamiento, etc.). Del evaluador de tierras se puede solicitar la valoración de las aptitudes de la tierra en relación con el mejoramiento de estas obras de ingeniería.

Para la rehabilitación de tierras salinas, sódicas y anegadas en zonas áridas y semiáridas, se suelen exigir reconocimientos cartográficos para las obras de ingeniería, sobre todo levantamientos topográficos y reconocimientos de niveles de aguas subterráneas con vistas a la adecuada ubicación de los canales de riego y drenaje. Cuando los costos de las obras se prevén muy altos, la clase de aptitud de las tierras correspondientes puede reducirse a una categoría inferior en consecuencia.

Las evaluaciones más importantes dentro de este epígrafe, son las que impiden el desarrollo de la tierra debido a los costos excesivos que lleva consigo su puesta en riego o su drenaje.

D. LA CONSERVACION Y EL MEDIO AMBIENTE

La conservación a largo plazo y los riesgos ecológicos de la agricultura de regadío nunca deberían pasarse por alto en vista de las asociaciones históricas entre riego, degradación de la tierra, enfermedades humanas y otros efectos secundarios desfavorables. El nivel de conservación y protección ecológica conseguido dependerá de las alternativas de cultivo, manejo y alternativas de riego inicialmente seleccionadas para el proyecto y del manejo de los recursos después de la ejecución del proyecto. Esto último depende del marco social y económico, y sobre todo de la determinación de organismos oficiales y entidades para proporcionar financiamiento y medidas de control satisfactorias. En el pasado, la degradación de la tierra, debida a la erosión del suelo, salinidad, sodicidad y anegamiento, dio lugar a la decadencia de las civilizaciones a partir del momento en que dejaron de aplicar las medidas de conservación a largo plazo que eran necesarias. Los riesgos para la salud son también una característica de los proyectos de riego, según se expuso ya en la Sección 5.8.

En esta sección hay cuatro epígrafes dedicados a la evaluación, que son: prevención a largo plazo de los riesgos de salinidad y sodicidad, control de las aguas subterráneas, erosión del suelo y medio ambiente.

D.27 PREVENCION A LARGO PLAZO DE LOS RIESGOS DE SALINIDAD Y SODICIDAD

Las medidas necesarias para impedir la degradación de la tierra a causa de la salinización y de la sodificación deberían ser reconocidas por el evaluador de tierras, que puede hacer algunas recomendaciones para su prevención. La evaluación objeto de este epígrafe se refiere a la aplicación, o no, de las medidas preventivas necesarias. Dichas medidas tal vez sean demasiado complejas o demasiado difíciles o costosas de llevar a cabo para los agricultores y organizaciones oficiales existentes, en cuyo caso puede ser irresponsable recomendar el desarrollo de dichas tierras las cuales deberían clasificarse luego como "no apta".

D.28 CONTROL DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS Y SUPERFICIALES

Los suministros de agua y su calidad pueden degradarse por varios factores, en especial un drenaje insuficiente, un bombeo excesivo de los acuíferos y la intrusión salina, o la deforestación y degradación de las cuencas hidrográficas. Los mismos criterios que se expusieron en la sección anterior se aplican a estos riesgos. Cuando sea improbable que el organismo oficial o el agricultor realicen medidas para la conservación, tal vez sea necesario clasificar la tierra como no apta.

Pueden surgir problemas de control del manto freático tanto en zonas amenazadas por la salinización como en zonas que no estén amenazadas por dicho riesgo. En este último caso, aunque pueda existir un balance salino favorable, la existencia de agua sobrante, aun cuando sea solamente con cierta periodicidad, a veces puede dar lugar al abandono de la tierra por los agricultores. Aunque solamente sea por breves períodos de tiempo, esto puede dar lugar al crecimiento de malas hierbas y a otros problemas que hagan no viable la explotación agrícola y la tierra revierte a la vegetación natural o a la agricultura extensiva (por ej., ganadería) sin riego.

La **intrusión salina**, debida a un bombeo excesivo de los acuíferos, suele producirse en proyectos de riego que dependen de las aguas subterráneas. Los pozos han de vigilarse para cerciorarse de que no se exceda el rendimiento de seguridad. Las autoridades responsables tal vez necesiten facultades para reprimir el uso de agua y para evitar la explotación excesiva de los recursos de agua. Sin esa facultad, la tierra puede recibir un agua cada vez más salina hasta que haya de abandonarse.

La **degradación de las cuencas hidrográficas o de drenaje** puede influir en la cantidad de agua para el riego. La deforestación y la erosión pueden dar lugar a modificaciones en los patrones de caudales estacionales y puede producirse la sedimentación de depósitos de almacenamiento. La conservación de la vegetación y del suelo en la cuenca hidrográfica es de gran importancia a largo plazo para la viabilidad de muchos proyectos de riego.

D. 29 RIESGO DE EROSION A LARGO PLAZO

La erosión del suelo en zonas áridas y semiáridas puede producirse a causa del viento o del agua; en las zonas húmedas, la erosión debida al agua suele ser el riesgo más importante.

Erosión debida al agua: Los métodos alternativos para evaluar la erosión debida al agua son:

i. la ecuación universal de pérdidas del suelo (USLA);

ii. evaluación de la degradación del suelo de la FAO (FAOSDA);

iii. el Estimador de pérdidas del suelo para Africa del Sur (SLEMSA);

iv. los métodos locales, basados principalmente en la pendiente;

v. la situación actual observada en áreas bajo riego similares.

Todos los métodos anteriores deben armonizarse para tener en cuenta el riesgo adicional de erosión por cárcavas.

Cualquiera que sea el método utilizado para calcular o estimar las pérdidas de los suelos, los límites críticos y la clasificación por factores pueden aplicarse de forma semejante, por medio de los pasos siguientes:

i. decidir los límites máximos admisibles de pérdidas de suelos correspondientes a cada clasificación por factores. Estos factores constituyen los límites críticos para todos los cultivos o tipos de utilización de la tierra (TUTs);

ii. para cada unidad de tierras, calcular las pérdidas del suelo basándose solamente en factores climáticos, edáficos y topográficos; es decir, con omisión del factor de uso de la tierra;

iii. para cada cultivo o TUT, multiplicar a su vez la pérdida del suelo calculada en el paso ii por un factor de uso de la tierra;

iv. repetir los pasos ii y iii; obtener estimaciones de las pérdidas del suelo para cada combinación de unidad de tierras - TUT. Estas estimaciones se comparan luego con los valores obtenidos en el paso i para proporcionar una clasificación por factores con respecto al riesgo de erosión.

Erosión eólica y formación de dunas: los vientos fuertes, sobre todo en zonas áridas y semiáridas, pueden exigir el empleo de rompevientos. Tal vez sea esencial plantar estos rompevientos varios años antes del comienzo del cultivo de regadío. El riesgo de erosión ha de valorarse, por lo general, contando con la experiencia local existente o a partir de la experiencia en situaciones análogas. Ha habido casos de proyectos de regadío que han quedado muy quebrantados debido a la acción eólica, siendo sus efectos no solamente la pérdida del suelo sino también la formación de dunas y la sedimentación de canales de conducción y drenes con suelo.

D.30 OTROS RIESGOS ECOLOGICOS

En las Secciones 5.8 y 5.7, respectivamente, se analizó ya de la posibilidad de los efectos desfavorables de los proyectos con regadío sobre la salud humana y la vida silvestre.

E. FACTORES SOCIO-ECONOMICOS

Requisitos y limitaciones de carácter socio-económico

Condiciones socio-económicas futuras

E.31 ACTITUDES DE LOS AGRICULTORES FRENTE AL RIEGO

Las actitudes de los agricultores ante el riego difieren mucho de un proyecto a otro y pueden ser bastante distintas incluso dentro de una misma zona de un proyecto, lo que hace que sea un factor clasificador. La introducción del riego en zonas que tienen un modelo tradicional de agricultura exige cambios sociales que, a veces, son inadmisibles para la comunidad local. Por ejemplo, en algunos países de Africa occidental las mujeres suelen encargarse del cultivo de arroz de secano en zonas pantanosas. La introducción del riego controlado exige que los hombres intervengan en la nueva tecnología con bombas y mecanización. Esta circunstancia tiene éxito en algunas poblaciones, pero no en otras.

En algunos otros países, los proyectos de riego han fracasado cuando los agricultores fueron capaces de obtener empleo en actividades industriales o como trabajadores emigrantes en países ricos en petróleo, cercanos o de ultramar.

Las oportunidades concurrentes de empleo, que actúan como disuasivo para la agricultura con regadío de carácter intensivo, pueden ser un factor clasificador cuando varía de un lugar a otro.

Los precios agrícolas influyen mucho en las aptitudes de los agricultores. Por ejemplo, el precio del arroz influye en la productividad de la tierra en muchos países asiáticos. Cuando los precios del arroz son favorables, los agricultores producen más que cuando son bajos; en este último caso, los agricultores pueden encontrar más rentable sembrar cultivos de tierras altas o en tierras de secano adyacentes cuando se dé esa oportunidad.

E.32 OTROS FACTORES SOCIO-ECONOMICOS

Se han tratado ya muchas otras consideraciones socio-económicas en las Secciones 5.9 y Capítuclo 7. Valen sobre todo para la selección de los tipos de utilización de la tierra (TUTs), sin embargo algunas pueden elegirse como "clasificadoras". Por ejemplo, el régimen de tenencia de tierras y los derechos de agua difieren de un lugar a otro y pueden ser cruciales a la hora de decidir sobre si la tierra es apta para su desarrollo. Los perfiles de oferta de mano de obra deben corresponderse con las necesidades estacionales de mano de obra del tipo de utilización de la tierra propuesto; de nuevo, esta circunstancia podría variar de un lugar a otro y ser un factor clasificador. Los efectos secundarios desfavorables de desarrollo debidos a factores tales como el desplazamiento de la agricultura y de la forma de cultivo existentes, ya sea cultivo migratorio, o asentamientos existentes en tierras que han de quedar inundadas o ser redistribuidas, habrán de evaluarse en función de los beneficios netos para la comunidad en su conjunto.

APENDICE 1

ESTRUCTURA DE CLASIFICACION DEL ESQUEMA DE LA FAO

En la clasificación del Esquema de la FAO se reconocen cuatro categorías, que son los Ordenes, las Clases, las Subclases y las Unidades:

i. los órdenes de aptitud de las tierras reflejan las clases de aptitud (es decir, apta y no apta);

ii. las clases de aptitud de las tierras reflejan los grados de aptitud dentro de los órdenes (es decir, A1, A2, A3, N1 y N2);

iii. las subclases de aptitud de las tierras reflejan las clases de limitación o las clases de insumos y mejoramientos necesarios dentro de las clases (es decir, A2d, etc.);

iv. las unidades de aptitud de las tierras reflejan diferencias de menor cuantía en el manejo necesario dentro de las subclases (por ej., Aed-2, etc.).

Cada categoría conserva su significado básico dentro del contexto de las diferentes clasificaciones, ya sea de aptitud "actual", aptitud "potencial", la clasificación de tierra "regable provisionalmente" o de tierra "regable".

I. ORDENES DE APTITUD DE LAS TIERRAS

Existen dos órdenes: apta (A) y no apta (N). La tierra apta es aquélla en la que el uso sostenido de la clase objeto de estudio se espera que rinda beneficios que justifiquen los insumos y los costos de desarrollo sin riesgo inaceptable de peligros para los recursos de las tierras. El calificativo de no apta denota que las tierras poseen cualidades que parecen impedir un uso sostenido de la clase considerada. (Obsérvese que el calificativo de "apta" en una clasificación de "regable provisionalmente" puede utilizarse cuando sea incierta la información sobre el suministro de agua y los costos, sin embargo estas incertidumbres deben resolverse en una clasificación de tierra "regable").

II. CLASES DE APTITUD DE LAS TIERRAS

Dentro de los órdenes, las clases de aptitud de las tierras reflejan grados de las mismas. Las clases se enumeran mediante cifras arábigas. Las designaciones son: Clase A1, Altamente apta; Clase A2, Moderadamente apta; Clase A3, Marginalmente apta; Clase N1, Marginalmente no apta actualmente; y Clase N2, Permanente no apta. Puede considerarse adecuado tener un número menor o mayor de clases. Solamente han de distinguirse clases con diferencias económicas significativas.

Las tierras de <u>Clase A1</u> no tienen limitaciones notables para la aplicación sostenida de un uso determinado. Pueden tener limitaciones de menor cuantía que no reducirán la productividad o los beneficios ni harán elevar los costos por encima del nivel aceptable para la clase.

Las tierras de Clase A2 tienen limitaciones que, en conjunto, son moderadamente severas para la aplicación sostenida de un uso determinado. Las limitaciones pueden reducir la productividad física, los beneficios y aumentar los costos hasta el grado en que las ventajas sean inferiores a las de las tierras de la Clase A1.

Las tierras de la Clase A3 tienen limitaciones que, en conjunto, son graves para la aplicación sostenida de un uso determinado y reducirán la productividad, los beneficios o incrementarán los costos necesarios en tal medida que estos desembolsos quedarán sólo marginalmente justificados.

Observación: Una clase "Condicionalmente apta" (Ac) puede utilizarse en algunos casos de incertidumbre o cuando los factores importantes para la aptitud no son entendibles todavía completamente. No obstante, este calificativo debe evitarse, y al clasificar una tierra como "regable provisionalmente" se supondrá que no se ha resuelto la incertidumbre acerca del suministro de agua y sus costos. El uso de la clase Ac puede parecer conveniente al evaluador, pero su empleo en exceso complicaría, en gran medida, la comprensión de la clasificación por parte de los usuarios.

La Clase N1 indica que la tierra no es apta en un momento dado y tiene limitaciones que pueden superarse con el tiempo, pero las cuales no pueden corregirse con los conocimientos existentes, o en las condiciones sociales actuales, para obtener una productividad física aceptable. La clase N1 indica el límite económico que define la línea divisoria entre "apta" y "no apta".

La Clase N2 indica que la tierra es permanentemente no apta para un uso determinado, lo que suele deberse a limitaciones físicas. La tierra de clase N2 debe delimitarse con anterioridad para evitar estudios innecesarios sobre una tierra que nunca se aprovechará para el uso dado. En cambio, el límite entre los dos órdenes, A y N, es probable que sea variable a lo largo del tiempo a causa de un nuevo contexto económico y social.

Véase la Sección 2.4 para una exposición más a fondo de las medidas de aptitud utilizadas para definir las clases. Se trata de una medida física de la productividad, constituida por el índice de productividad de la tierra y dos medidas económicas, que son el ingreso agrícola neto y el beneficio incremental neto de riego (BNIR).

III. SUBCLASES DE APTITUD DE LAS TIERRAS

Estas subclases reflejan clases de requerimientos o limitaciones y están indicadas con letras minúsculas de significación mnemoténica, por ej., A2m, A3xy, etc. No existen subclases en la Clase A1. Las letras minúsculas utilizadas deben decidirse antes de cualquier evaluación y no existe ninguna lista con carácter único. En el Cuadro 17 del Capítulo 6 se presenta una lista para clasificaciones de tierra "regable provisionalmente" y "regable". Por ejemplo, m indica que el factor de "cantidad de agua" es el motivo para la degradación de A1 a A2m. Las letras x e y indican limitaciones debidas a la salinidad y sodicidad, respectivamente. El número de subclases reconocido y las limitaciones elegidas para distinguirlas serán diferentes en su clasificación según tengan propósitos diferentes.

IV. UNIDADES DE APTITUD DE LAS TIERRAS

Existen subdivisiones de una subclase. Todas las unidades dentro de una subclase tienen el mismo grado de aptitud a nivel de clase y características análogas de limitación o requerimientos a nivel de subclase. Las unidades difieren entre sí en sus características de producción o en aspectos secundarios de sus exigencias de manejo (con frecuencia definible como diferencias de detalle en sus limitaciones o su posición con respecto a los canales de riego, etc.). Su reconocimiento permite una interpretación detallada a nivel de planificación rural. Las unidades de aptitud se distinguen por cifras arábigas que siguen a un guión, por ej., A2e-1, A2e-2, etc. No hay límite alguno para el número de unidades reconocidas dentro de una subclase.

Las unidades de aptitud de las tierras no deben confundirse con las unidades de tierras. Las primeras son una categoría dentro de la estructura de clasificación y las últimas representan un área de tierra.

En el Cuadro A.1 se muestra la estructura de clasificación del Esquema de la FAO con el sistema de clasificación de riego de la Oficina Estadounidense de Recuperación de Suelos (USBR), que se añade a fines comparativos.

Cuadro A.1 ESQUEMA DE LA FAO PARA CLASIFICAR LA APTITUD DE LA TIERRA COMPARADA CON EL SISTEMA USBR

CATEGORIA DE APTITUD	ESQUEMA DE LA FAO	CLASIFICACION USBR
ORDENES	A Apta N No apta	- -
CLASES	A1 Altamente apta A2 Moderadamente apta A3 Marginalmente apta (Ac condicionalmente apta)	Clase 1 Clase 2 Clase 3
		Clase 4 Usos especiales 4.1 4.2 4.3
		Clase 5 (que exige un estudio complementario para determinar si es apta o no)
	N1 No apta actualmente N2 No apta permanentemente	- Clase 6
SUBCLASE	Clase / Subclase A2 → A2m, A2d, A3md, etc.	Clase / Subclase Clase 2 → 2s, 2d, 2sd, etc.
UNIDADES	Subclase / Unidad A2d → A2d-1, A2d-2, A2d-3, etc.	Areas de estudios especiales (áreas de apreciación informativa) (para las que se dan recomendaciones de manejo y desarrollo).

Notas: 1) Las subclases, que reflejan un requisito o una limitación, se indican con sufijo de letra (véase Cuadro 17); en el sistema USBR estos subíndices son s, t ó d, que indican una deficiencia de suelo, topografía o de drenaje, respectivamente; 2) ver el texto para uso de Ac (Condicionalmente apta) en el sistema de la FAO; 3) las tierras de usos especiales (Clase 4 de USBR) se clasifican 1, 2 y 3 para reflejar la capacidad correspondiente de pago con una letra que indique el uso de la tierra (cultivo), y 4) la tierra de Clase 5 (USBR) exige un estudio adicional para determinar si es apta o no. La Clase N1 (FAO) es marginalmente no apta actualmente.

APENDICE 2

VALOR PRESENTE DESCONTADO [1]

En los proyectos que exigen mejoramientos de la tierra, es necesario realizar gastos de capital en el primer año, o en los primeros años, para obtener beneficios en forma de un aumento de la producción y de las utilidades, beneficio que se recibirá en años futuros. En los esquemas de riego y en muchos otros proyectos agrícolas, el gasto de capital inicial da lugar a un incremento hasta alcanzar una situación constante de aumento de la producción transcurridos un cierto número de años. El descuento del flujo en efectivo ("cash-flow") es una manera de comparar el gasto de capital inicial con beneficios futuros o, de una manera más general, de equilibrar los costos que se hayan sufragado y los beneficios recibidos en diferentes períodos en el futuro.

El dinero invertido en la actualidad devenga interés y adquiere un valor mayor en años futuros. Si el tipo de interés es de un 10 por ciento 100 dólares invertidos este año se convierten en 110 dólares en el plazo de un año, en 121 en el plazo de dos años o, en el caso general, en $100 \times (1 + i)^n$ en un período de n años, en donde i es el tipo de interés expresado como una fracción; es decir 10 por ciento como 0,1. De este modo, el valor monetario de los gastos realizados aumenta ahora en el futuro, ya que el capital gastado en el mejoramiento de la tierra podría haber sido alternativamente colocado de modo que devengara intereses.

Es posible comparar los gastos y los beneficios en diferentes períodos, añadiendo el interés compuesto y refiriendo todos los valores a alguna fecha común en el futuro. Sin embargo, puesto que la decisión de invertir se toma ahora es preferible realizar el proceso al revés y referir todos los costos y beneficios a sus equivalentes en la actualidad, lo que se llama su <u>valor presente o valor actual</u>. El descuento puede considerarse como una operación inversa a la adición de intereses. Considerando el tipo de descuento i en 0,1 (10 por ciento), el gasto o el costo de 100 dólares en un año tiene un valor presente de $100/(1 + 0,1) = 90,9$. El valor presente de 100 dólares gastados o recibidos dentro de dos años es de $100/(1 + 0,1)^2 = 82,6$ dólares; otra forma de ver esto es decir que un gasto previsto de 100 dólares en un plazo de dos años podría realizarse colocando ahora 82,6 dólares en una inversión que rinda el 10 por ciento de interés compuesto. El procedimiento de descuento es exactamente el mismo en el caso de un costo o de un beneficio. En el caso general, un costo contraído o un beneficio percibido en p dólares en un plazo de n años tiene un valor descontado de:

$$V = P \frac{1}{(1 + i)^n}$$

El valor $1/(1 + i)^n$ se denomina factor de descuento y se emplea para multiplicar cualquier costo o beneficio actual y obtener así su valor presente (Cuadro B.1).

---

1 Reproducido del Boletín de Suelos de la FAO Nº52 - Directivas: Evaluación de tierras para la agricultura de secano, FAO, Roma 1984.

Transcurrido un período inicial, los costos de mantenimiento y los beneficios se suelen nivelar hasta alcanzar una cantidad constante cada año. En estas circunstancias, es posible reducir los cálculos utilizando cuadros de factores de descuento acumulativos. Por ejemplo, a una tasa de descuento del 10 por ciento 100 dólares recibidos en uno a cinco años inclusive tienen un valor presente de 90,9 + 82,6 + 75,1 + 68,3 + 62,1 = 379 dólares. Por consiguiente, el factor de descuento acumulativo es 3,79. Para calcular el valor presente de un costo o beneficio en 5 a 20 años inclusive se toma el multiplicador por 20 años y se le substrae por 5 años (Cuadro B.2).

Los procedimientos son los mismos ya sea que se parta de la base de un tipo comercial de interés (y por tanto, de descuento), que en la actualidad es aproximadamente del 15 por ciento en muchos países, ya sea que el cálculo se haga en función de un tipo de interés "social" más bajo.

Los factores contenidos en el Cuadro B.2, "Cálculo del valor presente de un costo o beneficio anual constante futuro en años 1 a n inclusive", pueden adaptarse también a los fines de amortizar (extender) una inversión. El pago periódico uniforme exigido se calcula dividiendo la suma a amortizar por el factor correspondiente al número de años y al tipo de interés.

El pago anual uniforme exigido para amortizar 1 000 dólares en un período de 20 años con un tipo de interés del 10 por ciento se obtiene dividiendo 1 000 por el factor 8,51. El pago periódico correspondiente será de 117,51 dólares.

Cuadro B.1 CALCULO DEL VALOR PRESENTE DE UN COSTO O BENEFICIO FUTURO EN UN AÑO n

Año	1%	3%	5%	6%	8%	10%	12%	15%	20%
1	.990	.971	.952	.943	.926	.909	.893	.870	.833
2	.980	.943	.907	.890	.857	.826	.797	.756	.694
3	.971	.915	.864	.840	.794	.751	.712	.658	.579
4	.916	.888	.823	.763	.735	.683	.636	.572	.482
5	.951	.863	.784	.747	.681	.621	.567	.497	.402
6	.942	.837	.746	.705	.630	.564	.507	.432	.335
7	.933	.813	.711	.665	.583	.513	.452	.376	.279
8	.923	.789	.677	.627	.540	.467	.404	.327	.233
9	.914	.766	.645	.592	.500	.424	.361	.284	.194
10	.905	.744	.614	.558	.463	.386	.322	.247	.162
11	.896	.722	.585	.527	.429	.350	.287	.215	.135
12	.887	.701	.557	.497	.397	.319	.257	.187	.112
13	.879	.681	.530	.469	.368	.290	.229	.163	.093
14	.870	.661	.505	.442	.340	.263	.205	.141	.078
15	.861	.642	.481	.417	.315	.239	.183	.123	.065
20	.820	.554	.377	.312	.215	.149	.104	.061	.026
30	.742	.412	.231	.174	.099	.057	.033	.015	.004
40	.672	.307	.142	.097	.046	.022	.011	.004	.001
50	.608	.228	.087	.054	.021	.009	.003	.001.	.000

Cuadro B.2 CALCULO DEL VALOR PRESENTE DE UN COSTO O BENEFICIO ANUAL CONSTANTE FUTURO DEL AÑO 1 AL AÑO n INCLUSIVE

Año	1%	3%	5%	6%	8%	10%	12%	15%	20%
1	0.99	0.97	0.95	0.94	0.93	0.91	0.89	0.87	0.83
2	1.97	1.91	1.86	1.83	1.78	1.74	1.69	1.63	1.53
3	2.94	2.83	2.72	2.62	2.58	2.49	2.40	2.28	2.11
4	3.90	3.72	3.54	3.46	3.31	3.17	3.04	2.85	2.59
5	4.85	4.58	4.33	4.21	3.99	3.79	3.61	3.35	2.99
6	5.80	5.42	5.08	4.92	4.62	4.36	4.11	3.78	3.33
7	6.73	6.23	5.79	5.58	5.21	4.87	4.56	4.16	3.60
8	7.65	7.02	6.46	6.20	5.75	5.33	4.97	4.49	3.84
9	8.57	7.79	7.11	6.80	6.25	5.76	5.33	4.77	4.03
10	9.47	8.53	7.72	7.36	6.71	6.14	5.65	5.02	4.19
12	11.26	9.95	8.86	8.38	7.54	6.81	6.19	5.42	4.44
15	13.87	11.94	10.38	9.71	8.56	7.61	6.81	5.85	4.68
20	18.05	14.88	12.46	11.47	9.82	8.51	7.47	6.26	4.87
30	25.81	19.60	15.37	13.76	11.26	9.43	8.06	6.57	4.98
40	32.84	23.12	17.16	15.05	11.92	9.78	8.24	6.64	5.00
50	39.20	25.73	18.26	15.76	12.23	9.91	8.30	6.66	5.00

APENDICE 3

COMPARACION DE CRITERIOS PARA ANALISIS DE INVERSIONES: DIFERENCIAS ENTRE ANALISIS FINANCIERO AGRICOLA Y ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

Existen importantes diferencias entre los criterios analíticos para el análisis financiero de la explotación y el análisis económico del proyecto para inversiones. Gittinger describe estas diferencias como sigue: "El punto de vista adoptado en el análisis económico es el de la sociedad en su conjunto..., mientras que el análisis financiero adopta el punto de vista de participantes individuales... La metodología de comparar costos y beneficios es la misma para una medida económica o financiera del valor del proyecto, pero lo que se define como costo y lo que se considera beneficio es algo diferente. Hay tres distinciones muy importantes entre los dos conceptos que se deben tener presentes". Seguimos citando a Gittinger[1]:

> "En primer lugar, en el análisis económico, los impuestos y las subvenciones se tratan como pagos de transferencia. Los nuevos ingresos generados por un proyecto incluyen impuestos que el proyecto pueda tener durante la producción y cualquier impuesto sobre las ventas que los compradores estén dispuestos a pagar cuando adquieran el producto del proyecto. Dichos impuestos, que forman parte del beneficio del proyecto total, se transfieren a la administración pública, que actúa en nombre de la sociedad en general, y no son tratados como costos. En cambio, una subvención oficial al proyecto es un costo para la sociedad, puesto que la subvención es un gasto de recursos que hace la economía para poner en marcha el proyecto. En el análisis financiero, dichos ajustes suelen ser innecesarios, y los impuestos se suelen tratar como costo y las subvenciones como beneficio o retorno.
>
> En segundo lugar, en el análisis financiero se suelen utilizar los precios del mercado. Son precios que tienen en cuenta los impuestos y las subvenciones. A partir de estos precios se extraen los datos utilizados en el análisis económico. Sin embargo, en el análisis económico, algunos precios del mercado pueden cambiarse de modo que reflejen con mayor exactitud los valores sociales o económicos. Estos precios ajustados se denominan precios "contables" o "sombra" y en el sistema analítico aquí recomendado con precios de eficiencia, como se indicó anteriormente. Tanto en el análisis financiero como en el análisis económico se utilizan precios proyectados, por lo que ambos análisis se basan, en una extensión sustantiva en gran medida, por lo que son realmente unos precios hipotéticos.
>
> En tercer lugar, en el análisis económico el interés sobre el capital nunca se separa ni se deduce del beneficio bruto, porque forma parte del beneficio total del capital disponible para la sociedad en su conjunto y porque es ese beneficio total, incluyendo los intereses, el que está destinado a ser objeto de estimación por

1 Gittinger, J. 2ª edición, 1982. Economic Analysis of Agricultural Projects. Para el BIRF. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore.

el análisis económico. En el análisis financiero, el interés pagado a proveedores exteriores de dinero puede deducirse para obtener la corriente de beneficios a disposición de los propietarios del capital. Pero el interés imputado o "pagado" a la entidad desde cuyo punto de vista se está realizando el análisis financiero no se trata como un costo porque el interés forma parte integrante del beneficio total para el capital social aportado por la entidad. Por consiguiente, es una parte del beneficio financiero que recibe dicha entidad".

En el Cuadro C.1 adjunto aparece una comparación tabular para resumir estas diferencias, en que se ilustra la manera como se tratan los valores en los presupuestos de las explotaciones agrícolas.

Cuadro C.1 VALORES APLICADOS EN LOS PRESUPUESTOS AGRICOLAS
ANALISIS FINANCIERO DE LA EXPLOTACION VS ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO 1/

CONCEPTO	ANALISIS FINANCIERO	ANALISIS ECONOMICO
Producción: ventas	Precio de mercado en explotación	Precio contable o sombra
consumo propio	Idem	Idem
Renta extraagrícola	Valorada según se percibe	Valorada según se percibe
Gastos:		
Tierra de propiedad	n/a	n/a
Tierra comprada	Costo servicio de la deuda	Valor producto anterior
Tierra arrendada	Participación o valor pagado	Participación o valor pagado
Interés sobre el capital social	2/	n/a
Costo de desarrollo de la tierra	Precio del mercado	Precio del mercado
Depreciación	Precio del mercado	Precio del mercado
Servicio de la deuda:		
Interés	Al costo	n/a
Amortización	Al costo	n/a
Impuestos	Al costo	n/a
Cargas de agua	Al costo, puede incluir subsidio	Costo económico proyecto
Mano de obra contratada	Precio del mercado	Precio sombra
Mano de obra familiar	2/	Salario sombra
Manejo	2/	n/a
Costos de operación: Combustibles, semillas, abonos, trabajo a destajo (contratado), etc.	Precio del mercado	Costo total, sin ningún subsidio

n/a = no aplicable

1/ Gittinger, J.P. 2° edición, 1982. Economic analysis of agricultural projects (para el BIRF). Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore.
Brown, M.L., 1979, Presupuestos agrícolas: del análisis de la renta agrícola al análisis del proyecto agrícola. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore.

2/ Los valores resultan imputados en un análisis USBR de capacidad de pago. Están basados en el costo de oportunidad correspondiente al recurso.

GLOSARIO

(E) = La definición es la misma que en el "Esquema para la evaluación de tierras" (FAO, 1976).

cf. = Comparar.

q.v. = Ver (en otra parte de este Glosario).

AFLUENCIA: Entrada de agua por el flujo superficial lateral de un campo desde los terrenos adyacentes.

AGUA ALMACENADA EN EL SUELO: Lámina de agua almacenada en la rizósfera procedente de precipitaciones o riegos anteriores.

AGUA SUBTERRANEA: Agua en el terreno por debajo de la superficie del suelo, de ordinario en situación en que la presión del agua es igual o mayor a la presión atmosférica y los vacíos están llenos de agua.

AKIOCHI; Suelo con un desequilibrio de nutrientes asociado a toxicidad por sulfuro de hidrógeno.

ANALISIS ECONOMICO: Evaluación de la rentabilidad de una inversión para toda una sociedad o economía, independientemente de quién en esa sociedad sufraga los gastos y obtiene los beneficios, medida convencionalmente en función de precios de "oportunidad" más bien que de "mercado".

ANALISIS FINANCIERO: Evaluación de la rentabilidad de una inversión para las personas o entidades que aportan capital y que se benefician directamente de los retornos, todo ello medido convencionalmente en precios de "mercado" (véase Apéndice 3).

ANEGAMIENTO: Saturación del suelo en la rizósfera de los cultivos.

APRECIACION INFORMATIVA: Estudios del uso actual de la tierra, productividad, desarrollo existente de la tierra, requerimientos de agua, drenabilidad, topografía, etc., para proveer información para la planificación, desarrollo y operación de proyectos de riego (término USBR).

APROXIMACION DE DOS ETAPAS: Metodología de evaluación de la tierra en la que se hace una primera aproximación de aptitud de la tierra partiendo de criterios físicos y en que se realiza un análisis económico y social, como segunda fase, de las alternativas de uso de la tierra que parecen más prometedoras en función de su evaluación física (c.f. aproximación paralela).

APROXIMACION PARALELA: Metodología de evaluación de tierras en que se incluyen criterios económicos dentro de todo el proceso de identificación de requerimientos de uso de la tierra y de clasificación de aptitud de la misma.

APTITUD DE LA TIERRA: Aptitud de un determinado tipo de tierra para una clase determinada de uso (E).

ARMONIZACION: Este término se emplea en dos sentidos, (i) amplio y (ii) restringido. (i) El proceso de adaptación y reajuste mutuos de las descripciones de los tipos de utilización de la tierra, insumos y de las cualidades cada vez más conocidas de la tierra para mejorar su aptitud. (ii) El proceso (específico) consistente en comparar los requerimientos de uso de la tierra y sus limitaciones con las unidades de tierra para generar clasificación por factores.

BALANCE HIDRICO DEL SUELO (BALANCE HIDRICO DEL CAMPO): Suma de todas las ganancias y pérdidas de agua en un determinado período de tiempo; en mm/período.

BENEFICIO INCREMENTAL NETO DEL RIEGO: Medida del aumento neto potencial en la productividad de una superficie unitaria de tierra cuando se desarrolla bajo riego. Se expresa en términos económicos (más bien que financieros), como valor presente neto o como valor equivalente anual.

CAPACIDAD DE CAMPO: Contenido de humedad del suelo en el campo después que ha cesado un drenaje rápido, ordinariamente de dos a tres días después de un humedecimiento total del perfil del suelo. Se expresa en porcentaje de humedad por peso volumétrico. Se presume a menudo que esa capacidad está representada aproximadamente por un suelo en equilibrio con una presión de 1/3 bar (o atmósferas), equivalente a 330 cm de succión de agua o con un potencial hídrico de −33 kPa (unidades SI).

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC): Cantidad total de cationes que puede absorber un suelo por intercambio catiónico y que se suele expresar en miliequivalentes por 100 gramos. Los valores que se miden de capacidad de intercambio catiónico dependen en cierta medida del método que se emplee para su determinación.

CAPACIDAD DISPONIBLE DE AGUA: Volumen o lámina de agua retenida en el suelo entre la capacidad del campo y el porcentaje de marchitez permanente.

CARACTERISTICA DE LA TIERRA: Atributo de la tierra que puede medirse o estimarse y la cual puede emplearse para distinguir entre unidades de tierra de diferentes aptitudes para su uso y como medio para describir las calidades de la tierra.

CATEGORIAS DE APTITUD DE LAS TIERRAS: Nivel en una clasificación de aptitud de las tierras. Se reconocen cuatro categorías de aptitud de las tierras:

<u>Orden de aptitud de las tierras</u>: Agrupación de tierras según sean aptas, o no aptas, para un tipo determinado de uso.

<u>Clase de aptitud de las tierras</u>: Subdivisión de un orden de aptitud de las tierras que sirve para distinguir tipos de tierras que difieren en su grado de aptitud.

Subclase de aptitud de las tierras: Subdivisión de las clases de aptitud de las tierras que sirve para distinguir los tipos de éstas que poseen el mismo grado de aptitud pero que difieren en la naturaleza de las limitaciones que determinan la clase de aptitud.

Unidad de aptitud de las tierras: Subdivisión de una subclase de aptitud de las tierras que sirve para distinguir los tipos de éstas con diferencias menores en las características de producción o requisitos de ordenación.

CICLO DE CRECIMIENTO O VEGETATIVO: Período necesario para que un cultivo anual complete su ciclo anual de arraigo, crecimiento y producción de la parte cosechada. Véase también período de crecimiento.

CLASE DE USO DE LA TIERRA: Esta expresión se refiere a una clase principal de uso de la tierra o al tipo de utilización de ésta (q.v.), cualquiera que sea el término que corresponda; cuando el significado es claro se abrevia como "clase de uso" o "uso".

CLASE PRINCIPAL DE USO DE LA TIERRA: Subdivisión principal de uso de la tierra rural, tal como agricultura de secano, cultivos anuales, cultivos perennes, cultivo de arroz, agricultura de regadío, pastizales, explotación forestal o recreo.

CLASIFICACION DE APTITUD DE LAS TIERRAS: Agrupamiento apreciativo, o la operación de apreciación y agrupación, de determinados tipos de tierras en función de su aptitud absoluta o relativa para una determinada clase de uso (E).

CLASIFICACION DE LA APTITUD ACTUAL DE LA TIERRA: Clasificación de aptitud de la tierra basada en la idoneidad de ésta para un uso especificado en sus condiciones actuales, sin introducción de grandes mejoras de la misma (cf. clasificación de la aptitud potencial de las tierras).

CLASIFICACION DE LA APTITUD POTENCIAL DE LA TIERRA: Clasificación de aptitud de la tierra basada en la adaptabilidad de ésta después de haberse realizado, donde se haya determinado, mejoramientos mayores especificados de la tierra (q.v.).

CLASIFICACION POR FACTORES: Aptitud de una unidad de tierra para un tipo de utilización de la misma en función de uno o de un solo grupo de los factores clasificadores, dados por las características de la tierra, calidades de la misma, requerimientos de uso de la tierra, limitaciones u otros indicadores. La clasificación viene dada por a1, a2, a3, n1 o n2, según los valores críticos del factor (véase Cuadro 13).

CLIMA PRINCIPAL: Amplia división climática, definida en función de las temperaturas mensuales, temporadas de lluvias y régimen de temperaturas.

CONDICIONALMENTE APTA: Fase del orden de aptitud de la tierra Apta, empleada en circunstancias en que pequeñas áreas de tierra dentro de la zona de estudio no son aptas o son escasamente aptas para un uso particular con arreglo al manejo específico para ese uso, pero que son aptas siempre que se apliquen otras prácticas de mejoramiento o manejo (E).

CONDUCTIVIDAD: Véase CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE): Valor recíproco al de resistividad eléctrica. Resistencia en ohms de un conductor, metálico o electrolítico, que tiene un cm de largo y una superficie transversal de 1 cm^2. Por eso la conductividad eléctrica se expresaba antes en ohms recíprocos por cm o ohms por cm y ahora en unidades SI como dS/m.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL EXTRACTO DE SATURACION (q.v.), CEe: Medida relacionada a la concentración de sales del suelo dS/m (a 25°C) antes mmhos/cm.

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA: Coeficiente de proporcionalidad en la ecuación de flujo de Darcy, que establece que la velocidad del flujo efectiva es proporcional al gradiente hidráulico. Por lo tanto, la conductividad hidráulica es la velocidad de flujo efectiva a un gradiente hidráulico unitario y tiene las dimensiones de velocidad (LT^{-1}).

CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO: (igual a CONTENIDO O PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO). 1. Peso del agua perdida en un suelo secado respecto a un peso constante, a una temperatura uniforme, expresado como relación. 2. En volumen: volumen del agua de un suelo secado respecto a un peso constante, a una temperatura uniforme expresada como una relación del volumen del suelo antes o después del secado. 3. En lámina: la lámina equivalente de agua libre por 100 unidades de lámina del suelo. Numéricamente el valor se aproxima al volumen de agua por 100 unidades de volumen de suelo.

COSTO DE OPORTUNIDAD DE CAPITAL: Costo de oportunidad que supone el emplear recursos de inversión en un proyecto en lugar de darle el mejor empleo alternativo más próximo, que suele expresarse en forma de tipo de interés.

COSTOS COMUNES DE UN PROYECTO: Costos que relacionen, no a una superficie particular de tierra, sino a los servicios prestados a todo el proyecto.

COSTOS VARIABLES: Los costos agrícolas que pueden atribuirse a determinadas empresas agrícolas (cf. costos fijos).

COSTOS Y BENEFICIOS DE UN AREA ESPECIFICA DE TIERRA: Inversiones y beneficios relacionados con mejoras en determinados terrenos, por ejemplo, para corregir deficiencias en topografía, drenaje, etc. (véase Capítulo 7).

CRITERIO DE DIAGNOSTICO: Es una variable (calidad de la tierra, característica de la tierra, etc.) que ejerce una influencia conocida en los productos e insumos de un determinado tipo de uso de la tierra y que sirve de base para evaluar la aptitud de la tierra para ese uso.

CULTIVO CUADRUPLE: Plantación de cuatro cultivos al año consecutivos.

CULTIVO DE REBROTE: Rebrote o nuevo desarrollo de una planta cortada o cosechada, a partir de su raíz o copa.

CULTIVO DOBLE: Siembra de dos cultivos consecutivos al año.

CULTIVO SECUENCIAL: Cultivo consecutivo de dos o más productos en el mismo campo cada año. El cultivo sucesivo se siembra después de haberse cosechado el anterior (sin competencia entre cultivos).

CULTIVO TRIPLE: Siembra de tres cultivos consecutivos.

DENSIDAD APARENTE: Relación de la masa de suelo secada al horno a su volumen aparente. Cuando se expresa en 3 cm $^{-3}$, la densidad aparente es numéricamente igual a la gravedad específica aparente o peso volumétrico.

DESARROLLO DE TERRENOS ESPECIFICOS: Mejoras de riego o drenaje propias de una unidad de tierra en contraposición a las de aplicabilidad general en todas las tierras de un proyecto.

DESCUENTO: Aplicación de factores de interés para reajustar los flujos monetarios a una base común de tiempo.

EFICIENCIA DE APLICACION DE CAMPO: Relación del agua disponible directamente al cultivo y la que se recibe en la toma de entrada de la parcela o explotación en porcentaje (%).

EFICIENCIA DE DISTRIBUCION O SECUNDARIA: Relación entre el agua recibida en la toma de entrada de la parcela o explotación y la recibida en las tomas de entrada de un conjunto de parcelas o explotaciones denominada también cabecera de canales terciarios en porcentaje (%).

EFICIENCIA DE CONDUCCION O PRIMARIA: Relación entre el agua recibida en la toma de entrada de un conjunto de parcelas o explotaciones denominada también cabecera de canales terciarios y la que se entrega en la cabecera del proyecto; en porcentaje (%).

ESCORRENTIA (SUPERFICIAL): Pérdida de agua a partir del campo flujo superficial lateral.

ETP: Evapotranspiración potencial, q.v., referencias sobre evapotranspiración del cultivo.

EVALUACION DE TIERRAS: Proceso de evaluación del rendimiento de la tierra cuando se utiliza para finalidades específicas, y que implica la ejecución o interpretación de reconocimientos y estudios de relieve, suelos, vegetación, clima y aspectos de la tierra, con el propósito de identificar y comparar las clases más prometedoras de uso de la tierra en términos aplicables a los objetivos de la evaluación.

EVALUACION DE TIERRAS PARA PROPOSITOS ESPECIALES: Evaluación de tierras en la que las modalidades potenciales de uso de la tierra son limitadas en número y están definidas estrictamente en los objetivos de la evaluación (cf. evaluación de tierras para propósitos generales).

EVALUACION DE TIERRA PARA PROPOSITOS GENERALES: Evaluación en que los tipos de utilización potencial de la tierra no se especifican detalladamente al comienzo de la evaluación (cf. evaluación de tierras para propósitos especiales).

EVAPOTRANSPIRACION: Velocidad de pérdida hídrica por la transpiración a partir de la vegetación, más la evaporación de la superficie del suelo o del agua que se halla en la misma - mm/día o m^3/día.

EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE REFERENCIA, ET_o: Tasa de evapotranspiración de una cubierta herbácea verde de 8 a 15 cm de altura, uniforme y de crecimiento activo, que da completa sombra al suelo y a la que no falta el agua; en mm/día.

EXTRACTO DE SATURACION: Solución extraída de un suelo en su porcentaje de saturación.

FACETA DE TIERRA: Unidad de tierra (q.v.) con características de clima, relieve, suelos y vegetación que para la mayoría de los fines prácticos puede considerarse uniforme. Subdivisión de un sistema de tierras (q.v.).

FACTOR CLASIFICADOR: Variable que afecta a la agronomía, manejo, desarrollo de la tierra, conservación, situación ecológica o condiciones socioeconómicas que ejercen influencia en los productos e insumos de una determinada clase de uso de la tierra y que se emplea para evaluar la clase de aptitud en que debe colocarse una unidad de tierra para ese uso.

FACTOR DE CULTIVO: Número de años bajo cultivo, expresado en porcentaje del ciclo total de cultivo/sin cultivo. Se expresa como R en porcentaje.

FILTRACION: Pérdida de agua por flujo lateral a través de los bordos de los campos arroceros.

FLUJO DE RETORNO: Agua de drenaje que vuelve al sistema de suministro de riego.

FORMULACION DEL PROYECTO: Análisis justificativo, lógico y progresivo, de un proyecto agregando unidades separables sucesivas a un proyecto central ya justificado. Cada unidad agregada debe cumplir el nivel específico de justificación de un proyecto.

GRADOS DE LIMITACION: Escalamiento de un solo factor (requerimiento de uso de la tierra, calidad de la tierra o características de la misma) según sus efectos desfavorables en un determinado tipo de utilización de la tierra (cf. clasificación por factores).

INDICE DE CULTIVO: Número de cultivos cosechados en relación con los años en el ciclo de cultivo. Se expresa como C en porcentaje.

INGRESO AGRICOLA NETO: Márgenes brutos combinados (q.v.) a partir de actividades agrícolas en una explotación, menos los costos fijos.

INTERCULTIVO: Desarrollo de dos o más cultivos al mismo tiempo.

INTERCULTIVO DE RELEVO: Desarrollo de dos o más cultivos simultáneamente durante parte del ciclo de uno de ellos (postreras). Se siembra un segundo cultivo después de que el primero haya llegado a la madurez.

INTERCULTIVO EN FILAS: Desarrollo de dos o más cultivos simultáneamente con uno o más cultivos plantados en filas.

INTERCULTIVO MIXTO: Desarrollo de dos o más cultivos simultáneamente sin ninguna disposición distinta de filas.

INTERCULTIVO EN FAJAS O MELGAS: Cultivo de dos o más cosechas simultáneamente en diferentes fajas o melgas lo suficientemente anchas como para permitir el cultivo independiente, pero lo suficientemente estrechas para que el cultivo se condicione agronómicamente.

INTERVALO DE RIEGO: Tiempo entre el comienzo de sucesivas aplicaciones de agua en el mismo campo, por ejemplo, días.

INSUMOS: Insumos materiales (por ejemplo, semillas, fertilizantes, combustible, pulverizaciones con productos químicos) y otros insumos (por ejemplo, horas de trabajo), aplicados al uso de la tierra (cf. niveles de insumos, productos).

JUSTIFICACION DEL PROYECTO: Análisis y verificación de beneficios/costos, valor presente neto o tasa interna de retorno para determinar si un proyecto satisface un grado aceptable o prefijado de valor económico.

LIMITACION: Véase REQUERIMIENTOS O LIMITACION DE USO DE LA TIERRA. El término limitación se emplea para condiciones en que por su presencia afectan desfavorablemente el tipo de utilización de la tierra.

LIMITES CRITICOS: Límites que definen las fronteras entre categorías de aptitud de determinados requerimientos y limitaciones de uso de la tierra, que determinan su clase, calidad de la tierra o característica de la misma. Las zonas críticas están circunscritas por límites críticos y unas y otras se expresan en valores críticos.

LIXIVIACION: Eliminación de material soluble debido al paso del agua a través del suelo.

MAC: Metabolismo del ácido crasuláceo (MAC). Paso metabólico empleado por plantas como el sisal y la piña.

MARGEN BRUTO: Ingresos de una empresa agrícola (rendimientos agrícolas x precios) menos los costos variables.

MEJORAMIENTO MAYOR DE LA TIERRA: Un gran insumo no ordinario para el mejoramiento de la tierra que produce un cambio substancial y razonablemente permanente (es decir, que durará más de 10 años) en la aptitud de la tierra, y que no puede financiarlo o ejecutarlo normalmente un agricultor u otro usuario de la tierra. (cf. mejoramiento menor de la tierra). (E).

MEJORAMIENTO DE LA TIERRA: Modificación de las cualidades de la tierra para mejorar su potencialidad de uso (véase mejoramiento mayor de la tierra, mejoramiento menor de la tierra) (E).

MEJORAMIENTO MENOR DE LA TIERRA: Mejoramiento de la tierra que tiene efectos relativamente reducidos sobre la aptitud de la tierra, o que no es permanente, o que normalmente está al alcance de la capacidad de un agricultor individual o de cualquier otro usuario de la tierra (cf. mejoramiento mayor de la tierra) (E).

MILIEQUIVALENTE (me): Milésima parte de un equivalente. Peso atómico dividido por valencia/1 000.
Me por 100 g de suelo = miligramos de catión dividido por su peso equivalente por 100 g de suelo.

MILIEQUIVALENTE POR LITRO: Miliequivalente de un ion o un compuesto en un litro de solución.

NECESIDAD O REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA EL CULTIVO: Lámina o volumen de agua necesaria para satisfacer la tasa de evapotranspiración máxima del cultivo cuando el agua del suelo no es un factor limitador ($ET_{cultivo}$ o ET_{max}). Obsérvese que $ET_{cultivo}$ y ET_{max} tienen el mismo significado; actualmente se prefiere este último término.

NECESIDADES O REQUERIMIENTOS NETOS DE AGUA DE RIEGO: Lámina o volumen del agua que hace falta para cubrir las necesidades del cultivo, menos las aportaciones en el campo por precipitaciones, afluencias, aguas subterráneas y aguas almacenadas en el suelo, más las pérdidas de campo debidas a escorrentía, filtración o percolación.

NIVEL FREATICO: Límite superior de las aguas subterráneas. La superficie superior localizada de puntos en que la presión de las aguas subterráneas es igual a la presión atmosférica.

ORDEN, CLASE, SUBCLASE, UNIDAD DE APTITUD: Abreviaturas de orden, clase, subclase, unidad de aptitud de la tierra; véanse definiciones.

ORDEN, CLASE, SUBCLASE, UNIDAD DE APTITUD DE LAS TIERRAS: Categorías de clasificación de aptitud de las tierras; véanse las definiciones en el texto.

PASTA DE SUELO SATURADO: Determinada mezcla de suelo y agua. En saturación, la pasta de suelo reluce al reflejar la luz, fluye ligeramente al ladearse el recipiente y se desliza libre y limpiamente de una espátula en todo tipo de suelo, salvo en los de un alto contenido de arcilla.

PERCOLACION: Descenso del agua a través del suelo, especialmente en suelos saturados o casi saturados con gradientes hidráulicos de uno o menos de uno.

PERDIDAS DE CONDUCCION: Pérdidas debidas a la evaporación, percolación o roturas en la red de los canales o tuberías de riego entre la fuente del agua y el campo.

PERIODO DE CRECIMIENTO: Duración, en días, del período en que tanto la temperatura como la humedad del suelo permiten el crecimiento del cultivo (cf. temporada de crecimiento, ciclo de crecimiento). Nota: el período de crecimiento relaciona la tierra, el ciclo de crecimiento del cultivo.

PERMEABILIDAD: 1. Cualitativa: calidad o estado de un medio poroso en relación con aquella de un medio que conduce o transmite fluidos. 2. Cuantitativa: propiedad específica por la que se rige la tasa o disponibilidad con la que un medio poroso transmite fluidos en condiciones normales. Véase también conductividad hidráulica.

PLUSVALIA: Superávit que le queda al beneficiario de un proyecto después de obtener las recompensas necesarias para atraer insumos físicos, mano de obra, directivos, y la disposición a correr riesgos.

PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE (PSI): Grado de saturación del complejo intercambiable del suelo con sodio. Puede calcularse con arreglo a la fórmula siguiente:

$$PSI = \frac{\text{Sodio intercambiable (me/100 g de suelo)}}{\text{Capacidad de intercambio catiónico (me/100 g de suelo)}} \times 100$$

POROSIDAD: Fracción del volumen del suelo no ocupado por partículas del suelo, es decir, la relación de la suma del volumen de las fases líquidas y gaseosa con la suma de los volúmenes de las fases sólida, líquida y gaseosa del suelo.

PRECIPITACION: Cantidad total de precipitación (lluvia, llovizna, nieve, granizo, niebla, condensaciones, escarcha y niebla helada) expresada en lámina del agua que cubriría un plano horizontal si no hubiera escorrentía, infiltraciones o evapotranspiración, en mm/día.

PRODUCTOS: Los productos (para la agricultura de secano, los cultivos) servicios (por ej., suministro de agua, instalaciones recreativas), u otros beneficios (por ej., conservación de la vida silvestre) resultantes del uso de la tierra. Obsérvese que en el Esquema, el término fue definido como "produce"; la distinción entre "produce" y "products" se ha considerado equívoca, por lo que aquí se emplea el término inglés "outputs" (cf. insumos).

PROGRAMA DE SUMINISTRO DE CAMPO: Caudal, duración e intervalo del suministro de agua a un campo individual o explotación (volumen, duración, velocidad).

PROYECTO: Conjunto de bienes y servicios para lograr fines específicos como la dotación de riego, energía hidroeléctrica, etc.

PUNTO DE MARCHITAMIENTO: Véase PUNTO PERMANENTE DE MARCHITAMIENTO.

PUNTO PERMANENTE DE MARCHITAMIENTO: Porcentaje de humedad del suelo, contenido de agua o potencial de agua en el que se marchitan las plantas y no recuperan su turgidez. Suele determinarse con plantas enanas de girasol, o asumir que está representado aproximadamente por el porcentaje 15 bar (esto es, una succión de agua de 15 atmósferas, pF 4,2 o un potencial de agua del suelo de −1,5 MPa).

RELACION BENEFICIO/COSTO: Valor presente de beneficios dividido por el valor presente de los costos, con reajuste de todos los valores a una base común de tiempo.

RELACION DE ABSORCION DE SODIO (SAR o R_{NA}): Relación aplicable a los extractos de suelo y agua de riego usada para expresar la actividad de los iones de sodio en reacciones de intercambio con el suelo:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

en que Na, Ca y Mg se expresan en miliequivalentes por litro. Véase FAO 1985 un método revisado de cálculo del SAR reajustado (adj. R_{Na}).

RELACION DE EQUIVALENCIA DE LA TIERRA (RET): Relación de la superficie dedicada a un único cultivo y la superficie de multicultivo necesaria para dar una cantidad igual de rendimiento en el mismo nivel de manejo. Es la suma de las fracciones de los rendimientos de los intercultivos divididos por los rendimientos del cultivo único.

REQUERIMIENTO DE LAVADO: Fracción del agua de riego que entra en el suelo y que debe discurrir realmente a través de la zona radicular y fuera de ella para prevenir una acumulación de salinidad debido a la adición de sal en el agua. Su valor es el mínimo para regular las sales; en porcentaje.

REQUERIMIENTO O LIMITACION DE USO DE LA TIERRA: Las condiciones de la tierra necesarias o deseables para la práctica satisfactoria y sostenida de un determinado tipo de utilización de la tierra (véanse requerimientos o limitaciones del cultivo agronómicas), de manejo, de desarrollo de la tierra, de conservación.

REQUERIMIENTOS BRUTOS DE AGUA DE RIEGO: Lámina o volumen bruto del agua, que comprende las necesidades netas de agua de riego más cualquier lixiviación adicional además de la percolación.

REQUERIMIENTOS DE CONSERVACION: Requerimientos de uso de la tierra (q.v.) relacionados en gran parte o por completo con la conservación y el uso sostenido (q.v.).

REQUERIMIENTOS DE MANEJO: Los requerimientos de uso de la tierra (q.v.) relacionados en buena parte o enteramente con el manejo de un tipo de utilización de la tierra.

REQUERIMIENTOS O LIMITACIONES DE LOS CULTIVOS: Requerimientos o limitaciones de uso de la tierra relacionados específicamente con un determinado cultivo.

RIEGO: Aplicaciones controladas de agua para complementar la lluvia (obsérvese que los terrenos inundados no son denominados "regados" a menos que el agua esté controlada en alguna forma).

RIEGO COMPLEMENTARIO: Riego empleado para complementar los requerimientos de agua de los cultivos cuando se proporciona una parte con lluvias que caen directamente en los campos del agricultor.

RIEGO DE AVENIDA: Riego de corrientes de crecida en ríos o valles.

RIEGO LOCALIZADO: Sistema de riego que emplea técnicas de goteo, de chorreo, por zonas, de miniaspersión y otras técnicas, que localizan la aplicación del agua.

RIEGO POR ASPERSION: Sistema general de riego en que se emplea un suministro de agua por tubería a varios tipos de boquillas.

RIEGO POR POZAS O BANCALES: Sistema de riego superficial (q.v.) en el que el agua queda retenida dentro de bordos o bancales por los cuatro lados.

RIEGO POR GOTEO: Técnica utilizada para conseguir una tasa de agua baja de alta frecuencia o larga duración de entrega de agua mediante tuberías hasta los goteros regulables situados cerca de las plantas.

RIEGO POR TABLARES O MELGAS: Sistema de riego superficial (q.v.) en el que el agua discurre y se extiende sobre la pendiente del tablar o melga entre dos bordos de tierra.

RIEGO SUPERFICIAL: Riego en que el agua fluye sobre la superficie del suelo hasta llegar a su destino.

SISTEMA DE TIERRA: Unidad de tierra (q.v.) con un clima relativamente uniforme y con una estructura repetida de relieves, suelos y vegetación. Un sistema de tierra puede dividirse en facetas de tierra (q.v.).

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA: Tipo específico de utilización de la tierra practicado en una determinada unidad de tierras, y asociado con insumos, productos y quizás con mejoramientos de la tierra.

SODICIDAD: Término empleado para describir la situación de un suelo sódico (alcalino), por ej., cuando hay riesgo o problemas de sodicidad.

SUELO ALCALI: Suelo que contiene suficiente sodio intercambiable para influir en el crecimiento de la mayoría de las plantas cultivadas, con cantidades apreciables de sales solubles o sin ellas. Igual a SUELO SODICO, que es el término preferido.

SUELO ALCALINO: Suelo que tiene una relación alcalina, es decir, suelo cuya lectura de pH de la pasta saturada es superior a 7,0.

SUELO SALINO: Suelo no sódico que contiene sales solubles en cantidades tales que afecta al crecimiento de la mayoría de las plantas. En la definición del Departamento Estadounidense de Agricultura, la conductividad eléctrica del extracto saturado es superior a 4 dS/m (a 25°C), y el porcentaje de sodio intercambiable es inferior a 15. El pH del suelo suele ser menor de 8,5.

SUELO SODICO: Igual que SUELO SODICO NO SALINO Y SUELO ALCALINO.

SUELO SODICO NO SALINO: (Igual a SUELO ALCALINO NO SALINO): Suelo con un contenido de sodio intercambiable suficiente para influir en el crecimiento de la mayoría de las plantas de cultivo y que no contiene cantidades apreciables de sales solubles. En la definición del Departamento Estadounidense de Agricultura, el porcentaje sódico intercambiable es superior a 15 y la conductividad eléctrica del extracto de saturación es inferior a 4 dS/m (a 25°C). La lectura del pH de la pasta de suelo saturado suele ser superior a 8,5.

SUELO SODICO SALINO: Suelo con suficiente sodio intercambiable para afectar al crecimiento de la mayoría de las plantas de cultivo y con cantidades considerables de sales solubles. En la definición del Departamento Estadounidense de Agricultura, el porcentaje de sodio intercambiable es superior al 15 por ciento y la conductividad eléctrica del extracto saturado es mayor de 4 dS/m (a 25°C). La lectura del pH del suelo saturado suele ser inferior a 8,5.

SUPERFICIE BRUTA DE CLASIFICACION: Superficie representada y clasificada en un determinado reconocimiento (definición USBR).

TASA ACTUAL DE EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO (ET_a): La tasa de evapotranspiración igual o menor a la ET_m prevista (sinónimo de ET cultivo), influida por el nivel de agua disponible en el suelo, salinidad, tamaño del terreno u otras causas: m/día o m^3/día.

TASA INTERNA DE RETORNO: Tasa de descuento a la cual el valor presente de beneficios resulta igual al valor presente de los costos.

TASA MAXIMA DE DEMANDA: Volumen o lámina máxima del agua por unidad de tiempo y superficie unitaria, litros/seg/ha o l/s/ha.

TASA MAXIMA DE EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO, ETm: Tasa máxima de evapotranspiración del cultivo cuando no es limitada el agua del suelo, llamada también requerimiento de agua del cultivo, y ET de cultivo.

TEMPORADA DE CRECIMIENTO: Utilizada como expresión general y no como término técnico, se refiere al período del año en que se producen los cultivos (en su mayoría), por ejemplo, la temporada de las lluvias.

TIERRA: Area de la superficie del planeta cuyas características abarcan todos los atributos razonablemente estables, o previsiblemente cíclicos, o de la biosfera considerada verticalmente por encima, y por debajo de la zona, se incluye la atmósfera, el suelo y el sistema geológico subyacente, la hidrología, la población vegetal y animal y los resultados de la actividad humana pasada y presente, en la medida en que estos atributos ejercen una influencia importante sobre los usos actuales y futuros que el hombre haga de la tierra (E).

TIERRA CON SERVICIO PLENO DE RIEGO: Tierra regable que recibirá su total abastecimiento de agua de una sola procedencia (definición USBR).

TIERRA IRRIGABLE: Tierra apta para el riego y a la que, por lo tanto, puede administrársele agua, clasificándose según una evaluación económica de su aptitud para la agricultura de riego y teniendo en cuenta para ello los suministros de agua y los costos y beneficios de desarrollo del proyecto.

TIERRA PROVISIONALMENTE REGABLE: Tierra clasificada como apta para el riego siempre que pueda administrársele agua, de no existir un conocimiento pleno del suministro de agua o de los costos del proyecto y de desarrollo de la tierra.

TIPO COMPUESTO DE UTILIZACION DE TIERRAS: Tipo de utilización de la tierra que consiste en más de una clase de uso o propósito, ya sea que se realice con sucesión regular en la misma tierra o simultáneamente en distintas superficies de tierra que con fines de evaluación se tratan como una sola unidad (cf. Tipo múltiple de utilización de la tierra). (E).

TIPO DE USO DE LA TIERRA: Lo mismo que tipo de utilización de la tierra.

TIPO DE UTILIZACION DE LA TIERRA (TUT): Clase de uso de la tierra descrita o definida en un grado de detalle mayor que el de una clase principal de uso de la tierra (q.v.) (E). En la agricultura de riego, por tipo de utilización de la tierra se entiende un cultivo, una combinación de cultivos o un sistema de explotación con determinados métodos de riego o manejo en un marco técnico y socioeconómico definido.

TIPO MULTIPLE DE UTILIZACION DE TIERRAS: Tipo de utilización de tierras consistente en más de una clase de uso y finalidad emprendido simultáneamente en la misma tierra, cada uno con sus propios insumos, requisitos y productos u otros beneficios. (E).

UNIDAD CARTOGRAFICA DE TIERRAS: Véase Unidad de tierras.

UNIDAD DE TIERRA: Superficie de tierra que posee cualidades y características específicas y que puede demarcarse en un mapa. Nota: en el Esquema esto ha sido denominado "unidad cartográfica de tierras".

USO CONSUNTIVO: Véase NECESIDADES O REQUERIMIENTOS DE AGUA DEL CULTIVO.

USO SOSTENIDO: Uso continuado de la tierra sin deterioros graves o permanentes en la calidad de la tierra.

VALOR PRESENTE NETO: Valor actual de los beneficios menos el valor actual de los costos.

VAR: Variedad de alto rendimiento o cultivar de un cultivo, o VM-variedad moderna.

VIABILIDAD FINANCIERA DE LA EXPLOTACION: En función de los precios en puerta de la parcela o explotación y de la corriente de liquidez real se determina si el agricultor queda en una situación económica suficientemente mejor con el proyecto que sin él.

ZONA AGROCLIMATICA: Una unidad de tierra, definida en términos de clima principal (q.v.) y período de crecimiento (q.v.) que es climáticamente apta para un determinado grupo de cultivos y cultivares.

BIBLIOGRAFIA

Achar H.P. and Dastane N.G. Percolation losses, effective rainfall, and
1971 consumptive use of irrigated rice in black soils (Vertisols) by drum culture technique. Indian J. Agron. 16(3): 348-350.

Allison F.E. Soil organic matter and its role in crop production.
n.d. Development in Soil Science 3. Amsterdam; Elsevier Scientific Publishing Company.

Arens P.L. and Sivarajasingham S. Laboratory and field determination of
1979 importance for irrigation. World Soil Resources Report No. 50: 85-90. FAO, Roma.

ASAE. Irrigation - Challenges of the 80s. Proc. American Society of
1980 Agricultural Engineers Second National Irrigation Symposium. October 1980. 252 pags. ASAE Publication 6-81, St. Joseph, Michigan.

Badouin R. Economie et aménagement de l'espace rural. Presses
1979 Universitaires de France. 234 págs.

Beek K.J. From soil survey interpretation to land evaluation. In: Land
1980 reclamation and water management - developments, problems and challenges. ILRI Publication No. 27. Wageningen. 191 págs.

Beltrán J.M. Drainage and reclamation of salt-affected soils, Bardenas
1978 area, Spain. ILRI Publication No. 24. Wageningen. 321 págs.

Bergmann H. and Boussard J. Guide to the economic evaluation of irrigation
1976 projects. OECD, París. 247 págs.

Bernstein L. Salt tolerance of plants. USDA Agric. Inf. Bull. 283. 23 págs.
1964

Bernstein L. Salt tolerance of fruit crops. USDA Agric. Inf. Bull. 292.
1965 8 págs.

Bhattacharjee J.C. Land evaluation criteria for India. World Soil Resources
1979 Report No. 50: 38-52. FAO, Roma.

Bingham F.T. Phosphorus. Chapter 23. In: Diagnostic criteria for plants and
1973 soils. Chapman, H.D. (ed.) Dept. of Soils and Plant Nutrition, Riverside, California.

Black C.A. (ed.) Methods of soil analysis. Parts 1 and 2. Agronomy Monograph
1982 9 (Revised). Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.

Booher L.J. El riego superficial. FAO: Cuadernos de fomento agropecuario
1974 Nº 95. FAO, Roma.

Booker Agricultural International Ltd. Sugarcane as an irrigated crop. FAO
1979 World Soil Resources Report No. 50, 103-113.

Bos M.G. and Nugteren J. On irrigation efficiencies. ILRI Publication 19.
1974 Wageningen. 140 págs.

Bouwer H. Groundwater hydrology. McGraw Hill, New York. 480 págs.
1978

Boyko H. Saline irrigation for agriculture and forestry. Unesco Symposium.
1968 Junk, La Haya.

Brown Maxwell L. Farm budgets: from farm income analysis to agricultural
1979 benefit analysis. World Bank Staff Occasional Paper No. 29. Johns Hopkins University Press. Baltimore, 136 págs.

Brunt J. Principles and application of the "double pot" technique for rapid
1982 soil testing. Centre for Soil Research, Bogor, Indonesia. UNDP/FAO, AGOF/INS/78/006 Technical Note 14. 48 págs.

Buijs J. Irrigation requirement of rice, return flows and their effect on
1982 the irrigation capacity of a river. Papers International Symposium on Polders of the World, Lelystad, Países Bajos, págs. 653-663 ILRI, Wageningen.

Bunting E.S. Assessments of the effects on yield of variations in climate
1981 and soil characteristics for twenty crop species. Centre for Soil Research. Bogor, Indonesia. UNDP/FAO, AGOF/INS/78/006 Technical Note No. 12. 58 págs.

Carpenter N.R. Farm management and land use economist requirements for land
1979 evaluation. World Soil Resources Report No. 50: 207-209 págs. FAO, Roma.

Carruthers I. Irrigation development planning aspects of Pakistan
1968 experience. Wye College Dept. of Economics, Ashford, Kent.

Carruthers I. and Clark C. The economics of irrigation. Liverpool University
1981 Press. Liverpool, UK 320 págs.

Chapman H.D. Diagnostic criteria of plants and soils. Dept. of Soils and
1973 Plant Nutrition, Riverside, California. 793 págs.

Cheong Chup Lim. La ordenación integrada de las aguas en la agricultura.
1971 Estudio FAO: Riego y drenaje Nº 10, FAO, Roma, 30 págs.

Chin L.T. and Lee T.S. Water distribution system and planning for
1961 rotational irrigation. Proc. Far East Reg. Irrigation Seminar, Taipei, Taiwán, República de China. 1-12 May. 369-378 págs.

Chow V.T. (ed.) Handbook of applied hydrology. McGraw Hill, Nueva York.
1964

Christian C.S. and Stewart G.A. Methodology of integrated surveys. Unesco
1968 Nat. Resour. Rep. No. 6: 233-280. Unesco, París.

Clarke L.J. Report of land clearing for transmigration in the outer islands
1980 of Indonesia. UNDP/FAO, INS/78/012 Working Paper. 60 págs.

Clarke R.T. Mathematical models in hydrology. FAO Irrigation and Drainage
1973 Paper No. 19. FAO, Roma, 282 págs. (Reimpreso en 1984).

CSIRO. Annual Report 1978/80. Melbourne University Press, Melbourne.

Dastane N.G. A practical manual for water use research in agriculture.
1967 Indian Agricultural Research Institute, New Delhi. (Navabhara Prakashans, 759 Deccan Gymkhana, Poona 4).

De Datta S.K., Gomez K.A., Herdt R.W. and Barker R. A handbook on the
1978 methodology for integrated experiment-survey on rice yield constraints. IRRI, Los Baños, Filipinas.

Dehan A. Sprinkler irrigation requirements. World Soil Resources Report
1979 No. 50: 95-100. FAO, Roma.

Dent D. and Young A. Soil survey and land evaluation. Allen and Unwin,
1981 Londres. 278 págs.

Dieleman P.J. Notes on drainage. World Soil Resources Report No. 50:
1979 95-100.

Dieleman P.J. and Trafford B. Ensayos de drenaje. Estudio FAO: Riego y
1976 drenaje Nº 28. FAO, Roma. 140 págs.

Dieleman P.J. Drainage design factors. Fao Irrigation and Drainage Paper
1980 No. 38. FAO, Roma. 52 págs.

Diltz D.O. Methodology for quantitative economic land suitability evaluation for agriculture. Land Resources Survey, Sierra Leone. Technical Report No. 9. 145 págs.

Donnan W.W. An overview of drainage worldwide. Proc. ASAE Third National
1976 Drainage Symposium Chicago, USA. págs. 6-9. Am. Soc. Ag. Eng. St. Joseph, Michigan.

Doorenbos J. Estaciones agrometeorológicas. Estudio FAO: Riego y drenaje
1976 Nº 38. FAO, Roma, 117 págs.

Dumm L.D. Subsurface drainage by transient flow theory. J. Irrig. and
1968 Drainage Div. Proc. ASCE Dec. 1968. págs. 505-519.

Dunne T. and Leopold L.B. Water in environmental planning. W.H. Freeman.
1978 Oxford. UK. 818 págs.

Early A.C. et al. Land evaluation criteria for irrigated lowland rice. World
1979 Soil Resources Report No. 50: 114-144. FAO, Roma.

Eavis B.W. and Payne D. Soil physical conditions and root growth. In: Root
1968 Growth. ed. W.J. Whittington. Proc. 15th Easter School, University of Nottingham. Butterworth.

Eavis B.W., Ratliff and Taylor H.M. Use of a dead-load technique to
1969 determine axial root growth pressures. Agron. J. 61: 640-634.

Eavis B.W. Effects of flooding on sugarcane growth. 2. Benefits during
1971 subsequent drought. Proc. Internat. Soc. Sugar Cane Technologists 14th Congress. págs. 715-721.

Eavis B.W. 1972a Soil physical conditions affecting seedling root growth. 1. Mechanical impedance, aeration and moisture availability as influenced by bulk density and moisture levels in a sandy loam soil. Plant and Soil 36: 613-622.

Eavis B.W. 1972b Soil physical conditions affecting seedling root growth. 3. Comparison between root growth in poorly aerated soil and at different oxygen partial pressures. Plant and Soil: 151-158.

Eavis B.W. and Walker S.H. 1976 Irrigation water requirements. In: S.H. Walker et al. Development of the water resources of Bali: a master plan. LRDC Project Report No. 20. Surbiton, Surrey.

Eavis B.W. and Cumberbatch E.R. 1977 Sugarcane growth in response to mulch and fertilizer on saline-alkali soils. Agron. J. 69: 839-842.

Eavis B.W., Socratous G. and Makin M.J. 1979 Guidelines for computing irrigation water demand and the reduced crop production in years of water shortage. LRDC Project Report No. 80. Surbiton, Surrey. 80 págs.

Eavis B.W. and Walker S.H. 1982 Strategies for water resources development with special reference to Indonesia and Sri Lanka. Institute of British Geographers Conference Development Areas Study Group, Cambridge, Nov. 1982. Inédito.

El-Tom O.A. and Ali M.A. 1979 Criteria for irrigated vertisols in the Sudan. World Soil Resources Report No. 50: 145-159. FAO, Roma.

FAO. 1968a Guías para la descripción de perfiles de suelos. FAO, Roma, 70 págs.

FAO. 1968b Mahaweli Ganga Irrigation and Hydro-power Survey. Report FAO/SF: CEY/64/507. (Sri Lanka) FAO, Roma.

FAO. 1970 Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Boletín sobre suelos Nº 10. FAO, Roma, 252 págs.

FAO. 1972a Los materiales para avenamientos. Estudio sobre riego y avenamiento Nº 9. FAO, Roma, 128 págs.

FAO. 1972b El empleo del riego por aspersión. FAO: Cuadernos de fomento agropecuario Nº 95. FAO, Roma. 188 págs.

FAO. 1973 Mathematical models in hydrology. R.T. Clarke. FAO irrigation and Drainage Paper No. 19. FAO, Roma. 282 págs. (Reimpreso en 1984).

FAO. 1976a Esquema para la evaluación de tierras. Boletín de suelos de la FAO Nº 32. 66 págs. (Publicado también por ILRI en 1977, 87 págs.).

FAO. 1976b Ensayos de drenaje. P.J. Dieleman y B. Trafford. Estudio FAO: Riego y drenaje Nº 28. FAO, Roma. 140 págs.

FAO. 1976c Calidad del agua para la agricultura. R.S. Ayers y D.W. Westcott. Estudio FAO: Riego y drenaje Nº 29. Roma. 85 págs. (Edición revisada en prensa).

FAO. 1977a Control of waterlogging and salinity in the areas west of the Noubaria Canal. Report of the technical project review mission. FAO/AGO/EGY/73/048 K 7687.

FAO. 1977b Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riego y drenaje Nº 24. FAO, Roma. 194 págs.

FAO. 1978a 1980/81 Report on the agro-ecological zones project. World Soil Resources Report No. 48/1/2/3/4. FAO, Roma.

FAO. 1978b Water laws in Muslin countries. Irrigation and Drainage Paper No. 20/2. 223 págs.

FAO. 1979a Land evaluation criteria for irrigation. Report of an Expert Consultation, 27 February-2 March, 1979. World Soil Resource Report No. 50. FAO, Roma. 219 págs.

FAO. 1979b Soil survey investigations for irrigation. FAO Soils Bulletin No. 42. FAO, Roma. 188 págs.

FAO. 1979c Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. J. Doorenbos y A.H. Kassam. Estudio FAO: Riego y drenaje Nº 33. FAO, Roma, 112 págs.

FAO. 1980a Drainage design factors. P.J. Dieleman. Irrigation and Drainage Paper No. 38. FAO, Roma, 52 págs.

FAO. 1980b Land evaluation guidelines for rainfed agriculture. World Soil Resources Report No. 52. FAO, Roma. 118 págs.

FAO. 1980c Land resources for populations of the future. Report on the Second FAO/UNFPA Consultation. FAO, Roma, 369 p.

FAO. 1980d Uso óptimo de los fertilizantes para los cereales. Boletín FAO: Fertilizantes y nutrición vegetal. Nº 3. 32 págs.

FAO. 1982a Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. M. Sillanpää. FAO Soils Bulletin No. 48. 444 págs.

FAO. 1982b Organización, funcionamiento y mantenimiento de los planes de riego. J.A. Sagardoy, A. Bottrall and G.O. Uittenbogaard. Estudio FAO: Riego y drenaje Nº 40. 116 págs.

FAO. 1983 Guidelines for the preparation of irrigation and drainage projects. Revised version. April 1983. FAO/World Bank Cooperation Programme, FAO, Roma.

FAO. 1984 Directivas: evaluación de tierras para la agricultura de secano. Boletín de suelos de la FAO. Nº 52. FAO, Roma. 228 págs.

FAO. 1984 Land evaluation for forestry. Forestry Paper No. 48. FAO, Roma. 123 págs.

FAO/IBRD 1970 Cooperative Programme. Guideline for the preparation of feasibility studies for irrigation and drainage projects. FAO, Roma, 25 págs.

FAO/Unesco. Irrigation, drainage and salinity - an international source
1973 book. Hutchinson, Londres.

FAO/UNDP. Production agro-economics, Annex 8. Reconnaissance Land Resources
1979 Inventory for Agriculture. Philippines Bureau of Soils/FAO/UNDP Soil and Land Resources Appraisal and Training Project, Agusan River Basin, Isla Mindanao, Filipinas.

Feinerman E., Knapp K.C. and Letey J. Salinity and uniformity of water
1984 infiltration as factors in yield and economically optimal water application. Soil Sci. Soc. Am. 48(3): 477-481.

Flinn J.C. The simulation of crop-irrigation systems. In: Systems Analysis
1974 in Agricultural Management. J.B. Dent and J.R. Anderson. Wiley, Nueva York. 124-151 págs.

Frenkel H., Goertzen J.O. and Rhoades J.R. Effect of clay type and content,
1978 exchangeable sodium percentage and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 32-39.

Gil N. Watershed development with special reference to soil and water
1979 conservation. FAO Soils Bulletin No. 44. 275 págs.

Gittinger J.P. Economic analysis of agricultural projects. 2nd. ed. (For
1982 IBRD) Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Gomez K.A. and Gomez A.A. Statistical procedures for agricultural research
1976 with emphasis on rice. IRRI, Los Baños, Filipinas 264 págs.

Grant E.L. and Ireson W.G. Principles of engineering economy. Stanford
1974 University Press, Palo Alto, CA. (Ed. rev.) 640 págs.

Greenwood D.J. Effect of oxygen distribution in the soil on plant growth.
1968 In: Root Growth. ed. W.J. Whittington. Proc. 15th Easter School, University of Nottingham. págs. 202-223, Butterworth.

Gupta S.N. and Bhattacharya A.P. Water management of rice. Proc. 36th
1969 Annual Meeting Central Board of Irrigation and Power (India). In: Symposium on Optimum Requirements and Utilization of Water for Irrigated Crops. págs. 5-14.

Hagan R.M., Haise H.R. and Edminster T.W. Irrigation of agricultural lands.
1967 Am. Soc. Agron. Series Agron. No. 11. Madison, Wisconsin.

Hall J.M. The geography of planning decisions. Oxford University Press.
1982 62 págs.

Hamdi Y.A. Application of nitrogen-fixing systems in soil management. FAO
1982 Soils Bulletin No. 49. FAO, Roma. 188 págs.

Hansen V.E., Israelson O.W. and Stringham G.E. Irrigation principles and
1980 practices. 4th Edition. Wiley. 430 págs.

Hazlewood A. and Livingstone I. Complementarity and competitiveness of
1978 large and small irrigated farming: a Tanzanian example. Oxford Bulletin of Economics and Statistics.

Hesse P.R. A Textbook of Soil Chemical Analysis. John Murray, Londres.
1971 520 págs.

Hiler B.A. Drainage requirements of crops. Proc. 3rd National Drainage
1976 Symp. Chicago. Am. Soc. Ag. Eng.

Higgins G.M. and Kassam A.H. Regional assessments of land potential: A
1981 follow-up to the FAO/Unesco Soil Map of the World. Nature and Resources XVII(4): 11-23. Unesco, París.

Hoffman G.J. Irrigation management and salinity control. In: Irrigation -
1980 Challenge of the 80s. 166-174 pp. Proc. ASAE Second National Irrigation Symposium, Octubre 1980. St. Joseph, Michigan.

Hoffman G.J. and van Genuchten M. Th. Efficient water management for salinity control. ASA Monograph (en prensa).

Holm L.G., Plucknett Q.L., Pancho J.V. and Herberger J.P. The world's worst
1977 weeds: distribution and biology. Honolulu: Univ. Press of Hawaii. 609 págs.

Horning H.M. Irrigation and drainage (concepts and problems). World Soil
1979 Resources Report No. 50: 9-13.

Howell T.A., Bucks D.A. and Chesness J.L. Advances in trickle irrigation.
1980 In: Irrigation - Challenges of the 80s. Proc. ASAE Second National Irrigation Symposium. St. Joseph, Michigan.

International Commission on Irrigation and Drainage. Irrigated cotton.
1973 A worldwide survey. ICID, Central Office, 48 Nyaya Marg, Chanakyapuri, Nueva Delhi 110021, India.

ILRI. Drainage principles and applications. 4 Volumes. Edited from
1974 lecture notes of the International Course on Land Drainage. International Institute of Land Reclamation and Improvement, P.O. Box 45, Wageningen, Países Bajos.

ILRI. Land reclamation and water management - developments, problems and
1980 challenges. ILRI Publication No. 27. Wageningen. 190 págs.

IRRI. (sin fecha) Nitrogen and rice. Los Baños, Filipinas. 825 págs.

IRRI. (sin fecha) Climate and rice. Los Baños, Filipinas. 565 págs.

IRRI. Irrigation water management. IRRI Annual Report, 1974. págs.
1974 236-251. Los Baños, Filipinas.

IRRI. Changes in rice farming in selected areas of Asia. IRRI Los Baños,
1975a Filipinas, 377 págs.

IRRI. Improved rice varieties needed for world's deep water regions.
1975b IRRI Reporter 3/75. Los Baños, Filipinas.

IRRI. Irrigation and water management. Annual Report, 1975.
1975c págs. 250-266.

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante. Guida pratica per il
1982 rilevamento delle caratteristiche pedoagronomiche dei terreni. Elementi di agroclimatologia e valutazione della produttività ambientale. ISNP, Roma.

Jacovides P. Supporting report: Hydrology. Southern Conveyor Project,
1982 Cyprus, 1981. Water Development Dept. Cyprus and LRDC/ODA, Londres.

James B.W., Hanks R.J., Jurinar J.J. Modern irrigated soils. Wiley.
1982 235 págs.

Jassim H.F. Principles of regional soil survey, land evaluation and land
1982 use planning in Iraq. D.Sc. Thesis, University of Ghent.

Katyal J.C. and Ponnamperuma P.O., Zinc deficiency: a widespread nutritional
1974 disorder of rices in Agusan Del Norte, Filipinas. Agric. 58 (3 and 4). págs. 79-89.

Kheong Y.F. Contribution towards the development of a land cultivation
1982 system for Hevea brasiliensis cultivation in peninsular Malaysia. D.Sc. Thesis, University of Ghent.

Kraatz D.B. Revestimiento de canales de riego. Estudio FAO: Riego y drenaje
1971 Nº 2: Reeditado como Nº 1 de la Colección FAO: Fomento de tierras y aguas, 1977. FAO, Roma.

Lambrecht P.C. Crop-economic considerations. Centre for Soil Research,
1982 Indonesia UNDP/FAO/AGOF/INS/78/006 Technical Note No. 25. 99 págs.

Landon J.R. (ed.). Booker Tropical Soil Manual. Longman, Londres. 450 págs.
1984

Landon W.L. and Norvell W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron,
1978 manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42(3): 421-428.

Linsley R.K. and Franzini J.B. Water resources engineering. McGraw Hill,
1979 Nueva York. 688 págs.

Linsley R.K., Kohler M.A. and Paulhus L.H. Hydrology for engineers. 3rd ed.
1982 McGraw Hill, New York. 512 págs.

Livingstone I. and Hazlewood A. The analysis of risk in irrigation projects
1974 in developing countries. Oxford Bulletin of Economics and Statistics 41(1): 21-35.

Loveday J. (ed.) Methods for analysis of irrigated soils. Commonwealth
1974 Agricultural Bureau. Soils Tech. Commun. 54.

Lucas R.E. and Davis J.F. Relationships between pH values of organic soils
1961 and availability of 12 plant nutrients. Soil Sci. 92: 177-182. Michigan State University.

Luthin H.J. (ed.) Drainage of agricultural lands. Am. Soc. Agron. Monograph
1957 No. 7. Madison. 611 págs.

Maas E.V. and Hoffmann G.J. Crop salt-tolerance - current assessment.
1977 J. Irrig. and Drainage Div. ASCE 103: 115-132.

Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Irrigation. Min. Agr. Bulletin
1974 138, HMSO Londres. 141 págs.

Maletic J.T. Principles involved in selecting lands for irrigation. Bureau
1979 of Reclamation US Dept. of Interior, Denver, Colorado.

Maletic J.T. Land classification principles. Principles Lecture. August
1970 1970. Soil Scientist Training Institute, USBR (inédito) 29 págs.

Marr J.C. Grading for surface irrigation. State College of Washington,
1957 Extension Bulletin 526. 55 págs.

Marr. J.C. Furrow irrigation. University of California, Agricultural
1967 Extension Service. Manual 37. Univ. of California.

McMartin W. The economics of land classification for irrigation. The
1950 American Farm Economic Assoc. Vol. XXXII (4): 553-570.

McRae S.G. and Burnham C.P. Land evaluation. Monographs on soil survey.
1981 Clarendon Press, Oxford. 239 págs.

Michael A.M. Irrigation: theory and practice. Water Technology Centre, IARI,
1972 New Delhi. Vikas Publishing House, Nueva Delhi.

Monteith J.L. Solar radiation and productivity in tropical agriculture.
1972 J. of Applied Ecology 9 (3).

Moody K. Major weeds of rice in South and Southeast Asia. IRRI, Los Baños,
1981 Filipinas. 79 págs.

Mousli O.F. Methods of evaluation and classification of gypsiferous soils,
1979 and the suitability of these soils for irrigated agriculture.
World Soil Resources Report No. 50: 160-183. FAO, Roma.

Mustafa M.A. Appraisal of the water quality of the Blue and White Niles for
1973 irrigation use. African Soils XVIII(2): 113-124.

Nachtergaele F.O.F. Studies of some saline and sodic soils in Sudan. Soil
1976 Survey Administration, Tech. Bull. 24. FAO/UNDP Project, Wad
Medani. 91 págs.

Panabokke C.R. and Walgama, A. The application of rainfall confidence limits
1974 to crop water requirements in dry zone agriculture in Sri Lanka.
J. of National Science Council, Sri Lanka. Vol. 2. págs. 95-113.

Pearson G.A. Tolerance of crops to exchangeable sodium. USDA Agric. Inf.
1960 Bull. No. 216. 4 págs.

Pearson R.W. In: The plant root and its environment. (E.W. Carson, ed.)
1974 Univ. of Virginia Press, Charlottesville, Virginia.
págs. 247-270.

Peters W.B. Views on land selection for water and land development. World
1979 Soil Resources Report No. 50: 185-199.

Ponnamperuma F.N. Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the
1965 rice plant. IRRI Symposium on Mineral Nutrition of the Rice Plant. IRRI, February 1964. Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland. Págs. 295-328.

Ponnamperuma F.N. The chemistry of submerged soils. Adv. Agron. 24:
1972 29-96.

Ponnamperuma F.N. Specific soil chemical characteristics for rice production
1976 in Asia. IRRI Research Paper Series No. 2. Los Baños, Filipinas. 18 págs.

Ponnamperuma F.N., Attanandana T. and Beye G. Amelioration of three acid
1973 sulphate soils for lowland rice. In Proc. International Symposium on Acid Sulphate Soils, 13-20 August 1972. ILRI Publ. 18(2): 390-406. Wageningen.

Purnell M.F. The FAO approach to land evaluation and its application to
1979 land classification for irrigation. World Soil Resources Report No. 50: 4-8.

Radcliffe D. Land evaluation for padi rice. In Land and Water Technical
1979 Newsletter. Dec. 1979. FAO, Roma.

Rafiq M. Criteria for land evaluation for irrigation in Pakistan. World Soil
1979 Resources Report No. 50: 53-59.

Replogle J.A. and Merriam J.L. Scheduling and management of irrigation water
1980 delivery systems. In: Irrigation - Challenges of the 80s. Proc. ASAE Second National Irrigation Symposium. St. Joseph, Michigan.

Republic of Cyprus, Ministry of Agriculture and Natural Resources. Southern
1982 Conveyor Project Feasibility Study. 19 volúmenes.

Resler L.L. Irrigation suitability land classification: its application to
1979 land and water resources planning. World Soil Resources Report No. 50: 21-37.

Rijks D.A. Water use by irrigated cotton in the Sudan. Water use, potential
1976 evaporation and yield. J. Applied Ecology 13(2): 491-506.

Rhoades J.D. and van Schilfgaarde J. An electrical conductivity probe for
1976 determining soil salinity. SSSA Journal 40: 647-651.

Robertson C.A. and Eavis B.W. Summary Report, North-west Land and Water
1983 Resources Development Project, Sri Lanka. Published by Land Resources Development Centre, UK, for Ministry of Lands and Land Development, Sri Lanka.

Russell E.W. Soil conditions and plant growth. 10th Edition. Longman,
1973 Londres.

Rydzewski J.R. Irrigation development in Africa south of the Sahara.
1968 Potential and possibilities 1965-85. FAO Indicative World Plan for Agriculture Development. FAO, Roma.

Rydzewski J.R. (ed.) Irrigation development planning. Southhampton
1968 University, Reino Unido.

Seldon T.H. and Walker L.D. Economic evaluation and selection of lands for
1968 irrigation. USBR Pa Mong and Mun-Chi-Yang Projects Investigation Team, Thailand. Paper presented at Soil Survey Seminar. 28 págs. USBR. Bangkok.

Sen L.N. and Wickham T. Determination of effective rainfall for lowland
1977 rice. IRRI Saturday Seminar, 30 April 1977. Los Baños. Filipinas.

Sewell W.R.D., Davis J. and Scott A.D. Guide to benefit cost analysis.
1965 Queen's Printer, Ottawa, Canadá. 49 págs.

Sheng T.C. Protection of cultivated slopes: Terracing steep slopes in humid
1977 regions. FAO Conservation Guide No. 1: 147-180.

Sillanpää M. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global
1982 study. FAO Soils Bulletin No. 48. 444 págs.

Singh V.P., Corpuz I.T. and Wickham T. Improving the productivity of exposed
1976 subsoils in Talavera. Nueva Ecija. IRRI Saturday Seminar, 4 September 1976. Los Baños, Filipinas.

Smyth A.J., Eavis B.W. and Williams J.B. Diagnostic criteria for evaluating
1979 land for irrigation. World Soil Resources Report No. 50: 14-20.

Stanhill G. Simplified agroclimatic procedures for assessing the effect of
1973 water supply. Unesco Proceedings. Uppsala Symposium, 1970.

Stern R. and Coe R. The use of rainfall models in agricultural planning.
1982 Agri. Meteor 26 (1): 35-50.

Stewart-Jones W. The use of ferrous sulphate for treatment of chlorosis in
1976 sorghum in Saudi Arabia. UCNW/Saudi Publication No. 98.

Stewart-Jones W. and Kelso I. Research to develop techniques for identifying
1979 soils in which lime-induced chlorosis can be cured by ferrous sulphate application. Univ. College of Wales, Bangor, Project R3321.

Stutler R.K., James D.W., Fullerton T.M., Wells R.F. and Snipe E.R. Corn
1981 yield functions of irrigation and nitrogen in Central America. Irrig. Sci. 2. págs. 70-88.

Sys C. Evaluation of the physical environment for irrigation in terms of
1979 land characteristics and land qualities. World Soil Resources Report No. 50: 60-76.

Szeicz G. Solar radiation for plant growth. J. Applied Ecology II(2):
1974 617-636.

Taylor J.A. The role of water in agriculture. Pergamon. Oxford.
1969

Thomas P., Varley J.A. and Robinson J.E. The sulphidic and associated soils
1979s of the Gambia estuary above the proposed barrage at Yelitenda. The Gambia LRDC Project Report 89. 95 págs.

Todd D.K. Groundwater Hydrology. Wiley, Nueva York.
1959

Truoq E. Lime in relation to availability of plant nutrients. Soil Sci.
1948 65: 1-7.

Ulrich A. and Ohki K. Potassium. Chapter 24. In: Diagnostic criteria for
1973 plants and soils. Chapman, H.D. (ed.). Dept. of Soils and Plant Nutrition, Riverside, California.

Unesco/IASH/WHO. Floods and their computation. Proceedings of the Leningrad
1969 Symposium. August 1967. 2 Vols. 985 págs.

Unesco. Water in the unsaturated zone. Proceedings of the Wageningen
1969 Symposium. (serie de 2 volúmenes). Unesco, París. 995 págs.

Unesco. Groundwater studies. An international guide for research and practice (various supplements). Unesco, París.

USBR. Bureau of Reclamation Manual. Vol. V. Irrigated land use. Part 2.
1951 Land classification. Bureau of Reclamation, Dept. of Interior, Denver Federal Center, Denver, Col. 80225, EE.UU.

USBR. Instructions for the conduct of feasibility grade land
1967 classification surveys of the Lam Nam Oon Project - Thailand. Office of Chief Engineer, Denver, Colorado, EE.UU.

USBR. Drainage Manual. US Dept. of Interior. Bureau of Reclamation.
1978 Denver, Colorado.

USBR. Loan application guidelines. Small reclamation projects act
1981 (Public Law 84-948). US Dept. of Interior, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado. 217 págs.

USBR. Reclamation instructions. Series 110 Planning Part 115 Land
1982 Resources Investigations. US Dept. of Interior, Bureau of Reclamation. (Rev.) 72 págs.

USDA. Soil Conservation Service. National Engineering Handbook:
1964 Section 15, Irrigation. Chapter 12. Land levelling. USDA, Washington D.C.

USDA/ARS. Use of brackish water for irrigation in humid regions. Ag. Info.
1960 Bull. No. 213. 5 págs.

USDA/ARS. Determining consumptive use and irrigation water requirements.
1962 Technical Bulletin No. 276. 56 págs.

US Government Water Resources Council. Principles and standards for
1979 planning water and related land resources. Published in Federal Register Dec. 14, 1979. 13 págs.

US Government Water Resources Council. Procedures for evaluation of national
1979 economic development benefits and costs in water resources planning. Published in Federal Register Dec. 14, 1979. 85 págs.

US Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and improvement of saline and alkali
1954 soils. Agriculture Handbook No. 60, US Govt. Printing Office, Washington.

US Salinity Laboratory Staff. Salinity management in agriculture. (Given in Irrigation Challenges of the 80s as in preparation in 1981).

USWPRS. Irrigation water use and management. US Water and Power Resources
1980 Service. [USBR] Denver, Colorado.

US Water Resources Council. Principles for planning water and land
1970 resources. Report by the special task force. W.R.C. Washington D.C. 25 págs.

US Water Resources Council. Standards for planning water and land
1970 resources. Report by the special task force. W.R.C. Washington D.C.

Van de Goor G.A.W. and Zijlstra G, Irrigation requirements for double
1968 cropping of lowland rice in Malaya. ILRI Publication 14. Wageningen.

Vink A.P.A. Planning of soil surveys in land development. Veenman en Zonen.
1963 Wageningen.

Vink A.P.A. Report to the Government of Iraq on soils, Land reclamation and
1970 pilot projects based on the work of A.P.A. Vink. FAO/UNDP No. TA 2760. 38 págs. FAO, Roma.

Walker S.H. and Rushton K.R. Verification of lateral percolation losses from
1984 irrigated rice fields by a numerical model. J. Hydrology 71: 335-351.

Warnaars B.C. and Eavis B.W. Soil physical conditions affecting seedling
1972 root growth. 2. Mechanical impedance, aeration and moisture availability as influenced by grain size distribution and moisture content in silica sands. Plant and Soil 36: 623-634.

Water Development Department, Cyprus, and Land Resources Development Centre.
1982 Southern Conveyor Project Feasibility Study. WDD, Nicosia, and LRDC, Surbiton, Surrey.

Webster P.W.D. and Eavis B.W. Effects of flooding on sugarcane growth. 1.
1972 Stage of growth and duration of flooding. Proc. Internat. Soc. Sugarcane Technologists, 14th Congress. págs. 708-714.

Westcot D.W. Evaluation of water quality for irrigation development. World
1979 Soils Resources Report No. 50: 77-84. FAO, Roma.

Wickham T., Valera A. and Pal Singh U. Practices and accountability for
1977 better water management. National Workshop on Land Consolidation, Tailandia, julio de 1977.

Wilcox L.V. Boron injury to plants. USDA Bull. 211. 7 págs.
1960

Winger R. In-place permeability tests used for subsurface drainage
1965 investigation. Mimeograph. Division of Drainage and Groundwater Engineering, Office of Chief Eng., USBR, Denver, Colorado.

Worthington E.B. Arid land irrigation in developing countries: environmental
1977 problems and effects. Pergamon Press Int. Symp. 16-21 February 1976, Alexandria, Egipto.

Yahia H.M. Soils and soil conditions in sediments of the Ramadi Province,
1982 Iraq. Their genesis, salinity, improvement and use potential. Ph.D. Thesis. University of Amsterdam, Países Bajos.

Yang W.Y. Metodología de las investigaciones sobre administración rural.
1965 FAO: Cuadernos de fomento agropecuario Nº 80 (Rev.). FAO, Roma, 281 págs.

Yoshida T. and Anacajas R.R. Nitrogen fixing activity in upland and flooded
1971 rice fields. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37(1): 42-46.

Young R.A. The need for irrigation: an economist's view. In: Irrigation -
1980 Challenges of in the 80s. Proc. ASAE Second National Irrigation Symposium. pp. 22-28. St. Joseph, Michigan.