

UIMP

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL MENDEZ PARRA



SEMINARIO

Desertificación y cambio climático

En la coordinación y dirección de la Secretaría General

del Prof. Dr. D. José María

Director, IICA, Sevilla

del Departamento de Desertificación

CSIC, Sevilla

Santander '95

Seminario UIMP  
sobre  
**Desertificación y Cambio Climático**  
Santander, 31 Julio - 4 Agosto, 1995

## **Evaluación del Impacto de Cambio Climático sobre la Erosión y Contaminación de los Suelos**

**D. de la Rosa**

*Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC  
Campus de Reina Mercedes, Apartado 1052, 41080 Sevilla*

**Resumen.** Muy especialmente en las regiones mediterráneas, la erosión y contaminación de los suelos destacan entre los principales problemas ambientales. Cualquier perturbación o cambio de las condiciones climáticas ha de tener, evidentemente, efectos importantes sobre dichos procesos degradativos. Los cambios de uso rural como consecuencia de nuevas demandas sociales se superponen e interaccionan con los posibles cambios climáticos, siendo necesario un planteamiento global de cambio. Sin embargo, no se dispone aún de procedimientos suficientemente precisos para predecir tales efectos a escala geográfica. Los importantes progresos conseguidos a escala puntual o local, especialmente mediante modelos de simulación sobre el desarrollo de cultivos y los procesos degradativos del suelo, no son fácilmente extrapolables a nivel espacial. La enorme variabilidad geográfica de los ambientes naturales constituye un factor añadido de mayor complejidad.

Los sistemas computerizados de evaluación agroecológica de tierras ofrecen excelentes posibilidades para llevar a cabo dicho "scaling-up", generando escenarios hipotéticos de cambio global. Partiendo de las condiciones actuales de suelo, clima, cultivo y manejo, se pueden modificar las características ambientales y técnicas pronosticando su impacto ambiental. Definir las condiciones de uso y manejo del territorio para minimizar ese impacto constituye un estudio adicional del mayor interés. El paquete de software MicroLEIS es un ejemplo de dichos sistemas de evaluación de tierras que puede ser utilizado en un contexto de cambio global.

## Introducción

La situación actual de desarrollo insostenible en la que estamos inmersos, y que tantos problemas socioeconómicos y ambientales viene ocasionando, es consecuencia en gran medida de haber actuado sin tener en cuenta la Naturaleza. Por ejemplo, el moderno sector agrícola se ha desarrollado considerando el suelo como un todo continuo de irrelevante variabilidad. La introducción de la mecanización, variedades híbridas, fertilizantes y pesticidas, hizo que las características intrínsecas de los suelos, tales como pendiente, drenaje o fertilidad natural dejaran de ser criterios a considerar. Con el único objetivo de aumentar la producción, las prácticas agronómicas se han llevado a cabo sobre las fincas o parcelas como áreas homogéneas de manejo.

La gravedad de dichos problemas socioeconómicos y ambientales, la incertidumbre sobre las consecuencias de posibles cambios climáticos, así como el creciente conocimiento sobre la variabilidad de los recursos agroecológicos y las posibilidades de utilización de una serie de nuevas tecnologías informáticas y automáticas, son las principales razones que explican la aparición de una nueva filosofía sobre el uso sostenible de los recursos rurales. Dentro de este contexto, las Ciencias de la Tierra, muy especialmente la Ciencia del Suelo, que estudian los escenarios geográficos donde tienen lugar tales actividades de uso, deben desarrollar un papel protagonista ante los nuevos retos y horizontes que se plantean.

A la luz de los conocimientos actuales y utilizando como referencia el esquema general seguido por el sistema de evaluación de tierras MicroLEIS (Figura 1; Anexos A y B), se trata en esta presentación de hacer unas reflexiones generales sobre: i) la información básica necesaria para seguir este proceso de predicción; ii) los límites agroecológicos de los recursos naturales a través de su capacidad de uso y vulnerabilidad a los riesgos de degradación; y iii) los índices de desertificación e indicadores de sostenibilidad. Todo ello bajo el denominador común de resaltar el papel que una serie de nuevas tecnologías desempeña en este proceso integrador y su adaptabilidad a escenarios hipotéticos de cambio global.

## La información básica necesaria. Su recopilación e integración

Sobre los suelos que junto con el clima y la topografía configuran los escenarios donde tiene lugar la mayoría de las actividades del hombre, se ha acumulado un extraordinario capital científico durante los últimos cien años. Este cuerpo de información y conocimiento no ha conseguido un gran valor añadido en términos de utilidad. Esto ha sido consecuencia no solo de no haber existido la necesidad social de hacer uso práctico de ello, sino también de que dicha documentación científica no ha estado disponible en formatos útiles.

Desde el inicio de los estudios edafológicos, diseccionar los suelos para profundizar en su conocimiento ha tenido como inconvenientes la pérdida de concepción global y el no entender el comportamiento de sus componentes e interacciones. No obstante, esa disección ha sido necesaria para investigar sobre los suelos como entes naturales, tanto en experimentos de campo como de laboratorio. Estos dos caudales crecientes de conocimiento experimental han recorrido además caminos casi divergentes.

Al mismo tiempo y con objeto de reflejar a escala cartográfica la variabilidad espacial de los suelos, se ha generado un caudaloso volumen de información observacional a modo de infraestructura edafológica. La densidad de observaciones es muy variable de unos países a otros, siendo ello, en términos generales, un buen indicador del nivel alcanzado por la Edafología. Al margen de Estados Unidos que, a pesar de su gran extensión, destaca sobremedida por la constante y rigurosa labor del "Soil Conservation Service", en Holanda se estima en más de una observación detallada del suelo por cada hectárea de terreno. En Andalucía estas descripciones detalladas del perfil vertical del suelo alcanzan solo algunos miles para el total de casi nueve millones de hectáreas de su territorio. En el resto de España, la densidad es aún menor. De cualquier forma, esta infinidad de datos morfológicos y analíticos ha constituido, en muchos casos, solamente un ejercicio de historia natural descriptiva con una aplicación muy limitada. Ibañez et al. (1993) hacen un detallado análisis comparativo sobre el estado actual de estos estudios en diferentes países.

Actualmente, dicha infraestructura edafológica está siendo informatizada e integrada en un contexto agroecológico, acercándose a dichos formatos útiles. Los estudios de reconocimiento de suelos representan los elementos básicos de partida, constituyendo la "serie de suelo" la clase más homogénea y apropiada como unidad de referencia (Soil Survey Staff, 1992). Las bases de datos, bien sean referidas solamente a suelos (e.g. SDBm: "multilingual soil data base", FAO-ISRIC-CSIC, 1994; **Figura 2**) o bien incluyendo otros componentes del medio natural (e.g. SOTER: "global and national soils and terrain digital database"; ISRIC-FAO-UNEP, 1993), están siendo desarrolladas y utilizadas ampliamente. También los modelos digitales del terreno constituyen buenos ejemplos de bases de datos georeferenciados en forma raster.

En el proceso de integración del conocimiento experimental sobre los suelos en la infraestructura edafológica, resultan de extraordinaria utilidad las llamadas "pedo-transfer functions" (Wagenet et al, 1991). Desarrollando procedimientos generalmente estadísticos es posible calcular precisos parámetros edáficos que utilizan los modelos de simulación a partir de la información sistemática facilitada por los reconocimientos de suelos. Las técnicas geoestadísticas, tales como las de regresión polinomial o las de kriging, son igualmente útiles para extender la información experimental u observacional a otros lugares (Mausbach & Wilding, 1991).

### **Evaluación de la capacidad de uso y riesgos de degradación de los suelos. Índices de la desertificación**

En los últimos años, viene alcanzando especial importancia un proceso globalizador de las diversas formas diferenciales de hacer ciencia edafológica, anteriormente comentadas. Se integran incluso conocimientos de otras ciencias afines, tales como la Climatología, Ecología, Economía y la propia Agronomía. De esta forma se combina simultáneamente los diferentes tipos de información y conocimiento ya existente, generando nuevos conocimientos y facilitando su aplicabilidad. Dichas sinergias, o acciones de conjunto, son también posibles gracias al uso de las nuevas tecnologías de la información.

En los estudios edafológicos de interpretación práctica (evaluación de suelos), uno de los mayores inconvenientes ha sido la escasa relación con los aspectos agronómicos (Bouma, 1993). Sin embargo, actualmente, los nuevos sistemas de evaluación tratan no solo de pronosticar el mejor uso para cada suelo, sino también el tipo de manejo más apropiado (IBSRM, 1991). A su vez, la vulnerabilidad o susceptibilidad a los riesgos de degradación se determina tomando en consideración todos los aspectos degradativos del suelo, muy especialmente erosión hídrica, contaminación agroquímica, salinización y acidificación. De esta forma, las clases de vulnerabilidad se pueden considerar como los mejores índices para reflejar el riesgo global de desertificación.

Las técnicas informáticas que están propiciando estos nuevos procesos interpretativos son básicamente la simulación dinámica y los sistemas expertos. Los modelos matemáticos de simulación no suelen considerar todos los aspectos que son criterios de diagnóstico en la evaluación de suelos, tales como la pendiente, la pedregosidad o la fertilidad natural. Sin embargo, los modelos deterministas permiten cuantificar ciertos parámetros con una variabilidad espacial y temporal que es decisiva para el desarrollo de los cultivos, como es el régimen de humedad del suelo para los modelos agro-hidrológicos (Driessen & Konijn, 1992). A pesar de su dificultad de aplicación, los modelos matemáticos satisfacen la creciente demanda de información con precisión cuantitativa.

Los sistemas expertos, como herramientas informáticas del campo de la inteligencia artificial, simulan el razonamiento lógico de un evaluador de suelos justificando, además, sus decisiones (Rossiter, 1990). Tales sistemas, como modelos informáticos de simulación del razonamiento, son capaces de integrar la información y el conocimiento sólidamente establecidos por la Ciencia del Suelo con la experiencia de los especialistas y agricultores. Aportan un elemento de síntesis e integración sobre un indefinible magma de datos ("caos digital") de extraordinaria efectividad en el análisis y explicación de los complejos sistemas naturales. Estas técnicas utilizan sucesivos árboles de decisión para generar el pronóstico.

## Generación de escenarios hipotéticos. Indicadores de la sostenibilidad

La adaptabilidad de los sistemas de evaluación para pronosticar el impacto del cambio climático sobre los suelos y su capacidad de producción y conservación, representa una dimensión adicional de tales estudios interpretativos (Mayr et al, 1994). En el mismo sentido se consideran los cambios de uso y manejo del suelo, generando escenarios hipotéticos de cambio global.

También resulta destacable la consideración simultánea de los aspectos de aptitud relativa o relacionados con la producción ("land suitability") y los de vulnerabilidad o relacionados con la degradación ("land vulnerability"), como indicadores de la sostenibilidad ("land use sustainability"; **Figura 3**).

En términos generales, el cuerpo de conocimientos integrados que ha cristalizado en el ámbito de la Ciencia del Suelo representa el elemento fundamental de una base teórica necesaria para gestionar los recursos naturales teniendo en cuenta sus propias limitaciones. No obstante y profundizando en la búsqueda de formatos útiles para la infraestructura edafológica, resulta obligado continuar el proceso de interpretación práctica hasta conectar con los posibles usuarios. Esta transferencia de información, conocimiento y experiencia ha de ser efectiva tanto en el sector público como privado. Para ello se dispone de los sistemas de apoyo para la decisión capaces de integrar y organizar todos los tipos de información necesarios para tomar una decisión. Estos sistemas informáticos resultan ser una combinación de sistemas expertos, modelos de simulación y sistemas de información geográfica, de extraordinaria utilidad.

## Referencias bibliográficas

- Bouma, J. 1993. Sustainability and land evaluation. In: P. Buurman (coord.) Introduction to the field training project "Sustainable land use in Alora, Spain", Wageningen Agricultural University. Wageningen.
- Driessen, P.M. & N.T. Konijn. 1992. Land use systems analysis. Wageningen Agricultural University. Wageningen.
- FAO-ISRIC-CSIC. 1994. SDBm: Multilingual soil database. FAO Pub. (In preparation).
- Ibañez, J.J., J.A. Zinck & R. Jimenez. 1993. Soil survey: old and new challenges. ITC Journal, 1, 7-14.
- IBSRM. 1991. Evaluation for sustainable land management in the developing world: Towards the development of an international framework. I II III, IBSRM.
- ISRIC-FAO-UNEP. 1993. SOTER: Global and national soils and terrain digital database. ISRIC Annual Report. Wageningen.
- Mausbash M.J. & L.P. Wilding (editors). 1991. Spatial variabilities of soils and landforms. SSSA Pub. 28. Madison, WI.
- Mayr, T., M. Rounsevell & D. de la Rosa. 1994. Modelling approaches to the evaluation of climate change on future crop potential and land management. In: P. Loveland & M. Rounsevell (editors) Soil responses to climate change. NATO ASI Series.
- Robert, P.C., R.H. Rust & W.E. Larson (editors). 1993. Soil specific crop management. Research and Developments Issues. American Society of Agronomy, Inc. Madison, WI.
- Rossiter, D. 1990. ALES: A framework for land evaluation by using a microcomputer. Soil Use and Management, 6, 7-20.
- Soil Survey Staff. 1992. Soil survey manual. USDA Soil Conservation Service, U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC. (In press).
- Wagenet, R.J., J. Bouma & R.B. Grossman. 1991. Minimum data sets for use of soil survey information in soil interpretative models. In: M.J. Mausbash & L.P. Wilding (editors) Spatial variabilities of soils and landforms. SSSA Pub. 28. Madison, WI.

## Anexo A. Esquema general de MicroLEIS

### A. Rural Resources Inventory

SDBm: Soil Database Multilingual

CDB: Climate Database

MDB: Management/technology Database

### B. Agro-quality Land Evaluation (Pro&Eco).

Land production oriented models:

TERRAZA: Agro-climatic Classification

CERVATANA: Ecological Capability Zoning

MARISMA: Fertility Capability Classification

ALMAGRA: Agricultural Soil Suitability

ALBERO: Crop Yield Prediction

SIERRA: Forestry Land Suitability

### C. Agro-vulnerability Field Evaluation (Ero&Con).

Land degradation oriented models:

RAIZAL: Soil Erosion

ARENAL: General Soil Contamination

PANTANAL: Specific Soil Contamination

ZAPAL: Soil Salinisation

PEDREGAL: Desertification Index (Total vulnerability)

### D. Land Use Sustainability Evaluation.

Decision support system:

COLUMELA: Strategies/Measures/Management Options

Note: ZAPAL, PEDREGAL and COLUMELA models are still under development.

## Anexo B. Bibliografía relacionada con MicroLEIS

### B-1. Principales trabajos generados

De la Rosa, D., J.A. Moreno, L.V. Garcia & J. Almorza. 1992.

MicroLEIS: A microcomputer-based Mediterranean land evaluation information system. *Soil Use and Management*, 8, 89-96.

De la Rosa, D., J.A. Moreno & L.V. Garcia. 1993. Expert evaluation system for assessing field vulnerability to agrochemical compounds in Mediterranean region. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56, 153-164.

FAO-ISRIC-CSIC. 1994. SDBm: Multilingual soil database. FAO Pub. (En prensa).

De la Rosa, D. 1994. MicroLEIS 3.2: A set de computer programs, statistical models and expert systems for land evaluation. In: *Soil responses to climate changes* (M.D. Rounsevell and P. Loveland, eds.) 205-211. NATO ASI Series, Springer-Verlag, Heidelberg.

De la Rosa, D., J. Crompvoets & J.A. Moreno. 1994. MicroLEIS+, A PC-based tool for transmission of knowledges in soil, climate and agricultural sciences. *Transactions 15th World Congress of Soil Sc.* 9, 45-63. ISSS, Mexico.

De la Rosa, D., J. Crompvoets, F. Mayol & J.A. Moreno. 1995. Ero&Con: Agricultural field vulnerability evaluation system. User's Manual. IRNAS Pub. Sevilla.

De la Rosa, D., F. Mayol & J.A. Moreno. 1995. Pro&Eco: Agricultural land suitability evaluation system. User's Manual. IRNAS Pub. Sevilla.

De la Rosa, D. & J. Crompvoets. 1995. Evaluating Mediterranean soil contamination risks in selected hydrological change scenarios. *Proc. EU/JRC Conference on Long-term perspectives for effects of rural land use changes on soil contamination*. Arona.

## B-2. Algunos trabajos de aplicación y validación

- Lopez, J. 1990. Predicción de la Calidad Agrícola de los Suelos. Un caso de estudio en la zona regable del río Pilon, Mexico. XXVII Curso Internacional de Edafología. Tech. Report. Sevilla. 60pp+appendices.
- Corres, B. 1991. Evaluación Agroecológica de Suelos Representativos de la Provincia de Huelva, España. Aplicación y validación del sistema MicroLEIS. XXVIII Curso Internacional de Edafología. Tech. Report. Sevilla. 56pp+anexos.
- Mills, M. 1991. An Environmental Land Use Plan for the El Guijo Region of Huelva, S.W. Spain. Using MicroLEIS, a biophysical land evaluation system. Report of Master Degree. Dept. of Environmental Science, Univ. of Stirling. 52pp+appendices.
- Wallace, N. 1991. The Results and Implications of a Mediterranean Land Evaluation System for Sustainable Environmental Management in the La Palma del Condado, S.W. Spain. Report of Master Degree. Dept. of Environmental Science, Univ. of Stirling. 64pp+appendices and maps.
- Aguirre, G. 1992. Adaptabilidad del Sistema de Evaluación MicroLEIS para Predecir el Efecto Agrícola de los Posibles Cambios Climáticos. XXIX Curso Internacional de Edafología. Tech. Report. Sevilla. 105pp+anexos.
- Crompvoets, J. 1992. Expert System for Assessing Sunflower Crop Production. Columela Project. A part of Report of Master Degree. Dept. of Soil Science, Agricultural Univ. of Wageningen. 57pp+appendices.
- Tonjes, J.J. 1993. Agricultural Management and Land Evaluation. An evaluation model for sunflower in Andalucía. A part of Report of Master Degree. Dept. of Agronomy, Agricultural Univ. of Wageningen. 17pp+appendices.
- Davidson, D.A., Theocharopoulos, S.P. and Bloksma, R.J. 1994. A land evaluation project in Greece using GIS and based on Boolean and fuzzy set methodologies. Int. J. Geographical Information Syst. 8:369-384.
- Machin, J. y A. Navas. 1995. Los suelos de la Plana de Zaragoza. Aprovechamiento agrícola y forestal. Anales de Aula Dei. (En prensa).

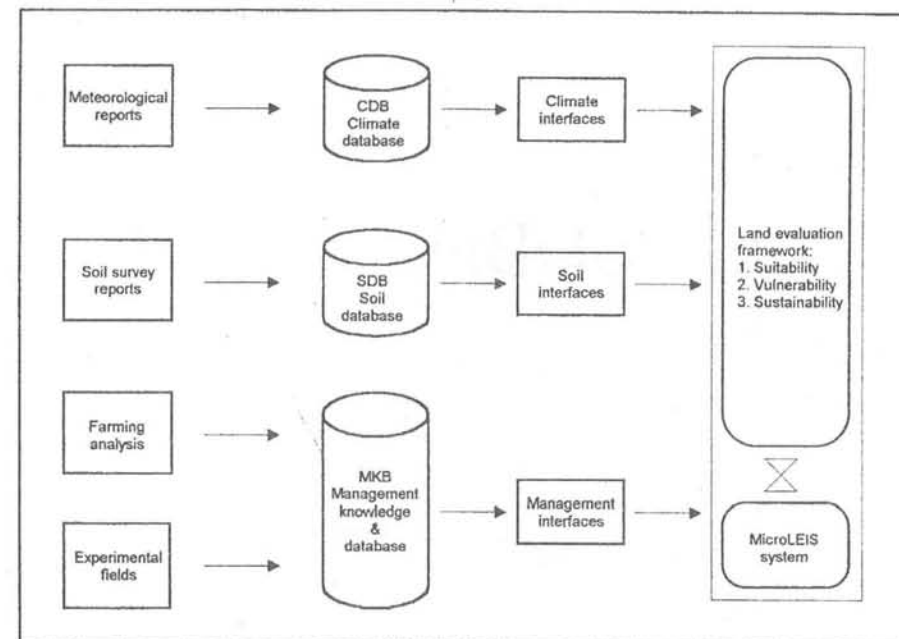


Figura 1. Diseño global de la ingeniería de datos y conocimientos seguida en el desarrollo del proyecto MicroLEIS.

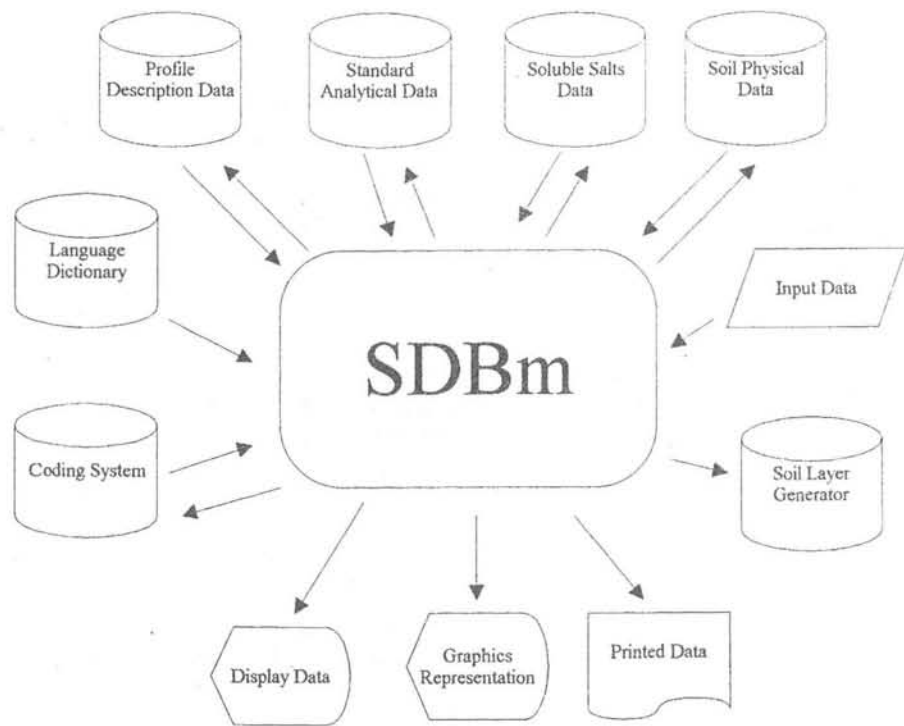


Figura 2. Esquema general de la base de datos de suelos SDBm.

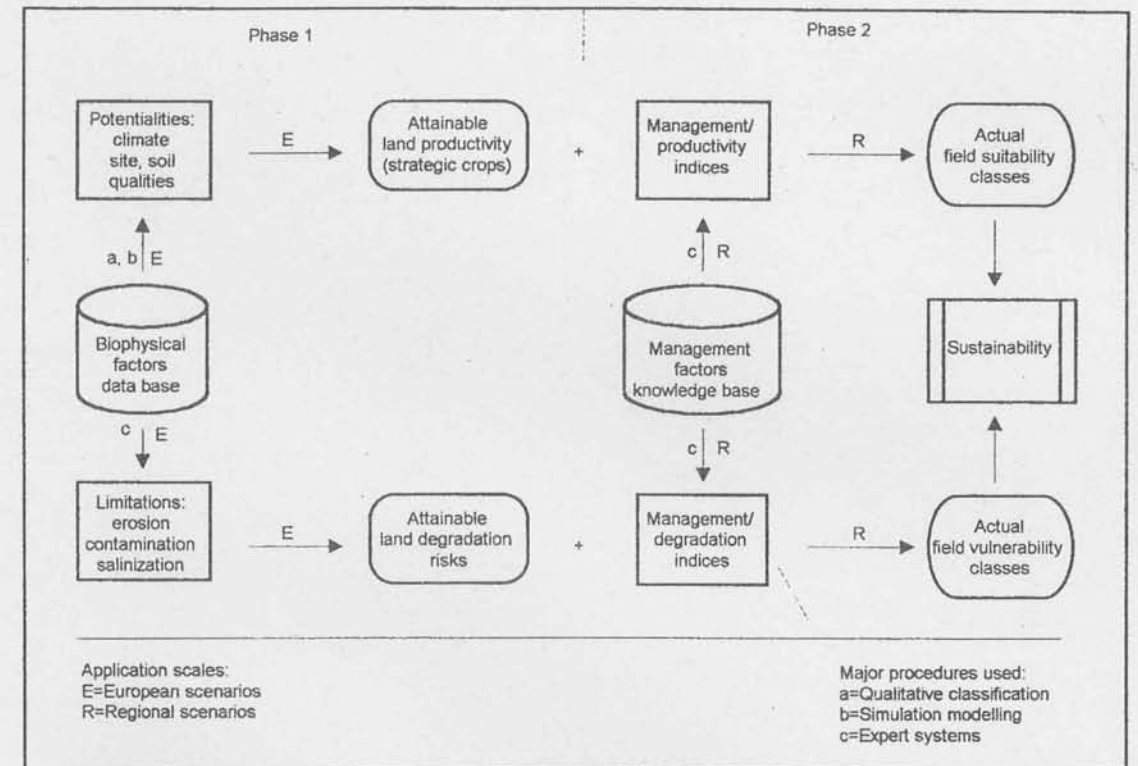


Figura 3. Procedimiento seguido en la combinación de factores biofísicos y técnicos para la evaluación del uso y manejo sostenibles del suelo.