

“Evaluación de Tierras”

por

David G. Rossiter

**Universidad Cornell
Facultad de Agricultura & las Ciencias de la Vida
Departamento de las Ciencias del Suelo, de los Cultivos, y de
Atmósfera**

Agosto 1994

**Traducido por el proyecto
Proyecto CLAS/ITC**

**Cochabamba, Bolivia
Julio 1998**

Parte 1: Conceptos Básicos y Procedimientos de Evaluación de Tierras

Contenido Parte 1: “Conceptos Básicos y procedimientos de evaluación de tierras”

1. RESUMEN DE UN EJERCICIO DE EVALUACIÓN DE TIERRAS.....	4
1.1 CLIENTE, EVALUADOR, EXPERTOS, E INTERESADOS	4
1.2 EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE TIERRAS.....	6
1.3 ‘CARACTERIZACIÓN RÁPIDA’ APLICADA A LA EVALUACIÓN DE TIERRAS	12
2. PRINCIPIOS DE LA METODOLOGÍA DE FAO PARA LA EVALUACIÓN DE TIERRAS.....	13
2.1 ANTECEDENTES.....	13
2.2 TRES NIVELES DE DETALLE: ESQUEMA, GUIAS, EVALUACIONES	14
2.3 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL MÉTODO FAO	14
2.4 PUNTOS CLAVES	15
2.5 NIVELES DE APTITUD	16
3. ¿CUALES SON LAS ENTIDADES ESPACIALES A SER EVALUADAS?	18
3.1 DEFINICION DE ‘TIERRA’ SEGÚN LA FAO.....	18
3.2 UNIDADES DE MAPEO DEL INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES (IRN)	18
3.3 DELIMITACIONES DE UN IRN.....	19
3.4 UNIDADES DE MANEJO	19
3.5 UNIDADES ECONÓMICAS	20
3.6 AREAS DE PLANIFICACIÓN	20
3.7 CELDAS DE CUADRICULA.....	21
3.8 ESCALA Y PRECISIÓN.....	21
4. DEFINICIONES CLAVES DE LA ORGANIZACIÓN DE LA FAO.....	23
4.1 DEFINICIÓN DE LA FAO DE ‘TIPOS GENERALES DE USO DE LA TIERRA’	23
4.2 DEFINICIÓN DE LA FAO DE ‘TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA’ (TUT)	23
4.3 DEFINICIÓN DE LA FAO DE ‘REQUISITOS DE USO DE LA TIERRA’ (RUT).....	24
4.4 DEFINICIÓN DE LA FAO DE ‘CUALIDADES DE TIERRA’ (CT)	24
4.5 DEFINICIÓN DE LA FAO DE ‘CARACTERÍSTICAS DE LA TIERRA’(CAT).....	25
4.6 RESUMEN DE LA TERMINOLOGÍA	25
5. ESPECIFICACIÓN DE UN TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA.....	26
5.1 QUÉ SE INCLUYE EN LA ESPECIFICACIÓN DE UN TUT?	26
5.2 LISTA DE CONTROL PARA DEFINIR UN TUT.....	26
5.3 ESPECIFICACIÓN DESAGREGADA O JERÁRQUICA DE TUTS.....	28
6. SELECCIONANDO REQUISITOS DE USO DE LA TIERRA	29
6.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS REQUISITOS DE LA TIERRA	29
6.2 EFECTOS DE LAS CUALIDADES DE LA TIERRA.....	31
6.3 ESPECIFICACIÓN DE NIVELES DE SEVERIDAD DE LAS CUALIDADES DE LA TIERRA	32
6.4 TABLA PARA SELECCIONAR LOS REQUISITOS DE USO DE LA TIERRA	33
7. EVALUACIÓN DE LAS CUALIDADES DE LA TIERRA A PARTIR DE CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS DE LA TIERRA.....	34
7.1 TABLAS DE CORRESPONDENCIA.....	34
7.2 ARBOL DE DECISIONES	36
7.3 INDICES DE LA TIERRA CLASIFICADAS A PARTIR DE CARACTERÍSTICAS DE LA TIERRA	37
7.4 INDICES DE LA TIERRA A PARTIR DE VALORES CONTINUOS DE CAT	39
7.5 METODOS ESTADISTICOS EMPIRICOS.....	40
7.6 SIMULACIÓN DINÁMICA DE CUALIDADES DE LA TIERRA	40

8.	EVALUAR LA APTITUD GLOBAL DE LA TIERRA	42
8.1	EL CONCEPTO DE CLASES DE APTITUD	42
8.2	MÉTODOS DE EVALUACIÓN GLOBAL DE APTITUD FÍSICA	43
8.3	MÉTODOS DE EVALUACIÓN GLOBAL DE LA APTITUD ECONÓMICA	44
9.	GLOSARIO	45
10.	REFERENCIAS.....	48

Esta unidad introduce los conceptos y la terminología de la evaluación de tierras, usando el esquema de la FAO para la Evaluación de Tierras y las guías subsiguientes como sistema de referencia. En esta unidad aprenderemos qué resultados queremos de una evaluación de tierras y los procedimientos a seguir, en otras palabras, la estructura de un ejercicio de evaluación de tierras. En las unidades posteriores estudiaremos las técnicas analíticas necesarias para llevar a cabo una evaluación de tierras.

1. Resumen de un ejercicio de evaluación de tierras

Esta sección presenta la estructura completa de un ejercicio de evaluación. La mayor parte de los pasos se explicarán en más detalle en secciones posteriores.

Antes de presentar los pasos, definiremos los *actores* en este drama.

1.1 Cliente, Evaluador, Expertos, e interesados

Tipos de ‘actores’ en el proceso de evaluación de tierras:

Cliente: Una persona u organización que solicita el trabajo y que actuará en base a sus resultados. Llamado también el *usuario* de los resultados de la evaluación de tierras.

Evaluador: Es una persona que lleva a cabo la evaluación de tierras (esto significa usted!) quien debe entender los conceptos y la metodología de la evaluación, y ser capaz de usar las técnicas analíticas apropiadas y herramientas computarizadas que sean necesarias. El evaluador actúa como el intermediario entre el cliente y los expertos. Un evaluador de tierras debe tener un buen conocimiento de los recursos naturales y usos de la tierra, ser capaz de pensar en forma lógica y sistemática, ser capaz de usar computadoras con facilidad, y más que todo, ser capaz de comunicarse con los clientes, con los expertos de uso de tierras, y con los expertos del recurso tierra que usan un lenguaje especializado. La evaluación de tierras es un proceso de integración e iteración, es así que el evaluador debe tener una mente abierta.

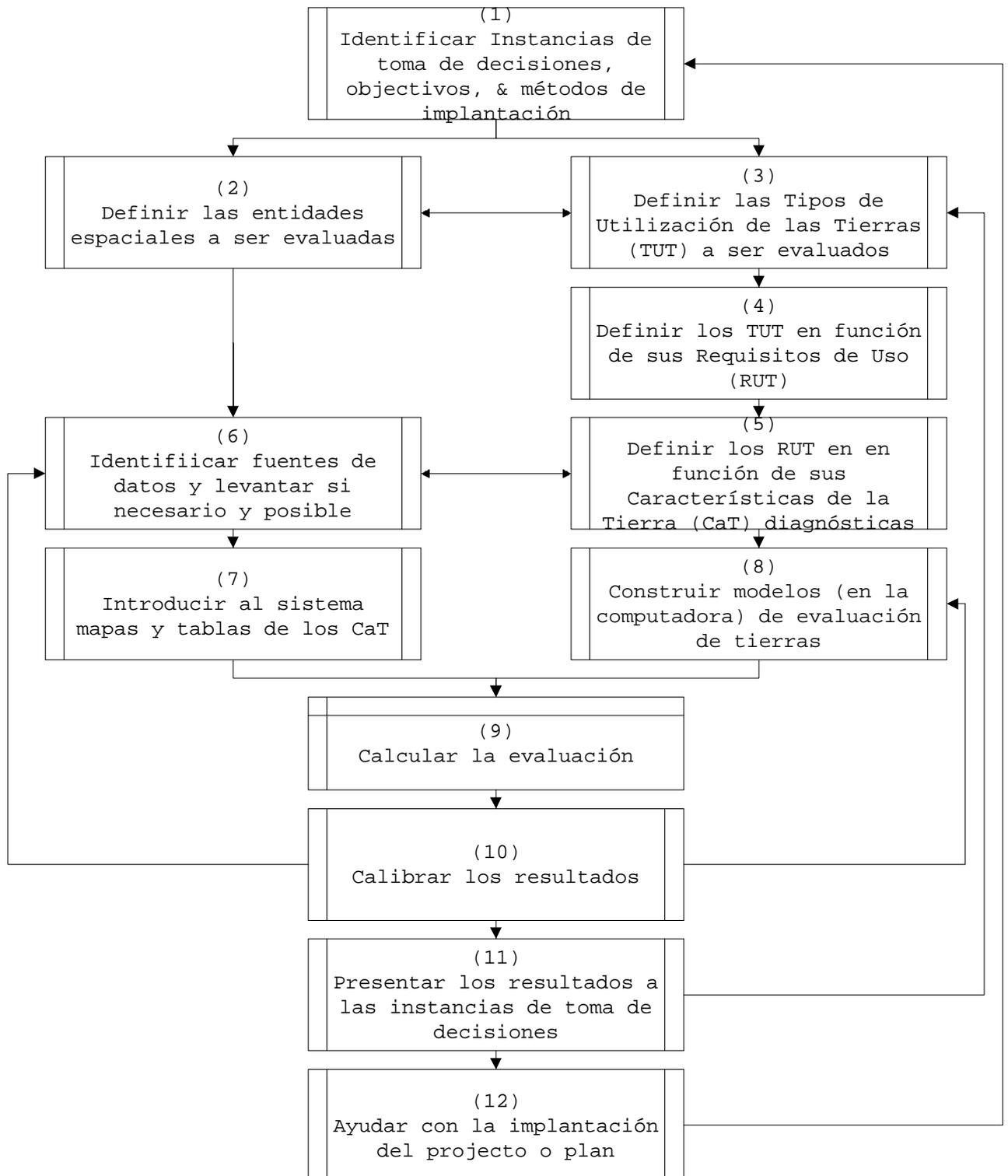
Experto de uso de tierras: Es una persona que tiene información acerca de un aspecto de la utilización de la tierra, por ejemplo, científicos de suelos, agrónomos, economistas, representantes rurales y agricultores con una buena capacidad de observación. El experto debe estar comprometido a sufrir una serie de entrevistas por el evaluador de tierras, y a revisar posteriormente los resultados de la evaluación preliminar. Esto no es un compromiso trivial de tiempo. Los expertos del uso de tierras piensan sobre su área de pericia en términos de especialista, y deben trabajar con el evaluador de tierras para expresar su conocimiento dentro de la estructura de evaluación de tierras.

Experto de recursos de tierras: Es una persona que tiene información sobre el recurso de tierras, por ejemplo, el levantador de suelos, climatólogos, censadores, representantes rurales y agricultores con una buena capacidad de observación. El experto debe estar preparado para explicar sus datos al interesado, en particular, su procedencia, y relación con la realidad, y ser capaz de construir unidades de mapeo y bases de datos en la forma requerida para la evaluación de tierras por medio de un sistema computarizado. El experto de los recursos de la tierra debe interpretar los datos en los términos requeridos por el evaluador de tierras.

Los agricultores u otra gente del medio rural son una categoría especial de expertos: a menudo íntimamente familiarizados con el uso de la tierra y las cualidades de la tierra en un área restringida, pero generalmente con un pobre entendimiento de las relaciones científicas (predicción) de los fenómenos observados. Sus observaciones pueden proporcionar un punto de partida excelente para la investigación futura.

Interesados: Todas las partes que serán *afectadas* por los resultados de la planificación de la toma de decisiones en base a la evaluación de tierras. Esto es generalmente la población rural entera del área de planificación, pero puede incluir a los trabajadores de las industrias relacionadas tal como el transporte y el procesamiento de alimentos.

1.2 El proceso de evaluación de tierras



Un ejercicio de evaluación de tierras puede ser dividido en doce pasos, tal como se muestra en la figura. Estos pasos ciertamente pueden tener una *retroalimentación*, en otras palabras, los resultados de un

paso pueden sugerir modificaciones que deben ser hechas en los anteriores pasos. La retroalimentación más importante se muestra en la figura, pero pueden haber otros. Por ejemplo, puede aclararse durante la identificación de fuentes de datos, que no hay suficientes datos para evaluar una cierta utilización de tierras.

Y por supuesto una vez que se haya terminado todo el proceso, es tiempo de comenzar de nuevo, con toda la experiencia que se ganó la primera vez, entonces debe aparecerse una flecha de la parte inferior hacia arriba de todo el diagrama.

Ahora discutimos cada paso de la figura en detalle.

1.2.1 (1) Identificar las instancias de toma de decisión, sus objetivos, y sus medios de realización.

El punto clave es que la evaluación de tierras no puede existir como una actividad aislada. Debe servir a las necesidades de la planificación de utilización de tierras, en algún sentido. Esto implica que hay una necesidad reconocida para planificar, y que los responsables de tomar decisiones están capacitados para planificar, es así que los resultados de la evaluación de tierras serán usados por aquellos que toman las decisiones para informar su plan. Por lo tanto, el primer paso en la evaluación de tierras debe ser el de determinar exactamente *quien* quiere planificar, sus *objetivos*, y el alcance de su impulso en cuanto a la implantación de cualquier plan que se haga.

Para llevar a cabo este paso, el evaluador conduce una serie de *entrevistas* con representantes de las instancias de toma de decisiones y las otras partes afectadas, y revisa los documentos pertinentes, para contestar las siguientes preguntas:

Instancia de toma de decisiones

¿Quiénes son los actores en la utilización de la tierra rural y cuales son sus roles? El que tiene la palabra es a menudo la parte que comisiona el estudio, en otras palabras, el cliente. En algunos casos, el estudio es *comisionado* por una parte para beneficiar a otra (ejemplo: FAO para beneficiar a una agencia nacional de planificación), en tal caso la última es la instancia de toma de decisiones.

Objetivos

¿Cuales son los problemas que se quieren resolver? (1) *Los Objetivos Generales*, por ejemplo, 'reducir la pobreza rural', 'promover la utilización racional de tierras', (2) *Los Objetivos Específicos*, por ejemplo, decidir donde mejorar los caminos rurales y donde localizar los centros rurales de ayuda. Estos objetivos determinan la selección de los tipos de utilización de tierras y las unidades de evaluación. Obviamente, mientras más específico es el objetivo, más fácil debe de ser el especificar los tipos de utilización de tierras que cumplirán el objetivo.

Recursos, Métodos de la realización y aplicación

¿Por cuales medios pueden afectar los que toman decisiones al uso de la tierra? ¿Qué hacen actualmente?, Y ¿qué piensan hacer con los resultados del estudio? ¿Usarán métodos directamente prescriptivos, indirectamente prescriptivos, o los métodos proscriptivos (sección anterior) ?

El punto aquí es evitar los tipos de uso de la tierra irreales (no factibles *diplomáticamente*). Un buen ejemplo es la reforma agraria: ¿el cliente tiene los recursos suficientes para comprar grandes propiedades para la distribución a los agricultores sin tierras? ¿Tiene el cliente el poder político de expropiar estas propiedades? Si no existe una manera práctica de adquirir la tierra, no tiene sentido incluir las haciendas asentadas en la evaluación (a menos que no se quieran mostrar los beneficios potenciales a los sin tierras, si hubiera maneras de expropiar estas tierras).

Otras partes afectadas

¿Cuales otras partes (no las que toman decisiones directamente) serán afectadas por la evaluación? ¿Cómo pueden ser incluidos en el proceso de la toma de decisiones? Estos son generalmente los *interesados* mencionados anteriormente como uno de los tipos de actores en el proceso. *Sin la participación activa* en la formulación de los objetivos y la realización de planes, es improbable que los resultados de la evaluación de tierras fueren útiles.

Es generalmente poco práctico involucrar a todos los beneficiarios en la evaluación de tierras y en el proceso de planificación; en su lugar sus *representantes* son incluidos. Esto es más fácil si ya existen organizaciones que representan a los beneficiarios, por ejemplo, las cooperativas campesinas, los sindicatos, y las asociaciones de profesionales. Por supuesto, si éstos no son democráticos, puede que hayan beneficiarios pobremente representados por sus supuestos líderes, en tal caso se debe buscar algún método para involucrar directamente a los interesados.

Resultados de esta fase

Un documento que detalla los puntos anteriores. Por favor, al grano! Un informe como 'ciudad X es por naturaleza una zona agrícola y campesina' o 'los problemas de la pobreza rural y la degradación de tierras son cada día más agudos' no son útiles a menos que ellos lleven a una política específica por parte de las instancias de toma de decisiones. Este documento debe ser aprobado por todos los interesados.

1.2.1 (2) Definir las *entidades espaciales* a ser evaluadas (unidades de evaluación)

Basados en la necesidad de planificación de las instancias de toma de decisiones. Inclusive las escalas de los mapas finales y los tipos de unidades de mapeo que pueden ser influenciados por los datos fuente (ver abajo).

Resultados de esta fase

La lista de las unidades de evaluación, cómo fueron definidas, el área mínima de decisión, el área total del proyecto, la escala del mapa o la resolución de acuerdo a los resultados de la evaluación.

1.2.2 (3) Definir los Tipos de Utilización de la Tierra (TUT)

Para ser evaluados, tanto los TUT *actuales* y como los TUT *potenciales*. (parte separada) Estas son las opciones del uso de la tierra, las cuales son especificadas con detalle suficiente para apoyar a las fases posteriores de la evaluación.

Resultados de esta fase

La lista de los tipos de utilización de tierras y su descripción detallada, preferiblemente de acuerdo con un formulario estándar preparado por el evaluador.

1.2.3 (4) Definir los TUTs en términos de sus *Requisitos de uso de la Tierra* (RUT)

Definir los TUTs por un conjunto de *Requisitos* más o menos independientes, los que son las condiciones generales de la tierra necesarias para un uso exitoso, según el sistema especificado por el TUT.

Esta es la definición computable de la utilización de la tierra. Los expertos de utilización de tierras participan en esta fase. (parte separada)

Resultados de esta fase

Para cada Tipo de Utilización de la Tierra, su lista de *Requisitos de uso de la Tierra*, el número de niveles de severidad correspondientes a la Calidad de la Tierra, y de su efecto sobre la aptitud, incluyendo los rendimientos disminuidos por efecto de las limitaciones, los costos incrementados, y las limitaciones físicas que sean aplicables. El evaluador debe llenar una planilla para cada TUT.

1.2.4 (5) Definir RUT en términos de sus *Características de la Tierra* (CaT) Diagnósticas

Identificar las características de la tierra que serán usadas para determinar hasta que punto los *Requisitos de Uso de la Tierra* son satisfechos en una determinada unidad de evaluación.

Los expertos en el recurso tierra y los expertos en el uso de la tierra participan en esta fase. (parte separada)

Resultados de esta fase

Una lista de las *Características de la Tierra*, para cada *Requisito de Uso de la Tierra* de cada Tipo de Utilización de Tierras, que serán usadas para evaluarlas, y una descripción general de cómo las CaTs serán combinadas.

1.2.5 (6) Identificar las fuentes de datos (y levantar datos sí es posible/necesario)

Recoger datos sobre las CaT diagnósticas definida en el paso anterior (notas separadas). Estos pueden influir en la elección de las unidades de evaluación. (arriba)

Resultados de esta fase

Una lista de las fuentes de datos, junto con las CaTs que serán suministradas para cada una.

1.2.6 (7) Ingreso de los datos tabulares y los mapas para las CaT

Dentro de la computadora, listos para el modelo. En el caso ideal, los datos deberían de estar ya disponibles en forma digital (por ejemplo, los mapas base de los US, modelos digitales de elevación, muchos mapas temáticos tales como suelos, registros climáticos) y que una simple conversión de formato sería lo mas que se requeriría. En general, la validación de datos, la entrada y la transformación serán necesarias.

Resultados de esta fase

Una base de datos computarizada y los mapas digitales, posiblemente incluyendo imágenes de sensores remotos.

1.2.7 (8) Construir modelos (computarizados) para la evaluación de tierras

(todos estos están en notas separadas)

1. Inferir las CTs de las CaTs diagnósticas.
2. Inferir las aptitudes de los TUTs de las CTs.
3. Modelar el desempeño económico de los TUTs.
4. Análisis geográfico (parte de 1, 2, o 3)
5. Optimización bajo limitaciones

Resultados de esta fase

El modelo computerizado por sí misma.

1.2.8 (9) Calcular la Evaluación

1. Aplicar el modelo para cada Combinación de TUT/unidades de evaluación.
2. Exportar los resultados para la optimización y/o análisis geográfico
3. Realizar la optimización y/o el análisis geográfico

En cada etapa, estimar la incertidumbre de los resultados.

Resultados de esta fase

Los resultados del calculo, en forma de tablas y mapas, preferiblemente en forma digital.

1.2.9 (10) Calibrar los resultados

Presentar los resultados preliminares a los expertos, verificar si es posible con la experiencia (sólo para TUTs actuales). Para TUTs potenciales, verificar la *consistencia interna* de los resultados, por

ejemplo, los rendimientos predichos y los costos y las ganancias predichas deben ser razonables y consistentes. Si fuera necesario, ajustar el modelo y recalcular.

Note que no hablamos acerca de la *validación* de una Evaluación de Tierras, porque eso implicaría que ¡cada utilización de la tierra se debería probar en cada área de tierra por un largo período de tiempo! Obviamente esto es imposible, así que calibraremos comparando con el juicio experto y la experiencia relacionada.

Resultados de esta fase

Lo mismo que (9) y (10), pero calibrado y extendido a todas las combinaciones de TUT/unidades de evaluación.

1.2.10 (11) Presentar los resultados a los usuarios

Sin una efectiva *divulgación* de los *resultados* de una evaluación de tierras, esta permanece como un ejercicio académico sin valor práctico, ni efecto sobre el uso de las tierras.

Resultados de esta fase

1. El reporte y los mapas que lo acompañan son los productos tradicionales de un ejercicio de evaluación de tierras y que son entregados al cliente que comisiono la evaluación de tierras. Sin embargo, éstos son estáticos y pueden ser mal interpretados. Por lo tanto, la situación ideal es que el evaluador mantenga una relación formal con el cliente, para (1) explicar cualquier cosa que no esté clara, (2) hacer los ajustes secundarios de la evaluación durante la fase de la realización, (3) extender la evaluación basado en las experiencias ganadas durante la realización. En otras palabras, una relación a largo plazo entre el evaluador y el usuario sería provechosa para ambos. Al menos, el proyecto de evaluación debe incluir una etapa de seguimiento.
2. El sistema automatizado mismo, con los datos y los modelos construidos para la evaluación, puede ser entregado al cliente. La mayoría de los clientes tienen recursos de computadora suficientes para recibirlo, posiblemente sin algunas partes o periféricos más especializados (por ejemplo, digitalizadores, plotters, pantallas de alta resolución de colores de despliegue) los cuales quizás fueron usados por el evaluador. El cliente puede recibir las instrucciones para estar en condición de cambiar los parámetros y volver a correr el modelo, y para producir informes *ad-hoc* (esto depende de su nivel de sofisticación).
3. Los *talleres técnicos* pueden ser presentados al cliente y otros dueños de tierras, explicando con todo detalle los procedimientos que se usaron en la evaluación. Para hacer que el proceso de toma de decisiones sea transparente, el cliente puede ganar el apoyo público para la realización del plan.
4. Los *talleres ejecutivos* pueden ser presentados a las instancias de toma de decisión y al público a fin de proporcionar una visión global del proyecto y de sus resultados.

En todos los métodos de divulgación, el evaluador de tierras debe tratar de transmitir la confiabilidad, u en forma opuesta la incertidumbre, de los resultados.

1.2.11 (12) Asistir con la realización del proyecto

Durante el curso del ejercicio, el evaluador de tierras debe haber sido íntimamente familiarizado acerca del área del proyecto y de sus problemas. Esta experiencia práctica no se debe perder, para que el evaluador deba tener un papel de asesor en la realización de las recomendaciones de la evaluación, quizás sirviendo en el equipo apropiado de planificación como un consejero técnico.

1.3 ‘Caracterización rápida’ aplicada a la Evaluación de Tierras

En cualquier actividad de ingeniería, es imprudente el invertir demasiado en las primeras etapas del proyecto, sin estar seguro de que los métodos a ser empleados funcionaran. Un enfoque a este problema es la llamada "solución preliminar rápida", en otras palabras, la idea es producir un prototipo de trabajo para ilustrar las características esenciales de la solución propuesta tan rápidamente como sea posible, para que el cliente pueda reaccionar al hecho de hacer las ideas visibles en el prototipo. Este enfoque se ha abocado especialmente en la ingeniería de software.

Aplicada para la evaluación de tierras, esto implica que a menudo es más efectivo para los costos el construir modelos simplificados incorporando los factores más críticos para un conjunto seleccionado de las utilidades de tierras más importantes o las unidades de evaluación más representativas, y asegurarse que esta evaluación dará resultados razonables y útiles.

Entonces, el modelo puede ser más complejo; un conjunto más amplio de usos de la tierra pueden ser modelados, y los datos pueden ser introducidos para todas las unidades de evaluación. Esto conducirá a una evaluación final. Este enfoque iterativo para la Evaluación de Tierras funciona mejor cuando el evaluador es aceptado como una parte mas o menos permanente del equipo de planificación, y no como un consultor contratado para producir un simple documento.

2. Principios de la Metodología de FAO para la evaluación de tierras

FAO = Organización de Alimento y Agricultura de las Naciones Unidas

Referencias: El informe original está en (Organización de Alimento y Agricultura de las Naciones Unidas, 1976) pero mejores referencias son las guías subsiguientes (Organización de Alimento y Agricultura de las Naciones Unidas, 1983, 1984, 1985, 1991). Van Diepen (1991) proporciona una revisión crítica (p. 153-172 y conclusiones). dysan

2.1 Antecedentes

Cerca del año 1970, crecía el descontento con sistemas entonces existentes de clasificación de tierras en la medida de planificar su habilidad de sostener el uso racional de tierras, en tres principales aspectos:

- (1) Los sistemas existentes de la clasificación de tierras eran en su mayor parte o completamente basados en factores físicos e ignorando aspectos socio económicos de utilización de tierras;
- (2) Ellos no especificaron usos de tierra lo suficientemente detallado para una evaluación real, ejemplo una clasificación simple estaba siendo aplicado para usos de tierra con Requisitos diferentes
- (3) Ellos fueron aplicados sin criterio fuera de su área de validez. Esto no es una falla del sistema como tal, excepto que estaban listos y aparentemente 'científicos', fáciles de aplicar, sin modificaciones obvias para condiciones locales, por evaluadores de tierras mal informados.

Los principales promotores del desarrollo del sistema FAO fueron científicos europeos de suelos que trabajaron en proyectos en desarrollo, especialmente Beek (1978), trabajando en Brasil. La Universidad de Cornell participo en la persona del Prof. Gerald Olson, en la FAO en 1972.

La división de Desarrollo de Tierras y Agua de la FAO, aproximadamente en 1973, patrocino grupos de trabajo, conduciendo la estructura de la publicación en 1976 (Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, 1976). Consecuentemente, la FAO organizo talleres llevando publicaciones de guías para evaluación de tierras.

- **Agricultura a Secano** (Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, 1983)
- **Agricultura con Riego** (Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, 1985).
- **Monte (zonas forestales)** (Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, 1981);
- **Pastoreo Extensivo** (Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, 1991); y
- **Zonas de pendiente fuerte** (Siderius, 1986).

Hoy en día se usa la esquema de la FAO en los proyectos FAO y UNDP, y por muchas agencias nacionales, con modificaciones y simplificaciones realizadas localmente. Es prácticamente desconocido y sin-influencia en los EE UU, por una variedad de razones. Entre las razones positivas están (1) el hecho de que los métodos existentes desarrollados por condiciones norteamericanas han servido bien para sus propósitos y (2) enfoques de modelamiento son mas populares y los datos de estos están disponibles. Entre las razones negativas son (1) la mentalidad ‘no fue inventado aquí’ y (2) la falta de experiencia/orientación internacional de los evaluadores de tierras.

La estructura de la FAO utiliza algunos términos técnicos, y algunas redefiniciones de términos comunes, que fueron acordados después de intensas negociaciones.

Según la opinión de van Diepen (1991) p. 196-197: en su concepción, la estructura FAO represento el estado del arte, prestando los mejores métodos existentes de clasificaciones de tierras; muchas debilidades e intentos de realización; “se están volviendo anticuados desde un punto de vista operacional, pero con una visión filosófica.

El juicio de Rossiter sobre van Diepen: el sistema está bueno, pero a veces se lo ha aplicado sin imaginación. Se puede extender el sistema con nuevas técnicas analíticas, guardando la misma estructura.

2.2 Tres niveles de detalle: Esquema, Guías, Evaluaciones

El método de FAO no es un método fijo de evaluación de tierras. Caso contrario, tiene una estructura flexible sustentada por guías para crear evaluaciones específicas.

1. *Esquema*: Como llevar a cabo una evaluación, incluyendo como seleccionar usos de tierra para evaluar y unidades de evaluación (mapas). Es solo una estructura, sin contenido (Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, 1976).
2. *Guías* (directivas): cuales factores (requisitos de uso, cualidades de la tierras) se consideran para evaluar ciertos tipos generales de usos de tierra (ejemplo: bosques), como evaluar estas cualidades. Estas han sido publicadas como Guías (Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, 1983, 1984, 1985, 1991, Siderius, 1986).
3. *Evaluaciones*: Ejercicios específicos de evaluación. Estos son diseñados por separado para cada problema y área, por el evaluador local. Por ejemplo, el Sistema de Evaluación de Tierras Papua Nueva Guinea (Venema & Daink, 1992).

2.3 Principios básicos del método FAO

(van Diepen *et al.*, 1991) p. 153-154

Estos son mayormente en respuesta a métodos previos (pre-1973).

1. La aptitud de tierras se evalúa y clasifica con respecto a tipos específicos de usos (opuesto a una escala simple de ‘bondad’ de la tierra);

2. La aptitud está definida por criterios tantos *económicos* como *físicos* (en la práctica no siempre lo hace así);
3. Se requiere un enfoque *multidisciplinario* (en la práctica, no solamente científicos de suelo);
4. Las evaluaciones deberían tomar en cuenta el contexto físico, económico, social y político del área de interés (por ejemplo, no evaluar para usos imposibles);
5. Aptitud se refiere a uso de tierra sobre una base *sostenida* (ejemplo, no puede disminuir los recursos base, en la práctica esto raras veces se logra);
6. ‘Evaluación’ involucra comparación de dos o mas alternativas de tipos de uso; esto parece redundante al punto 1.

2.4 Puntos claves

La estructura FAO distingue los siguientes tres puntos claves previos al sistema de clasificación de tierras:

Evaluar separadamente para cada uso *específico*, luego comparar

No existe una escala de ‘bondad’ de tierras desde ‘excelente’ a ‘pobre’; en cambio uno debe hablar de *muy apto* aunque tierra *no aptas* para un uso específico.

‘No existen áreas de tierras malas, solo usos de tierra inapropiados.’ (Parafrase: ‘No existen tierras difíciles, solo usuarios incompetentes de tierras’.)

Muchos ejemplos de áreas de tierra que son perfectamente aptas para un uso son extremadamente no aptas para otro. Por ejemplo, arroz con riego intensivo semi-mecanizado vs. áreas para expansión urbana. Ejemplo viveros de pino del Caribe en terrazas viejas de Pleistoceno del bajo Orinoco (Este de Venezuela) en suelos muy arenosos.

Una definición amplia de ‘tierra’

(próxima lección). No solo ‘suelo’; igual a ‘base de recursos físicos’.

Una amplia definición de ‘uso de tierra’

El *Tipo de Utilización de Tierra* es una descripción detallada, en un nivel apropiado de detalle, del uso de tierra (última clase). Esto incluye todas las características del *sistema de producción* y contexto social cuya aptitud de influencia, incluyendo: (1) productos (tal vez en un sentido amplio), (2) ingresos (dentro y fuera de la unidad productiva), (3) calendario de producción, (4) mercados y otras influencias externas.

La tierra debería ser evaluada en ambos términos: físicos y económicos

Idealmente, se emprenden una evaluación de tierras a la vez *físico* y *económica*.

Una evaluación *física* de tierras se basa sólo en los factores físicos que determinan si un TUT puede ser realizado en un área de tierra, y en la naturaleza y la severidad de limitaciones o peligros físicos.

Una evaluación *económica* de tierras se basa en alguna medida económica de beneficios netos, debería un TUT dado ser aplicado en un área de tierra dada.

La evaluación física revela la naturaleza de limitaciones y peligros para lo cual es información útil al manejador de tierras; sin embargo, la evaluación económica revela los beneficios económicos esperados para lo cual en general conduce el proceso de toma de decisiones, o es por lo menos un *sina qua non* para utilización exitosa de tierras.

2.5 Niveles de aptitud

La aptitud de la tierra se puede definir como "la capacidad de un tipo de tierra para una clase especificada de utilización de tierra" (Organización de Alimento y Agricultura de las Naciones Unidas, 1985).

Dependiendo de los objetivos de la evaluación, la aptitud de una unidad de evaluación para una utilización de tierras se puede describir en cuatro niveles de detalle. Vea (EUROCONSULT, 1989) p. 140-142. De muy general a muy específico, éstos son:

(1) ordenes de aptitud

Todas las tierras están divididas en dos ordenes de aptitud, de acuerdo a si las tierras son aptas o no para un TUT dado.

‘S’ = Apto, ‘N’ = no Apto, para un uso determinado.

(2) clases de Aptitud

Estos son divisiones de las órdenes de aptitud que indican el *grado* de aptitud, apto vs. no apto.

‘A1’ = apto

‘A2’ = moderadamente apto

‘A3’ = marginalmente apto,

‘N1’ = inapropiado por razones económicas pero de otro modo marginalmente apto,

‘N2’ = inapropiado por razones físicas.

El termino 'moderado' y 'marginal' son especificados durante el curso de la evaluación.

N2 implica limitaciones que no son corregibles dentro del contexto del tipo de utilización de tierras.

En evaluaciones *físicas*, A3 & N1 se combina en 'A3/N1' porque la distinción entre éstos es puramente económica (el beneficio/costo de sobreponer la limitación). Los límites entre A1 y A2, A2 y A3/N1 son arbitrarios o basados en un simple factor de reducción de rendimiento.

En evaluaciones económicas, los límites entre A1 y A2, A2 y A3, y A3 y N1 se hacen a base del valor económico previsto (varias medidas, discutiremos éstos con todo detalle).

Nota: El usar 4 (físico) o 5 (económico) clases es arbitrario, excepto la división del orden 'N' en clases 'N1' (físicamente apto pero económicamente inapropiado) y 'N2' (físicamente inapropiado). El número de grados intermedios de 'apto' podría ser reducido de tres a dos o ser expandido.

(3) subclases de aptitud

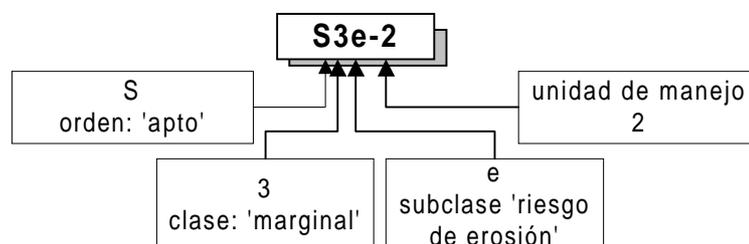
Estos son divisiones de clases de aptitud que indican no sólo el grado de aptitud (como en clases de aptitud) pero también la naturaleza de las *limitaciones* que hacen a la tierra menos apto. (así, la clase A1 de aptitud no tiene subclases.)

Los códigos de subclases consiste de código de clases de aptitud, aumentado un sufijo que indica la naturaleza de las limitaciones. Hay una lista sugerida de sufijos en algunos de las guías. Por ejemplo. 'A3e' : marginalmente apto ('A3') causa del peligro de la erosión ('e'), 'A3w' : marginalmente apto ('A3') causa de humedecimiento ('w').

(4) Unidades de aptitud

Estos son las divisiones de subclases de aptitud, designado por números dentro de subclases, por ejemplo 'A3e-3', que significa ser manejado de igual forma. Estos tienen diferentes *requisito de manejo*, pero el mismo grado de limitación y la misma *clase general de limitación* (porque estos son las divisiones de subclases). Por ejemplo. 'Moderado' limitaciones de fertilidad, pero una unidad de manejo puede requerir K extra y otro exceso de P.

Resumiendo, podemos ver la naturaleza jerárquica de la clasificación de aptitud y el código correspondiente:



Aptitud actual vs. potencial

A veces queremos indicar al planificador de aptitud de un área de tierra como es ahora y/o bajo suposiciones actuales (aptitud actual) y como sería donde la tierra esta modificada (*potencial*), generalmente por un mejoramiento de tierras o un desarrollo de infraestructura (drenaje, irrigación, saneamiento, construcción de caminos de acceso).

En este caso, la aptitud se indica en dos partes, separado por una raya, con el tipo de mejoramiento implicado o indicado. Esto puede estar en cualquier nivel de detalle. Por ejemplo, en el nivel de subclase de aptitud: 'A3w/dA1' : actualmente marginalmente apto a causa de humedecimiento ('w'), pero después de un drenaje ('d') sería altamente apto.

3. ¿Cuales son las entidades espaciales a ser evaluadas?

Antes de que podamos evaluar la "tierra", debemos definir lo que significa este término. Ya que la tierra tiene una extensión geográfica, debemos decidir cuales áreas contiguas evaluar: éstas son las *unidades de evaluación* (UE). También antes que podamos evaluar, debemos decidir la *escala de mapa* apropiada de la evaluación.

3.1 Definición de 'Tierra' según la FAO

Una definición larga pero informativa: la *Tierra* esta definida como 'una área de la superficie de la Tierra...

... incluyendo todas los atributos estables o cíclicos dentro, encima y debajo de esta área...

...Incluye la atmósfera, el suelo y la geología, la hidrología, plantas y población de animales, ...

...y los resultados de la *actividad humana* en el pasado y presente, hasta el punto que estos atributos ejercen una influencia sobre los presentes y futuros usos de la tierra por los humanos.'

(Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985) p. 212.

Note que en esta definición, 'la tierra' es mucho más que "suelo", "topografía", "clima", "división política", etc. y de hecho es un concepto geográfico integrado (tanto físico cómo humano). Incluye la ocupación humana hasta el punto que esto influye en el uso de la tierra.

Área gris: ¿Esta definición de la tierra incluye los atributos no cíclicos que pueden ser representados por una serie cronológica, en particular, el clima (no solo el promedio)? En la práctica, sí.

Esta definición nos lleva a una pregunta: ¿Qué es el 'área' de esta definición? Revisamos seis posibles definiciones: (1) unidades de mapeo de Inventarios de Recurso Naturales (IRN); (2) delimitaciones de IRN; (3) unidades de manejo; (4) unidades económicas; (5) áreas de planificación; y (6) celdas de cuadrícula. A ver:

3.2 Unidades de Mapeo del Inventario de los Recursos Naturales (IRN)

Cuando se empieza la evaluación ya con datos de una base de datos de los *recursos naturales* (por ejemplo, estudios de suelos o mapas climáticos), la unidad de mapeo como se muestra en el mapa de recursos como una *simple clase de leyenda*, o cuando deriva de un cruce de varios mapas (por ejemplo, sobreposición de tipos de suelos con tipos de clima), es considerado *suficientemente homogéneo* con respecto a las características de la tierra implicadas por la leyenda, y forma las unidad de análisis. La unidad de mapeo del IRN se llama también una clase o categoría de la leyenda.

Esto ha sido el enfoque tradicional para evaluaciones físicas de tierras basadas en interpretaciones de estudios de suelos o zonas agro-ecológicas. El análisis simple considera que todas las delimitaciones de la unidad de mapeo son iguales, no importa donde estén localizado. Este punto de vista es adecuado para evaluaciones de limitaciones para el uso de los recursos naturales *in-situ* (por ejemplo, las limitaciones a la adaptación del cultivo o cosecha) y un análisis económico que no depende de la ubicación geográfica pero sólo de las características *in-situ* de las unidad de mapeo (por ejemplo, la fertilidad del suelo). Los resultados económicos son *normalizados* por hectárea u otra unidad de medida de áreas.

3.3 Delimitaciones de un IRN

Puede ser que se desea evaluar por separado cada *delineación* de la unidad de mapeo del inventario de los recursos naturales. Existen *áreas individuales conectadas* de la unidad de mapeo del IRN, y son a menudo relativamente pequeñas y compactas. En este tipo de evaluación, el análisis puede considerar la geografía de la delimitación, por ejemplo su localización con respecto a las características culturales tales como caminos y ciudades, como también su tamaño y forma, por ser características de la superficie que pueden ser utilizadas en la evaluación.

Esta clase de unidad de evaluación es apropiada cuando la aptitud depende de la proximidad (por ejemplo: si los costos de transporte son importantes), o si las características espaciales de la delimitación son importantes (por ejemplo: se necesita un tamaño mínimo). En la evaluación económica, tales delimitaciones son analizadas por separadas. Los resultados pueden ser expresados en unidades por área o por delimitación.

El problema de la evaluación de todas las delimitaciones separadas es el número de delimitaciones en un mapa típico (1,000s a 10,000s), comparado con el número de unidades de mapeo (10s a 100s), y consecuentemente el alto almacenamiento de datos y costo de procesamiento. Esto pierde importancia con el avance de la tecnología.

3.4 Unidades de manejo

Una unidad de manejo, a veces llamada una *área de decisión*, es una área de tierra que el que la maneja (productores o planificadores) tratará de una manera distinto a otras áreas. Estas pueden ser bastante grandes, por ejemplo, en los monocultivos mecanizados en gran escala, o muy pequeño, por ejemplo, en la agricultura de subsistencia.

Si el objetivo de la evaluación es determinar las opciones de utilización de unidades de manejo existentes, tiene sentido usar estos directamente como unidades de evaluación. Cada unidad de manejo se localiza únicamente, así que las consideraciones geográficas se pueden incluir en el análisis.

Nota: Si las unidades son definidos por el patrón actual de uso de tierras (por ejemplo campos o parcelas), estas unidades son casi siempre menos homogéneas con respecto a los recursos naturales que las unidades de mapeo “naturales” de un IRN, porque los límites de los recursos naturales raras veces corresponden exactamente con los límites de las unidades de manejo. Existen dos maneras de solucionar este problema: (1) usar el valor dominante o más prevaleciente de cada característica de la tierra como el valor representativo de la unidad de manejo, con una pérdida de precisión en el análisis, o (2) la unidad puede ser definida como una unidad compuesta, con dos o más constituyentes

homogéneos presentes en una proporción definida. En este caso, se introducen los datos para cada constituyente por separado, cada uno es evaluado por separado para cada propósito de uso de la tierra, y el resultado está combinado en proporción lineal según las proporciones definidas por los constituyentes. Si esta suposición es válida depende del tamaño de la unidad de manejo y el uso de la tierra. Por ejemplo, una plantación forestal normalmente está implantada en toda la parcela, aún si algunas áreas de la parcela tengan limitaciones; caso contrario, en la mecanización de la producción de cereales, no es factible sembrar en lugares húmedos, lo cual se evitara durante las operaciones de campo.

Los resultados de la evaluación económica se expresan generalmente en base a la unidad de manejo, en otras palabras normalizado o por el resultado de unidad de área multiplicado por el área de unidad de manejo para obtener un resultado por predio. Estos resultados pueden ser agregados al nivel de la unidad productiva.

3.5 Unidades económicas

Una *unidad económica* es la agrupación de unidades de manejo (ver arriba) controlada por un usuario de la tierra (planificación directamente prescriptiva). Aunque las decisiones podrán ser tomadas por separado para cada una de las unidades de manejo, el usuario de tierras (o agencia de zonificación) puede aún requerir una asociación de actividades enfocadas en la unidad económica entera o área planificada, porque el beneficio global de la unidad económica es importante para el usuario, no el beneficio de cada unidad de manejo.

Además, la unidad económica usualmente tiene sólo una fuente de recursos (maquinaria, personal, ingresos, capital) lo cual es normalmente insuficiente para toda combinación posible de actividades. Entonces, las unidades económicas deben ser consideradas como un total, para (1) asegurar la asociación correcta de actividades y (2) optimizar el uso de los recursos escasos.

Ejemplo: La ganadería de leche necesita un mezcla de cereales, pastos, ensilaje y heno en una proporción definida.

Ejemplo. Si solamente se dispone de la mano de obra familiar, esta cantidad es obviamente limitada.

El procedimiento usual es evaluar cada *unidad de manejo* por separado (sección previa), detallando sus ingresos y salidas, entonces usar estos resultados para *optimizar* la unidad económica, tomando en cuenta las restricciones y los objetivos de la unidad en total.

3.6 Areas de planificación

Un *área de planificación* es la agrupación de unidades de manejo influidas por una agencia de planificación (planificación proscriptiva o indirectamente prescriptiva). Aunque las decisiones serán tomadas separadamente para cada unidad de manejo, la agencia de zonificación normalmente tiene una asociación de objetivos que debe satisfacer para el área total de planificación, tales como zonas de *restricciones geográficas* simultáneas de tierra.

Entonces, se debe tomar todo el área de planificación como una sola unidad.

Las restricciones de producción: minimizar o maximizar la extensión de tierra o la cantidad de producto. Por ejemplo: al menos 10 ha para desarrollo campesino, al menos 1,000 ha para reserva de conservación.

Las restricciones geográficas. (no) adyacencia, proximidad. Ejemplo: no se puede tener un desarrollo de 'camping' adyacente a una reserva de conservación, o, las parcelas deben estar por lo menos a 50m de un pantano.

El procedimiento usual es evaluar cada *unidad de manejo* por separado, detallando sus ingresos y salidas, luego usar estos resultados para localizar la tierra iterativamente, respetando las restricciones geográficas.

3.7 Celdas de cuadrícula

Las celdas de malla son divisiones relativamente pequeñas, regulares y "homogéneas" del área de tierra, que cubren el área de evaluación. Ellas corresponden a los llamados "píxeles" de una imagen de sensores remoto. Están relacionados a la tecnología de Sistemas de Información Geográfica basados en cuadrículas ('raster').

Se realiza la evaluación para cada celda, y los resultados son expresados por celda. Los resultados pueden ser transformados a áreas de tierra por unidad simplemente dividiendo por el área de celda. Los resultados pueden ser agregados en cualquier grupo de celdas que pueden ser delimitados (por ejemplo, unidades de manejo), simplemente sumando el grupo de celdas.

3.8 Escala y precisión

Una decisión importante en la evaluación de tierras es la *escala de mapas* de los resultados de la evaluación.

Incluso si una evaluación no produce mapas (no es una buena idea!) todavía queda el concepto de *área mínima de decisión*, en otras palabras, el tamaño de las áreas individuales de tierras para lo cual las decisiones deberán ser tomadas, y la extensión de proyecto, en otras palabras el tamaño del área total de proyecto.

La relación básica entre la escala del mapa y el tamaño del polígono viene de (Forbes, Rossiter & Van Wambeke, 1982). El área de decisión *mínima* (ADM) corresponde a la *delimitación óptima legible* (DOL) de un mapa, convertida a escala terrestre. El DOL es convencionalmente tomando para tener 4 veces la *delimitación mínima legible* (DML) de 0.4cm^2 , es decir, 1.6cm^2 en el mapa.

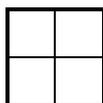


Figura: Las celdas pequeñas son 1 DML (0.4cm^2), el grupo de 4 celdas son 1 DOL (1.6cm^2).

Nota. Algunos autores tales como Vink (1975) usan 0.25cm² para el DML y 1cm² para el DOL, estos se ven muy pequeños, aunque para los propósitos de convertir un documento o mapa vector a la representación de raster, usando estos pequeños tamaños el resultado será un mapa de raster más exacto. Consultar los textos sobre SIG.

Formula para determinar el ADM en hectáreas (= 10.000 m²; 100 ha = 1 km²):

$$ADM \text{ ha} = 1.6\text{cm}^2 \times 10^{-8} \text{ ha cm}^{-2} \times (\text{Factor_de_escala mm}^{-1})^2$$

Por ejemplo, un mapa a 1:100.000 (factor de escala 10⁵) tiene un ADM de 1.6 x 10² ha (160 ha). A continuación algunos ADMs típicos:

<i>Escala de Mapa</i>	<i>DML</i>		<i>DOL ≈ ADM</i>	
1:5 000	0.1 ha	(1,000 m ²)	0.4 ha	(4,000 m ²)
1:10 000	0.4 ha	(4,000 m ²)	1.6 ha	
1:20 000	1.6 ha		6.4 ha	
1:25 000	2.5 ha		10 ha	
1:50 000	10 ha		40 ha	
1:100 000	40 ha		160 ha	(1.6 km ²)
1:200 000	160 ha		640 ha	(6.4 km ²)
1:250 000	250 ha	(2.5 km ²)	1 000 ha	(10 km ²)
1:500 000	1 000 ha	(10 km ²)	4 000 ha	(40 km ²)
1:1 000 000	4 000 ha	(40 km ²)	16 000 ha	(160 km ²)
1:2 000 000	16 000 ha	(160 km ²)	64 000 ha	(640 km ²)
1:5 000 000	100 000 ha	(1 000 km ²)	400 000 ha	(4 000 km ²)

Podemos invertir esta relación para encontrar la escala necesaria para un ADM dado:

$$\text{Factor_de_escala mm}^{-1} = \sqrt{ADM \text{ ha} \cdot 0.625\text{cm}^{-2} \cdot 10^8 \text{cm}^2 \text{ha}^{-1}}$$

Por ejemplo, para planificar para un ADM de 100ha necesitamos un mapa en una escala de 1:79 057 (aprox. 1:80 000) o mayor.

Note que para un mapa de escala *más grande*, se necesita una ampliación de mapa *más grande* para mostrar un área de tierra dada, por lo tanto un mapa “a gran escala” es capaz de mostrar características de la tierra con más precisión. Además la escala es más grande en el sentido matemático, porque como el factor de escala decrece, la fracción por sí misma se vuelve más grande, es decir., más lejos de cero.

4. Definiciones Claves de la Organización de la FAO

Aquí se presentan algunas definiciones claves de los términos usados por la Organización de la FAO. En las secciones posteriores veremos como especificar los Tipos de Utilización de la Tierra, como seleccionar sus Requisitos de Uso de la Tierra, y como seleccionar y usar un diagnóstico de Características de la Tierra para evaluar las correspondientes Cualidades de la Tierra.

Referencias: (Beek, 1978, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1983, 1984, 1985, 1991, Vink, 1975)

4.1 Definición de la FAO de ‘Tipos Generales de Uso de la Tierra’

“Una subdivisión mayor del uso de tierra rural, tal como agricultura a secano, agricultura con riego, pastizales, bosques, recreación” (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1976)

Las Directivas añaden ‘cultivos anuales, cultivos perennes, cultivos de empantanamiento de arroz, plantaciones forestales, bosques naturales’ lo que parece más específico. No existió el intento de crear una clasificación jerárquica de los usos de la tierra. Cualquiera de las mejores clases de uso de la tierra son cobertura, al menos en teoría, por sus propias Directivas.

4.2 Definición de la FAO de ‘Tipo de Utilización de la Tierra’ (TUT)

“Una clase de uso de la tierra que está descrita o definida en un grado de detalle mayor que una tipo general de uso de tierra (q.v.)” (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1976)

“En el contexto de agricultura *con riego*, un Tipo de Utilización de la Tierra se refiere a un cultivo, combinación de cultivos o sistemas de cultivo con irrigación específica y métodos de manejo en un contexto técnico y socio-económico.” (FAO, 1985)

“En el contexto de agricultura sin riego, un tipo de utilización de la tierra se refiere a un cultivo, una combinación de cultivos o sistema de cultivos en un contexto técnico y socio-económico”. (FAO, 1983)

“Un tipo de utilización de la tierra [en bosques] consiste de especificaciones técnicas en un contexto físico, económico y social”. (FAO, 1984)

Puntos Claves: (1) El contexto debe ser explícito, tanto socioeconómico como técnico; (2): se requiere una especificación técnica completa: cuales cultivos, en qué secuencia, con qué insumos, etc. Estos puntos son un avance importante sobre métodos previos de evaluación de tierras.

Más abajo se explica en más detalle cómo definir y especificar un Tipo de Utilización de la Tierra.

4.3 Definición de la FAO de ‘Requisitos de Uso de la Tierra’ (RUT)

Un *Requisito de Uso de la Tierra* (RUT) es una condición de la tierra necesaria para la realización exitosa y sostenida de un Tipo de Utilización de la Tierra. Cada TUT se define mediante un conjunto de RUTs. El RUT represente el lado de demanda en la ecuación tierra – uso, o sea, qué requiere el uso de la tierra.

Se puede pensar en los TUT como propiedades generales que “requieren” algo de la tierra; estos son los RUTs. Están en el mismo nivel de generalización que las Cualidades de Tierra (abajo).

Por ejemplo, las plantas requieren agua para crecer, esto podría llamarse el ‘requisito de humedad’. El suelo debe ser mantenido sin degradación química, esto puede llamarse el requisito de ‘prevención de salinización’.

Los RUTs pueden ser reunidos en grupos, por ejemplo ‘Requisitos de cultivos’, ‘Requisitos de manejo’, ‘Requisitos de conservación/medio ambiental’, como se verá en una tabla posterior.

4.4 Definición de la FAO de ‘Cualidades de Tierra’ (CT)

Una *Cualidad de la tierra* (CT) es “[un] atributo complejo de la tierra el cual influye de una manera distinta a otras cualidades de la tierra en su influencia en la aptitud de la tierra a una clase específica de uso”. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1983)

“Una *Cualidad de la Tierra* es la habilidad de la tierra para cumplir Requisitos específicos” para el TUT (van Diepen *et al.*, 1991) p. 159, es decir, para cada RUT existe un correspondiente CT.

Las Cualidades de la Tierra son el lado ‘proveedor’ de la ecuación tierra – uso: qué puede ofrecer la tierra para el uso. Esto es una diferencia semántica, o una diferencia de punto de vista, de los Requisitos de Uso de la Tierra.

Por ejemplo, la tierra puede proveer una cierta cantidad de agua para el cultivo, esto podría llamarse la Cualidad de la Tierra de ‘disponibilidad de humedad’. Por otro lado, el cultivo tiene un requisito de agua; este Requisito de Uso de la Tierra de ‘requisito de humedad’ corresponde a la Cualidad de la Tierra de ‘disponibilidad de humedad’.

Las Cualidades de la Tierra son normalmente atributos *complejos* de la tierra, es decir, no se los pueden medir o estimar *directamente* en una inspección de rutina. Esto es opuesto a las Características de la Tierra (ver el próximo §), las cuales son directamente medidas o estimadas. Sin embargo, las CTs deben ser *inferidas* de un conjunto de Características *diagnósticos* de la Tierra (CaT) (texto siguiente), con una variedad de métodos analíticos.

Las Cualidades de la Tierra contribuyen en una manera más o menos independiente a la aptitud. En la práctica, las CTs pueden interactuar (por ejemplo: disponibilidad de humedad y fertilidad de suelo) pero mucha de la complejidad se evita mediante el uso de las CTs.

Niveles de Severidad

En general, las CTs se miden como *clases de cualidad de la tierra*, asimismo llamadas (en ALES) *niveles de severidad, valoraciones de factor simple* o *grados de limitación*. Estas son clasificaciones de las CTs, que indican el grado de limitación o riesgo asociado con la CT en un área determinada, desde el nivel 1= no existe limitaciones, hasta algún máximo. Para cada CT, se establece una escala lingüística, tal como disponibilidad de humedad ‘alta’, ‘moderada’. ‘baja’, y ‘muy baja’, y se desarrollan los procesos para clasificar cada área de tierra según esa escala.

Nota: Existe una gran cantidad de argumentos acerca del término ‘cualidad de la tierra’, ver (van Diepen *et al.*, 1991) p. 158-162, pero la visión de proveedor/demandante de Cualidades/Requisitos parece la más adecuada y práctica.

Posteriormente se discute como se seleccionan los Requisitos de Uso de la Tierra, y se evalúan las correspondiente Cualidades de la Tierra.

4.5 Definición de la FAO de ‘Características de la tierra’(CaT)

Las Características de la Tierra (CaT) son atributos simples de la tierra que pueden ser directamente medidos o estimados en una inspección de rutina en cualquier sentido operacional, incluye los sensores remotos y los censos como también mediante inventario de los recursos naturales. Ejemplos: textura superficial de suelo, materia orgánica, cobertura actual de la tierra, distancia a la carretera más cercana,....

En general, los efectos de un CaT en la aptitud no son directos, pero mediante las Cualidades de la Tierra (ver sección previa§). Esto debido a que una sola CaT puede afectar a varias cualidades, a menudo en forma contradictoria, por ejemplo, los suelos arenosos pueden tener menor fertilidad y capacidad de retención de agua, pero pueden ser más fácil de labrar, y no hay problemas con la aireación de las raíces. Aquí la textura del suelo es la CaT, las otras son las CT.

Nota: La esquema de la FAO permite el uso de las CaT directamente para evaluar la aptitud, pero es generalmente más claro usar las CT como un nivel intermedio de evaluación, debido a que la complejidad total del problema se divide en unidades de manejo más simples, y debido a que los CTs por si mismas proveen información muy útil para el evaluador de la tierra.

4.6 Resumen de la terminología

Un TUT contiene...

Un juego de RUT

Una UE contiene...

Un juego de CT, a evaluarse en base a...

Valores de las CaT Diagnósticas

5. Especificación de un Tipo de Utilización de la Tierra

Recordando del texto previo que un Tipo de Utilización de la Tierra (TUT) puede definirse como “una clase de uso de la tierra descrita o definida en un grado de detalle superior a una mejor clase de uso de la tierra” (FAO, 1976); los puntos clave son el *contexto* socioeconómico en cual el TUT va ha ser realizado, y los *detalles técnicos* del sistema de uso de la tierra, ambos deben ser especificados por la especificación de TUT para estar completo.

5.1 Qué se incluye en la especificación de un TUT?

La especificación de un Tipo de Utilización de la Tierra (TUT) *no* es una descripción completa del sistema de uso de la tierra, aunque si existiese esa descripción, puede formar la base de una especificación del TUT. La especificación del TUT incluye sólo aquellas características que (1) sirven para *diferenciar áreas de tierra* desde un punto de vista de evaluación de tierra, es decir, que pueden ser expresados como Requisitos de Uso de la Tierra con valores críticos en el área de estudio, o (2) sirven para *limitar las opciones de uso de la tierra*.

En algunos contextos, no es necesario mencionar ciertas atributos de los TUT, puesto que ellos son uniforme y universalmente comprendidos en ese contexto. Por ejemplo, la mayoría de la producción agrícola en los EE UU y el oeste de Europa es orientado hacia el mercado.

5.2 Lista de control para definir un TUT

El compendio de agricultura (EUROCONSULT, 1989) §2.10.8 (p. 161-2) distingue entre determinantes mayores y menores de TUTs.

Los determinantes mayores:

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Gubernamental2. Localización3. Tecnología4. Producción5. Mano de obra6. Capital7. Manejo8. Aspectos socioeconómicos de tierras |
|--|

Para cada determinante mayor, hay varias listas determinantes menores, no todos son aplicables en cada situación. Por ejemplo, bajo determinantes mayores ‘mano de obra’ de la lista mencionada:

“disponibilidad (total; por unidad operacional , por ejemplo familia, estado de la granja, cooperativas); clase (masculino, femenino, niños, tiempo parcial, tiempo completo, fuera de la granja); limites de escala de operación a la disponibilidad de trabajo y distribución; nivel de educación; especialización

(ejemplo experiencia con técnicas específicas de cultivos), densidad de trabajo, tendencia; incremento, tasa de flujo; distribución estacional de disponibilidad de mano de obra, absorción estacional de mano de obra; ingresos de los trabajadores; productividad de los trabajadores por unidad de tiempo efectivo de trabajo; productividad de la mano de obra por hectárea; productividad de los mano de obra por unidad de capital invertido;; preferencias de los trabajadores por clases específicas de trabajo (ejemplo resistencia a la tracción animal); La fuerza de organizaciones de trabajo y comportamiento; la movilidad del trabajo; la disponibilidad de oportunidades fuera de la granja; el porcentaje de ingresos derivados de actividades fuera de la granja (rural y no rural); los ingresos del trabajo efectivo animal por hectárea y distribución estacional; las entradas del trabajo efectivo mecánico de trabajo por hectárea y distribución estacional." (P. 162).

Así, los determinantes menores son *indicadores específicos* relacionados a los mayores determinantes. Obviamente solo algunos de estos son aplicables a una situación dada, la meta no es para describir por si mismo (1) para identificar los Requisitos del uso de la Tierra (ver abajo) y (2) fijar el contexto económico, en particular la definición operacional de aptitud económica.

Varias guías de la FAO dan una lista con mayor detalle, ejemplo (FAO, 1985) tabla 10:

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Sistema de cultivos2. Mercados3. Suministro de agua4. Método de riego5. Intensidad de Capital6. Intensidad de mano de obra7. Actitud y habilidad técnica8. Fuente de energía9. Grado y tipo de mecanización10. Tamaño y forma de la unidad productiva11. Tenencia de la tierra12. Derechos de agua13. Infraestructura14. Infraestructura de riego15. Insumos de materiales16. Practicas de cultivo17. Ganadería18. Agricultura en secano, silvicultura, pastoreo asociado19. Rendimiento y producción20. Impacto ambiental21. Información económica |
|--|

Se pueden idear listas similares para otras clases mayores de utilización de la tierra. Estos se podrían agrupar bajo los mayores determinantes del Compendio Agrícola, muchos en base a la "Tecnología".

El evaluador debe crear una lista diseñado específicamente para el conjunto de Tipos de Utilización de Tierra para ser considerada en su ejercicio de la evaluación, con *elecciones* para cada artículo, y entonces completa la lista para cada TUT. Por ejemplo, bajo "Ganado", la elección quizás sean 'ninguno', 'solo leche y carne para el uso de la casa', 'leche para el mercado', y 'carne para el mercado'. Note que las elecciones dependen completamente en el contexto del ejercicio de la evaluación de la tierra.

5.3 Especificación desagregada o jerárquica de TUTs

Casi siempre queremos evaluar varios TUTs similares. Podemos salvar el trabajo y presentar la relación entre TUTs organizándolos en una *jerarquía* conveniente o, más comúnmente, una *matriz* basada en alguna clasificación *ad hoc*.

Ejemplo (adaptado de (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1983)):

Pequeños productores, cultivos y sistemas tradicionales, bajos insumos con medidas de conservación	mezcla de cultivos para la auto-subsistencia
	mezcla de cultivos para el mercado
sin medidas de conservación	mezcla de cultivos para la auto-subsistencia
	mezcla de cultivos para el mercado
Pequeños productores, parcialmente mecanizados, nivel de insumos moderado	
con medidas de conservación	mezcla de cultivos para la exportación
	mezcla de cultivos para el mercado local
sin medidas de conservación	mezcla de cultivos para la exportación
	mezcla de cultivos para el mercado local

Otro ejemplo de la misma fuente: una clasificación multivariada (no jerárquico):

Cultivos principales × sistema general de producción × factor del cultivo × fuente de energía

E.g. 'maíz, cooperativas, cultivos simples, bueyes'

Nota: El ALES permite que el evaluador copie una Especificación de TUT, para luego ser modificada. Así que el evaluador puede crear una jerarquía de TUTs, creando un TUT de base, entonces copiándolo a los tipos derivados en el próximo nivel en la jerarquía, modificando estos, etcétera.

6. Seleccionando Requisitos de Uso de la Tierra

De todos los RUTs que pueden incluirse en la Especificación de un TUT y por ende en la evaluación, es normalmente suficiente seleccionar un pequeño subconjunto. Generalmente con más de 10 CTs no se puede trabajar, y es normal que los 5 CTs más importantes sean usados para clasificar correctamente casi todo la tierra.

Ver la hoja de trabajo ‘Selección de Requisitos de Uso de la Tierra’ al final de este texto, la cual provee una lista verificada de RUTs y permite al evaluador juzgar su importancia para la evaluación. Cada una de las Normas contiene una lista de posibles RUTs; por ejemplo, la lista de 25 en la Guía para la Agricultura en Secano. Esta no es una lista exhaustiva: puede añadirse y listarse nuevos RUTs, algunos pueden ser divididos en RUTs más específicos, o se puede combinar varios RUTs listados, todo de acuerdo al análisis.

6.1 Criterios para la selección de los Requisitos de la Tierra

Existen *cuatro* criterios con los cuales puede seleccionar RUTs: (1) la *importancia* para el uso; (2) la existencia de *valores críticos* en la zona de estudio; (3) la *disponibilidad de los datos* con los cuales se evalúa la CT correspondiente; (4) la *disponibilidad de conocimiento* con la cual se evalúa la CT correspondiente. Discutiremos cada una de estas en detalle.

(1) Importancia para el uso

Los Requisitos deben ser importantes para el uso, o se omiten del análisis. Aquí es cuando una especificación cuidadosa de los TUT reemplaza el esfuerzo.

La importancia puede ser clasificada ‘muy importante’, ‘importante’, o ‘no importante’.

Por ejemplo, los Requisitos de cosecha son irrelevantes para las tierras de pastoreo, los Requisitos de mecanización son irrelevantes para los TUTs con sólo tracción humana o animal.

(2) Existencia de valores críticos en la zona

Deben existir *diferencias* en los niveles de la correspondencia CT en la zona, o el RUT se vuelve una *constante*, es decir, parte del contexto de TUT, no una variable, en otras palabras, una determinación de aptitud.

La existencia de valores críticos puede ser clasificada ‘frecuente’, ‘no frecuente’, o ‘nunca’.

Por ejemplo, aunque los Requisitos de mecanización son importantes para la agricultura mecanizada en una zona dada puede haber sólo el nivel, suelos de fácil tráfico, de textura mediana, o libres de pedregosidad, que no presentan limitaciones para la mecanización. En este caso, los Requisitos de mecanización podrían no ser incluidos en la evaluación.

Nota importante: Si se incrementa el ámbito geográfico del modelo, el evaluador podría revisar otra vez la lista verificada de RUTs, para asegurarse que aquellos RUTs que son importantes pero no tienen valores críticos en el ámbito *más restringido* tampoco tienen valores críticos en el ámbito *más amplio*. Si lo tienen, estos RUTs deben añadirse a la evaluación.

(3) La disponibilidad de datos con los cuales se evalúa la CT correspondiente.

Aunque un RUT implica diferencias importantes en la CT correspondiente, puede no ser incluido en la evaluación si no existen datos suficientes (CaTs diagnósticas) para usarse en la evaluación de las CT.

Ejemplos: La CT ‘disponibilidad de humedad’ en ausencia de registros confiables de clima a largo plazo y características de los perfiles representativos del suelo, la CT ‘riesgos de erosión’ sin medidas de intensidad de precipitación, sin un mapa de pendientes, o sin información sobre la distribución superficial del tamaño de las partículas y características de sellar la superficie.

Disponibilidad de Datos puede clasificarse ‘disponibles’, ‘no disponibles pero obtenibles con estudios, o ‘no obtenibles’. Si es ‘obtenible con estudios, se debe incluir una estimación costo/beneficio de investigación. Nuevos estudios pueden no ser práctico por el tiempo o presupuestar la evaluación.

Puede ser posible el uso de un conjunto de CaTs de reemplazo, si la CaT no está disponible. En el ejemplo, quizá el tipo de vegetación natural podría indicar disponibilidad de humedad. Pero después de cierto punto no hay precisión suficiente, y los datos disponibles son clasificados como ‘no obtenibles’.

La evaluación final debe incluir una *nota de cautela*, diciendo que un factor importante no fue considerado, por lo tanto los resultados son provisionales, y sugerir cómo se podría conseguir los datos necesarios.

Notar que un modelo analítico puede construirse con datos requeridos no disponibles; el modelo es válido pero no podrá ser útil antes de que se hayan recogido los datos necesarios.

(4) Disponibilidad de conocimiento con el cual evaluar la CT correspondiente

Un RUT no puede ser incluido si no existe *suficiente conocimiento* en la influencia de las CaTs diagnósticas para la correspondiente CT. Esto orienta la investigación.

La disponibilidad de conocimiento puede ser clasificada en ‘disponible’, ‘no disponible pero obtenible con investigación’, o ‘no obtenible’. Si es ‘obtenible con investigación’, una estimación del costo/beneficio de la aplicación de investigación debe incluirse. Esto casi nunca se realiza debido al tiempo o presupuesto de la evaluación.

Por ejemplo, la CT ‘riesgo de compactación’(debido a la mecanización) es una CT muy importante en los llanos de Venezuela; sin embargo, no existe conocimiento de qué medida de CaTs puede usarse para predecir el riesgo, por lo tanto ha que omitir esta cualidad de las evaluaciones de la tierra en esta zona.

La evaluación final debe incluir una *nota de cautela* que un factor importante no fue considerado, por lo tanto los resultados son provisionales, y se sugiere una mayor investigación.

6.2 Efectos de las Cualidades de la Tierra

Los efectos de cada Cualidad de la Tierra con respecto a la aptitud del TUT debe especificarse, para determinar *el número de niveles de severidad* (o grados de factor simple) que tienen relevancia para cada RUT (recordar que se especifica el RUT, pero la tierra tiene una CT).

Las CTs pueden (1) afectar a la aptitud física, (2) bajar rendimientos, (3) incrementar costos, o cualquier combinación.

(1) CTs que afectan a la aptitud física

La clase correspondiente de RUTs son normalmente riesgos o limitaciones, e influyen en el uso de la tierra de una manera *negativa*. Por ejemplo: riesgos de erosión, riesgos de inundación, riesgos de sequía. La idea es que niveles excesivos de severidad de las cualidades de la tierra hacen que la tierra sea no apto para el uso, y que el incrementar niveles de severidad incrementa el requisito de manejo, es decir, las tierras deben ser manejadas con más cuidado. Por lo tanto, estos RUTs pueden ser usados para clasificar la tierra en *grupos de manejo*.

(2) CTs que reducen el rendimiento

La clase correspondiente de RUTs generalmente tienen que ver con factores intrínsecos de crecimiento de plantas, tales como agua, luz, temperatura, y nutrientes. Algunas limitaciones de cultura pueden también estar incluidas aquí: por ejemplo, las condiciones de plantación o condiciones de cosecha. Se debe determinar que cualidades de la tierra pueden reducir el rendimiento, y cuantos niveles de reducción de rendimiento se pueden distinguir.

(3) CTs que incrementan los costos

Las limitaciones pueden resultar en rendimientos reducidos; sin embargo, dependiendo del TUT podemos especificar que las limitaciones sean compensados completamente o parcialmente, mediante un incremento de insumos. Si ciertos niveles de severidad de una cualidad de la tierra incrementan los costos, el evaluador expresa esto mediante el listado de *insumos adicionales*, las cuales pueden ser *anuales* (recurrentes) o ocurrir *una sola vez*, en uno o más años específicos del plan. Cada nivel de severidad suele tener una cantidad diferente de insumos que sean necesarias para corregir la limitación.

Nota importante: Aunque la aplicación de un insumo para corregir una limitación puede ser atractiva para los extensionistas, puede que no es para el usuario de la tierra, quien puede preferir aceptar una reducción del rendimiento, aún si los insumos extras parecen beneficiosos en el análisis económico. Esto puede ser debido al costo de oportunidad para la misma entrada (o para el dinero necesario para comprarlo) en el sistema total del usuarios, o por la no disponibilidad del insumo (es decir, más labor familiar durante las temporadas de trabajo intensivo), o por la incertidumbre del insumo en relación a la aversión al riesgo del agricultor. La suposición que el insumo extra será aplicada así debe ser verificada y *formar parte de la Especificación de TUT*, debajo de los encabezados de ‘nivel de entradas’, ‘acceso al capital de trabajo’, e incluso ‘actitudes sociales’

Un problema relacionado es que el usuario de la tierra debe ser consciente de que una unidad de tierra determinada requiere un insumo adicional. Por ejemplo, si la unidad de tierra tiene baja fertilidad de suelo, esta puede ser corregida mediante fertilizante extra, el resultado del muestreo del suelo tiene que

ser accesible por el usuario. Nuevamente, esta suposición forma parte de la Especificación de TUT, debajo del encabezado de ‘asistencia técnica’ o ‘infraestructura rural’.

Dada una cantidad no limitada de recursos, cualquier limitación podría ser superada. Esto es bastante claro por las limitaciones de nutrientes o agua. Aún las limitaciones debido a las horas de sol podrían ser completamente corregidas con luz artificial. Por lo tanto, en teoría no existen Requisitos de uso de la tierra completamente limitados. En términos prácticos, sin embargo, sí existen. El evaluador determina el concepto de impracticabilidad en el contexto del tipo de utilización de la tierra.

Combinación de ‘decremento de tierra’ e ‘incremento de costos’

El usuario de la tierra puede elegir corregir una limitación solo *parcialmente*, por ejemplo, aplicando fertilizante, pero no lo suficiente para alcanzar el máximo rendimiento posible. Esto es casi siempre una decisión económica, y puede basarse además en la aversión al riesgo. Se necesita un análisis de la función de producción y los costos relativos de los insumos y el (los) producto(s) para determinar el *nivel óptimo de insumo* para cada nivel de severidad de la Calidad de la Tierra. Este análisis es anterior a la evaluación de tierras como tal, y sirve para definir los TUT en términos de la estrategia de los usuarios de la tierra frente a cada nivel de limitación.

Ver por ejemplo (Tisdale, Nelson & Beaton, 1985) Capítulo 15 para un análisis típico de las economías de uso de fertilizante; un análisis similar puede hacerse para cualquier variable de entrada. La curva ideal es la siguiente:

6.3 Especificación de Niveles de Severidad de las Cualidades de la Tierra

Para cada Requisito seleccionado, el evaluador debe decidir *cómo* los varios *niveles de severidad* (también llamados *rangos de factor simple*, *grados de limitación* o *clases de cualidades de la tierra*) serán diferenciados para la Calidad de la Tierra correspondiente. Los niveles de severidad son el número de clases en que la CT será clasificada.

En la esquema original de la FAO existen cuatro o cinco niveles de severidad, que corresponden directamente a las clases de aptitud física A1, A2, A3/N1 (estas están separadas solo en la evaluación económica) y N2, posiblemente con algunos niveles omitidos debido a que la CT nunca es tan limitante o debido a que la CT no pueda ser determinada con la precisión implicada por ese número de niveles de severidad.

Nota: El ALES permite de 2 a 9 niveles de severidad, con la correspondencia de la aptitud global un paso adicional en la evaluación. Esto permite mayor flexibilidad y precisión variable entre las diferentes CTs. Sin embargo, la forma más simple para usar ALES es dividir cada CT en el mismo número de niveles de severidad, y para esto el número será el mismo número de las clases físicas de aptitud. Esto permite el uso del método de Limitación Máxima para la determinación de aptitud física.

Existen tres formas de determinar como definir varios niveles de severidad, dependiendo de los efectos de la CT (previo §). Además, el número de niveles de severidad no puede exceder la *precisión* requerida para la evaluación, la cual es determinada por los objetivos.

Por ejemplo, para identificar áreas prometedoras para un nuevo cultivo, puede ser que solo se necesita un mapa de aptitud preliminar 'prometedor', 'posible', e 'improbable', por lo que el utilizar más de tres niveles de cualquiera de las CTs será una pérdida de esfuerzo.

(1) Definido por la aptitud física (diferencias de manejo o riesgos)

Primero, las diferencias propuestas en la aptitud física deben ser distinguibles en el campo. Segundo, debe haber suficientes datos para diferenciarlos a este grado de resolución.

Puede ser que el número de niveles de severidad se divide claramente en *clases*; en este caso el número de clases debe ser evidente. Por ejemplo, el número de niveles de severidad de la Calidad de la Tierra 'posibilidad de mecanización' (que corresponde a un Requisito de Utilización de la Tierra 'mecanización') podría corresponder a las diferentes opciones de manejo. Por ejemplo, 'no limitado', 'se debe trabajar en el contorno', 'se debe trabajar en el contorno y aplicar un balanceador para el tractor', 'no factible, el tractor podría estancarse'.

En otros casos, la CT puede ser conceptualmente *continuo*, por ejemplo, el peligro de la erosión: la pérdida de tierra por año puede variar de cero $T\ ha^{-1}$ hacia arriba. Si observamos la distribución de la frecuencia del área por la cantidad de suelo pérdida (función de densidad continua o histograma), podríamos ver uno de los siguientes casos:

En el primer caso no existe una división obvia entre las clases, mientras que en el segundo se pueden ver valores concentrados en un número determinado de clases, con divisiones claras. Si hay puntos obvios de división, se los deben usar. Caso contrario, se debe usar una división arbitraria.

(2) Definido por la disminución de rendimiento

Si la CT afecta el rendimiento, el número de niveles de severidad debería corresponder a niveles de rendimiento observados o predecibles. Obviamente, esto depende de la calidad de los datos. En la práctica general de la FAO, la 'mejor' clase corresponde a 80-100% del rendimiento óptimo, la clase 'moderada' a 40-80%, y la 'marginal' a 20-40%.

(3) Definido por el incremento de costos

Si los valores limitantes de la CT serán compensado por el aumento de los insumos, el número de niveles diferentes de insumos definen el número de niveles de severidad.

(4) Limitado por la precisión de datos de los recursos naturales

El número de niveles de severidad de la CT no puede exceder la precisión de las CaTs diagnósticas que se usará para evaluarla. Por ejemplo, si la pendiente sólo se mide en tres clases en el inventario de recursos naturales, y se determina el peligro de erosión por la CaT "pendiente" solamente, sería imposible valorar 'peligro de erosión' en más de tres clases.

6.4 Tabla para seleccionar los Requisitos de Uso de la Tierra

(Ver Apéndice)

7. Evaluación de las Cualidades de la Tierra a partir de Características Diagnósticas de la Tierra

Debido a que las Cualidades de la Tierra, por definición, no pueden ser medidas directamente en un inventario normal, los niveles de severidad o tasas de factor simple de cada evaluación deben ser *inferidas* a partir de uno o más *características diagnósticas de la tierra*.

Estas son las CaTs que podrían ser usadas para evaluar las CT. Ellos deben ser medidos en una escala apropiada, y *bien relacionada* a la CT (debido a esto se los llaman ‘diagnósticas’). Puede existir una selección de CaTs, en la cual se podría usar el variable más simple o mas barato a medir para la determinación.

Por ejemplo, para evaluar la CT ‘peligro de erosión’, podríamos escoger como CaTs diagnósticas ‘pendiente’, ‘intensidad de lluvias’, ‘textura superficial del suelo’, y ‘mineralogía de la arcilla del suelo superficial’.

Aún queda la pregunta principal: *Cómo inferimos* a partir de un conjunto de CaT diagnósticas los niveles de severidad de las Cualidades de Tierra?. En otras palabras, dados los valores de datos de cada CaT diagnóstica para una unidad de evaluación, *¿cómo asignamos el nivel correcto de severidad de la CT a esta unidad?*. Este es el problema analítico más difícil en la evaluación de la tierra, y requiere gran experiencia y criterio. Podemos distinguir cinco métodos principales: (1) tablas de correspondencia; (2) árboles o reglas de decisión; (3) índices paramétricos; (4) métodos empírico estadísticos; (5) simulación dinámica. Los dos primeros métodos trabajan exclusivamente con datos *clasificados* (en categorías), los últimos dos exclusivamente con datos *continuos*, y el método (3) con ambos.

7.1 Tablas de Correspondencia

También llamadas tablas de la ‘limitación máxima’. Tienen la forma de una matriz, con las *filas* correspondiendo a los diferentes CaT diagnósticas, las *columnas* corresponden a los niveles de la CT (clasificadas), y las *celdas* al valor de la CaT diagnóstica (*fila*) que tiene que ser alcanzado o excedido para que la CT sea tasada en el nivel de severidad indicado por la columna. Así, las tablas de correspondencia *limitan* el nivel de Cualidad de la Tierra al mayor valor limitante del conjunto de características de la tierra diagnósticas

Ventaja: simplicidad, presentación gráfica fácil de entender.

Desventaja: no puede evaluar por interacciones entre Las CaTs diagnósticas (esto es una desventaja seria).

Para usar la tabla, empezar en la parte superior izquierda y buscar la columna correspondiente al valor de la CaT para la unidad de evaluación. El nivel de CT es provisionalmente el encabezado de esta columna. Ahora, mover una fila hacia abajo y encontrar la columna correspondiente al valor CaT para la unidad de evaluación. Si la columna es la misma, o está a la izquierda del nivel provisional (o sea, menos limitante), mantener el mismo nivel provisional. Si la columna está a la derecha, mover hacia esa columna, la cual ahora es el nivel provisional (o sea, aún más limitante que el valor de la CaT

anteriores). Hacer lo mismo para cada fila; al final del proceso, el nivel provisional se vuelve en el nivel final, debido a que todos los factores diagnósticos han sido considerados.

Otra forma de usar la tabla es simplemente de buscar la columna correspondiente al valor de la CaT para cada fila, y luego usar la columna marcada más a la derecha como el nivel final.

Las tablas de correspondencia son similares a las tablas usadas en los sistemas de clasificación de la tierra de USBR y USDA . El inconveniente es precisamente lo del método de la limitación máxima: no toma en cuenta ninguna interacción entre las CaTs diagnósticas. Por ejemplo, la unidad de evaluación A puede tener sólo un valor de CaT diagnóstico ‘moderadamente limitada’, la unidad de evaluación B puede tener todos sus CaT diagnósticos con este valor, sin embargo ambas unidades tendrían el mismo nivel de la CT.

A continuación un ejemplo de tabla de correspondencia modificada (Sys, 1985), para el caso del milo (un grano pequeño de zonas áridas, especialmente de la Africa), con manejo tradicional. Note que Sys usa también la notación A1, A2, etc. para los niveles de severidad; propiamente dicho esto no es correcto, pero lo que Sys quiere señalar es que si se usa el método de la limitación máxima también para aptitud final (ver abajo), la unidad no puede tener una calificación mejor que esta clase.

Características de la tierra	Niveles de severidad de las cualidades de la tierra			
	A1	A2	A3/N1	N2
<i>Textura/estructura, clase</i>	C-60s, SiCS, Co, SiCL, CL, Si, Sil, SC,L, SCL, SL	C+60v , C+60s, C-60v, LfS, LS	Cm, SiCm, LcS, fS, S	CS
<i>Volumen de los fragmentos gruesos %</i>	<15	<35	<55	>55
<i>Prof. Del suelo, cm</i>	>50	>20	>10	<10
<i>CaCO₃, %</i>	<25	<35	<50	>50
<i>Ca₂SO₄, %</i>	<6	<10	<20	>20

Para usar esta tabla, una unidad debe ser caracterizada por valores de las cinco características de la tierra ‘textura/estructura’, ‘fragmentos gruesos, etc. (Sys usa una notación distinta de textura/estructura, por ejemplo: ‘C+60v’ es un arcilloso muy fino con estructura de Vertisol.) Considerar una unidad de mapeo hipotético con los siguientes datos:

<i>Textura/estructura, clase</i>	LfS
<i>Volumen de fragmentos gruesos %</i>	20
<i>Profundidad del suelo, cm</i>	100
<i>CaCO₃, %</i>	45
<i>Ca₂SO₄, %</i>	5

Se evalúa esta unidad de evaluación así. Los valores de datos son remarcados y las clases son sombreadas en gris.

Nivel de severidad de las cualidades de la tierra				
Características de la tierra	A1	A2	A3/N1	N2
<i>Textura/estructura, clase</i>	C-60s, SiCS, Co, SiCL, CL, Si, Sil, SC,L, SCL, SL	C+60v , C+60s, C-60v, <u>LfS</u> , LS	Cm, SiCm, LcS, fS, S	CS
<i>Volumen de los fragmentos gruesos %</i>	<15	<u>20</u> <35	<55	>55
<i>Prof. Del suelo, cm</i>	<u>100</u> >50	>20	>10	<10
<i>CaCO₃, %</i>	<25	<35	<u>45</u> <50	>50
<i>Ca₂SO₄, %</i>	<u>5</u> <6	<10	<20	>20

La columna en gris más a la derecha es A3/N1, por lo tanto la unidad de evaluación es tasada A3/N1, debido al contenido de CaCO₃.

7.2 Arbol de decisiones

Estos son claves jerárquicas con elecciones múltiples a cada punto de ramal, en los cuales los valores de las CaT diagnósticas son los criterios diagnósticos y el resultado es el nivel de severidad (clasificado) de la CT a ser evaluada.

Jerárquico: una decisión puede seguir a otras, hasta que todos los factores se tomen en cuenta.

Elecciones múltiples a cada punto de ramal: puede haber más de dos posibilidades para una decisión.

Claves: el contestar las preguntas dadas por el árbol resulta en una decisión, en este caso, un rango de severidad de una Cualidad de la Tierra.

Definiciones

Nodos (también llamados puntos de decisión): las preguntas deben ser respondidas según la forma en que el árbol es recorrido; en este caso, estos son los CaT diagnósticas, y la pregunta es, '¿Cuál es el valor del valor de la CaT para esta unidad de evaluación?'

Hojas (también llamadas decisiones): el resultado de recorrer el árbol, la respuesta, en este caso, son los niveles de severidad de la CT

Los árboles de decisión son más expresivos que las tablas, es decir, cualquier tabla puede ser transformada en un árbol de decisión, pero no viceversa. Ellos permiten una contabilidad completa sobre las interacciones. ALES los usa para su método principal de evaluar las Cualidades de la Tierra.

Ventaja: totalmente expresivos, pueden explicar niveles con cualquier combinación de valores de las CaT, es decir, cualquier interacción entre las CaTs diagnósticas ; la estructura jerárquica es muy fácil de entender.

Desventaja: Es difícil una efectiva representación gráfica en poco papel; si son grandes su construcción es laboriosa.

Ejemplo del Papua New Guinea Land Evaluation System (Venema & Daink, 1992):

```
Tipo de Utilización de la tierra: arroz en tierras altas
Requer. de uso de la Tierra: 't':* Disp. de nutrientes/cap.de retención
Nivel de severidad árbol de decisión
> ph (reacción del suelo 2/3(0-25 cm) + 1/3(25-100 cm))
  1 (débilmente acid a neutro, pH 6-7)>cic (Cap. Intercam. cationico (0-25 cm))
    3 (bajo) [0-10 me/100 g soil] > textural (textura parte superior (0-25 cm))
      1 (grueso)..... : *3
      2 (medio)..... : *2
      3 (fino pero friable & blocoso) : =2
      4 (muy fino (masivo)). : =2
      5 (turba)..... : =2
      6 (roca)..... : =1
    2 (moderado) [10-25 me/100 g soil] > anionfix (fijación de aniones)
      1 (sin problemas)..... : *1
      2 (moderado)..... : =1
      3 (alto)..... : *2
    1 (alto) [25-100 me/100 : =2
  2 (ácido, pH 5-6)..... : =1
  3 (fuertemente ácido, pH <5) > cic (Cap. Intercambio cationico (0-25 cm))
    3 (bajo) [0-10 me/100 g s : *3
    2 (moderado) [10-25 me/1 : *2
    1 (alto) [25-100 me/100 : =2
  4 (alcalino, pH 7-8).... : =3
  5 (fuertemente alcalino, pH > 8) : *3
```

Este árbol se implementó como parte de un modelo en ALES. Podemos ver que la CT 'capacidad de aptitud/retención de nutrientes' está evaluada en tres niveles de severidad: 1 (fertilidad alta), 2 (fertilidad moderada), y 3 (fertilidad baja). Las CaTs diagnósticas son 'pH' (5 clases), 'CIC' (3 clases), textura superficial (6 clases), y 'fijación de aniones' (3 clases). Note que el árbol no está simétrico, es decir, algunas ramas son más largas que otras. Por ejemplo, en los suelos con fuerte alcalinidad, sólo se necesitó una CaT diagnóstica, mientras que en suelos neutrales, de moderado CIC, se necesitaron tres diagnósticos para llegar a una decisión. Además, las CaTs usadas para niveles más bajos en el árbol dependen del camino a ese nodo. Por ejemplo, en suelos neutrales de bajo y alto CIC, se usa la textura como una CaT diagnóstica secundario, mientras que en suelos neutrales con moderado CIC, las propiedades de fijación de aniones de los suelos se usan como una CaT diagnóstica secundaria.

7.3 Índices de la tierra clasificados a partir de Características de la Tierra

(Nota: Si se desea un índice continuo, debería basarse en relaciones estadísticas empíricas como se explica luego §. Los Índices de la Tierra se incluyen en este texto principalmente para su consulta, porque en la práctica no es muy frecuente su uso.)

Los Índices de la Tierra (antigua y confusamente llamados *índices parámetros*) es un *sistema de puntos* con cada punto contribuyendo para que el diagnóstico tome para un valor global, el cual luego es clasificado en un nivel de severidad. Difiere de los métodos empíricos estadísticos (próximo §) en que pueden usar CaTs clasificados, y raramente existe una base empírica estadística para la combinación.

Los índices pueden ser *aditivos* (es decir, sumando los puntos individuales) o *multiplicativos* (es decir multiplicando los puntos individuales, y luego normalizándolos) o una combinación de operaciones aritméticas, resultando un valor ‘continuo’ (el cual generalmente será un número entero sólo para índices aditivos); éste luego se *clasifica* en niveles de severidad por valores arbitrarios. Por ejemplo, sobre una escala de 0-100, 80-100 podría clasificarse como ‘limitación ligera’, 60-80 como ‘limitación moderada’, etc. Note que no existe una base objetiva para esta clasificación ni para el sistema original de puntos.

Los Índices de la Tierra pueden en algún grado compensar los problemas con las tablas de correspondencia. Normalmente se usa la misma tabla, pero se asigna unos puntos a cada fila, y cada celda tiene asignada un cierto número de puntos. Cada CaT diagnóstica es tasado por separado, y los puntos se suman, multiplican o combinan según alguna otra regla. Esto permite al evaluador flexibilidad (además subjetividad). Las interacciones pueden no ser aún contables para una adición pura o índice multiplicativo, puesto que cada fila es evaluada separadamente, pero es posible usar productos cruzados de valores de puntos para algunas CaTs con sumas para otras para conseguir alguna aproximación de los efectos de interacción.

Los Índices de la Tierra no son muy usados para estimar las CTs, sino para ir directamente desde los CaTs a la aptitud final. Estos se llaman métodos ‘parámetros’ para la evaluación de la tierra.

Ventajas: Proveen una escala más o menos continua de Calidad de la Tierra, permite que un gran número de CaTs participe en la evaluación, se puede pesar cada valor de acuerdo con su importancia.

Desventaja: Alta subjetividad, parece más preciso para el observador casual de lo que es en efecto.

A continuación un ejemplo *hipotético* de una tabla para calcular un índice de tierra *aditivo* para una CT simple:

Características físicas del suelo por TUT 'milo, manejo tradicional	
60 puntos máximo (total)	
A1 : 51-60; A2: 31-50; A3: 11-30; N2: 0-10 puntos totales	
Textura/estructura	20 puntos máximo
C-60s, SiCS, Co, SiCL, CL, Si, Sil, SC,L, SCL, SL	20 puntos
C+60v , C+60s, C-60v, LfS, LS	15 puntos
Cm, SiCm, LcS, fS, S	10 puntos
cS	0 puntos
Volumen de fragmentos gruesos %	10 puntos máximo
<15	10 puntos
15-35	6 puntos
35-55	3 puntos
>55	0 puntos
Prof. del suelo, cm	20 puntos máximo
>100	20 puntos
80-100	18 puntos
60-80	14 puntos
40-60	8 puntos
20-40	4 puntos
<20	0 puntos
CaCO₃, %	10 puntos máximo
0-25	10 puntos
25-35	6 puntos
35-50	4 puntos
>50	0 puntos

Notar que 'textura/estructura' y 'profundidad' tienen doble importancia que las otras dos características, además que cada CaT puede tener un número diferente de clases, y finalmente que los puntos no tienen que ser una función lineal de clase. Los límites para cada nivel de severidad son arbitrarios y dependen de la experiencia del evaluador.

La unidad de evaluación hipotética de la sección de 'tabla de correspondencia' (arriba) podría ser tasada:

Características de la tierra	Valores	Puntos
<i>textura/estructura, clase</i>	LfS	15
<i>Volumen de fragmentos gruesos %</i>	20	6
<i>Prof. del suelo, cm</i>	100	20
<i>CaCO₃, %</i>	45	4
	Total	45
	Nivel de Severidad	A2

7.4 Índices de la Tierra a partir de valores continuos de CaT

Otra clase de índices de la tierra (también anteriormente y confusamente llamados índices parámetros) es un sistema de puntos con cada punto contribuyendo para que la Calidad de la Tierra reciba un valor numérico, el cual luego es clasificado en un nivel de severidad, con la diferencia que las CaT dan puntos

según su valor en una escala continua, no según su clase, cómo en el ejemplo anterior. Difiere de los métodos empíricos estadísticos (próximo §) en que raramente existe una base estadística para la combinación.

Por ejemplo, cada cm de la profundidad del suelo hasta 150 cm puede ser asignado 0.2 puntos, para que la profundidad del suelo dé 0 (=0 cm) a 30 (=150 cm) puntos hacia el índice de la tierra; cada % de fragmentos gruesos puede restar 0.1 puntos de un máximo de 10 puntos, para que el contenido de fragmentos gruesos de 0 (100%) a 10 (0%) puntos hacia el índice de la tierra. Como en el caso continuo, características de tierra son pesados asignándolos puntos máximos diferentes.

Como fue explicado anteriormente, si se desea un índice continuo de valor la tierra, los métodos estadísticos empíricos deberían ser utilizados como se explica en el próximo §.

7.5 Metodos Estadisticos Empiricos

Éstos son ecuaciones que relacionan varias CaT diagnósticas con el valor de la CT. Se los establecen generalmente por el análisis de regresión. Este método produce valoraciones continuas, en otras palabras, un valor 'exacto' de la CT, no un valor clasificado; el resultado se clasifica en un nivel de severidad.

Ejemplo: la Ecuación 'Universal' (USLE) de la Pérdida del suelo para la CT 'peligro de la erosión': estimada de la erosividad de la lluvia (R), erodibilidad del suelo (K), del grado de la pendiente (S) y su longitud (L), del grado de cobertura de la tierra (C), y de las prácticas culturales (P): $A = R * K * L * S * C * P$. Cada uno de los factores R, K, ... son estimados también a partir de CaTs primarias por una ecuación de regresión o tabla. Por ejemplo: $R = (\alpha * a * b * c) + \beta$, donde a = promedio de precipitación anual (cm), b = ocurrencia máxima de precipitación diaria en 2 años (cm), c = la precipitación máxima total de un evento de lluvia de ocurrencia de un año (cm), finalmente α y β son los parámetros que se deben estimar localmente.

El problema: la estimación de parámetros, la regresión se deben calibrar localmente.

En ALES, las *fórmulas* se pueden usar para relacionar un conjunto de CaT diagnósticas *continuas* a otro CaT continuas, que entonces se clasifica en un CaT *discreta*, que entonces se usa como diagnóstica para una CT, posiblemente en una relación 1-a-1.

7.6 Simulación dinámica de cualidades de la tierra

Otra manera de determinar el nivel de severidad de una Cualidad de la Tierra es *simulándola* a través del *tiempo*, con un *modelo dinámico de simulación*. Por ejemplo, se podría estimar la Cualidad de la Tierra 'disponibilidad de humedad' usando una serie de tiempo de CaTs diagnósticas tales como lluvia y energía solar. Esto es especialmente apropiado si la naturaleza *dinámica*, o sea dependiente del tiempo en el cual se evalúa la CT, por ejemplo, la carencia de humedad en fases críticas de crecimiento de la planta. Los resultados de la simulación son la conducta con el tiempo de la Cualidad de la tierra. Esto debe ser *clasificado* a niveles de severidad. Por ejemplo, 'disponibilidad de la humedad *alta*' podría ser definida como frecuencia de menos de 10% de tres o más días consecutivos con un déficit de humedad en la estación de crecimiento.

Ventajas: (1) el modelo proporciona explica más o menos la Calidad de la Tierra, en otras palabras, sus causas así como su nivel de severidad; (2) la simulación dinámica proporciona una serie de tiempo de resultados.

Desventajas en un contexto de la evaluación de tierras: (1) altos requisitos de datos, (2) la calibración es difícil, y (3) la considerable pericia y juicio necesario para su aplicación correcta.

8. Evaluar la Aptitud Global de la Tierra

En la sección anterior, estudiamos una variedad de métodos para determinar niveles de severidad o factores simples de valoraciones para varias Cualidades de la Tierra definidas para un Tipo de la Utilización de Tierra. La evaluación individual de cualidades de tierra es útil por si misma, por ejemplo, para identificar áreas con necesidades especiales para la conservación de suelos, o si fundaciones de edificios necesitasen un tratamiento especial. Sin embargo, en la mayoría de los ejercicios de evaluaciones de tierra, queremos también una sola medida de aptitud del área de tierra para la utilización de tierras. Para hacer esto, los factores simples de valoración individual de CTs se deben combinar en alguna manera en una medida completa de aptitud. Las maneras en que podemos realizar esta combinación son los tópicos de esta lección.

La definición de la *aptitud* de (tierra): "la capacidad de un tipo dado de tierra para una clase especificada de utilización de la tierra" [la Organización de Alimento y Agricultura de las Naciones Unidas, 1985 #193]. Intuitivamente, la medida de aptitud nos dice cuán buena es la tierra para el TUT a ser evaluado. Esta definición pide la pregunta, ¿qué quiere decir "capacidad"? Tenemos que dar una definición *operacional*, en otras palabras, algo que se puede calcular.

- (1) Una definición económica de aptitud puede basarse en valores económicos definidos, por ejemplo, margen bruto, valor presente neto, tasa de retorno interno, relación beneficio/costo.
- (2) Una definición *física* de aptitud es más arbitraria, basándose en un método especificado para combinar las valoraciones de CT en una valoración global. La idea es de dar al usuario de tierra una visión global de cuán difícil sería el manejo, y cuán favorable sería, la tierra si se la dedica al TUT propuesto, en una escala ordinal de 1 (sin limitación, corresponde a A1) a algún máximo, normalmente 4 (corresponde a N2).

8.1 El concepto de clases de aptitud

El concepto de FAO de 'clases de aptitud' es apropiado si no hay una escala continua para la evaluación, también si se quiere clasificar una escala continua de aptitud en un conjunto pequeño de clases, rápidamente entendible por el usuario.

La *clase* de aptitud es el segundo nivel de detalle en la jerarquía: *orden - clase - subclase - unidad*.

Las Clases de aptitud física: A1, A2, A3/N1, N2. Note que A3 y N1 no se pueden distinguir en una evaluación física. N2 se define como tierra que es completamente inapropiada para el uso, en otras palabras, el uso fallaría totalmente o causaría degradación irreparable al medio ambiente. A2 y A3/N1 indican la tierra que es cada vez más difícil de manejar o presenta las limitaciones más fuertes a la producción.

Las Clases de aptitud económica: A1, A2, A3, N1, N2:. Note que A3 y N1 se separan según el valor económico previsto: A3 es económicamente viable y N1 no lo es. De todos modos N2 es físicamente no apto, y es definido por la valoración física de aptitud. A2 y A3 son progresivamente menos remunerativos que A1.

No hay una razón *a-priori* por qué la escala de clases de aptitud no puede ser más fina ni más tosca que 4 ni 5 (ALES permite esto); pero esta división parece psicológicamente adecuada para su propósito. Recordar, si tenemos un valor económico previsto en una escala continua, la Clase Económica de aptitud es sólo una conveniencia de comunicar los resultados en una forma fácilmente entendible.

Hay una confusión obvia entre clases físicas y económicas del mismo nombre. Con excepción de N2, estos no necesariamente están relacionados. Por ejemplo, puede haber tierras con muchas limitaciones físicas que son clasificados en la clase A3/N1, pero si la relación de precios de salidas a costos de insumos es favorable, puede caer en la clase económica A1. Al revés, puede haber tierras sin limitaciones físicas para un uso, pero si la situación económica no es favorable, puede caer en la clase económica N1.

8.2 Metodos de evaluación global de aptitud física

(1) El método de Limitación Máxima

La aptitud física global de un área de tierra para un TUT se toma de la Calidad de la Tierra *más limitante*, en otras palabras, la CT cuya evaluación resultó peor. Se deben valorar las CTs en una escala proporcionada, por ejemplo, '2' para CT1 debe en algún sentido ser 'tan malo como' '2' para CT2.

La ventaja: simplicidad, 'la ley del mínimo' (Leibig 1840s); si los niveles de severidad de CTs se definieron según un conjunto standard de reducción de rendimiento, y si éstos factores de rendimiento no presenten interacciones entre sí, la clase de aptitud obtenida por este método será correcta. En la práctica general de la FAO, A1 corresponde a 80-100% del rendimiento óptimo, A2 a 40-80 %, y el A3/N1 a 20-40 %. Pero algunos factores físicos no afectan el rendimiento, solamente dificultan el manejo.

La desventaja: no se diferencia entre áreas de tierra con numerosas limitaciones y las con uno sólo, siempre y cuando la limitación máxima sea el mismo.

ALES: Marcar el RUT 'utiliza el método de la limitación máxima'.

(2) Combinaciones algebraicas de valoraciones de las Cualidades de la Tierra

La aptitud física de un área de tierra para un TUT se computa según una fórmula basada en factor de valoración individual. Por ejemplo, el promedio de los niveles CT, o darle más peso a las limitaciones severas. O, alguna regla como '3 moderada limitación es equivalente a 1 limitación severa'.

Esto es una versión más flexible del método máximo de la limitación. Las escalas individuales de CT otra vez deben ser proporcionadas.

(3) Combinación *ad hoc* de valoraciones de las Cualidades de la Tierra

La aptitud física de un área de tierra para un TUT se calcula según un árbol de decisiones.

Ventaja: a las Cualidades de la Tierra se les pueden asignar pesos; Las CT pueden tener escalas no proporcionados.

Desventaja: Mucho trabajo, combinaciones subjetivas

ALES: El *árbol de decisión* de subclases de aptitud física permite cualquier interacción de los niveles de severidad de las varias CT. Es preferible usar el método de la limitación máxima si da resultados satisfactorios, y poner cualquier interacción en el árbol de decisión, el cual tiene precedencia sobre el método de la limitación máxima en los cálculos de ALES.

8.3 Métodos de evaluación global de la aptitud económica

Esto es más objetivo que la aptitud física. Se selecciona un indicador económico (por ejemplo, margen bruto), y se calcula el valor de cada combinación (Unidad de Evaluación) x (Tipo de Utilización de la Tierra), sin referencia a los factores de valoración CT *per se*, aunque las CTs tiene afecto sobre los ingresos y costos, según el modelo.

El evaluador asigna los valores siguientes:

1. El límite más bajo de la clase A1 (= límite superior de la clase A2)
2. El límite más bajo de la clase A2 (= límite superior de la clase A3)
3. El límite más bajo de la clase A3 (= límite superior de la clase N1)

Entonces el valor métrico seleccionado es *clasificado* según estos límites de clases. Por ejemplo, un valor previsto menos que el límite más bajo de la clase A3 colocan la unidad de la evaluación en la clase N1.

Luego, nosotros estudiaremos varios indicadores económicos y cómo se los calculan.

9. Glosario

Aptitud de la Tierra: la capacidad de un tipo dado de tierra para una clase específica de uso de la tierra.

Árbol de decisión: Un clave jerárquica con elecciones múltiples a cada punto de ramal, que conduce desde una serie de preguntas a los *nodos* a una *decisión* (resultado) a las *hojas* del árbol.

Area mínima de decisión (AMD): El tamaño de las áreas individuales de tierra para las cuales se toma las decisiones.

Característica de la Tierra (CaT): un atributo *simple* de la tierra que puede ser directamente *medido o estimado* en una inspección de rutina en cualquier sentido operacional, incluyendo el uso de sensores remotos y los censos como por inventariado de los recursos naturales. Cf. *Cualidad de la Tierra*.

Clases de Cualidad de la Tierra: ver ‘nivel de severidad’.

Clase mayor de Uso de la Tierra: Una subdivisión mayor del uso de las tierras rurales, tales como agricultura sin riego, agricultura con riego, praderas, silvicultura, recreación, cultivos anuales, cultivos perennes, arroz bajo riego, plantaciones forestales o bosques naturales.

Clases de aptitud: Las divisiones de los *ordenes de aptitud* que indican el grado de aptitud, no es simplemente apto vs. no apto.

Clasificado (valor): una medida en una escala discreta.

Cliente: Una persona u organización que solicita la evaluación y actúa en base a sus resultados. También llamado *usuario* de los resultados de evaluación de la tierra.

Continuo (valor): una medida en una escala continua, con precisión arbitraria.

Cualidad de la Tierra (CT): un atributo complejo de la tierra el cual actúa de una manera distinta de las acciones de otras Cualidades de la Tierra en su influencia en la aptitud de la tierra para un uso específico; la habilidad de la tierra para cumplir los Requisitos específicos para un TUT. Cf. *Características de la Tierra*.

Delimitación (sobre un mapa): porción no dividida de una hoja de mapa por dentro de unas líneas continuas de límites. Un polígono continuo del mapa.

Delimitación Mínima Legible (DML) de un mapa: el tamaño mínimo legible de un polígono sobre un mapa en una escala dada, convencionalmente se considera que la DML corresponde a 0.4cm² en el mapa.

Delimitación óptima legible (DOL) de un mapa: el tamaño mínimo fácilmente legible de un polígono de un mapa en una escala dada, convencionalmente es 4 veces la delimitación mínima legible(DML) de 0.4cm², o sea 1.6cm² en el mapa.

Esquema: cómo realizar un ejercicio de evaluación.

Evaluación física de la tierra: una evaluación basada sólo en factores físicos que determinan si un TUT puede ser realizado sobre un área de tierra, y la naturaleza y severidad de las limitaciones físicas o riesgos.

Experto en recursos de la tierra: una persona que tiene información sobre los recursos de la tierra.

Experto en uso de la tierra: una persona que tiene información acerca de un uso de la tierra o una cualidad de la tierra, en relación a las características de la tierra.

Evaluaciones: ejercicios específicos de evaluación.

Evaluación económica de la tierra: una evaluación de aptitud basada en algunas medidas económicas de beneficios netos que podrían dar el TUT si esto fuera realizado en un área de tierra dada.

Evaluador: la persona que ejecuta la evaluación de la tierra.

Factor de escala de un mapa: tasa de distancia de la tierra sobre la distancia del mapa. El *denominador* de representación convencional de escala de mapa. Por ejemplo, para un mapa con escala 1:50 000, el factor de escala es 50 000.

Interesados: las partes que son *afectadas* por los resultados de las decisiones de planificación tomadas en base a la evaluación de la tierra.

Nivel de severidad: de una Cualidad de la Tierra: una clasificación de las CT, indicando el grado de limitación o riesgos asociado con la CT en un área particular de tierra, desde el Nivel 1 = no limitado, hasta algún máximo.

Nominal (valor): un valor *clasificado* cuya escala de medida no esta ordenada (cf. valor *ordinal*), es decir, el orden de las clases es arbitrario y por la tanto no significativo.

Normas (directivas): cuales factores (Cualidades de la Tierra) deben considerarse cuando se evalúa ciertas clases generales de usos de la tierra; cómo evaluar estas cualidades.

Ordenes de aptitud: La tierra es *apta* (orden A) o *no apta* (orden N) para un a TUT.

Ordinal (valor): un valor *clasificado* cuya escala de medida esta ordenada (cf. valor nominal), es decir, el orden de las clases es significativo.

Requisito de Uso de la Tierra (RUT): Una condición de la tierra necesaria para la realización exitosa y sostenida de un Tipo de Utilización de la Tierra.

Subclases de aptitud: Divisiones de *clases de aptitud* que indican no sólo el grado de aptitud sino también la naturaleza de las *limitaciones* que hace de la tierra menos apto.

Tierra : un *área* de la superficie de la planeta Tierra, incluyendo todas los atributos estables o cíclicos dentro, encima y debajo de esta área, tales como la atmósfera, el suelo y la geología, la hidrología, plantas y población de animales, y los resultados de la *actividad humana* en el pasado y presente, hasta el punto que estos atributos ejercen una influencia sobre los presentes y futuros usos de la tierra por los humanos.

Tipo de Utilización de la Tierra (TUT): Una clase de utilización de tierra descrito o definido con un grado de detalle mayor que el de mejor clase de uso de la tierra.

En el contexto de la agricultura con riego, un TUT se refiere a un cultivo, combinación de cultivos o sistema de cultivos con un sistema de riego especificado y métodos de manejo, en un contexto técnico y socioeconómico.

En el contexto de agricultura sin riego, un TUT se refiere a un cultivo, combinación de cultivos o sistema de cultivos en un contexto técnico y socioeconómico.

Una TUT forestal consiste de especificaciones técnicas en un contexto físico, económico y social.

Unidades de aptitud: Divisiones de las *subclases de aptitud*, las cuales tienen requisitos diferentes de manejo.

Unidad de Evaluación (UE): un área que se evalúa como una entidad indivisible

Unidad de mapeo (UM): un conjunto de delimitaciones de mapa designadas con un solo nombre, y que representan una categoría de la leyenda del mapa temática

10. Referencias

1. Beek, K.J. 1978. *Land evaluation for agricultural development*. ILRI Publication 23, Wageningen: ILRI. 333 pp.
2. EUROCONSULT. 1989. *Agricultural Compendium for rural development in the tropics and subtropics*. Amsterdam: Elsevier. 740 pp.
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1976. *A framework for land evaluation*. Soils Bulletin 32, Rome, Italy: FAO.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1983. *Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture*. Soils Bulletin 52, Rome, Italy: FAO.
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1984. *Land evaluation for forestry*. Forestry paper 48, Rome, Italy: FAO. 123 pp.
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1985. *Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture*. Soils Bulletin 55, Rome, Italy: FAO. 231 pp.
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1991. *Guidelines: land evaluation for extensive grazing*. Soils Bulletin 58, Rome, Italy: FAO. 158 pp.
8. Forbes, T.R., Rossiter, D., & Van Wambeke, A. 1982. *Guidelines for evaluating the adequacy of soil resource inventories*. 1987 printing ed. SMSS Technical Monograph #4, Ithaca, NY: Cornell University Department of Agronomy. 51 pp.
9. Laban, P. (ed). 1981. *Proceedings of the workshop on land evaluation for forestry*. ILRI Publication 28, Wageningen: ILRI. 355 pp.
10. Siderius, W. (ed). 1986. *Land evaluation for land-use planning and conservation in sloping areas*. ILRI Publication 40, Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI).
11. Sys, C. 1985. *Land evaluation*. Ghent, Belgium: State University of Ghent, International Training Centre for post-graduate soil scientists; Algemeen Bestuur van de Ontwikkelingssamenwerking.
12. Tisdale, S.L., Nelson, W.L., & Beaton, J.D. 1985. *Soil fertility and fertilizers*. 4th ed. New York: Macmillan. xiv, 754 pp.
13. van Diepen, C.A., Van Keulen, H., Wolf, J., & Berkhout, J.A.A. 1991. *Land evaluation: from intuition to quantification*, in *Advances In Soil Science*, Stewart, B.A., Editor. New York: Springer. p. 139-204.

14. Venema, J.H. & Daink, F. 1992. *Papua New Guinea Land Evaluation Systems (PNGLES)*. AG: TCP/PNG/0152 Field Document 1, Port Moresby: Papua New Guinea Department of Agriculture and Livestock. 157 pp.
15. Vink, A.P.A. 1975. *Land use in advancing agriculture*. New York: Springer-Verlag. x, 394 pp.