

MODELO DE EVALUACIÓN PARAMÉTRICA DE SUELOS FORESTALES BASADO EN SUS PROPIEDADES QUÍMICAS.

Marina del TORO (2); Juan GIL, J. (1); Luis CORRAL MORA (1)

(1) Departamento de Química Agrícola y Edafología. Universidad de Córdoba

(2) Departamento de Cris. Min. y Química Agrícola. Universidad de Sevilla

Abstract: This paper presents a proposal for a parametric model of forestry assessment for Mediterranean Mountains based upon the chemical properties of the soil. In addition, an informatic program, called "Evaluator", has been developed and it allows to assess systematically and automatically as well as to store information within a data base.

Key words: Forestry evaluation, parametric model, evaluation index, suitability classes.

Resumen: En este trabajo se propone un modelo paramétrico de evaluación forestal para áreas de montaña mediterránea basado en las propiedades químicas del suelo y se diseña un programa informático, denominado "Evaluator", que realiza el proceso de evaluación de manera sistemática y almacena la información en una base de datos.

Palabras clave: Evaluación forestal, modelo paramétrico, índice de evaluación, clases de aptitud.

INTRODUCCIÓN

Una evaluación sistemática de los suelos permite agruparlos y clasificarlos de acuerdo a sus más adecuados destinos, proyectar programas y planes de utilización y mejora a largo plazo y afrontar políticas racionales de desarrollo mediante el conocimiento de la calidad y distribución de este recurso natural (De la Rosa y Paneque, 1977).

Existen cuatro tipos de evaluación de tierras que se basan en la "capacidad" de los suelos frente a usos generales, "aptitud" frente a un propósito o práctica claramente definida y razonablemente homogénea, "cuantificación" de las propiedades del suelo y posterior aplicación de modelos matemáticos y "otras premisas" que requieren tratamientos especiales no contemplados en los métodos anteriores.

Los modelos paramétricos de evaluación de suelos son métodos cuantitativos, específicos y fácilmente aplicables, basados en propiedades del suelo, por lo que reducen la subjetividad al considerar distintas interacciones entre factores, y que utilizan medidas positivas en lugar de limitaciones de uso (Aguilar, 1992). Con el objetivo de evaluar suelos forestales se propone un modelo paramétrico que, a diferencia de los de Storie (1937), Bramaio y Riquier (1964), Riquier *et al* (1970), De la Rosa (1974), Begon y Mori (1980), etc., se basa exclusivamente en propiedades físico-químicas seleccionadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio es el Parque Natural

“Sierra de Grazalema” (Cádiz) con una extensión de 35000 ha entre las coordenadas geográficas 5° 11' 11" - 5° 31' 10" W y 36° 40' 04" - 36° 50' 04" N. De acuerdo con los datos termométricos y pluviométricos el clima es Perhúmedo Mesotérmico II (Cerezuela, 1977) y según González (1983) y Mérida (1983) los regímenes de humedad y temperatura del suelo son Xérico y Térmico respectivamente, siguiendo las directrices de Soil Survey Staff (1975).

Los materiales litológicos sobre los que se desarrollan los suelos son calizas (compactas, blancas y rojas), margas (abigarradas, rojas, grises, azuladas y compactas), arcillas (salíferas y descarbonatadas), yesos y areniscas del Aljibe.

Según las directrices de FAO (1991), los suelos de la zona se clasifican como Leptosoles (líticos, eutrícos, dístrícos, rendsicos y móllicos), Regosoles (eutrícos, dístrícos, calcáricos y umbrícos), Cambisoles (eutrícos, dístrícos, húmicos, calcáricos, crómicos y gleícos), Calcisoles (háplicos), Phaeozems (háplicos y calcáricos) y Luvisoles (crómicos y gleícos).

Se estudian 467 sondeos expeditivos a diferentes niveles de profundidad, denominados secciones de control S1 (0-25 cm), S2 (25-50 cm) y S3 (50-75 cm), y se determinan en cada una de ellas los siguientes parámetros fisicoquímicos: carbono orgánico (Sims y Haby, 1971), nitrógeno (Duchaufour, 1975), pH en agua y cloruro potásico (Gutian-Ojea y Carballas, 1976), carbonatos (Duchaufour, 1975), macroelementos asimilables (G.T.N.M.A., 1976), microelementos asimilables (Pinta, 1971), fósforo asimilable (Williams, 1941) y grava, expresándose los resultados en g/kg de suelo.

Para el análisis de datos se utilizaron los programas P1D, P4M y P3D del paquete estadístico integrado BMDP (Dixon, 1985), que realizan el cálculo de la media, desviación estándar, coeficiente de variación, valores extremos (máximo y mínimo), amplitud del rango y frecuencia; análisis de regresión lineal múltiple entre variables, selección y exclusión de variables, relaciones ocultas entre variables, histogramas de población agrupadas por facto-

res; y comparación de dos grupos a través del test “t” de Student, variable a variable, respectivamente.

El modelo paramétrico de evaluación que se utiliza es de tipo aditivo y responde a la fórmula general:

$$\text{Índice de evaluación} = \frac{aA + bB + cC + \dots + nN}{a + b + c + \dots + n}$$

donde a, b, c, ... n son los pesos específicos de cada una de las variables y A, B, C, ... N son los rangos de adaptabilidad de las variables en las matrices de gradación.

RESULTADOS

La propuesta de evaluación consta de las siguientes fases:

1.- *Selección de ambientes óptimos*: Se hace de acuerdo con el Inventario Forestal del Parque Natural (AMA, 1984), eligiéndose aquellas especies (arbóreas y no arbóreas) autóctonas, que presentan rasgos evidentes de adaptabilidad a las condiciones climáticas, topográficas y edáficas del entorno natural según la evaluación ecológica realizada por Martín (1993).

2.- *Caracterización fisicoquímica de los ambientes óptimos*: Se realiza en base a los datos fisicoquímicos de los suelos sobre los que se desarrolla la vegetación de manera óptima según los métodos analíticos generales descritos anteriormente, y tras la aplicación del programa de análisis descriptivo de datos (P1D).

3.- *Selección de los parámetros fisicoquímicos de referencia*: Se realiza a través del análisis de componentes principales (P4M) para cada una de las vegetaciones y secciones de control estudiadas, agrupando las variables en diferentes “factores principales” a la vez que discrimina por exclusión variables poco significativas, a través de los valores de la varianza.

4.- *Ponderación de los parámetros químicos de referencia según las diferentes secciones*

de control: Se realiza a través del sumatorio de las contribuciones a la varianza que cada una de las variables presentaban en los diferentes factores principales generados.

5.- *Homogeneización de los parámetros fisicoquímicos de referencia en función de la profundidad útil del suelo:* Se realiza en base a los grados de interacción de las diferentes secciones de control con la vegetación que soporta según Sys (1985) con modificaciones ya que el método original fue diseñado con fines agrícolas por lo que se otorgaba mayor peso específico a los horizontes superficiales, pues son más susceptibles al impacto, y posteriormente disminuir gradualmente con la profundidad.

En este sentido, en los suelos con vegetación arbórea (alcornocal, encinar, pinsapar y quejigal), es entre 25 y 50 cm donde se debe concentrar un mayor número de raíces de tamaño control y grueso, por lo que esta sección de control debe presentar una mayor importancia con respecto a las demás, mientras que en los suelos de matorral y pastizal, en los que las raíces se desarrollan preferentemente en los primeros 25 cm, debe ser la sección S1 la que incidirá más directamente en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas relacionadas en el suelo. Pues bien, teniendo en cuenta estas consideraciones se presentan en la tabla 1 las contribuciones de las diferentes secciones de control según sea la profundidad útil del suelo.

Teniendo en consideración estos factores

se calculan las contribuciones, expresadas como porcentajes de varianza, de cada uno de los parámetros fisicoquímicos de referencia según tres supuestos de profundidad útil para cada una de las vegetaciones estudiadas.

6.- *Establecimiento de los niveles de adaptabilidad de los parámetros de referencia:* Se calcula en base a la desviación de la muestra media y su reparto proporcional en seis clases porcentuales de aptitud (100%, 80%, 60%, 40%, 20% y 10%). El 100% de adecuación se define para cada variable como el rango comprendido entre el valor medio de la sección más influyente y el valor medio después de aplicar los criterios ponderativos que relacionan la profundidad útil del suelo con el número de secciones de control.

El resto de los porcentajes se calculan sumando o restando al valor medio del rango óptimo (100%) el reparto proporcional de la diferencia entre el valor medio del rango máximo y el valor medio del rango mínimo ó el valor medio del máximo entre las secciones de control más influyentes y los valores recalculados aplicando los criterios de importancia de las secciones de control. Finalmente el 10% se define como aquellos valores de las variables inferiores o superiores a los calculados en el rango anterior (20%).

7.- *Definición del Índice de evaluación:* Se realiza en base a los parámetros de referencia seleccionados para cada una de las vegetacio-

Tabla 1.- Relación entre las secciones de control y los factores correctores ponderativos para las vegetaciones arbóreas y no arbóreas.

| Profundidad (cm) | Nº secciones | Factores etapa | |
|---------------------|--------------|----------------|----------------|
| | | arbórea | no arbórea |
| 0-25 | 1 | 1.00 | 1.00 |
| 0-50 | 2 | 0.75-1.00 | 1.25-0.75 |
| 0-75 | 3 | 1.00-1.25-0.75 | 1.25-1.00-0.75 |

Tabla 2.- Parámetros fisicoquímicos de referencia de los suelos que definen el Índice de evaluación en función de la profundidad útil del suelo

| | ENCINAR Profundidad útil (cm) | | | QUEJIGAL Profundidad útil (cm) | | | ALCORNOCAL Profundidad útil (cm) | | | PINSAPAR Profundidad útil (cm) | | | MATORRAL Profundidad útil (cm) | | | PASTIZAL Profundidad útil (cm) | | |
|-------------------|----------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|
| | < 25 | 25-50 | 50-75 | < 25 | 25-50 | 50-75 | < 25 | 25-50 | 50-75 | < 25 | 25-50 | 50-75 | < 25 | 25-50 | 50-75 | < 25 | 25-50 | 50-75 |
| Grava | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| pH agua | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| pH KCl | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| Carbono orgánico | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrógeno | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | |
| Fósforo | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | |
| Hierro | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | |
| Cobre | | | | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | |
| Manganeso | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | |
| Zinc | | | | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | |
| Calcio | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | |
| Magnesio | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | |
| Sodio | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | |
| Potasio | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | |
| Carbonato cálcico | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | | * | | |
| eg. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 3.- Definición de las clases de aptitud en función del índice de evaluación.

| Vegetación / Clase aptitud | Óptima | Muy Buena | Buena | Regular | Mala |
|----------------------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------|
| Encinar | > 75.32 | 75.31 - 68.54 | 68.53 - 52.81 | 52.80 - 46.03 | < 46.02 |
| Quejigal | > 73.71 | 73.70 - 66.08 | 66.07 - 46.60 | 46.59 - 38.97 | < 38.96 |
| Alcornocal | > 85.96 | 85.95 - 75.95 | 75.94 - 50.15 | 50.14 - 40.14 | < 40.13 |
| Pinsapar | > 70.10 | 70.09 - 63.86 | 63.85 - 48.89 | 48.88 - 42.65 | < 42.64 |
| Matorral | > 77.33 | 77.32 - 68.62 | 68.61 - 47.31 | 47.30 - 38.60 | < 38.59 |
| Pastizal | > 82.54 | 82.53 - 71.86 | 71.85 - 46.79 | 46.78 - 36.11 | < 36.10 |

nes, así como a la contribución de dichos parámetros según expresiones paramétricas aditivas. En la tabla 2 pueden apreciarse las variables fisicoquímicas que definen dicho índice en las seis vegetaciones según los tres supuestos de profundidad estudiados.

8.- *Definición de las clases de aptitud forestal*: Se establecen cinco clases de aptitud forestal denominadas "ÓPTIMA", "MUY BUENA", "BUENA", "REGULAR" y "MALA" a través del test de normalidad de los valores del Índice de Evaluación para cada una de las vegetaciones estudiadas. En la tabla 3 se muestran los rangos del índice de evaluación para cada una de las clases de aptitud.

Este modelo paramétrico de evaluación de suelos diseñado ha servido como base para la realización de un programa informático, denominado "Evaluator", que almacena los datos fisicoquímicos de los suelos, calcula y almacena el Índice de Evaluación a partir de los parámetros de referencia seleccionados y califica dicho índice en las diferentes clases de aptitud.

CONCLUSIONES

El modelo de evaluación propuesto basado en parámetros físico-químicos pone de manifiesto en los suelos del Parque Natural de la Sierra de Grazalema que tras la homogeneización de los parámetros de referencia el potasio es fundamental para el desarrollo del encinar y matorral; pH para el quejigal en suelos con profundidad útil inferior a 25 cm y el par sodio-calcio para suelos más profundos; sodio y zinc definen la adecuación de los suelos para alcornoque; grava y pH en KCl condicionan el desarrollo del pinsapar y finalmente los contenidos de manganeso y zinc son los parámetros químicos que controlan el desarrollo del pastizal.

Los rangos de variación de las clases de aptitud ponen de manifiesto una mayor restricción en cuanto a las condiciones óptimas para alcornoque y pastizal, seguido de matorral,

encinar, quejigal y pinsapar, y menores requerimientos en condiciones adversas para el pastizal, seguido del matorral, quejigal, alcornoque, pinsapar y encinar.

REFERENCIAS

- Agencia del Medio Ambiente (1984). Inventario forestal del Parque Natural "Sierra de Grazalema". *Pub. Int. Agen. Med. Amb., Junta de Andalucía. Sevilla.*
- Aguilar Ruiz, J. (1992). La evaluación de los suelos en España. *En curso de Evaluación de suelos. UIMP. Valencia.*
- Begon, J.C. y Mori, A. (1980). Evaluation of soil suitability for the planning of rural space in France. *In "Land Evaluation in the EC". Commission of the European Communities. Luxembourg.*
- Bramao y Riquier. (1964). Soil resources appraisal for development. *Anal. Edafol. Agrobiol. XXVI.*
- Cerezuela Navarro, F. (1977). Evapotranspiración y microclimas de la vertiente mediterránea del sur de España. *Univ. de Málaga.*
- De la Rosa, D. (1974). Reconocimiento y evaluación de suelos de terrazas del Guadalquivir, en la provincia de Sevilla. *Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla.*
- De la Rosa, D. y Paneque, G. (1977). Criterios sobre evaluación de suelos y tierras para fines agrícolas: Con especial referencia a una zona de terrazas del Guadalquivir (I). *Anal. Edafol. Agrobiol. XXXVI 3-4.*
- Del Toro, M. (1996). Capacidad de uso forestal de los suelos del Parque natural "Sierra de Grazalema" en base a sus propiedades químicas. *Tesis doctoral. Univ. de Sevilla.*
- Del Toro, M. (1996). Evaluator. Programa de evaluación forestal de suelos. Registrado como propiedad intelectual.
- Del Toro, M.; Contreras, C.I.; Tejada, M.; Gil, J.; Corral, L. (1995,a). Capacidad de uso forestal de los suelos del Parque Natural "Sierra Norte" (Sevilla-MTN-920). *XX*

- Reun. Nac. de Suelos: Degradación y Conservación. Madrid.*
- Del Toro, M.; Tejada, M.; Contreras, C.I.; Gil, J.; Corral, L. (1995,b). Propiedades físicas y químicas de los suelos del Parque Natural "Sierra Norte" de Sevilla. *XX Reun. Nac. de Suelos: Degradación y Conservación. Madrid.* 299-307.
- Dixon, W.J. (1985). BMDP Statistical Software. *Univ. of California Press. London.*
- Duchafour, Ph. (1975). Manual de Edafología. *Ed. Toray-Masson. Barcelona.*
- FAO (1991). Mapa Mundial de suelos. Leyenda revisada. *Informes sobre Recursos Mundiales de suelos 60. FAO. Roma.*
- González Fernández, J.L. (1983). Estudio de la materia mineral de suelos de la Serranía de Grazalema. *Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla.*
- Guitián-Ojea, F. y Carballas, T. (1976). Técnicas de análisis de suelos. *Ed. Pico Sacro. Santiago de Compostela.*
- G.T.N.M.A. (1976). Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos. II: Potasio, calcio y magnesio. *Anal. Edafol. Agrobiol. XXXV 7-8.*
- Martin Osorio, V. (1993). Cartografía y estudio de la vegetación del Parque Natural Sierra de Grazalema. *Tesis Doctoral. Univ. de Málaga.*
- Mérida García, J. (1983). Estudio de la materia orgánica de suelos de la Serranía de Grazalema. *Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla.*
- Pinta, M. (1971). Spectrometrie d'absorption atomique. Ed. Masson et cie. Paris.
- Riquier, J.; Bramao, L.; Cornet, J. (1970). A new system of appraisal in terms of actual anal potential productivity. A.S.L.:T.E.S.R. /70/6. FAC. Roma.
- Sims, J.R. y Haby, V.A. (1971). Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Sci. 112.*
- Soil Survey Staff (1975). Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA-SCS Agric. *Handb. 436.* U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C.
- Storie, E. (1937). An index rating the agricultural value of soils. *Bull 556. Berkeley.*
- Sys, C. (1985). Land Evaluation. *Int. Train Centre Post. Grad. Sol Sci. State Univ. Ghent.*
- Williams, E.G. y Stewart, A.B. (1941). *J. Soc. Chem. Ind. 60, 291-297.*
-