

C. S. I. C.
Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla

ADAPTABILIDAD DEL SISTEMA DE EVALUACION
MicroLEIS PARA PREDECIR EL EFECTO AGRICOLA DE
LOS POSIBLES CAMBIOS CLIMATICOS
Resultados Preliminares

por
Gustavo Aguirre

XXIX CURSO INTERNACIONAL DE EDAPOLOGIA Y BIOLOGIA VEGETAL
Sevilla, Julio 1992.



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES

Y AGROBIOLOGIA DE SEVILLA

Avda. Reina Mercedes s/n.

41080 Sevilla, España

Apartado 1052 Tel. (95) 4624711

D. DIEGO DE LA ROSA ACOSTA, DOCTOR INGENIERO AGRONOMO, PROFESOR DE INVESTIGACION DEL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

CERTIFICA: Que el Geologo GUSTAVO ENRIQUE AGUIRRE, por la Universidad Nacional de Cordoba, Argentina, ha llevado a cabo el presente trabajo bajo mi direccion y en los laboratorios de este Instituto; reuniendo las condiciones exigidas por el XXIX Curso Internacional de Edafologia y Biologia Vegetal, especialidad en Edafologia.

Y para que conste, expide y firma este certificado en Sevilla, 20 de

Julio de 1992.

CONTENIDO

Agradecimientos

Resumen

Abstract

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

1. INTRODUCCION

1.1 Objetivos y plan de trabajo

2. MATERIALES

2.1 Características generales de la zona de estudio

2.1.1. Climatología

2.1.2. Hidrología

2.1.3. Unidades geomorfoedáficas

2.2 Escenarios climáticos y suelos seleccionados

3. METODOS

3.1 Generalidades

3.2 Esquema Básico

3.2.1. Capacidad de Uso de la Tierra

3.2.2. Aptitud Forestal de la Tierra

3.2.3. Aptitud Agrícola del Suelo

3.2.4. Predicción de Cosechas

3.2.5. Vulnerabilidad Agrícola

3.3 MicroLEIS

3.3.1. Mejoras al sistema MicroLEIS

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Estudio comparativo de diferentes secciones de control:

Aplicación de los Programas Cervatana, Albero 1, 2 y 3, Arenal y Almagra

4.2 Estudio comparativo para los diversos escenarios climáticos:

Aplicación de los programas Cervatana y Arenal

5. CONCLUSIONES

6. BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

"Outputs" conseguidos tras la aplicación de los diferentes modelos de MicroLEIS

Agradecimientos

Deseo expresar mi sincero agradecimiento al director de este trabajo Prof. Dr. Ing. Ag. Diego de la Rosa por los valiosos conocimientos transmitidos y por su grata compañía en los meses que he estado en su departamento.

Al Prof. Dr. Jose Luis Mudarra por sus atenciones como coordinador del XXIX Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal.

Al Prof. Dr. Antonio Troncoso, Director del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, por sus atenciones y facilidades para la realización del XXIX Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal.

Al Sr. D. Juan Antonio Moreno, por su ayuda en la aplicación del sistema MicroLEIS.

Al Sr. D. Antonio Rosales, por su colaboración general durante el desarrollo del presente trabajo.

A todas aquellas personas del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, que me brindaron sus amistad, apoyo y afecto durante mi estancia en Sevilla.

Finalmente agradezco a mi familia por su permanente apoyo para mi superación personal y profesional.

RESUMEN

ADAPTABILIDAD DEL SISTEMA DE EVALUACION MicroLEIS PARA PREDECIR EL EFECTO AGRICOLA DE LOS POSIBLES CAMBIOS CLIMATICOS. Resultados Preliminares.

Mediante la aplicacion del sistema de evaluacion MicroLEIS se pretende: 1) analizar el poder discriminante en funcion de la seccion de control considerada; 2) investigar la funcionalidad de los modulos Cervatana y Arenal para predecir el efecto agroecologico de los posibles cambios climaticos. Para ello se han considerado tres escenarios climaticos diferentes: el historico con un periodo de 30 años (1960-1989), el actual (abril 1991-abril 1992) y el simulado que sigue los modelos climaticos propuestos por el GCMs (General Circulation Models) que propone un incremento en las precipitaciones y temperaturas como consecuencia de un aumento al doble en la concentracion del CO2 atmosferico.

Se han escogido diez areas representativas de la Depresion del Guadalquivir las que han sido descriptas e informatizadas siguiendo el criterio FAO (Soil Data Base, 1990). Posteriormente se les ha aplicado sistemáticamente los distintos modulos que componen el paquete MicroLEIS arriandose a las siguientes conclusiones principales:

Con la aplicacion del programa Cervatana se establece que todas las areas estudiadas tienen la misma capacidad de uso (S2), aunque existen diferencias a nivel de subclases. No hay una seccion de control que tenga mayor poder discriminativo sobre las demas. Con el programa Almagra se ha encontrado que para el trigo, maiz, soja, girasol, alfalfa y patata existen secciones de control con claro poder discriminativo. Para los programas Albero 2 y 3 la seccion 0-50 cm es la que ofrece mayor poder discriminativo, en tanto que en el Albero 1 no hay una seccion determinada. El programa Arenal pronostica que si el suelo esta desarrollado sobre superficies terciarias no presenta peligro de vulnerabilidad a los compuestos agroquimicos, mientras que si se desarrolla sobre superficies holocenicas el peligro varia segun el tipo de manejo que se practique.

Al aplicar el programa Cervatana a los diferentes escenarios climaticos se encuentra que en el actual practicamente todas las areas descienden de clase de capacidad de uso, llegando incluso las areas Osuna y Alcalá a ser clasificadas como marginales. Para el escenario simulado no se aprecian grandes diferencias en la clasificacion con respecto al escenario historico. Con el programa Arenal para los escenarios historico y simulado se consiguen iguales resultados: los suelos desarrollados sobre superficies terciarias no tienen peligro de contaminacion en tanto los desarrollados sobre superficies holocenicas tienen vulnerabilidad diferencial segun las practicas de manejo a que sean sometidos.

ABSTRACT

ADAPTABILITY OF THE LAND EVALUATION SYSTEM MicroLEIS TO PREDICT THE AGRO-ECOLOGICAL EFFECTS OF CLIMATE CHANGE. Preliminary Results.

By application of the land evaluation system MicroLEIS we try to achieve: 1) to analyze the discriminatory power of MicroLEIS in function of the control section considered; 2) to research the functionality of Cervatana and Arenal modules to predict the agroecological effects of the possible climatic changes. Three climatic scenarios have been considered: the historic period (1960-1989), the actual period (April 1991- April 1992), and the simulated period that follows the climatic models proposed by GCMs (General Circulation Models) considering an increment in precipitations and temperatures due to the increase of the CO₂ atmospheric concentration. Ten representative areas from the Guadalquivir valley have been chosen, described and computerized following the FAO criteria (Soil Data Base, 1990). After that, all the MicroLEIS modules have been applied getting these principal conclusions:

Cervatana program establishes that all the areas studied have the same land capability (S2), although there are differences at subclasses levels. There is not any control section that shows more discriminatory power. The Almagra program establishes that for wheat, corn, soya, sunflower, alfalfa and potatoe there are some control sections with more discriminatory power. For the Albero 2 and 3 programs the 0-50 cm. section is the one that offers more discriminatory power and for Albero 1 there is not any one. Arenal program predicts that if the soil is developed on rolling Tertiary hills there is not any risk of contamination with the agrochemical compound, although if the soil is developed on Holocene plains the risk is higher depending of the farming management.

With the application of Cervatana program to different climatic scenarios we found that practically all the areas decrease in land capability, bringing inclusive Osuna and Alcala areas to be classified as marginals. The classification of the simulated scenario is very similar to the historic scenario. Arenal program establishes the same results for the historic and simulated scenario: soils developed on rolling Tertiary hills do not have any contamination risk and those ones developed on Holocene plains have a differential vulnerability depending of the management.

INDICE DE TABLAS

| | |
|-----------|---|
| Tabla 4.1 | Resultados de la aplicación de MicroLEIS. Programas Cervatana, Albero 1, 2 y 3 , Arenal |
| Tabla 4.2 | Resultados de la aplicación de MicroLEIS. Programa Almagra |
| Tabla 4.3 | Resultados de la aplicación de MicroLEIS. Estudio comparativo considerando cambios climáticos. Programas Cervatana y Arenal |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|-------------|--|
| Figura 1.1 | Ubicación geográfica de las 10 áreas de estudio |
| Figura 2.1 | Representación climática histórica de Jerez |
| Figura 2.2 | Representación climática histórica de Sevilla |
| Figura 2.3 | Representación climática histórica de Córdoba |
| Figura 2.4 | Representación climática histórica de Morón |
| Figura 2.5 | Representación climática actual de Jerez |
| Figura 2.6 | Representación climática actual de Sevilla |
| Figura 2.7 | Representación climática actual de Córdoba |
| Figura 2.8 | Representación climática actual de Morón |
| Figura 2.9 | Representación climática simulada de Jerez |
| Figura 2.10 | Representación climática simulada de Sevilla |
| Figura 2.11 | Representación climática simulada de Córdoba |
| Figura 2.12 | Representación climática simulada de Morón |
| Figura 2.13 | Precipitaciones totales. Escenarios histórico, actual y simulado |
| Figura 2.14 | Temperaturas medias. Escenarios histórico, actual y simulado |
| Figura 2.15 | ETP total. Escenarios histórico, actual y simulado |
| Figura 3.1 | Esquema general del sistema MicroLEIS |
| Figura 3.2 | MicroLEIS. Menú principal |
| Figura 3.3 | MicroLEIS. Manual electrónico. |

1. INTRODUCCION

La evaluación de tierras es el proceso por el cual se estima la aptitud o calidad de un suelo para un determinado uso a partir de la información básica proporcionada por los trabajos de campaña, laboratorio (análisis físicos, químicos, bioquímicos, mineralógicos, etc) y gabinete (cartografía).

La evaluación de suelos debe ser hecha con un enfoque agroecológico de modo que el uso y la explotación del recurso suelo sea sostenible y el impacto ambiental provocado sea mínimo. Para ello es necesario el trabajo integrado de científicos agrícolas con ecologistas (Elliot & Cole, 1988) de modo de lograr convinar alta tecnología agraria con prácticas conservacionistas.

Para el correcto manejo del recurso suelo es preciso tener una amplia y rigurosa información sobre sus características naturales, geográficas, y de limitaciones de uso que permitan conservar la producción de los mejores suelos y recuperar las áreas marginales (Agencia de Medio Ambiente, 1984). Así la alteración del medioambiente y los riesgos de degradación de los recursos naturales se verían notablemente disminuídos.

La evaluación de suelos trata fundamentalmente con dos aspectos: la tierra como recurso biofísico y como recurso socio-económico. Al considerar el aspecto biofísico de la tierra estamos tratando con variables relativamente estables o al menos predecibles, en tanto que si consideramos al suelo como recurso socio-económico entramos a jugar con parámetros sociales, económicos y políticos mucho mas variables e impredecibles (Van Lanen ,1991). Así, se puede evaluar un territorio segun cada uno de los aspectos citados y luego integrarlos en una única evaluación (Food,1976; Dent & Young,1981).

En el presente trabajo la evaluación de suelos con el paquete Microleis esta restringida solo al aspecto biofísico.

Se pueden usar diferentes procedimientos para la evaluación biofísica, los que pueden estar basados desde el conocimiento experto de los agricultores a modelos de simulación sustentados sobre leyes físicas y biológicas derivadas de experimentos de campo y laboratorio (Bouma, 1989). Es preciso señalar que si bien la evaluación contribuye a ampliar nuestro conocimiento científico, su fin es eminentemente práctico y debería de ser hecha siempre antes de tomar decisiones a cerca del futuro uso de una tierra de modo de lograr un uso ambientalmente sostenido de la misma. Al mismo tiempo se puede transferir la información obtenida de la evaluación de una zona determinada a otras similares (De la Rosa, 1981).

1.1 Objetivos y plan de trabajo

En el presente trabajo se realiza la aplicación del paquete MicroLEIS a diez áreas consideradas como las mas representativas agricolamente de Andalucía (Fig.1.1), ubicadas en la Depresión del Guadalquivir.

Principalmente se consideran las cuestiones relacionadas con el suelo, el clima y las practicas de manejo.

Los suelos, considerados cuerpos naturales tridimensionales, son descriptos morfológicamente y se expresan tambien sus aspectos físicos y químicos numericamente.

Para los programas Cervatana y Arenal, que consideran parámetros climáticos, se han escogido tres escenarios diferentes (histórico, actual y simulado)

Los datos climatológicos del escenario histórico corresponden a un período de 30 años (1960-1989), provienen de la información suministrada por los aeropuertos de Córdoba y Sevilla y las bases aéreas de Morón y Jerez de la Frontera. Los datos del escenario actual se refieren a los doce ultimos meses (Abril 1991- Abril 1992); en tanto que en el escenario climático simulado se consideró un incremento del 10% en las precipitaciones medias mensuales correspondientes a todos los meses del año, un aumento de 3°C en la temperaturas medias mensuales del período

octubre-marzo y un incremento de 5°C en las temperaturas medias mensuales de los meses de verano (de abril a septiembre) según lo que prevee el modelo GISS (Goddard Institute for Space Studies)

Debido a la imposibilidad de contar con información climática para las diez áreas donde se hallan los perfiles representativos, se ha tomado los valores de cuatro estaciones meteorológicas (Córdoba, Sevilla, Jerez y Morón) y se ha extrapolado sus cifras al resto de las áreas.

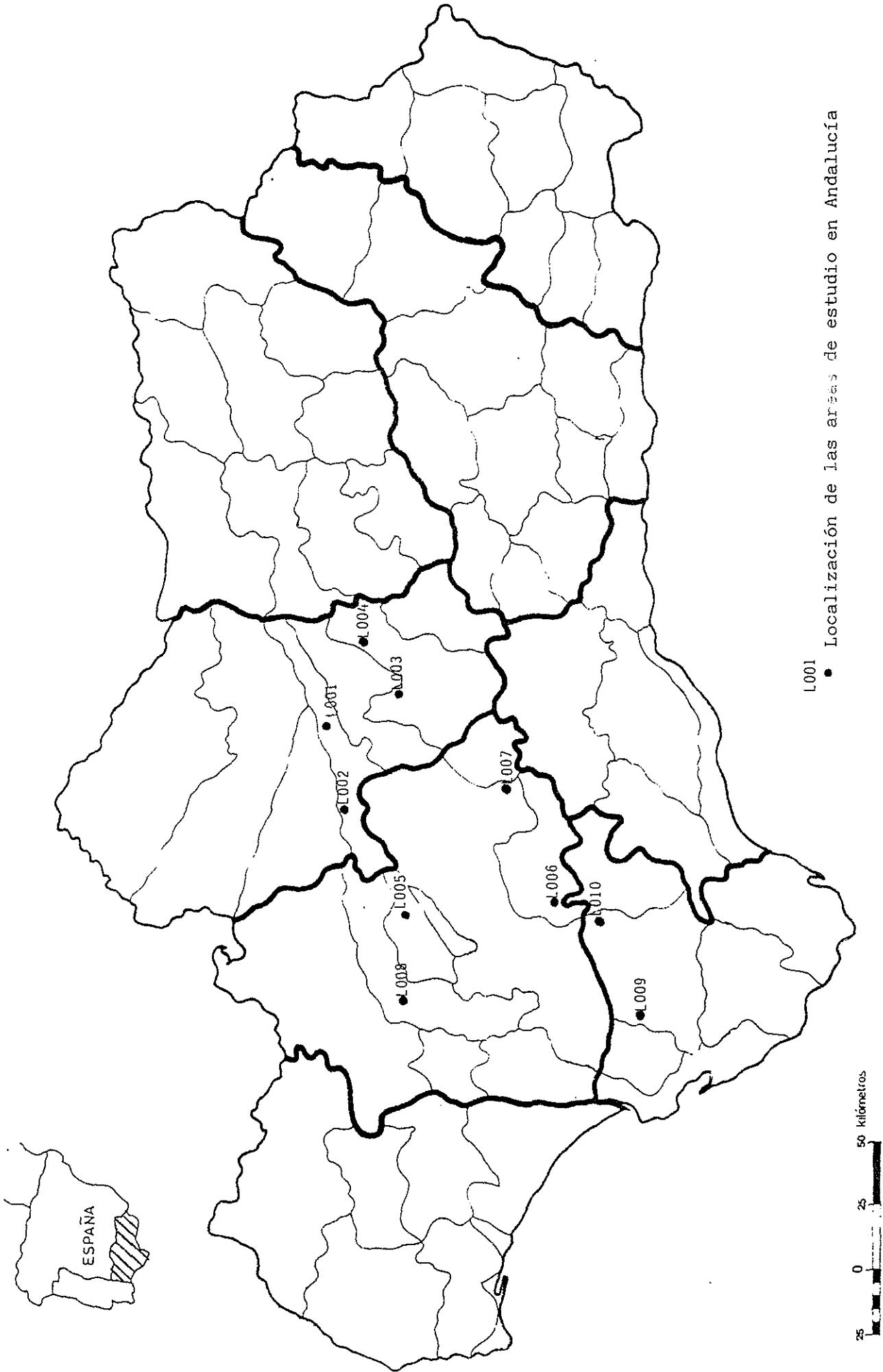
En este trabajo lo que se trata de analizar fundamentalmente es la adaptabilidad del sistema de evaluación MicroLEIS para predecir los efectos del posible cambio climático sobre las tierras agrícolas. Para ello las variables a analizar son edafológicas, climatológicas y de prácticas de manejo.

Otro de los objetivos es conocer si existe una sección de control determinada que ofrezca mayor poder discriminativo en la evaluación con la aplicación de MicroLEIS, o si por el contrario el resultado de la evaluación es independiente de la sección considerada. Así se han tomado cinco secciones de control: 0-50, 25-50, 25-75, 25-100 y 50-100 cm.

La información edafológica básica ha sido recopilada por J.Crompvoets (1992), de acuerdo con los criterios de la base de datos de FAO (SDB; FAO, 1990) a partir de reconocimientos de suelos realizados por diversos autores. Es preciso destacar que dicha información se considera invariable para los tres escenarios climáticos considerados (histórico, actual y simulado).

RELACION DE LAS AREAS DE ESTUDIO

| | |
|-------------------|----------------------|
| L001. Córdoba | Provincia de Córdoba |
| L002. Posadas | Provincia de Córdoba |
| L003. La Rambla | Provincia de Córdoba |
| L004. Castro | Provincia de Córdoba |
| L005. Carmona | Provincia de Sevilla |
| L006. Morón | Provincia de Sevilla |
| L007. Osuna | Provincia de Sevilla |
| L008. Alcalá | Provincia de Sevilla |
| L009. Jerez | Provincia de Cádiz |
| L010. Villamartín | Provincia de Cádiz |



L001 ● Localización de las áreas de estudio en Andalucía

FIGURA 1.1

2 .MATERIALES

2.1 Características de las areas de estudio

Las areas de estudio corresponden a la región de Andalucía situada en el extremo SW de España. Según los elementos geológico-geomorfológicos se pueden definir tres regiones naturales: los orógenos hercínico y alpino (Sierra Morena y Cordilleras Béticas respectivamente), y la Depresión del Guadalquivir, los cuales tienen marcadas diferencias litológicas, estratigráficas, petro-estructurales y morfológicas (Junta de Andalucía y Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1989). La Depresión del Guadalquivir se extiende entre la Sierra Morena y las Serranías Béticas; en ella se hallan los diez perfiles de suelo tomados como representativos de las tierras con vocación agrícola de Andalucía.

Rellenan esta depresión dos grupos de sedimentos fundamentalmente terciarios:

-Sedimentos autóctonos formados principalmente por margas azules miocénicas superpuestas sobre facies detríticas de borde (conglomerados, arenas y calizas organógenas). Sobre este conjunto aparecen margas arenosas, areniscas arenas y limos mas o menos arcillosos con abundantes variaciones laterales.

-Sedimentos alóctonos: de naturaleza margosa y disposición caótica.

Compuesto esencialmente por arcillas abigarradas triásicas (Junta de Andalucía y Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1989).

La Depresión del Guadalquivir es una fosa asimétrica (máximas pendientes en Sierra Morena), de cota ascendente en sentido W-E. En ella alternan terrenos cuaternarios modernos, vegas aluviales y terrazas diluviales con amplias areas de colinas terciarias e incluso mas antiguas (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, 1963).

Andalucía tiene una superficie total de 87.268 km² y esta integrada por ocho unidades provinciales:Huelva, Sevilla, Córdoba, Cádiz, Málaga, Jaén, Granada y Almería. Los diez suelos representativos estan en las provincias de Sevilla, Córdoba y Cádiz.

2.1.1 Climatología

En el valle del Guadalquivir, el clima se caracteriza por tener inviernos templado-fríos y veranos secos y calurosos, si bien la variedad topográfica determinada por el río Guadalquivir y las áreas montañosas del norte (Sierra Morena) y sur (Serranías Béticas) de la provincia, confieren a las comarcas características climáticas propias que muchas veces se apartan del término general (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, 1971). A medida que se remonta el valle se incrementa la continentalidad del clima (Junta de Andalucía y Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1989).

Así la amplitud térmica en Sevilla es de 17.9°C y en Posadas 20°C , acusando una menor influencia marítima.

La temperatura media anual oscila entre 17°C y 18°C , siendo julio y agosto los meses más cálidos con medias de alrededor de 26°C y diciembre y enero los meses más fríos con medias de 10°C aproximadamente.

Los vientos dominantes del SW penetran por la parte inferior del valle y se remontan a la zona montañosa con la consiguiente formación de nubes y aumento de la precipitación, es así que en la sierra la cantidad de agua caída es mayor que en las zonas bajas del valle (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, 1962).

En los meses de invierno existe en el interior del valle un cierto equilibrio entre las componentes opuestas SW-NW por un lado y E-W por otro, con un ligero predominio de los vientos NE y E, mientras que en el verano los vientos del W y SW son predominantes (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, 1971).

La distribución general de las lluvias presenta sus niveles máximos en enero-abril y octubre-diciembre. Como puede apreciarse estos períodos lluviosos están separados por una prolongada estación seca que dura de mayo a septiembre. Este hecho es muy importante desde el punto de vista agrícola ya que origina un déficit hídrico de alrededor de 300 mm por año.

La pluviosidad anual, considerando un período de 30 años (1960-1989), es de 664.3 mm en Jerez (Fig.2.1), 623.3 mm en Sevilla (Fig.2.2), 618.2 mm en Córdoba (Fig. 2.3) y 571.2 mm en Morón (Fig.2.4), según los datos obtenidos de los aeropuertos y bases aéreas de las citadas localidades. Los meses mas secos son julio y agosto con precipitaciones inferiores a 6 mm y los mas lluviosos noviembre, diciembre y enero con registros entre 80 y 110 mm.

En el último año se ha manifestado una considerable disminución de las precipitaciones (alrededor del 50%). Es así que la precipitación media anual de Jerez fué de 312.5 mm (Fig.2.5), Sevilla 285.7 mm (Fig.2.6), Córdoba 337.2 mm (Fig.2.7) y Morón 235.6 mm (Fig.2.8). Sin embargo la ETP ha variado muy poco respecto al periodo histórico (1960-1989) acusando una mayor diferencia en Sevilla (Fig.2.15)

La humedad relativa máxima del invierno no supera el 80% en la provincia de Cádiz y es menor aún en la de Sevilla y Córdoba. Durante los meses de verano su valor desciende considerablemente hasta valores cercanos al 40%.

Esta notable sequedad de la atmósfera durante el estío resulta por demas favorable ya que torna al clima de ese período mas sano y tolerante (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, 1971).

Para analizar la adaptabilidad de los programas Cervatana y Arenal para predecir los efectos agrícolas del posible cambio climático global se ha introducido un escenario climático simulado considerando un aumento al doble de la concentración del CO₂ atmosférico lo que originaria un incremento en las precipitaciones y temperaturas (Figs.2.9, 2.10, 2.11, 2.12).

En las figuras 2.13, 2.14 y 2.15 se puede apreciar claramente las variaciones de, precipitaciones y temperaturas y ETP respectivamente de los tres escenarios climáticos considerados en este trabajo.

2.1.2 Hidrología

El río más importante que atraviesa Andalucía es el Guadalquivir, navegable desde Sevilla por barcos de pequeño y mediano tonelaje. Nace en Quesada (Jaén), entre las sierras de Cazorla y de Pozo.

Por el gran número de afluentes, y por la irregularidad y procedencia de los mismos, el río Guadalquivir tiene un régimen muy irregular y variable. Es de carácter pluvio nival, con amplio predominio de la lluvia sobre la nieve. En agosto y septiembre se presenta el máximo estiaje debido a la carencia casi absoluta de precipitaciones, así su caudal desciende hasta 30-35 m³/s (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, 1962). Los máximos caudales se registran generalmente en primavera y al final del otoño.

La asimetría del valle del Guadalquivir influye profundamente en el carácter del río y sus afluentes. Los de la derecha, procedentes de Sierra Morena son de cursos cortos, atraviesan solo terrenos del Paleozoico, son torrenciales, de régimen pluvial y tienen un estiaje muy marcado en verano. Forman pequeños valles aluviales y sus aguas adquieren gran velocidad debido al gran desnivel existente entre las cabeceras y la confluencia con el río principal (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, 1962). Los principales son los siguientes: Guadalbaccar, Ribera de Huesna, Viar, Ribera de Huelva y Guadiamar (en la provincia de Sevilla), Yeguas, Arenoso, Guadalmellato, Guadiato, Bembezar, Retortillo, y Zuñar (en la provincia de Córdoba).

Los afluentes por la margen izquierda nacen en las Serranías Béticas y atraviesan los sedimentos terciarios de la campiña en cursos largos de escasa pendiente. Algunos de ellos cruzan formaciones triásicas de yesos y arcillas, por lo que sus aguas contienen a veces cantidades apreciables de sales solubles (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, 1962).

Los principales son los siguientes: Genil, Cordones, Guadaira y el arroyo Salado (provincia de Sevilla), Guadajoz y Genil (provincia de Córdoba).

Dentro de la provincia de Cádiz los ríos principales son, además del Guadalquivir, Guadalete y Guadiaro.

2.1.3 Unidades Geomorfoedáficas

Las diez unidades edáficas consideradas como representativas de la totalidad de suelos ubicados en la Depresión del Guadalquivir pueden agruparse en unidades básicas o geomorfoedáficas atendiendo a su génesis y su posición fisiográfica.

Los suelos desarrollados sobre vegas aluviales y llanuras de inundación son recientes, con escaso desarrollo del perfil, sin arcillas del tipo expansible (2:1) correspondiendo a Entisoles según la Soil Taxonomy.

Litológicamente están constituidos por arenas, limos, arcillas y escasas gravas; la pendiente generalmente es entre 1 y 3%; el relieve es plano o cóncavo; el número de horizontes diferenciados es de 4 ó 5, si bien algunas veces sólo aparecen 2; la profundidad útil usualmente es mayor de 150 cm.; la pedregosidad generalmente es nula y el drenaje moderadamente bueno a lento. La textura va de franco-arenosa a limo-arenosa. La estructura suele ser migajosa-grumosa de fina a media. El pH es próximo a 8.0. El contenido de carbonato frecuentemente es alto (15-30%), aunque existen suelos en que no supera el 10%. La materia orgánica suele ser de baja a moderada, (De la Rosa y Moreira, 1987).

Los suelos desarrollados sobre terrazas presentan una evidente iluviación de arcillas, siendo generalmente A/Bt/C y correspondiendo a Alfisoles de la clasificación americana. Litológicamente compuestos por arenas, gravas, arcillas y conglomerados con frecuentes costras calcáreas en su perfil. La pendiente es inferior al 3%, aunque ocasionalmente puede ser mayor. La profundidad útil es mayor de 100 cm. El número de horizontes diferenciados suele ser de 4 ó 5. La pedregosidad es de nula a escasa y el drenaje de moderadamente bueno a moderadamente lento. La textura franco-arcillosa en superficie pasando a arcillosa en profundidad. La estructura es subangular fina a migajosa media. El pH suele estar alrededor de 7.5. El contenido de carbonato es siempre de moderado a bajo en superficie y alto cuando existe una costra calcárea. El contenido de materia orgánica es de aproximadamente 2% siendo la capacidad de cambio catiónico muy variable.

También en las terrazas están presentes los "suelos arenosos de terrazas medias con bajos contenidos en gravas" (De la Rosa y Moreira, 1987) muchas veces asociados a cursos fluviales secundarios.

Litológicamente constituidos por arcillas arenosas y arenas con algunas gravas. La profundidad útil alcanza los 120 cm. Su pendiente es menor al 3%, aunque pueden llegar al 10% en terrazas de afluentes secundarios. El relieve es plano o concavo y a veces normal. La pedregosidad es nula o escasa. El drenaje moderadamente bueno, aunque puede verse algo impedido por la presencia de horizontes arcillosos. La textura es de franco-arenosa a arenosa, pasando a arcillosa en ocasiones. La estructura es migajosa-grumosa a subangular. La reacción es variable, neutra a ácida y otras veces alcalina. El contenido de carbonato, salvo excepciones, suele ser bajo (De la Rosa y Moreira, 1987).

Las tierras que presentan una fisiografía de "Lomas y llanuras no sometidas a procesos de erosión acelerada" se extienden generalmente por la margen izquierda del río Guadalquivir. Se destacan en esta unidad morfológica los suelos desarrollados sobre margas arcillosas que dan caracteres vérticos muy acusados. Son los típicos suelos margosos béticos. Tienen desarrollo incipiente, presencia de materiales expansivos y perfil tipo A/C (vertisol). La pendiente suele ser inferior al 10%, el relieve plano a normal, la erosión y la pedregosidad son ligeras a nulas. El drenaje, de acuerdo a la textura arcillosa, es lento. El contenido de carbonatos es elevado. La profundidad útil es elevada, lo mismo que su capacidad de retención de agua lo que determina una buena a óptima capacidad agrológica de estos suelos.

En esta misma unidad fisiográfica están los suelos conocidos como "tierras negras andaluzas" de eminente carácter vértico desarrollados sobre litología de margas y arcillas. El desarrollo de los perfiles es incipiente, con abundancia de materiales expansivos. El relieve es plano y la pendiente inferior al 5%. La erosión y la pedregosidad son nulas. El drenaje moderadamente lento, textura arcillosa y estructura subangular. El pH, contenido de carbonatos y capacidad de intercambio catiónico son elevados. La profundidad útil es superior a 120 cm. y el contenido de materia orgánica es escaso (De la Rosa y Moreira, 1987).

2.2 Escenarios climáticos y lugares seleccionados

Se han considerado tres escenarios climáticos diferentes con el fin de valorar la sensibilidad de los programas Cervatana y Arenal cuando varían las condiciones climáticas como: precipitación, temperatura, ETP y riesgos de heladas.

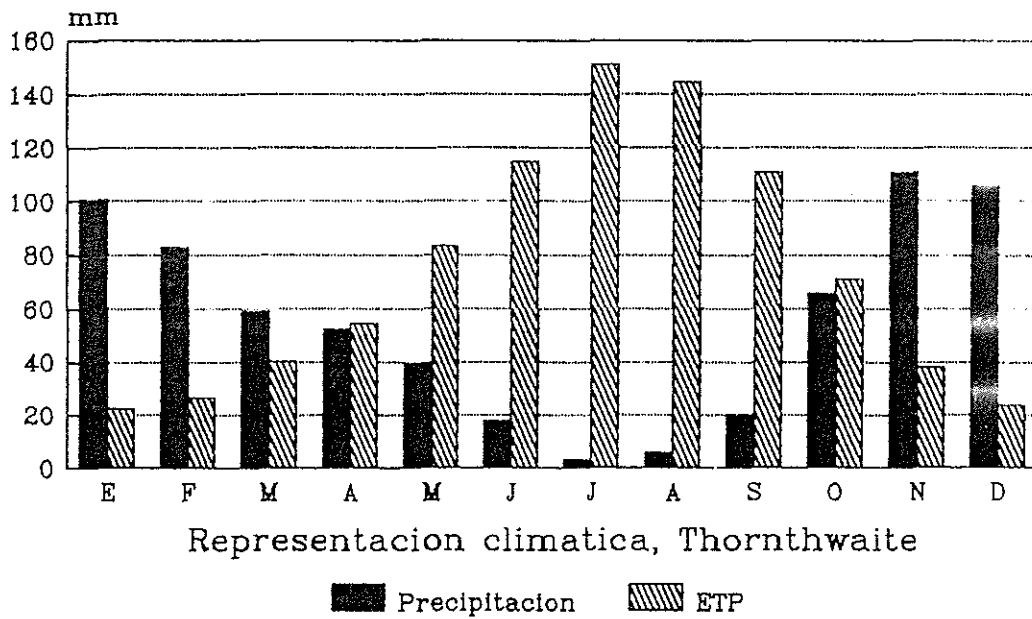
Los escenarios considerados son los siguientes: el histórico que corresponde para Córdoba al período 1960-1988 faltando los datos de temperatura de los años 1985-1986, Sevilla 1960-1989, Morón 1961-1988 y Jerez de la Frontera 1960-1989; el escenario actual corresponde para todas las estaciones al período comprendido entre el 1/4/91 y el 1/4/92 y en el escenario simulado se estima un aumento de la temperatura 3°C para el invierno y un incremento de 5°C en la de verano (de abril a septiembre); la precipitación media mensual aumenta un 10% en todos los meses del año. Estas condiciones climáticas son las mismas para la totalidad de los suelos considerados.

Debido a la imposibilidad de contar con información climática para cada una de las estaciones experimentales escogidas como las más representativas del valle del Guadalquivir se ha extrapolado tal información de la siguiente manera: la proveniente del aeropuerto de Córdoba es válida para los suelos de Córdoba, Posadas, La Rambla y Castro; la del aeropuerto de Sevilla para Carmona y Alcalá; la de la base aérea de Morón para Morón y Osuna y finalmente la información proveniente de la base aérea de Jerez es válida para Jerez y Villamartín, esto se ha hecho teniendo en cuenta la cercanía de las estaciones meteorológicas con las fincas experimentales.

En cuanto a los lugares donde se encuentran los perfiles analizados (fincas experimentales) se los ha seleccionado teniendo en cuenta de se sean representativos de los suelos más comunes de la región. Ellos son: L001 Córdoba, L002 Posadas, L003 La Rambla, L004 Castro, L005 Carmona, L006 Morón, L007 Osuna, L008 Alcalá, L009 Jerez y L010 Villamartín.

Escenario Historico

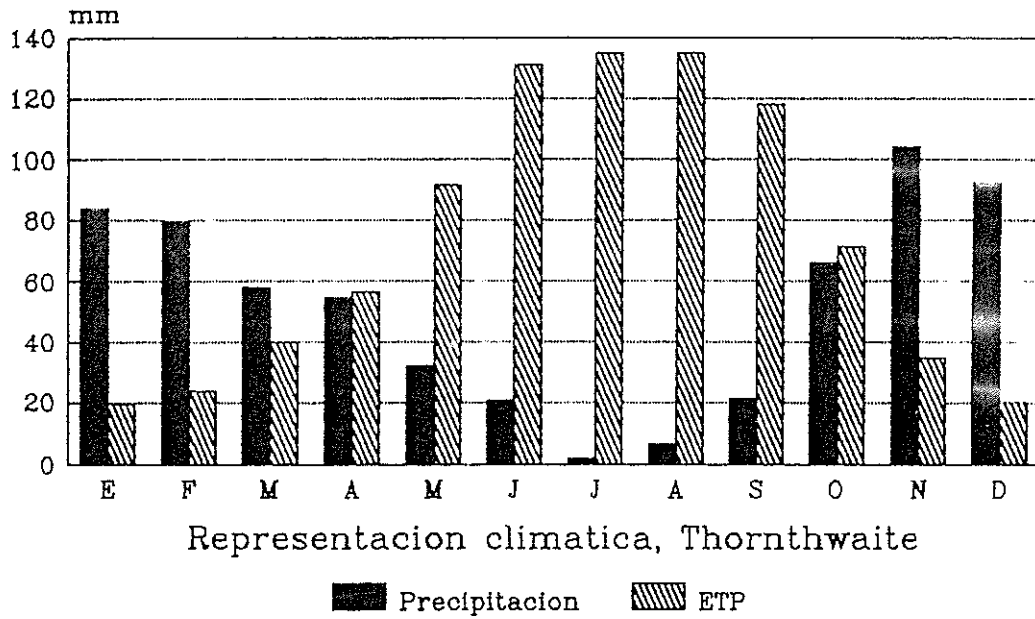
Jerez



| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|-----------------------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| Precipitacion, mm | 100.6 | 83.1 | 59.0 | 52.4 | 39.4 | 17.8 | 3.3 | 5.8 | 20.1 | 66.1 | 111.0 | 105.7 | 664.3 |
| ETP, mm | 22.5 | 26.7 | 40.2 | 54.6 | 83.3 | 114.7 | 151.1 | 144.4 | 111.2 | 71.5 | 37.8 | 24.0 | 862.0 |
| Temperatura media, .C | 10.8 | 12.0 | 13.5 | 15.4 | 18.4 | 21.8 | 25.1 | 25.4 | 23.5 | 19.1 | 14.4 | 11.4 | 17.5 |

FIGURA 2.1

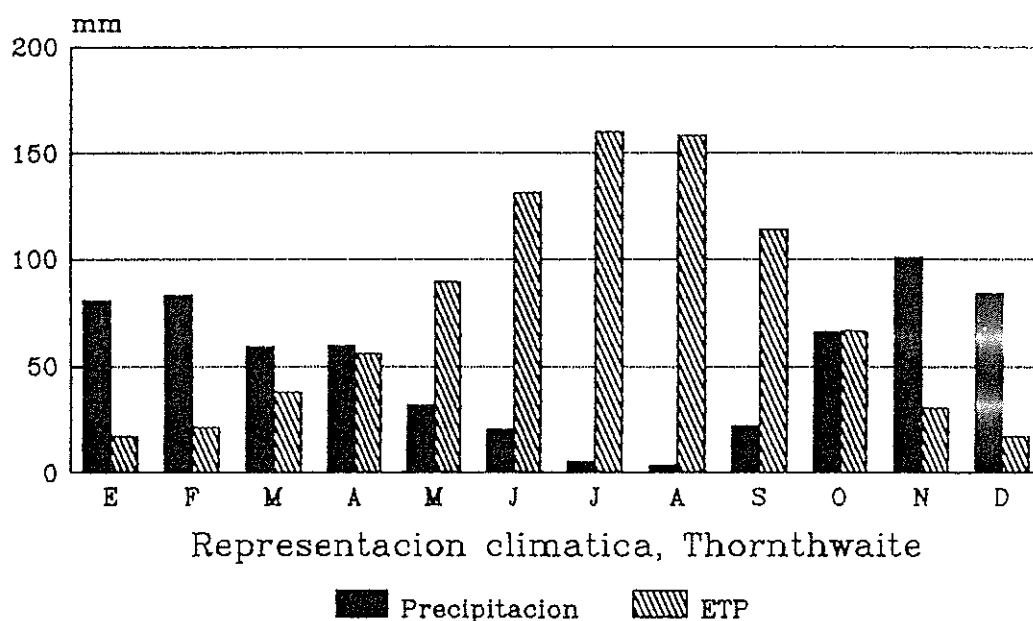
Escenario Historico Sevilla



| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| Precipitacion, mm | 84.0 | 79.6 | 58.1 | 54.9 | 31.9 | 20.9 | 2.3 | 6.7 | 21.6 | 66.3 | 104.4 | 92.6 | 623.3 |
| ETP, mm | 19.7 | 23.7 | 39.9 | 56.6 | 91.7 | 131.3 | 135.0 | 135.0 | 118.2 | 71.5 | 34.8 | 20.4 | 877.8 |
| Temperatura media, °C | 10.6 | 11.8 | 13.9 | 16.1 | 19.6 | 23.5 | 26.7 | 26.7 | 24.4 | 19.4 | 14.3 | 11.0 | 18.2 |

FIGURA 2.2

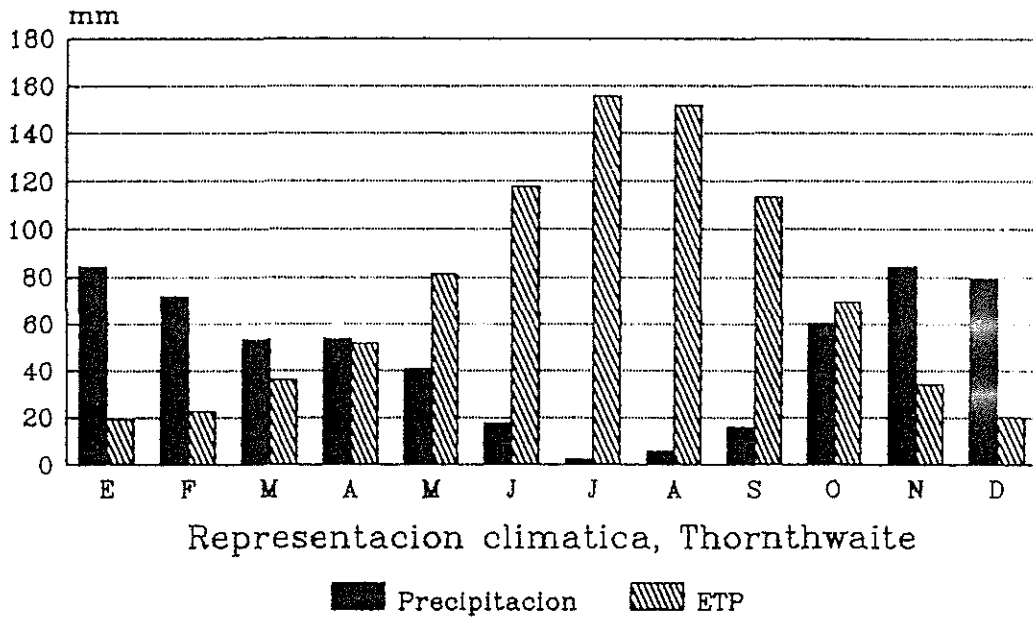
Escenario Historico Cordoba



| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| Precipitacion, mm | 80.7 | 83.3 | 59.3 | 60.1 | 32.0 | 20.7 | 5.1 | 3.6 | 22.5 | 66.3 | 100.8 | 84.2 | 618.2 |
| ETP, mm | 17.5 | 21.6 | 37.8 | 55.7 | 89.5 | 130.9 | 160.2 | 158.0 | 114.0 | 66.4 | 30.8 | 17.2 | 899.6 |
| Temperatura media, °C | 9.4 | 10.7 | 13.0 | 15.5 | 19.0 | 23.3 | 25.8 | 26.5 | 23.8 | 18.3 | 12.9 | 9.5 | 17.3 |

FIGURA 2.3

Escenario Historico Moron

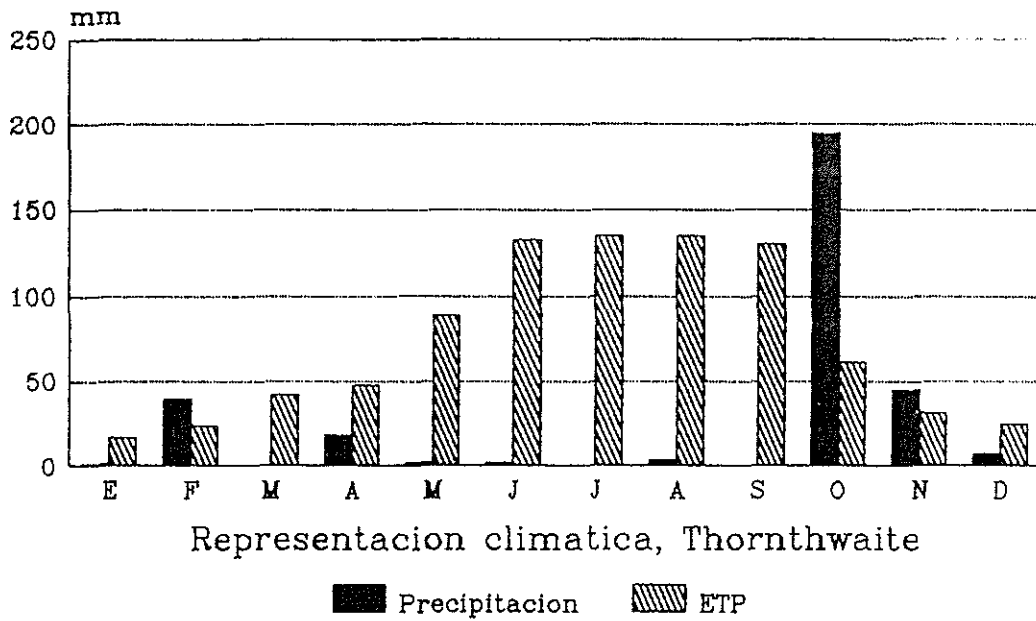


| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
| Precipitacion, mm | 84.3 | 72.0 | 53.5 | 53.8 | 40.8 | 18.0 | 2.5 | 5.9 | 16.4 | 60.3 | 84.4 | 79.0 | 571.2 |
| ETP, mm | 19.5 | 22.7 | 36.2 | 51.6 | 81.4 | 117.7 | 156.0 | 152.2 | 113.5 | 69.3 | 34.2 | 20.6 | 874.9 |
| Temperatura media, °C | 9.8 | 10.8 | 12.5 | 14.7 | 17.9 | 21.9 | 25.4 | 26.0 | 23.7 | 18.6 | 13.5 | 10.3 | 17.1 |

FIGURA 2.4

Escenario Actual

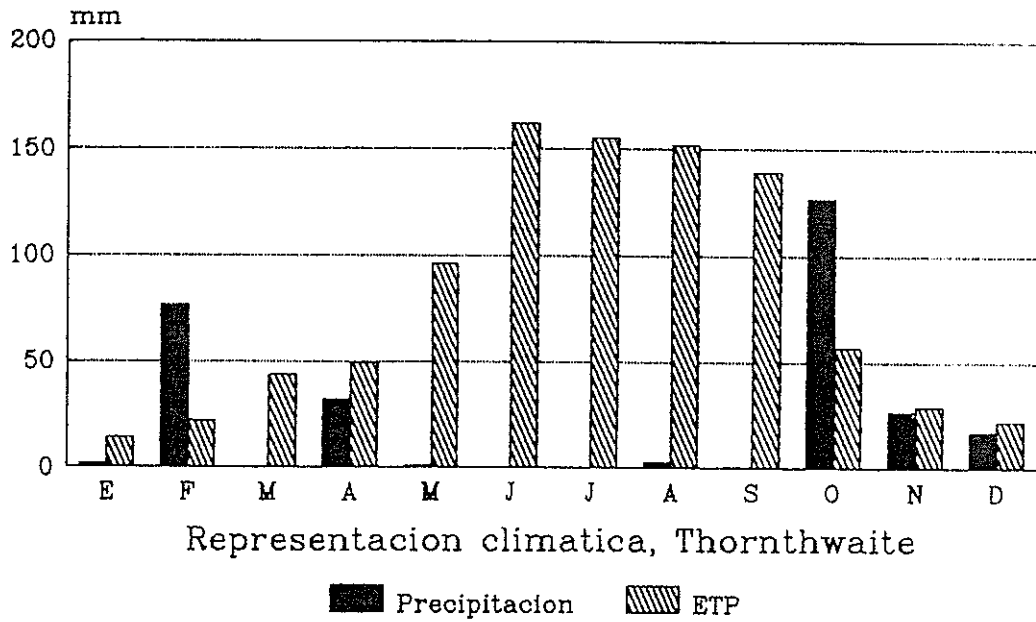
Jerez



| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| Precipitacion, mm | 1.2 | 39.5 | 0 | 18.0 | 2.0 | 1.8 | 0 | 3.5 | 0 | 194.7 | 44.8 | 7.0 | 312.5 |
| ETP, mm | 16.7 | 23.8 | 41.8 | 47.1 | 89.1 | 132.8 | 135.0 | 135.0 | 130.0 | 61.3 | 31.2 | 24.7 | 868.5 |
| Temperatura media, °C | 9.5 | 11.6 | 14.1 | 14.5 | 19.3 | 23.7 | 26.7 | 26.8 | 25.6 | 17.8 | 13.3 | 11.9 | 18.0 |

FIGURA 2.5

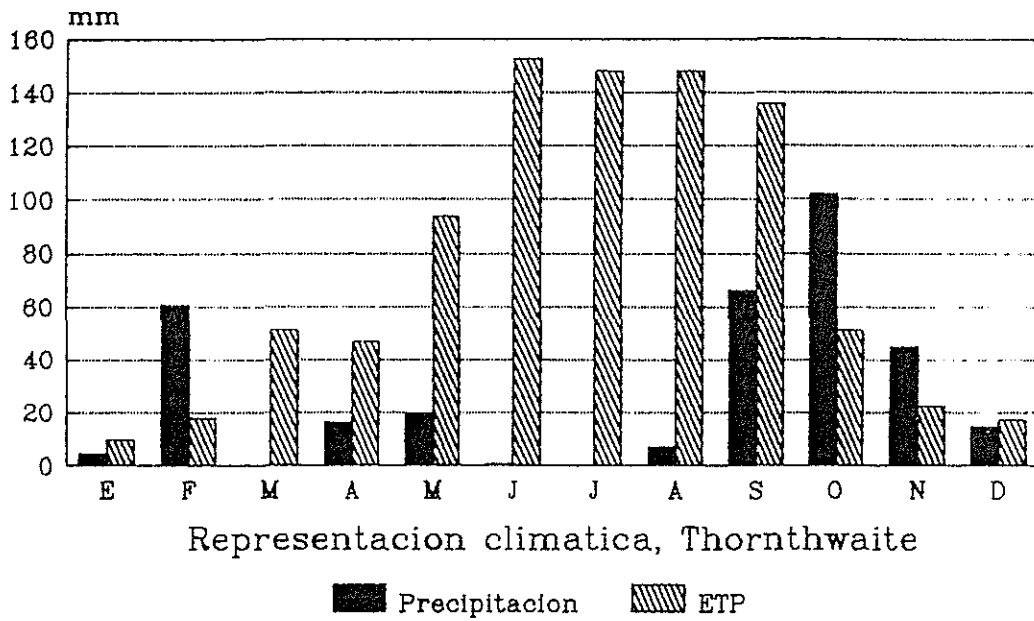
Escenario Actual Sevilla



| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| Precipitacion, mm | 1.8 | 76.7 | 0 | 32.0 | 1.1 | 0.3 | 0 | 2.7 | 0.8 | 126.7 | 26.6 | 17.0 | 285.7 |
| ETP, mm | 14.0 | 21.8 | 43.7 | 49.3 | 96.4 | 162.0 | 155.4 | 151.7 | 139.5 | 56.5 | 29.1 | 22.1 | 941.5 |
| Temperatura media, °C | 9.6 | 12.0 | 15.2 | 15.6 | 20.5 | 26.2 | 29.1 | 28.8 | 27.4 | 17.7 | 13.7 | 12.2 | 19.0 |

FIGURA 2.6

Escenario Actual Cordoba

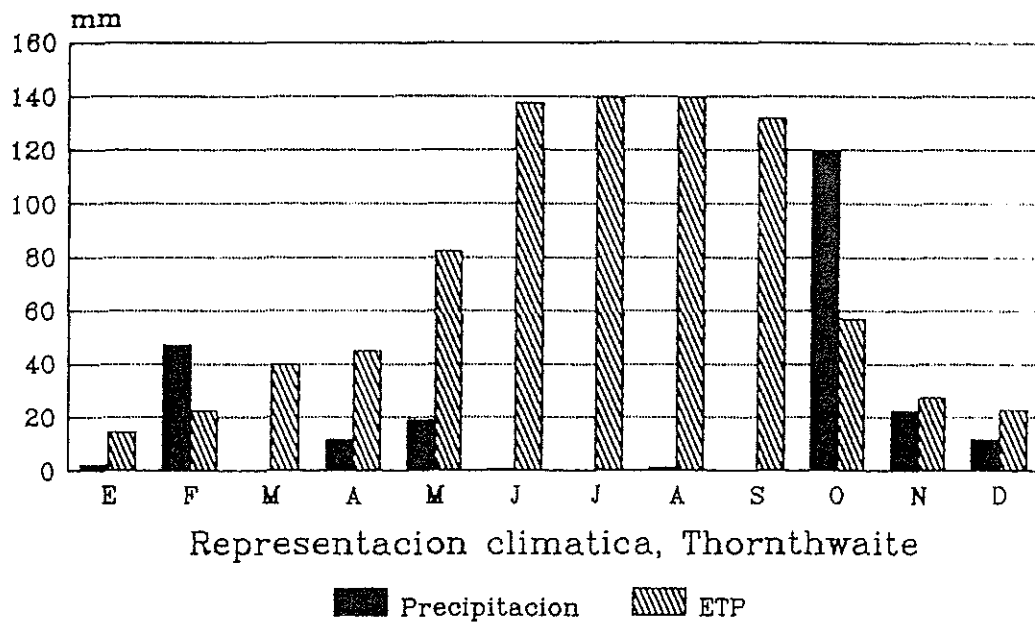


| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| Precipitacion, mm | 4.6 | 61.0 | 0 | 16.1 | 19.2 | 0.9 | 0 | 7.3 | 66.2 | 102.2 | 45.0 | 14.7 | 337.2 |
| ETP, mm | 10.0 | 18.0 | 51.3 | 47.1 | 93.8 | 152.7 | 147.8 | 147.8 | 135.7 | 51.3 | 22.6 | 17.2 | 895.3 |
| Temperatura media, °C | 7.4 | 10.2 | 15.8 | 14.6 | 19.8 | 25.4 | 28.5 | 28.2 | 26.2 | 16.3 | 11.4 | 10.0 | 17.8 |

FIGURA 2.7

Escenario Actual

Moron

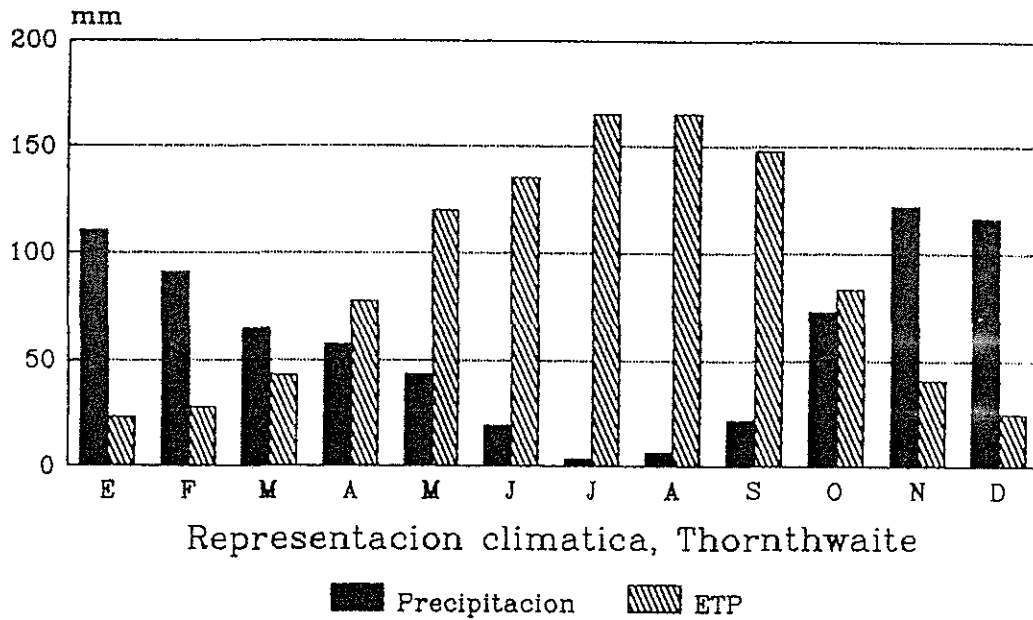


| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|----------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| Precipitacion, mm | 2.2 | 47.3 | 0 | 11.5 | 18.6 | 0.8 | 0 | 1.1 | 0 | 120.3 | 22.2 | 11.6 | 235.6 |
| ETP, mm | 14.5 | 22.3 | 39.9 | 45.0 | 82.3 | 137.6 | 139.5 | 139.5 | 131.9 | 57.0 | 27.3 | 22.8 | 859.6 |
| Temperatura media .C | 8.7 | 11.1 | 13.6 | 14.0 | 18.3 | 24.0 | 27.1 | 27.4 | 25.8 | 17.0 | 12.3 | 11.3 | 17.5 |

FIGURA 2.8

Escenario Simulado

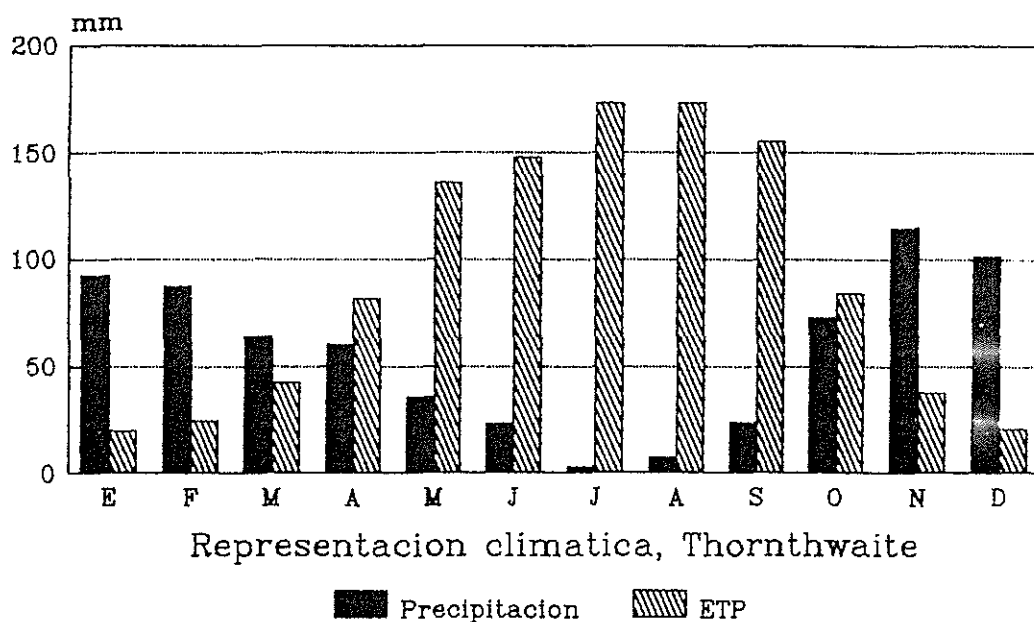
Jerez



| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|-----------------------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| Precipitacion, mm | 110.6 | 91.4 | 64.9 | 57.6 | 43.3 | 19.6 | 3.6 | 6.4 | 22.1 | 72.7 | 122.1 | 116.2 | 730.5 |
| ETP, mm | 23.0 | 27.7 | 42.6 | 77.4 | 120.1 | 135.0 | 165.2 | 165.2 | 147.8 | 83.4 | 40.6 | 24.7 | 1052.7 |
| Temperatura media, °C | 13.8 | 15.0 | 16.5 | 20.4 | 23.4 | 26.8 | 30.1 | 30.4 | 28.5 | 22.1 | 17.4 | 14.4 | 21.6 |

FIGURA 2.9

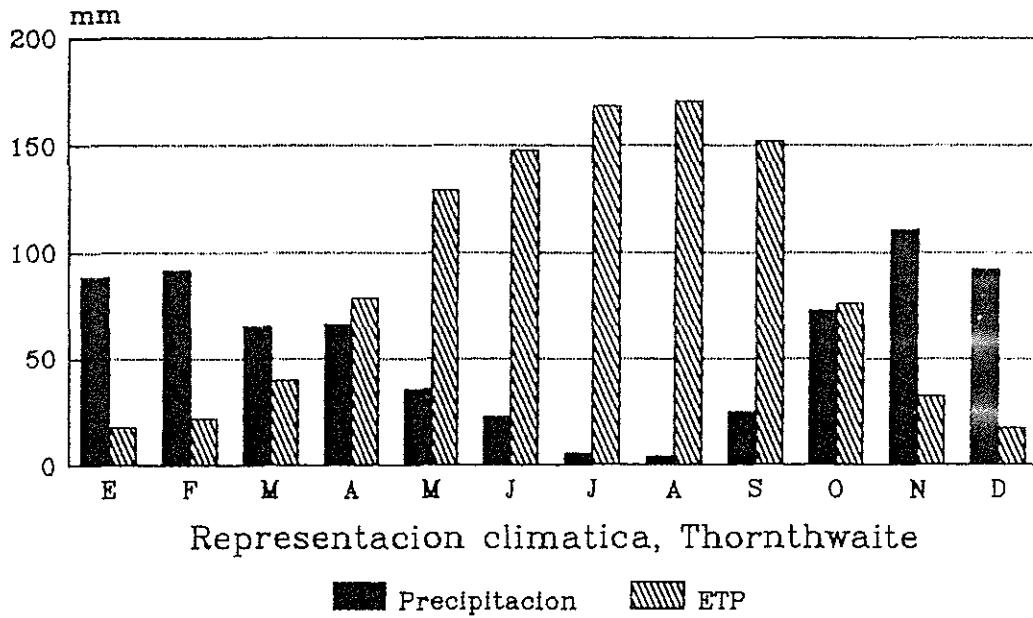
Escenario Simulado Sevilla



| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|-----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| Precipitacion, mm | 92.4 | 87.6 | 63.9 | 60.4 | 35.1 | 23.0 | 2.5 | 7.4 | 23.7 | 72.9 | 114.8 | 101.8 | 685.5 |
| ETP, mm | 19.9 | 24.3 | 42.4 | 81.6 | 135.9 | 147.8 | 173.1 | 173.1 | 155.4 | 84.3 | 37.2 | 20.7 | 1095.7 |
| Temperatura media, °C | 13.6 | 14.8 | 16.9 | 21.1 | 24.6 | 28.5 | 31.7 | 31.7 | 29.4 | 22.4 | 17.3 | 14.0 | 22.2 |

FIGURA 2.10

Escenario simulado Cordoba

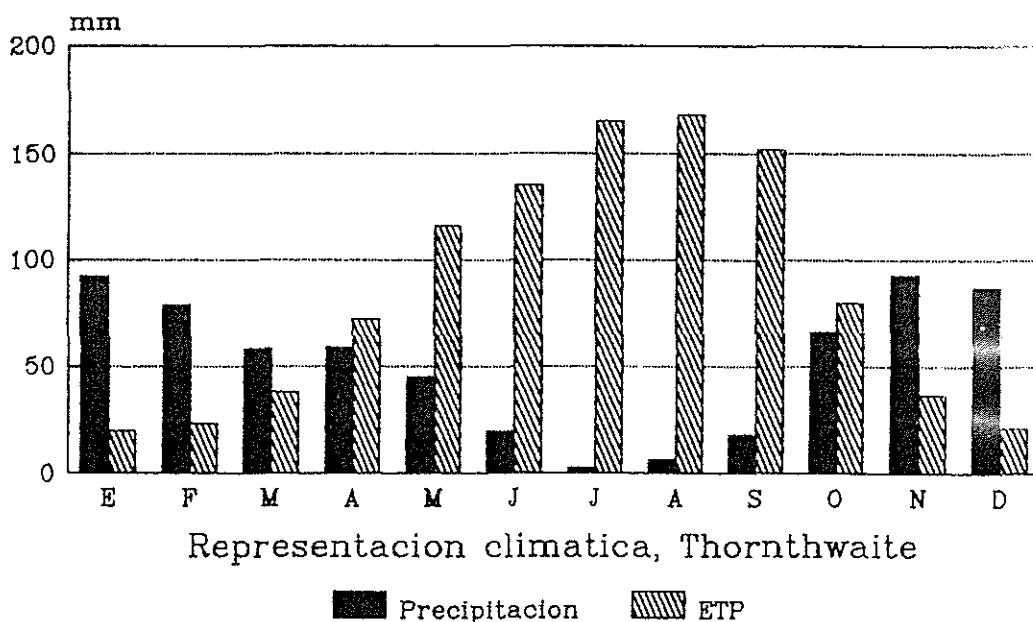


| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|-----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|--------|
| Precipitacion, mm | 88.7 | 91.6 | 65.2 | 66.1 | 35.2 | 22.7 | 5.6 | 3.9 | 24.7 | 72.9 | 110.8 | 92.6 | 680.0 |
| ETP, mm | 17.6 | 22.1 | 39.8 | 78.7 | 129.2 | 147.8 | 168.0 | 170.7 | 151.7 | 76.4 | 32.4 | 17.4 | 1051.8 |
| Temperatura media, °C | 12.4 | 13.7 | 16.0 | 20.5 | 24.0 | 28.3 | 30.8 | 31.5 | 28.8 | 21.3 | 15.9 | 12.5 | 21.3 |

FIGURA 2.11

Escenario Simulado

Moron



| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|-----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|
| Precipitacion, mm | 92.7 | 79.2 | 58.8 | 59.2 | 44.8 | 19.8 | 2.7 | 6.5 | 18.1 | 66.3 | 92.8 | 87.2 | 628.2 |
| ETP, mm | 19.9 | 23.3 | 37.9 | 72.4 | 115.9 | 135.0 | 165.2 | 168.0 | 151.7 | 79.9 | 36.4 | 21.0 | 1026.6 |
| Temperatura media, °C | 12.8 | 13.8 | 15.5 | 19.7 | 22.9 | 26.9 | 30.4 | 31.0 | 28.7 | 21.6 | 16.5 | 13.3 | 21.1 |

FIGURA 2.12

SOIL PROFILE DESCRIPTION

Profile: LA0007 Unit: FIELD 7 Status:

Sheet/Grid : 1005/ Coord : N 37-17-45 W 05- 2-30
 Location : OSUNA. Finca "La Beata"..
 Survey Area: Columela Project Elevation: 200 m
 Author(s) : J.L. Mudarra D. De la Rosa Date : 10/06/73

Classification FAO: Luvisol(1988) Calcic Luvisol (1974)
 ST : Calcic Haploxeralf

Soil Climate: xeric thermic
 Topography : almost flat Land Form: upland
 Elevation/Pos.: Slope : 0.7 - 2%
 Micro Top: even
 Land Use : tree cropping- crops: sunflower Human Infl: application of fertilizers
 Vegetation : Grasscover:
 Species :

Parent Material: marine deposits - derived from limestone
 Soil Depth: > 150cm
 Rock Outcrops : nil -
 Surface Stones : very few
 Erosion : strong Sealing/Crusting: nil

Permeability: high ; external drainage: rapid
 Water table: not observed
 Salinization : nil
 Moist Cond:

Remarks: SUELO ROJO MEDITERRANEO Compiled by J.Crompvoets, 1992.
 Source: CEBAC, 1973. Reconocimiento de Suelos de la Zona de Osuna. Seville. X Curso Int. Edal. Pub. Int. Seville.

Horizons: A: 0- 20 B: 20- 30 C: 30- 45 D: 45-100

0 - 20 cm 5YR 4/ 4 ; clay; strong medium crumb structure; hard (dry), friable (moist), sticky (wet), slightly plastic (wet), abundant fine pores , few calcareous nodules; abundant fine and medium roots; moderately calcareous; field pH: 7.9, clear smooth boundary.

2 20 - 30 cm 5YR 4/ 4 ; clay; strong medium structure; hard (dry), firm (moist), sticky (wet), plastic (wet), abundant fine pores , discontinuous platy compacted by carbonates ; many fine calcareous nodules; abundant fine and medium roots; moderately calcareous; field pH: 8.0, gradual smooth boundary.

3 ca 30 - 45 cm 5YR 5/ 6 ; clay; moderate subangular blocky structure; slightly hard (dry), friable (moist), sticky (wet), slightly plastic (wet), many fine pores , discontinuous platy compacted by carbonates ; dominant medium calcareous nodules; abundant fine and medium roots; field pH: 8.1, gradual smooth boundary.

ca 45 - 100 cm 5YR 8/ 4 ; siltloam; dominant medium hard calcareous white nodules; field pH: 8.3,

Print Date: 23/07/92

O I L A N A L Y S I S R E S U L T S

NOFILE: LA0007

| DEPTH | pH | | EC | P | C | N | CaCO3 | | CaSO4 | CEC | Ca | Mg | K | Na | PBS | K fixed | Methods |
|-------|-----|-----|-----|------|----|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|---------|------------|
| | H2O | X | | | | | Total | Act. | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 1234567890 |
| 0 | 20 | 7.9 | 7.0 | 99.9 | 99 | 1.35 | 0.12 | 11.8 | 99.9 | 99.9 | 999.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |
| 20 | 30 | 8.0 | 7.9 | 99.9 | 99 | 1.23 | 0.11 | 18.6 | 99.9 | 99.9 | 999.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |
| 30 | 45 | 8.1 | 7.0 | 99.9 | 99 | 0.97 | 0.10 | 32.2 | 99.9 | 99.9 | 999.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |
| 45 | 100 | 8.3 | 7.1 | 99.9 | 99 | 0.40 | 0.04 | 73.1 | 99.9 | 99.9 | 999.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |

| Particle size (weight %) | | | | | | | | | | CEC clay |
|--------------------------|----|----|----|-----|------|-----|-----|------|------|-------------|
| vcS | cS | mS | fS | vfS | Sand | cSi | fSi | Silt | Clay | |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 20 | 99 | 99 | 23 | 54 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 18 | 99 | 99 | 32 | 47 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 17 | 99 | 99 | 32 | 48 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 14 | 99 | 99 | 62 | 23 | 999 |

Print date: 23/07/92

O I L P H Y S I C A L P R O P E R T I E S

OFILE: LA0007

FILTRATION (cm/hr)

METHOD:

7.8
0.4
999.9

RFACE STRUCTURE STABILITY INDEX: 9.99

| PTH (cm) | BULK DENSITY (g/cc) | WATER CONTENT (weight %) | | | | | | | METHOD |
|----------|------------------------|--------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 0.03bar | 0.05bar | 0.1bar | 0.3bar | 1.0bar | 3.0bar | 5.0bar | |

| | |
|--------|------|
| 0 20 | 1.22 |
| 20 30 | 1.36 |
| 30 45 | 1.46 |
| 45 100 | 0.00 |

Print date: 23/07/92

SOIL PROFILE DESCRIPTION

Profile: LA0008 Unit: FIELD 8 Status:

Net/Grid : 962/ Coord : N 37-32- W 05-50-
 Location : ALCALA, Finca "Portachuelo". Elevation: 10 m
 Survey Area: Columela Project Date : 10/10/75
 Author(s) : D. De la Rosa

Classification FAO: Calcaric Regosol(1988) Calcaric Regosol (1974)
 ST : Typic Xerofluvent

Soil Climate: xeric thermic Land Form: plain
 Topography : almost flat Slope : 2 - 8% concave
 Element/Pos.: valley-
 Micro Top: even Human Infl: irrigation
 Land Use : tree cropping- crops: fruits, sunflower Grasscover:
 Vegetation :
 Species :

Parent Material: loess (Holocene) - derived from not known
 Prof. Soil Depth: > 150cm
 Rock Outcrops : nil -
 Surface Stones : nil
 Erosion : nil Sealing/Crusting: nil

Drainage : well
 Infiltrable: not observed
 Flooding :
 Resist Cond:

Remarks: SUELO DE VEGA compiled by J.Crompvoets, 1992.
 Source: CEBAC. 1976. Estudio Edafologico de las Zonas Regables del Viar y Valle Inferior. Sevilla.

Samples: A: 0- 25 B: 25- 55 C: 55- 80 D: 80-150

0 - 25 cm 10YR 6/ 3 (dry); sandy clayloam; weak medium subangular blocky structure; friable (moist),
 many roots; strongly calcareous; field pH: 7.7, clear smooth boundary.
 25 - 55 cm 10YR 6/ 3 (dry); sandy clayloam; weak medium subangular blocky structure; friable (moist),
 many roots; strongly calcareous; field pH: 7.8, gradual smooth boundary.
 55 - 80 cm 10YR 4/ 4 (dry); sandy clayloam; very friable (moist), few fine roots; strongly calcareous;
 field pH: 8.0, clear smooth boundary.
 80 - 150 cm 10YR 5/ 4 (dry); sandy clayloam; very friable (moist), abundant roots; strongly calcareous;
 field pH: 8.1.

Print Date: 23/07/92

O I L A N A L Y S I S R E S U L T S

LOFILE: LA0008

| DEPTH | pH | | EC | P | C | N | CaCO3 | | CaSO4 | CEC | Ca | Mg | K | Na | PBS | K fixed | Methods |
|-------|-----|-----|-------|-----|----------|-------|-------|-------|----------------|------|------|------|------|------------|------|---------|---------|
| | H2O | X | | | | | Total | Act. | | | | | | | | | |
| | | | mS/cm | ppm | weight % | ----- | % | ----- | meq/100gr soil | | | | ---% | 1234567890 | | | |
| 0 | 25 | 7.7 | 6.9 | 1.9 | 99 | 0.95 | 0.09 | 24.5 | 99.9 | 99.9 | 10.8 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |
| 25 | 55 | 7.8 | 6.9 | 2.1 | 99 | 0.76 | 0.09 | 25.2 | 99.9 | 99.9 | 10.8 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |
| 55 | 80 | 8.0 | 7.0 | 1.6 | 99 | 0.70 | 0.07 | 27.0 | 99.9 | 99.9 | 9.8 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |
| 80 | 150 | 8.1 | 7.0 | 2.5 | 99 | 0.47 | 0.05 | 29.1 | 99.9 | 99.9 | 6.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |

| Particle size (weight %) | | | | | | | | | | CEC |
|--------------------------|----|----|----|-----|------|-----|-----|------|------|------|
| vcS | cS | mS | fS | vfS | Sand | cSi | fSi | Silt | Clay | clay |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 47 | 99 | 99 | 21 | 29 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 47 | 99 | 99 | 26 | 24 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 58 | 99 | 99 | 18 | 21 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 76 | 99 | 99 | 3 | 17 | 999 |

Print date: 23/07/92

OIL PHYSICAL PROPERTIES

ROFILE: LA0008

FILTRATION (cm/hr)

METHOD:

13.2
7.8
999.9

IRFACE STRUCTURE STABILITY INDEX: 9.99

| DEPTH (cm) | BULK DENSITY (g/cc) | WATER CONTENT (weight %) | | | | | | | | METHOD |
|------------|------------------------|--------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | | 0.03bar | 0.05bar | 0.1bar | 0.3bar | 1.0bar | 3.0bar | 5.0bar | 15.0bar | |
| 0 25 | 1.41 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 22.49 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 9.1 | |
| 25 55 | 1.49 | 99.99 | 99.99 | 20.30 | 22.70 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 9.1 | |
| 55 85 | 1.38 | 99.99 | 99.99 | 17.80 | 20.40 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 7.5 | |
| 80 150 | 1.36 | 99.99 | 99.99 | 10.70 | 13.20 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 5.3 | |

Print date: 23/07/92

SOIL PROFILE DESCRIPTION

Profile: LA0009 Unit: FIELD 9 Status:

Sheet/Grid : 1048/ Coord : N 36-43-00 W 06-09-10
 Location : JEREZ. Finca "Rancho de la Merced".
 Survey Area: Columela Project Elevation: 20 m
 Author(s) : C. Baños J.Á. Moreno Date : 02/05/82

Classification FAO: Calcic Luvisol(1988) Calcic Luvisol (1974)
 ST : Typic Pelloxerert

Soil Climate: xeric thermic
 Topography : flat Land Form: plain
 Elevation/Pos.: depression- Slope : 0 - 0.1%
 Micro Top: even
 Land Use : annual field cropping- crops: wheat, sunflower Human Infl: application of fertilizers
 Vegetation : Grasscover:
 Species :

Parent Material: marine deposits - derived from marl (Eocene)
 Soil Depth: > 150cm
 Rock Outcrops : nil -
 Surface Stones : nil
 Erosion : slight Sealing/Crusting: nil

Drainage : imperfect
 Infiltrability: not observed
 Rooting : nil
 Moist Cond:

Remarks: TIERRA NEGRA ANDALUZA Compiled by J.Crompvoets, 1992.
 Source: IRNA. 1982. Estudio Edafologico del Rincon de Jerez. Pub. Int. Sevilla.

Profiles: A: 0- 50 B: 50-110 C: 110-150 D: 150-200

0 - 50 cm 10YR 3/ 1 (dry); sandy loam; hard (dry), friable (moist), slightly plastic (wet), many fine and very fine roots; moderately calcareous; field pH: 7.6, clear boundary.
 50 - 110 cm 10YR 2/ 1 (moist); clay; hard (dry), firm (moist), sticky (wet), plastic (wet), few fine pores, few fine roots; moderately calcareous; field pH: 7.9, gradual boundary.
 C 110 - 150 cm 10YR 2/ 2 and 2.5Y 7/ 4; clay; very hard (dry), very firm (moist), sticky (wet), plastic (wet), moderately calcareous; field pH: 7.5, gradual boundary.
 150 cm + 10YR 5/ 8 and 2.5YR 5/ 6; siltloam; very hard (dry), firm (moist), sticky (wet), plastic (wet), strongly calcareous; field pH: 7.3.

Print Date: 23/07/92

OIL ANALYSIS RESULTS

LOFILE: LA0009

| DEPTH | pH | | EC | P | C | N | CaCO3 | | CaSO4 | CEC | Ca | Mg | K | Na | PBS | K fixed | Methods |
|---------|-----|-----|-------|-----|----------|-------|-------|-------|-------|----------------|------|------|------|------|------------|---------|---------|
| | H2O | X | | | | | Total | Act. | | | | | | | | | |
| | | | mS/cm | ppm | weight % | ----- | % | ----- | ----- | meq/100gr soil | | | --- | % | 1234567890 | | |
| 0 50 | 7.6 | 6.7 | 99.9 | 99 | 0.64 | 0.06 | 2.1 | 99.9 | 99.9 | 27.6 | 22.2 | 99.9 | 1.4 | 4.0 | 100 | 99.9 | |
| 50 110 | 7.9 | 6.9 | 99.9 | 99 | 0.62 | 0.06 | 2.1 | 99.9 | 99.9 | 26.6 | 22.7 | 99.9 | 0.9 | 3.0 | 100 | 99.9 | |
| 110 150 | 7.5 | 6.8 | 99.9 | 99 | 0.44 | 0.04 | 2.9 | 99.9 | 99.9 | 14.0 | 10.0 | 99.9 | 1.1 | 3.0 | 100 | 99.9 | |
| 150 200 | 7.3 | 6.8 | 99.9 | 99 | 0.10 | 0.01 | 11.2 | 99.9 | 99.9 | 999.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 | |

| Particle size (weight %) | | | | | | | | | | CEC clay |
|--------------------------|----|----|----|-----|------|-----|-----|------|------|-------------|
| vcS | cS | mS | fS | vfS | Sand | cSi | fSi | Silt | Clay | |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 53 | 99 | 99 | 39 | 7 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 39 | 99 | 99 | 5 | 55 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 29 | 99 | 99 | 4 | 67 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 21 | 99 | 99 | 63 | 15 | 999 |

Print date: 23/07/92

OIL PHYSICAL PROPERTIES

FILE: LA0009

FILTRATION (cm/hr) METHOD:

1.2
0.2
999.9

INTERFACE STRUCTURE STABILITY INDEX: 0.00

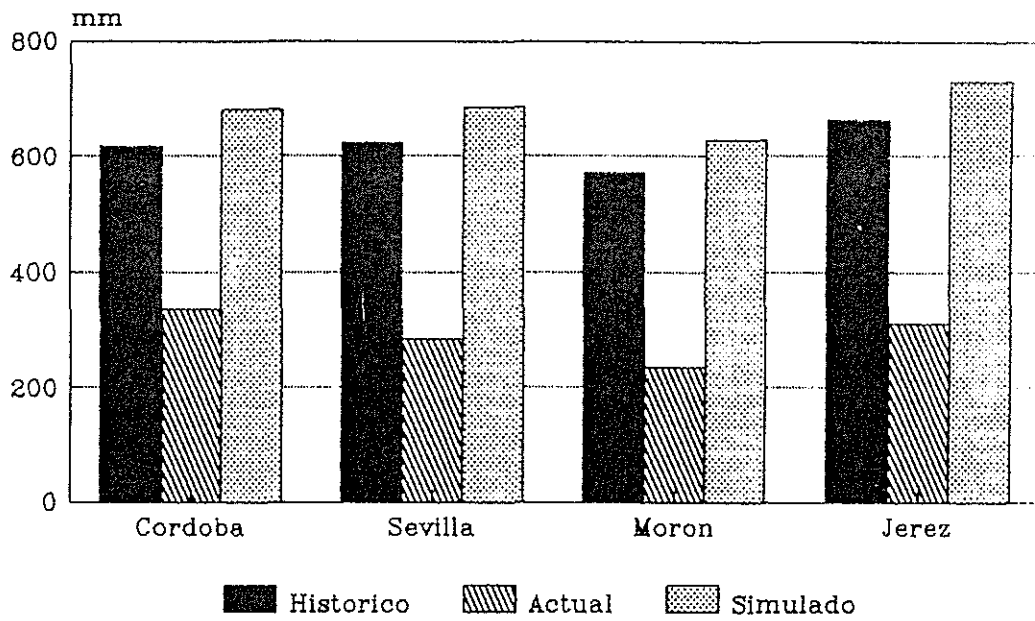
| DEPTH (cm) | BULK DENSITY (g/cc) | WATER CONTENT (weight %) | | | | | | | | METHOD |
|------------|---------------------|--------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | | 0.03bar | 0.05bar | 0.1bar | 0.3bar | 1.0bar | 3.0bar | 5.0bar | 15.0bar | |

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 0 50 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 50 110 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 110 150 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 150 200 | 0.00 | | | | | | | | | |

Print date: 23/07/92

Precipitaciones totales

Escenarios historico, actual, simulado

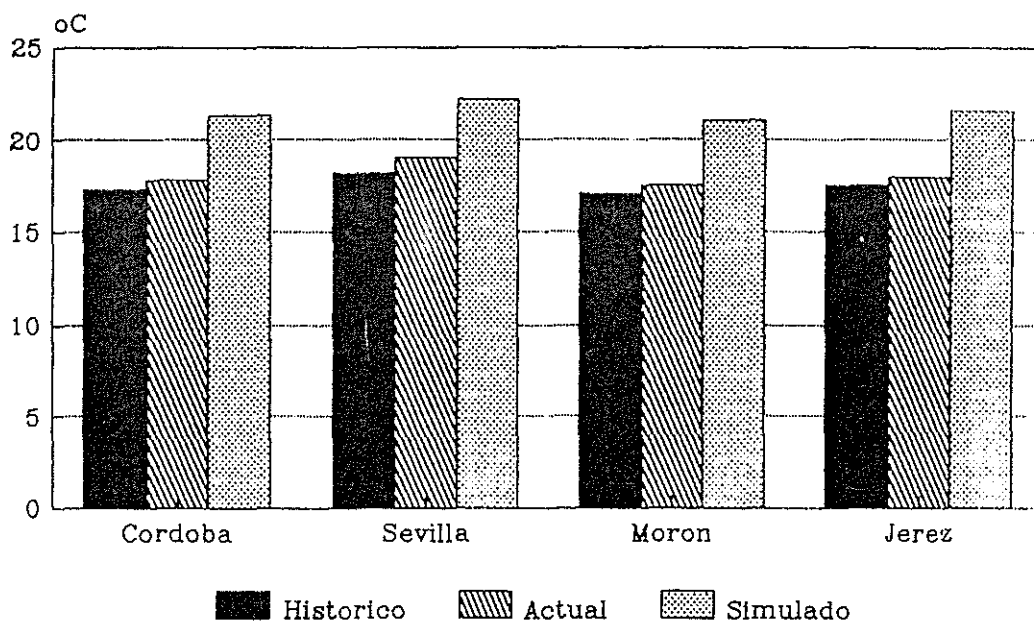


| | Historico | Actual | Simulado |
|---------|-----------|--------|----------|
| Cordoba | 618.2 | 337.2 | 680.0 |
| Sevilla | 623.3 | 285.7 | 685.5 |
| Moron | 571.2 | 235.6 | 628.2 |
| Jerez | 664.3 | 312.5 | 730.5 |

FIGURA 2.13

Temperaturas medias

Escenarios historico, actual, simulado

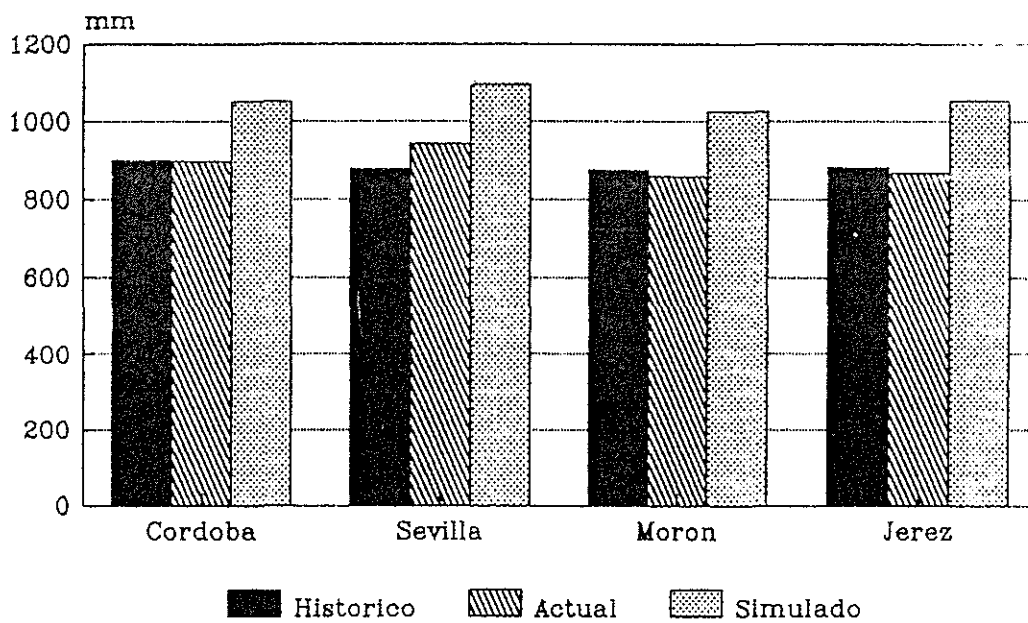


| | Historico | Actual | Simulado |
|---------|-----------|--------|----------|
| Cordoba | 17.3 | 17.8 | 21.3 |
| Sevilla | 18.2 | 19.0 | 22.2 |
| Moron | 17.1 | 17.5 | 21.1 |
| Jerez | 17.5 | 18.0 | 21.6 |

FIGURA 2.14

ETP total

Escenarios historico, actual, simulado



| | Historico | Actual | Simulado |
|---------|-----------|--------|----------|
| Cordoba | 899.6 | 895.3 | 1051.8 |
| Sevilla | 877.8 | 941.5 | 1095.7 |
| Moron | 874.9 | 859.6 | 1026.6 |
| Jerez | 882.0 | 868.5 | 1052.7 |

FIGURA 2.15

SOIL PROFILE DESCRIPTION

Profile: LA0001 Unit: FIELD 1 Status:

Sheet/Grid : 943/
Location : CORDOBA. Finca "El Redondo".
Survey Area: Columela Project
Author(s) : E. Barahona

Coord : N 37-47-10 W 04-54-10
Elevation: 130 m
Date : 10/10/77

Classification FAO: Pelli-Calcic Vertisol(1988) Pellic Vertisol (1974)
ST : Typic Chromoxerert

Soil Climate: xeric thermic
Topography : almost flat
Element/Pos.: slope-
Micro Top: even
Land Use : annual field cropping- crops: sunflower
Vegetation :
Species :

Land Form: hill
Slope : 0.7 - 2%
Human Infl: application of fertilizers
Grasscover:

Parent Material: marine deposits - derived from marl (Miocene)
Eff. Soil Depth: > 150cm
Rock Outcrops : nil -
Surface Stones : nil
Erosion : moderate

Sealing/Crusting: nil

Drainage : imperfect
Watertable: not observed
Flooding : nil
Moist Cond:

Remarks: SUELO MARGOSO BETICO Compiled by J.Crompvoets, 1992.
Source: EEZ, 1977. The fifth International Working Meeting on Soil Micromorphology. Granada.

Samples: A: 0- 20 B: 20- 90 C: 90-120 D: 120-200

Ap 0 - 20 cm 2.5Y 4/ 2 (dry); silty clayloam; strong crumb structure; hard (dry), friable (moist), plastic (wet), many ferrigenous nodules; few fine roots; strongly calcareous; field pH: 7.8, clear smooth boundary.

AC 20 - 90 cm 2.5Y 6/ 2 (dry); silty clay; strong medium subangular blocky structure; very hard (dry), firm (moist), plastic (wet), few ferrigenous nodules; strongly calcareous; field pH: 8.3, diffuse boundary.

C1 90 - 120 cm 2.5Y 7/ 4 (dry); silty clay; strong coarse prismatic structure; very hard (dry), very firm (moist), very plastic (wet), strongly calcareous; field pH: 8.5,

C2 120 - 200 cm silty clay; massive structure; hard (dry), very firm (moist), very plastic (wet), strongly calcareous; field pH: 8.4,

Print Date: 23/07/92

Print Date: 23/07/92

SOIL ANALYSIS RESULTS

PROFILE: LA0001

| DEPTH | pH | | EC mS/cm | P ppm | C weight % | N weight % | CaCO3 | | CaSO4 | CEC | Ca | Mg | K | Na | PBS | K fixed | Methods | |
|-------|-----|-----|-------------|----------|---------------|---------------|-------|------|-------|-------|----------------|------|------|------|-----|---------|------------|------|
| | H2O | X | | | | | Total | Act. | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | ----- | % | ----- | ----- | meq/100gr soil | | | | --- | % | 1234567890 | |
| A | 0 | 20 | 7.8 | 7.5 | 3.1 | 99 | 1.07 | 0.12 | 30.9 | 99.9 | 99.9 | 27.1 | 20.4 | 5.0 | 1.6 | 0.1 | 100 | 99.9 |
| B | 20 | 90 | 8.3 | 7.7 | 2.6 | 99 | 1.01 | 0.12 | 31.5 | 99.9 | 99.9 | 27.7 | 21.1 | 5.1 | 1.4 | 0.1 | 100 | 99.9 |
| C | 90 | 120 | 8.5 | 7.9 | 2.1 | 99 | 0.30 | 0.05 | 29.3 | 99.9 | 99.9 | 28.7 | 15.4 | 11.1 | 1.8 | 0.4 | 100 | 99.9 |
| D | 120 | 200 | 8.4 | 8.0 | 1.7 | 99 | 0.28 | 0.05 | 33.6 | 90.9 | 99.9 | 32.6 | 16.4 | 14.0 | 1.6 | 0.6 | 100 | 99.9 |

| Particle size (weight %) | | | | | | | | | | | CEC clay | |
|--------------------------|----|----|----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-------------|--|
| vcS | cS | mS | fS | vfS | Sand | cSi | fSi | Silt | Clay | | | |
| A | 99 | 99 | 99 | 99 | 10 | 99 | 99 | 51 | 39 | 999 | | |
| B | 99 | 99 | 99 | 99 | 10 | 99 | 99 | 43 | 47 | 999 | | |
| C | 99 | 99 | 99 | 99 | 6 | 99 | 99 | 49 | 45 | 999 | | |
| D | 99 | 99 | 99 | 99 | 11 | 99 | 99 | 46 | 43 | 999 | | |

Print date: 23/07/92

Print date: 23/07/92

SOIL PHYSICAL PROPERTIES

PROFILE: LA0001

INFILTRATION (cm/hr) METHOD:

| | |
|---|-------|
| 1 | 0.1 |
| 2 | 0.3 |
| 3 | 999.9 |

SURFACE STRUCTURE STABILITY INDEX: 0.00

| DEPTH (cm) | BULK DENSITY (g/cc) | WATER CONTENT (weight %) | | | | | | | METHOD |
|------------|------------------------|--------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 0.03bar | 0.05bar | 0.1bar | 0.3bar | 1.0bar | 3.0bar | 5.0bar | |

| | | | |
|---|-----|-----|------|
| A | 0 | 20 | 0.00 |
| B | 20 | 90 | 0.00 |
| C | 90 | 120 | 0.00 |
| D | 120 | 200 | 0.00 |

Print date: 23/07/92

SOIL PROFILE DESCRIPTION

Profile: LA0002 Unit: FIELD 2 Status:

Sheet/Grid : 943/ Coord : N 37-49-30 W 05-10-15
 Location : POSADAS. Finca "Paterna".. Elevation: 80 m
 Survey Area: Columela Project Date : 10/10/61
 Author(s) : G. Paneque

Classification FAO: Calcaric Regosol(1988) Calcaric Regosol (1974)
 ST : Typic Xerofluvent

Soil Climate: xeric thermic

Topography : almost flat

Element/Pos.: valley-

Micro Top: even

Land Use : annual field cropping- crops: sunflower

Vegetation :

Species :

Land Form: valley

Slope : 0.7 - 2% concave

Human Infl: irrigation

Grasscover:

Parent Material: alluvium (Holocene)

Eff. Soil Depth: > 150cm

Rock Outcrops : nil -

Surface Stones : nil

Erosion : slight

Sealing/Crusting: nil

Drainage : well

Watertable: not observed

Flooding :

Moist Cond:

Remarks: SUELO DE VEGA

Compiled by J.Crompvoets, 1992.

Source: CEBAC .1971. Estudio Agrobiologico de la Provincia de Cordoba. Technical Report. Sevilla.

Samples: A: 0- 15 B: 15- 25 C: 25- 35 D: 35- 65 E: 65-100

Ap 0 - 15 cm 10YR 4/ 3 (dry); clayloam; weak medium crumb structure; very friable (moist), few fine roots; strongly calcareous; field pH: 8.0, clear smooth boundary.

AC 15 - 25 cm 10YR 4/ 3 (dry); sandy clayloam; moderate medium crumb structure; firm (moist), slightly plastic (wet), few fine roots; strongly calcareous; field pH: 8.1, abrupt smooth boundary.

C1 25 - 35 cm 10YR 4/ 3 (dry); sandy loam; friable (moist), few fine roots; strongly calcareous; field pH: 7.8, gradual smooth boundary.

C2 35 - 65 cm 10YR 6/ 4 (dry); sandy clayloam; weak subangular blocky structure; friable (moist), few fine roots; strongly calcareous; field pH: 8.0, gradual smooth boundary.

C3 65 - 100 cm 10YR 6/ 3 (dry); sandy loam; loose (moist), strongly calcareous; field pH: 8.0,

Print Date: 23/07/92

OIL ANALYSIS RESULTS

ROFILE: LA0002

| DEPTH | pH | EC | P | C | N | CaCO3 | CaSO4 | CEC | Ca | Mg | K | Na | PBS | K fixed | Methods |
|--------|----------|---------|------|----------|-----------|-------|-------|-------|----------------|-----|-----|-----|------|---------|------------|
| | H2O X | mS/cm | ppm | weight % | % | Total | Act. | ----- | neq/100gr soil | --- | --- | --- | --- | --- | 1234567890 |
| | | | | | | % | % | | | | | | | | |
| 0 15 | 8.0 99.9 | 99.9 99 | 0.74 | 0.04 | 26.0 99.9 | 99.9 | 99.9 | 3.3 | 2.0 99.9 | 0.2 | 1.1 | 100 | 99.9 | | |
| 15 25 | 8.1 99.9 | 99.9 99 | 0.86 | 0.04 | 26.8 99.9 | 99.9 | 99.9 | 12.7 | 12.1 99.9 | 0.4 | 0.2 | 100 | 99.9 | | |
| 25 35 | 7.8 99.9 | 99.9 99 | 0.48 | 0.06 | 22.5 99.9 | 99.9 | 99.9 | 6.4 | 4.4 99.9 | 0.6 | 1.4 | 100 | 99.9 | | |
| 35 65 | 8.0 99.9 | 99.9 99 | 0.28 | 0.04 | 22.0 99.9 | 99.9 | 99.9 | 6.9 | 6.1 99.9 | 0.3 | 0.5 | 100 | 99.9 | | |
| 65 100 | 8.0 99.9 | 99.9 99 | 0.15 | 0.05 | 25.2 99.9 | 99.9 | 99.9 | 7.6 | 7.1 99.9 | 0.2 | 0.4 | 100 | 99.9 | | |

| Particle size (weight %) | | | | | | | | | | CEC |
|--------------------------|----|----|----|-----|------|-----|-----|------|------|------|
| vcS | cS | mS | fS | vfS | Sand | cSi | fSi | Silt | Clay | clay |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 65 | 99 | 99 | 18 | 16 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 47 | 99 | 99 | 19 | 33 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 69 | 99 | 99 | 15 | 16 | 22 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 66 | 99 | 99 | 13 | 20 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 62 | 99 | 99 | 18 | 20 | 999 |

Print date: 23/07/92

O I L A N A L Y S I S R E S U L T S

PROFILE: LA0002

| DEPTH | pH | EC | P | C | N | CaCO3 | CaSO4 | CEC | Ca | Mg | K | Na | PBS | K fixed | Methods |
|--------|----------|---------|------|----------|-----------|-------|-------|-------|----------------|-----|-----|-----|------|---------|------------|
| | H2O X | mS/cm | ppm | weight % | ----- % | Total | Act. | ----- | neq/100gr soil | --- | --- | --- | --- | --- | 1234567890 |
| 0 15 | 8.0 99.9 | 99.9 99 | 0.74 | 0.04 | 26.0 99.9 | 99.9 | 99.9 | 3.3 | 2.0 99.9 | 0.2 | 1.1 | 100 | 99.9 | | |
| 15 25 | 8.1 99.9 | 99.9 99 | 0.86 | 0.04 | 26.8 99.9 | 99.9 | 99.9 | 12.7 | 12.1 99.9 | 0.4 | 0.2 | 100 | 99.9 | | |
| 25 35 | 7.8 99.9 | 99.9 99 | 0.48 | 0.06 | 22.5 99.9 | 99.9 | 99.9 | 6.4 | 4.4 99.9 | 0.6 | 1.4 | 100 | 99.9 | | |
| 35 65 | 8.0 99.9 | 99.9 99 | 0.28 | 0.04 | 22.0 99.9 | 99.9 | 99.9 | 6.9 | 6.1 99.9 | 0.3 | 0.5 | 100 | 99.9 | | |
| 65 100 | 8.0 99.9 | 99.9 99 | 0.15 | 0.05 | 25.2 99.9 | 99.9 | 99.9 | 7.6 | 7.1 99.9 | 0.2 | 0.4 | 100 | 99.9 | | |

| Particle size (weight %) | | | | | | | | | | CEC |
|--------------------------|----|----|----|-----|------|-----|-----|------|------|------|
| vcS | cS | mS | fS | vfS | Sand | cSi | fSi | Silt | Clay | clay |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 65 | 99 | 99 | 18 | 16 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 47 | 99 | 99 | 19 | 33 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 69 | 99 | 99 | 15 | 16 | 22 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 66 | 99 | 99 | 13 | 20 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 62 | 99 | 99 | 18 | 20 | 999 |

Print date: 23/07/92

SOIL PHYSICAL PROPERTIES

PROFILE: LA0002

INFILTRATION (cm/hr)

METHOD:

1 2.7
2 5.0
3 999.9

SURFACE STRUCTURE STABILITY INDEX: 0.00

| DEPTH (cm) | BULK DENSITY (g/cc) | WATER CONTENT (weight %) | | | | | | METHOD |
|------------|------------------------|--------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 0.03bar | 0.05bar | 0.1bar | 0.3bar | 1.0bar | 3.0bar | |

| | | | | | | | | | |
|---|--------|------|--|--|--|--|--|--|--|
| A | 0 15 | 0.00 | | | | | | | |
| B | 15 25 | 0.00 | | | | | | | |
| C | 25 35 | 0.00 | | | | | | | |
| D | 35 65 | 0.00 | | | | | | | |
| E | 65 100 | 0.00 | | | | | | | |

Print date: 23/07/92

OIL PROFILE DESCRIPTION

Profile: LA0003 Unit: FIELD 3 Status:

Sheet/Grid : 966/ Coord : N 37-38-10 W 04-48-45
 Location : RAMBLA. Finca "Tobias".. Elevation: 170 m
 Survey Area: Columela Project Date : 10/10/71
 Author(s) : J.L. Mudarra

Classification FAO: Pelli-Calcic Vertisol(1988) Pellic Vertisol (1974)
 ST : Typic Chromoxerert

Soil Climate: xeric thermic
 Topography : undulating Land Form: hill
 Element/Pos.: slope- Slope : 8 - 16%
 Micro Top: even
 Land Use :- crops: sunflower, wheat Human Infl: application of fertilizers
 Vegetation : Grasscover:
 Species :

Parent Material: marine deposits - derived from marl (Miocene)
 Prof. Soil Depth: > 150cm
 Rock Outcrops : nil -
 Surface Stones : nil
 Erosion : moderate Sealing/Crusting: nil

Drainage : permeability: slow ; external drainage: rapid
 Infiltration: not observed
 Flooding : nil
 Moist Cond:

Remarks: SUELOS MARGOSO BETICO Compiled by J.Crompvoets, 1992
 Source: CEBAC. 1971. Estudio Argobiologico de la Provincia de Cordoba. Technical Report. Sevilla.

Samples: A: 0- 5 B: 5- 35 C: 35- 70 D: 70-150

0 - 5 cm 5Y 6/ 3 ; clay; very strong medium and coarse granular structure; friable (moist),
 low porosity, fine roots; non calcareous; field pH: 7.5, clear irregular boundary.

5 - 35 cm 5Y 6/ 3 ; clay; weak to moderate coarse prismatic weak to moderate coarse subangular blocky
 structure; firm (moist), low porosity, very fine roots; moderately calcareous; field pH: 7.6,
 diffuse boundary.

35 - 70 cm 5Y 6/ 3 ; clay; very strong coarse prismatic structure; fine roots; moderately calcareous;
 field pH: 7.8, diffuse boundary.

70 - 150 cm 2.5Y 5/ 2 and 10YR 6/ 6 ; clayloam; moderate medium prismatic structure; few roots;
 moderately calcareous; field pH: 7.7.

Print Date: 23/07/92

O I L A N A L Y S I S R E S U L T S

PROFILE: LA0003

| DEPTH | pH | | EC | P | C | N | CaCO3 | | CaSO4 | CEC | Ca | Mg | K | Na | PBS | K fixed | Methods |
|-------|-----|-----|-------|------|----------|------|-------|------|-------|----------------|------|------|------|-----|------|------------|---------|
| | H2O | X | | | | | Total | Act. | | | | | | | | | |
| | | | mS/cm | ppm | weight % | | ----- | % | ----- | meq/100gr soil | | | | --- | % | 1234567890 | |
| 0 | 5 | 7.5 | 99.9 | 99.9 | 99 | 0.55 | 0.06 | 31.0 | 99.9 | 99.9 | 19.0 | 17.7 | 99.9 | 1.3 | 99.9 | 100 | 99.9 |
| 5 | 35 | 7.6 | 99.9 | 99.9 | 99 | 0.53 | 0.06 | 31.4 | 99.9 | 99.9 | 18.3 | 17.3 | 99.9 | 1.0 | 99.9 | 100 | 99.9 |
| 35 | 70 | 7.8 | 99.9 | 99.9 | 99 | 0.26 | 0.04 | 34.2 | 99.9 | 99.9 | 17.8 | 16.6 | 99.9 | 0.6 | 0.7 | 100 | 99.9 |
| 70 | 150 | 7.6 | 99.9 | 99.9 | 99 | 0.10 | 0.62 | 32.8 | 99.9 | 99.9 | 17.3 | 14.3 | 99.9 | 0.5 | 2.5 | 100 | 99.9 |

| Particle size (weight %) | | | | | | | | | | CEC clay |
|--------------------------|----|----|----|-----|------|-----|-----|------|------|-------------|
| vcS | cS | mS | fS | vfS | Sand | cSi | fSi | Silt | Clay | |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 32 | 99 | 99 | 17 | 53 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 29 | 99 | 99 | 24 | 46 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 32 | 99 | 99 | 25 | 43 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 35 | 99 | 99 | 24 | 40 | 999 |

Print date: 23/07/92

O I L P H Y S I C A L P R O P E R T I E S

OFILE: LA0003

FILTRATION (cm/hr)

METHOD:

1.4
22.3
999.9

RFACE STRUCTURE STABILITY INDEX: 0.00

| PTH (cm) | BULK DENSITY (g/cc) | WATER CONTENT (weight %) | | | | | | | | METHOD |
|----------|------------------------|--------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | | 0.03bar | 0.05bar | 0.1bar | 0.3bar | 1.0bar | 3.0bar | 5.0bar | 15.0bar | |

| | | | | | | | | | | |
|----|-----|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 0 | 5 | 0.00 | | | | | | | | |
| 5 | 35 | 0.00 | | | | | | | | |
| 35 | 70 | 0.00 | | | | | | | | |
| 70 | 150 | 0.00 | | | | | | | | |

Print date: 23/07/92

SOIL PROFILE DESCRIPTION

Profile: LA0004 Unit: FIELD 4 Status:

Sheet/Grid : 945/
 Location : CASTRO, Finca "El Jardon" Los Arenales.
 Survey Area: Columela Project
 Author(s) : J.L. Mudarra

Coord : N 37-43-30 W 04 -16-
 Elevation: 360 m
 Date : 10/10/71

Classification FAO: Luvic Calcisol(1988) Calcic Luvisol (1974)
 ST : Calcic Haploxeralf

Soil Climate: xeric thermic
 Topography : undulating
 Element/Pos.: slope-
 Micro Top: even
 Land Use : none- crops: sunflower
 Vegetation :
 Species :

Land Form: hill
 Slope : 2 - 8%
 Human Infl: ploughing
 Grasscover:

Parent Material: marine deposits - derived from Limestone (Miocene)
 Max. Soil Depth: > 150cm
 Rock Outcrops : nil -
 Surface Stones : few fine gravel
 Erosion : moderate

Sealing/Crusting: nil

Permeability: high ; external drainage: rapid
 Infiltration: not observed
 Flooding : nil
 Moist Cond:

Remarks: SUELO ROJO MEDITERRANEO LAVADO Compiled by J.Crompvoets, 1992.
 Source: CEBAC. 1971. Estudio Agrobiologico de la Provincia de Cordoba. Technical Report. Sevilla.

Profiles: A: 0- 35 B: 35- 85 C: 85-115 D: 115-220

- 1) 0 - 35 cm 5YR 4/ 8 ; sandy loam; moderate coarse granular structure; friable (moist), medium porosity, fine and coarse roots; moderately calcareous; field pH: 7.8, gradual irregular boundary.
- 2) 35 - 85 cm 2.5YR 4/ 6 ; clayloam; moderate coarse subangular blocky structure; friable (moist), low porosity, few roots; non calcareous; field pH: 7.6, gradual smooth boundary.
- 3) 85 - 115 cm 5YR 5/ 8 ; loamy sand; moderate subangular blocky weak granular structure; friable (moist), medium porosity, few roots; field pH: 7.5, clear smooth boundary.
- 4) 115 - 220 cm 2.5YR 7/ 4 and 10YR 6/ 6 ; sandy loam; weak medium subangular blocky structure; friable (moist), medium porosity, strongly calcareous; field pH: 8.0,

Print Date: 23/07/92

O I L A N A L Y S I S R E S U L T S

PROFILE: LA0004

| DEPTH | pH | EC | P | C | N | CaCO3 | CaSO4 | CEC | Ca | Mg | K | Na | PBS | K fixed | Methods |
|---------|----------|---------|------|----------|----------------|------------|-----------|----------|----------------|------|---|----|-----|---------|------------|
| | H2O X | mS/cm | ppm | weight % | % | Total Act. | % | | meq/100gr soil | --- | % | | | | 1234567890 |
| 0 35 | 7.8 99.9 | 99.9 99 | 0.11 | 0.01 | 4.0 99.9 99.9 | 8.9 | 8.6 99.9 | 0.3 99.9 | >100 | 99.9 | | | | | |
| 35 85 | 7.6 99.9 | 99.9 99 | 0.86 | 0.50 | 0.6 99.9 99.9 | 19.3 | 19.0 99.9 | 0.3 99.9 | 100 | 99.9 | | | | | |
| 85 115 | 7.5 99.9 | 99.9 99 | 0.03 | 0.02 | 0.0 99.9 99.9 | 17.9 | 15.2 99.9 | 0.3 99.9 | 85 | 99.9 | | | | | |
| 115 220 | 8.0 99.9 | 99.9 99 | 0.19 | 0.11 | 57.8 99.9 99.9 | 4.4 | 4.3 99.9 | 0.1 99.9 | 100 | 99.9 | | | | | |

| Particle size (weight %) | | | | | | | | | | CEC |
|--------------------------|----|----|----|-----|------|-----|-----|------|------|------|
| vcS | cS | mS | fS | vfS | Sand | cSi | fSi | Silt | Clay | clay |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 76 | 99 | 99 | 10 | 14 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 72 | 99 | 99 | 4 | 33 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 86 | 99 | 99 | 3 | 10 | 99 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 83 | 99 | 99 | 6 | 10 | 999 |

Print date: 23/07/92

O I L P H Y S I C A L P R O P E R T I E S

OFILE: LA0004

FILTRATION (cm/hr) METHOD: 99

0.7
0.4
999.9

INTERFACE STRUCTURE STABILITY INDEX: 9.99

| DEPTH (cm) | BULK DENSITY (g/cc) | WATER CONTENT (weight %) | | | | | | | | METHOD |
|------------|------------------------|--------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | | 0.03bar | 0.05bar | 0.1bar | 0.3bar | 1.0bar | 3.0bar | 5.0bar | 15.0bar | |
| 0 35 | 9.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99 |
| 35 85 | 9.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99 |
| 85 115 | 9.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99 |
| 115 220 | 9.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99 |

Print date: 23/07/92

SOIL PROFILE DESCRIPTION

Profile: LA0005 Unit: FIELD 5 Status:

Sheet/Grid : 985/
 Location : CARMONA, Finca "Tomejil".
 Survey Area: Columela Project
 Author(s) : G. Paneque

Coord : N 37-24-30 W 005-34-50
 Elevation: 80 m
 Date : 10/10/69

Classification FAO: Pelli-Calcic Vertisol(1988) Pellic Vertisol (1974)
 ST : Typic Chromoxerert

Soil Climate: xeric thermic
 Topography : gently undulating
 Aspect/Pos.: slope- slope
 Micro Top: even
 Land Use : annual field cropping- crops: sunflower, wheat
 Vegetation :
 Species :

Land Form: plain
 Slope : 2 - 8% concave
 Human Infl: application of fertilizers
 Grasscover:

Parent Material: marine deposits - derived from marl (Oligocene)
 Soil Depth: > 150cm
 Rock Outcrops : nil -
 Surface Stones : nil
 Erosion : slight

Sealing/Crusting: nil

Drainage : moderately well
 Infiltration: not observed
 Rooting : nil
 Moist Cond:

Remarks: SUELO MARGOSO BETICO Compiled by J.Crompvoets, 1992.
 Source: CEBAC. 1979. Estudio Edafologico de la Vega de Carmona. Technical Report. Pub. Int. Ayesa.

Horizons: A: 0- 25 B: 25- 35 C: 35- 70 D: 70-120 E: 120-200

- 0 - 25 cm 2.5Y 4/ 2 (dry); clay; moderate fine subangular blocky structure; firm (moist), abundant fine roots; field pH: 7.5, gradual smooth boundary.
- 25 - 35 cm 2.5Y 4/ 2 (dry); clay; strong medium angular blocky structure; very firm (moist), strongly calcareous; field pH: 7.6, gradual smooth boundary.
- ca 35 - 70 cm 2.5Y 4/ 2 (dry); clay; strong medium prismatic structure; firm (moist), many calcareous nodules; strongly calcareous; field pH: 7.9, gradual smooth boundary.
- 70 - 120 cm 2.5Y 6/ 4 (dry); clay; strong medium prismatic structure; firm (moist), strongly calcareous; field pH: 7.7, diffuse boundary.
- 120 cm + 2.5Y 6/ 6 (dry); clay; massive structure; firm (moist), extremely calcareous;

Print Date: 23/07/92

O I L A N A L Y S I S R E S U L T S

LOFILE: LA0005

| DEPTH | pH | | EC mS/cm | P ppm | C weight % | N weight % | CaCO3 | | CaSO4 | CEC | Ca | Mg | K | Na | PBS | K fixed | Methods |
|---------|-----|-----|-------------|----------|---------------|---------------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|---------|------------|
| | H2O | X | | | | | Total | Act. | | | | | | | | | |
| 0 25 | 7.5 | 6.8 | 0.7 | 99 | 0.74 | 0.09 | 31.0 | 99.9 | 99.9 | 39.0 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 | 1234567890 |
| 25 35 | 7.6 | 6.8 | 1.1 | 99 | 0.63 | 0.08 | 31.4 | 99.9 | 99.9 | 38.0 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 | |
| 35 70 | 7.9 | 6.8 | 3.2 | 99 | 0.42 | 0.06 | 34.2 | 99.9 | 99.9 | 37.8 | 15.8 | 1.1 | 0.1 | 3.3 | >100 | 99.9 | |
| 70 120 | 7.7 | 7.0 | 5.5 | 99 | 0.17 | 0.02 | 32.8 | 99.9 | 99.9 | 37.3 | 16.8 | 2.7 | 0.1 | 6.4 | >100 | 99.9 | |
| 120 200 | 7.7 | 6.7 | 3.3 | 99 | 0.11 | 0.06 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 999.9 | 17.7 | 3.1 | 0.1 | 3.1 | >100 | 99.9 | |

| Particle size (weight %) | | | | | | | | | | CEC clay |
|--------------------------|----|----|----|-----|------|-----|-----|------|------|-------------|
| vcS | cS | mS | fS | vfS | Sand | cSi | fSi | Silt | Clay | |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 30 | 99 | 99 | 17 | 52 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 29 | 99 | 99 | 20 | 49 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 29 | 99 | 99 | 20 | 51 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 35 | 99 | 99 | 24 | 40 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 13 | 99 | 99 | 8 | 78 | 999 |

Print date: 23/07/92

O I L P H Y S I C A L P R O P E R T I E S

OFILE: LA0005

FILTRATION (cm/hr) METHOD:

0.2
0.1
999.9

RFACE STRUCTURE STABILITY INDEX: 9.99

| PTH (cm) | BULK DENSITY (g/cc) | WATER CONTENT (weight %) | | | | | | | | METHOD |
|----------|------------------------|--------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | | 0.03bar | 0.05bar | 0.1bar | 0.3bar | 1.0bar | 3.0bar | 5.0bar | 15.0bar | |

| | | | | | | | | | |
|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 0 25 | 1.64 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 30.50 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 21.6 |
| 25 75 | 1.63 | 99.99 | 99.90 | 99.99 | 28.70 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 19.9 |
| 35 70 | 1.71 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 29.50 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 19.9 |
| 70 120 | 1.69 | 99.99 | 99.99 | 99.99 | 27.40 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 18.6 |

Print date: 23/07/92

SOIL PROFILE DESCRIPTION

Profile: LA0006 Unit: FIELD 6 Status:

Eet/Grid : 1021/ Coord : N 37-05-55 W 05-30-30
 Location : MORON, Finca "Palmo".
 Survey Area: Columela Project Elevation: 140 m
 Author(s) : D. De la Rosa J.L. Mudarra Date : 17/06/71

Classification FAO: Chromi-Luvic Calcisol(1988) Pellic Vertisol (1974)
 ST : Typic Chromoxerert

Soil Climate: xeric thermic
 Topography : hilly Land Form: valley
 Aspect/Pos.: valley- lower slope Slope : 0.7 - 2%
 Profile Top: even
 Land Use : perennial field cropping Human Infl: ploughing
 Vegetation : Grasscover:
 Species :

Parent Material: marine deposits - derived from marl
 Soil Depth: > 150cm
 Rock Outcrops : nil -
 Surface Stones : nil
 Sealing/Crusting: nil
 Erosion : nil

Drainage : imperfect
 Infiltration: not observed
 Rooting : nil
 Moist Cond:

Remarks: TIERRA NEGRA ANDALUZA Compiled by J.Crompvoets. 1992.
 Source: CEBAC. 1974. Estudio de los Suelos de Olivar. Pub. Int. CEBAC. Sevilla.

Profiles: A: 0- 12 B: 12- 42 C: 42- 75 D: 75- 90 E: 90-150

- 0 - 12 cm 10YR 5/ 2 (dry) and 10YR 3/ 2 (moist); silty clay to clay; hard (dry), friable (moist), sticky (wet), plastic (wet), abundant very fine pores, many fine calcareous nodules; abundant fine and few fine roots; strongly calcareous; field pH: 7.7, clear smooth boundary.
- 1) 12 - 42 cm 10YR 3/ 2 (moist) and 10YR 3/ 2 (dry); clay; moderate coarse subangular blocky structure; hard (dry), firm (moist), sticky (wet), plastic (wet), abundant very fine pores, many fine calcareous nodules and many fine gypsiferous nodules; abundant fine roots; strongly calcareous; field pH: 7.8, gradual smooth boundary.
- 1) 42 - 75 cm 10YR 3/ 2 (dry) and 10YR 3/ 2 (moist); clay; massive coarse structure; hard (dry), firm (moist), sticky (wet), plastic (wet), prominent slickensides; many calcareous nodules; many fine roots; strongly calcareous; field pH: 7.9, gradual smooth boundary.
- 1) ca 75 - 90 cm 10YR 3/ 1 and 10YR 3/ 2; clay; moderate prismatic massive structure; firm (moist), sticky (wet), plastic (wet), many medium calcareous white nodules; few fine roots; strongly calcareous; field pH: 8.0, gradual boundary.
- ca 90 - 150 cm 2.5Y 5/ 4; clayloam; massive subangular blocky weak crumb structure; friable (moist), slightly sticky (wet), slightly plastic (wet), abundant fine pores, many calcareous concretions; strongly calcareous; field pH: 8.0,
- 1) few, small, ferruginous nodules

Print Date: 23/07/92

OIL ANALYSIS RESULTS

PROFILE: LA0006

| DEPTH | pH | | EC | P | C | N | CaCO3 | CaSO4 | CEC | Ca | Mg | K | Na | PBS | K fixed | Methods |
|--------|-----|-----|-------|-----|----------|----------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|---------|------------|
| | H2O | X | mS/cm | ppm | weight % | weight % | Total | Act. | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 1234567890 |
| | | | | | | | % | % | | meq/100gr soil | | | | | | |
| 0 12 | 7.7 | 6.6 | 0.6 | 99 | 0.63 | 0.14 | 11.6 | 99.9 | 99.9 | 999.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |
| 12 42 | 7.8 | 6.5 | 0.5 | 99 | 1.01 | 0.10 | 11.6 | 99.9 | 99.9 | 999.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |
| 42 75 | 7.9 | 6.7 | 0.5 | 99 | 0.83 | 0.08 | 12.8 | 99.9 | 99.9 | 999.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |
| 75 90 | 8.0 | 6.8 | 0.5 | 99 | 0.41 | 0.04 | 44.0 | 99.9 | 99.9 | 999.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |
| 90 150 | 8.0 | 6.8 | 0.5 | 99 | 0.25 | 0.03 | 47.2 | 99.9 | 99.9 | 999.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | >100 | 99.9 |

| Particle size (weight %) | | | | | | | | | | CEC |
|--------------------------|----|----|----|-----|------|-----|-----|------|------|------|
| vcS | cS | mS | fS | vfS | Sand | cSi | fSi | Silt | Clay | clay |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 21 | 99 | 99 | 25 | 50 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 23 | 99 | 99 | 17 | 60 | 99 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 19 | 99 | 99 | 19 | 62 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 18 | 99 | 99 | 44 | 39 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 17 | 99 | 99 | 46 | 35 | 999 |

Print date: 23/07/92

O I L P H Y S I C A L P R O P E R T I E S

OFILE: LA0006

FILTRATION (cm/hr) METHOD:

0.1
0.2
999.9

IRFACE STRUCTURE STABILITY INDEX: 0.00

DEPTH (cm) BULK DENSITY WATER CONTENT (weight %) METHOD
 (g/cc) 0.03bar 0.05bar 0.1bar 0.3bar 1.0bar 3.0bar 5.0bar 15.0bar

0 12 1.15
12 42 1.30
42 75 1.39
75 90 1.57
90 150 1.71

Print date: 23/07/92

1 PROFILE DESCRIPTION

Profile: LA0010 Unit: FIELD 10 Status:

et/Grid : 1035/
 ation : VILLAMARTIN, Finca "La Cierva".
 vey Area: Columela Project
 hor(s) : J.L. Mudarra J.A. Moreno

Coord : N 36-52-00 W 05 -43-00
 Elevation: 103 m
 Date : 24/03/88

ssification FAO: Calcic Vertisol(1988) Pellic Vertisol (1974)
 ST : Typic Pelloxerert

l Climate: xeric thermic

ography : almost flat

ment/Pos.:

ro Top: even

nd Use : annual field cropping- crops: sunflower

etation :

cies :

Land Form: plain
 Slope : 0 - 0.1%

Human Infl: application of fertilizers
 Grasscover: 0-15%

ent Material: marine deposits - derived from marl (Triassic)

l. Soil Depth: > 150cm

sk Outcrops : nil -

face Stones : nil

esion : nil

Sealing/Crusting: nil

inage : well

ertable: > 150cm

oding : nil

st Cond:

arks: TIERRA NEGRA ANDALUZA

Compiled by J.Crompvoets, 1992.

Source: IRNA. 1988. Memoria Excursion Cientifica. II Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pub. Tech. Sevilla.

amples: A: 0- 10 B: 10- 30 C: 30- 90 D: 90-125 E: 125-155 F: 155-180 G: 180-200 H: 200-250

- 1 0 - 10 cm 10YR 3/ 1 (moist) and 10YR 2/ 1 (dry); clay; hard (dry), firm (moist), plastic (wet), many fine calcareous white nodules; fine roots; moderately calcareous; field pH: 7.7, clear boundary.
- 2 10 - 30 cm 10YR 2/ 1 (moist) and 10YR 2/ 1 ; clay; massive structure; plastic (wet), low porosity, slickensides; very fine roots; moderately calcareous; field pH: 7.5,
- 30 - 90 cm 10YR 3/ 1 (moist) and 10YR 3/ 1 (dry); clay; massive structure; plastic (wet), slickensides; many calcareous nodules; very fine roots; moderately calcareous; field pH: 7.6,
- 90 - 125 cm 10YR 3/ 1 (moist) and 10YR 3/ 1 (dry); clay; massive structure; slightly sticky (wet), plastic (wet), slickensides; common medium calcareous nodules; few very fine roots; moderately calcareous; field pH: 7.7,
- 125 - 155 cm 10YR 3/ 1 (moist) and 10YR 4/ 3 (moist); clay; massive structure; many calcareous nodules; moderately calcareous; field pH: 7.5,
- 155 - 180 cm 2.5Y 5/ 4 (moist) and 2.5Y 6/ 4 (dry); clay; firm (moist), plastic (wet), moderately calcareous; field pH: 7.4,
- 180 - 200 cm 10YR 5/ 3 (moist) and 10YR 5/ 4 (dry); clay; sticky (wet), plastic (wet), moderately calcareous; field pH: 7.5,
- 200 - 250 cm 2.5Y 6/ 4 (moist); clay; firm (moist), sticky (wet), plastic (wet), moderately calcareous; field pH: 7.4,

O I L A N A L Y S I S R E S U L T S

OFILE: LA0010

| DEPTH | pH | | EC | P | C | N | CaCO3 | | CaSO4 | CEC | Ca | Mg | K | Na | PBS | K fixed | Methods |
|-------|-----|-----|-------|-----|----------|----------|-------|------|-------|-------|-------|----------------|------|-----|-----|---------|---------|
| | H2O | X | mS/cm | ppm | weight % | weight % | Total | Act. | ----- | ----- | ----- | meq/100gr soil | --- | --- | --- | | |
| 0 | 10 | 7.7 | 99.9 | 1.0 | 99 | 1.08 | 0.10 | 7.3 | 99.9 | 99.9 | 72.4 | 54.5 | 7.8 | 1.2 | 0.5 | >100 | 99.9 |
| 10 | 30 | 7.5 | 99.9 | 0.9 | 99 | 1.35 | 0.12 | 7.4 | 99.9 | 99.9 | 73.4 | 50.1 | 7.4 | 1.5 | 0.4 | >100 | 99.9 |
| 30 | 90 | 7.6 | 99.9 | 1.0 | 99 | 0.82 | 0.08 | 8.5 | 99.9 | 99.9 | 67.6 | 41.2 | 9.3 | 0.6 | 1.8 | >100 | 99.9 |
| 90 | 125 | 7.7 | 99.9 | 1.2 | 99 | 0.78 | 0.08 | 8.6 | 99.9 | 99.9 | 66.6 | 37.0 | 12.2 | 0.6 | 4.1 | >100 | 99.9 |
| 125 | 155 | 7.5 | 99.9 | 3.0 | 99 | 0.68 | 0.07 | 17.9 | 99.9 | 99.9 | 49.8 | 33.2 | 12.3 | 0.5 | 5.1 | >100 | 99.9 |
| 155 | 180 | 7.4 | 99.9 | 4.0 | 99 | 0.23 | 0.03 | 22.5 | 99.9 | 99.9 | 25.6 | 20.6 | 8.6 | 0.4 | 5.0 | >100 | 99.9 |
| 180 | 200 | 7.5 | 99.9 | 3.7 | 99 | 0.32 | 0.04 | 36.6 | 99.9 | 99.9 | 20.2 | 14.6 | 7.2 | 0.4 | 4.7 | >100 | 99.9 |
| 200 | 250 | 7.4 | 99.9 | 3.8 | 99 | 0.19 | 0.02 | 37.0 | 99.9 | 99.9 | 24.4 | 14.7 | 9.4 | 0.4 | 5.6 | >100 | 99.9 |

Particle size (weight %) CEC
 vcS cS mS fS vfS Sand cSi fSi Silt Clay clay

| | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 12 | 99 | 99 | 34 | 44 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 11 | 99 | 99 | 17 | 60 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 9 | 99 | 99 | 14 | 64 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 12 | 99 | 99 | 14 | 64 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 19 | 99 | 99 | 14 | 64 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 42 | 99 | 99 | 18 | 35 | 999 |
| 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 20 | 99 | 99 | 22 | 53 | 999 |

3. METODOS

3.1 Generalidades

En la actualidad, que se tiende a una mayor diversificación agrícola y a una reducción en los "inputs", es muy importante identificar los más adecuados sistemas de uso de la tierra de acuerdo con la sostenibilidad del recurso y la calidad medioambiental.

En este sentido la evaluación de tierras hace posible su uso acorde a su potencialidad biofísica y a sus limitaciones (De la Rosa et al, 1992)

Durante los últimos años la creciente aplicación de la informática a los procedimientos de evaluación de tierras ha permitido el desarrollo de sistemas informáticos de evaluación de tierras (Land Evaluation Information System - LEIS).

Para estas aplicaciones computarizadas los ordenadores personales (PC) han llegado a ser una herramienta esencial.

El principal objetivo fue establecer un procedimiento interactivo y fácil de usar para la asignación óptima del uso de la tierra y sistemas de manejo bajo condiciones agroforestales mediterráneas.

El sistema MicroLeis debe ser considerado como una herramienta para el planeamiento del uso de la tierra mas que un modelo de predicción exacto.

3.2 Esquema Básico

Está en concordancia con el esquema FAO para evaluación de tierras y con las adaptaciones establecidas por la Comunidad Europea integrando basicamente evaluaciones de tierra previamente desarrolladas.

Varios métodos como capacidad de uso, aptitud, vulnerabilidad de tierras y predicción de cosechas pueden ser aplicados.

Microleis realiza la evaluación de tierras a varias escalas; reconocimiento, semi-detalle y detalle, en una manera interrelacionada.

Los procedimientos de evaluación de tierras biofísicos son combinados usando correspondientemente modelos de escala apropiada que varían desde puramente cualitativos hasta semi-cuantitativos y modelos empíricos cuantitativos.

Los atributos económicos no fueron considerados.

La última salida del sistema es la clasificación de un suelo particular en relación a un uso agrícola o forestal determinado, con la valoración del impacto ambiental para un manejo sostenido de la tierra bajo condiciones mediterráneas.

El esquema general del sistema de evaluación MicroLEIS puede apreciarse en la Figura 3.1.

3.2.1. Capacidad de Uso de la Tierra

Este modelo representa un método de evaluación de tierra cuantitativa como un primer paso para ver las unidades de tierra aptas o no aptas para el uso agrícola. Este método da una valoración general de la capacidad de uso agrícola de la tierra tomando en cuenta limitaciones como:

- A) Factor Posición: pendiente
- B) Factor Suelo: profundidad útil, textura, pedregosidad, drenaje salinidad
- C) Riesgos de Erosión: pendiente, suelo, erodibilidad, erosividad de la de la lluvia y densidad de la vegetación.
- D) Deficiencia bioclimática: grado de humedad y riesgos de helada.

Se utilizaron tablas de comparación para expresar inferencias y definir, por el método de la limitación máxima, cuatro clases de capacidad de uso:

Clase 1: Excelente

Clase 2: Bueno

Clase 3: Moderado

Clase N: Marginal y nulo.

Cuatro subclases son también definidas según limitaciones de: posición (t), suelo (l), riesgos de erosión (r) y deficiencia bioclimática (b).

3.2.2. Aptitud Forestal de la Tierra

Este módulo desarrolla la primera aproximación a los requerimientos de suelo de 22 especies forestales representativas. Dichos requerimientos fueron estimados como las condiciones mínimas de tierra necesarias para un exitoso y sostenido crecimiento de las especies dadas, acorde a las limitaciones impuestas por:

- A) Factor posición: latitud, altitud, posición fisiográfica.
- B) Factor suelo: profundidad útil, textura, drenaje, pH.
- C) Factor clima: temperaturas máximas y mínimas, precipitación.

Las bases para estos requerimientos de tierra tentativos fueron estructurados de modo que la clasificación de aptitud de tierra indica cuando una unidad de suelo fue valorada como apta (orden S) o no apta (orden N) para las especies forestales bajo consideración. El procedimiento de limitación máxima fue seguido para establecer el método de aptitud física para uso forestal.

3.2.3. Aptitud Agrícola del Suelo

El módulo de aptitud del suelo fue basado en un análisis de factores edáficos los cuales influyen en el crecimiento productivo de 12 cultivos tradicionales: trigo, maíz, melón, patata, soja, algodón, girasol, remolacha, alfalfa, melocotón, citrus y olivo.

La profundidad efectiva (p), textura (t), drenaje (d), contenido de carbonato (c), salinidad (s), saturación de sodio (a) y desarrollo del perfil del suelo (g) son los caracteres edáficos considerados como diagnósticos.

Para cada caracter del suelo se estableció una matriz de gradación la cual relaciona las características del suelo con el correspondiente requerimiento del cultivo. Siguiendo el procedimiento de la máxima limitación se determinaron 5 clases de aptitudes: clase 1:muy alta, clase 2:alta, clase 3:moderada, clase 4:baja y clase 5:muy baja.

Las subclases son indicadas por las letras correspondientes a la limitación principal según el criterio diagnóstico del suelo.

3.2.4.Predicción de Cosechas

Un modelo estático fue usado para modelar y calibrar ecuaciones de regresión múltiple para predicciones de cosechas de trigo, maíz y algodón. Estos modelos de agroecosistemas fueron formulados, calibrados y validados para un rango determinado de practicas de manejo, clima, suelos y escalas de tiempo.

Los altos niveles de manejo, característcas generales de clima mediterráneo ,mejores suelos agrícolas y cosechas medias estimadas obtenidas en los ultimos años, son los parametros experimentales que definen la zona de Sevilla.

Como criterio diagnostico o variables "X", las siguientes fueron consideradas: profundidad útil (X1), contenido de arcilla (X2), profundidad a las característcas hidromórficas (X3), contenido de carbonato (X4),salinidad (X5), saturación de sodio (X6) y capacidad de cambio catiónico (X7). En la ejecución de los Programas Albero, el ordenador formula las preguntas para los valores correspondientes a estas característcas, en cada suelo evaluado.

3.2.5. Vulnerabilidad Agrícola

Este módulo ambiental es un modelo basado en el conocimiento que permite predecir la vulnerabilidad relativa de diferentes campos a los compuestos agroquímicos, en términos de contaminación de suelos y agua subterránea. Los siguientes factores de campo son combinados:

A) Factores de suelo: precipitación, fisiografía, profundidad de capa freática, textura, salinidad, pH y C.C.C.

B) Factores de manejo: sistema de manejo, drenaje artificial, extracción de agua.

El conocimiento experto fue puesto dentro del sistema ALES (Cornell University, USA) a través de árboles de decisión computarizado.

Fue especialmente tomada en cuenta la movilidad de los polutantes agrícolas: fertilizantes y pesticidas por la infiltración al suelo y a las aguas subterráneas.

Se establecieron y definieron 4 clases de vulnerabilidad: S1:ninguna, S2:débil, S3:moderada, S4:severa.

Este sistema experto puede ser la base para la estimación del impacto ambiental de las actividades agrícolas, con referencia a la degradación química del suelo y de los recursos de agua.

Segun Stigliani (1991), debido a la capacidad de los suelos de almacenar e inmovilizar compuestos químicos tóxicos los efectos directos de la contaminación pueden no ser apreciados en corto tiempo, sin que ello garantice que puedan ser almacenados para siempre.

Los modelos de simulación computarizada han llegado a ser una herramienta útil en el entendimiento y prevención de los problemas originados por la migración de compuestos agroquímicos, especialmente nitratos y pesticidas orgánicos, a través del suelo a las aguas subterráneas. La lixiviación de los compuestos agroquímicos resulta de una compleja interacción de procesos físicos, químicos y biológicos, los cuales se pueden presentar por medio de ecuaciones basadas en principios físicos clásicos, en esquemas estáticos o estocásticos (Wagenet and Rao, 1985. De la Rosa et al.,1992)

Sin embargo estos modelos muchas veces no son capaces de predecir con exactitud el comportamiento de los agroquímicos en el campo debido a que los suelos son cuerpos heterogéneos, y que factores como clima y manejo pueden variar grandemente en corto plazo. Es así como el desarrollo de sistemas expertos como ayuda a la toma de decisión sobre el uso de la tierra y las estrategias de manejo se justifica en términos de proporcionar una herramienta que evalúe gran cantidad de información de suelos con el fin de proveer una estrategia practicable para la protección ambiental.(De la Rosa et al.,1992)

3.3.MicroLEIS

Microleis fue diseñado y construido para ser aplicado como una herramienta secuencial y facil de usar.

Los datos se introducen al ordenador para cada suelo , tierra o unidad de campo a evaluar siguiendo un menú. Los archivos ejecutables al ser llamados del menú principal (Fig.3.2) aplicarán los correspondientes métodos de evaluación. También algunos archivos de documentación desarrollan una amplia información sobre Microleis como un "Manual Electrónico" (Fig.3.3), "Guardar", "Manejar", editar, escribir, copiar y suprimir archivos con resultados de evaluaciones, ademas de cambiar la presentación al español, son las nuevas utilidades de Microleis versión 3.1.

3.3.1.Mejoras en el Sistema MicroLEIS

Al sistema de evaluación de tierras MicroLeis se tiende constantemente a perfeccionarlo de manera que el poder discriminativo y predictivo que se logre con su aplicación sea máximo, o lo que es lo mismo que sus resultados se ajusten en la mayor medida posible a la realidad.

Es así que para un mejor funcionamiento del mismo se sugieren una serie de herramientas que facilitarán el manejo del sistema y al mismo tiempo que permitirán una rápida disposición de datos que de otra manera resultaría lenta su obtención al tener que salir del sistema de evaluación para conseguirlos.

Cálculo de variables:

Índice de Fournier que determina la erosividad de la lluvia en el programa Cervatana y para cuyo cálculo intervienen las precipitaciones mensuales y anuales. Directamente introduciendo esos valores se obtiene el citado índice.

Se ha modificado sus intervalos inferiores correspondiéndole ahora valor 1 si es menor a 80 y valor 2 si esta entre 80 y 100, los siguientes intervalos no se han modificado.

ETP de Thorntwaite, su valor incide inversamente sobre el índice de humedad, su cálculo directo conociendo precipitaciones y temperaturas mensuales y latitud agiliza en gran medida la aplicación del programa Cervatana.

La clase textural requerida por los programas Cervatana, Almagra, Sierra y Arenal se puede obtener directamente introduciendo los porcentajes de arena, limo y arcilla.

Otra de las nuevas utilidades es la conversión de de grados Fahrenheit a Celsius.

Por último MicroLeis cuenta con información de referencia sobre clima, suelo-lugar y uso-manejo.

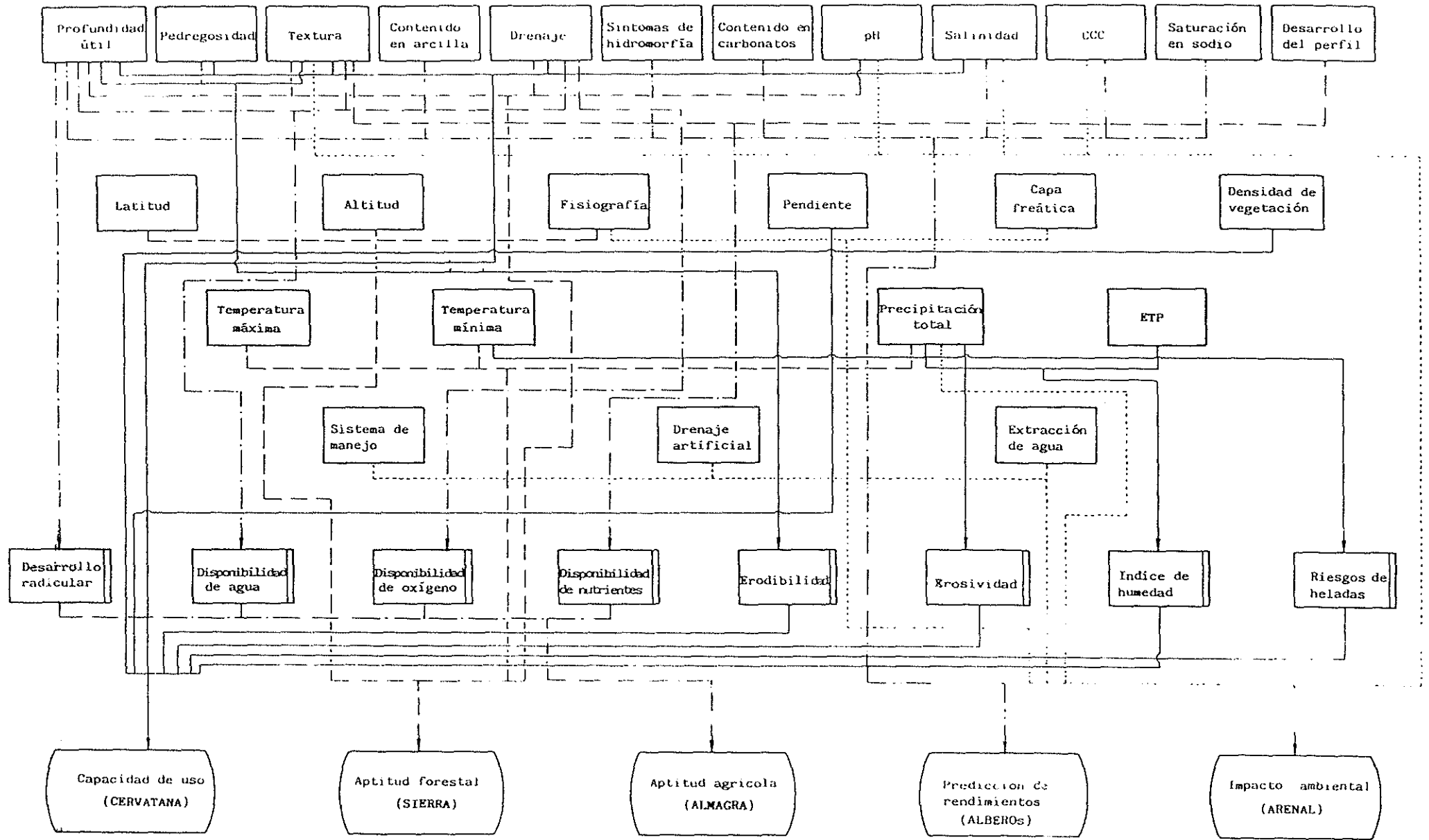


FIGURA 3.1 Esquema general del sistema MicroLEIS

MicroLEIS: MENU PRINCIPAL

Evaluación Agro-ecológica

- Modulo CERVATANA: Capacidad general de uso.....(1)
- Modulo ALMAGRA: Aptitud agrícola.....(2)
- Modulo SIERRA: Aptitud forestal.....(3)
- Modulo ALBERO-1: Predecir rendimiento, trigo.....(4)
- Modulo ALBERO-2: Predecir rendimiento, maíz.....(5)
- Modulo ALBERO-3: Predecir rendimiento, algodón.....(6)

Evaluación del Impacto Ambiental

- Modulo ARENAL: Vulnerabilidad agro-química.....(7)
- Salir de MicroLEIS.....(8)
- Ver & Imprimir MANUAL ELECTRONICO.....(9)
- Guardar & Manejar RESULTADOS EVALUACION.....(10)
- Cambiar la presentación a INGLES/ENGLISH.....(11)

FIGURA 3.2

MicroLEIS: MANUAL ELECTRONICO

CONTENIDO

Información general:

- Resumen, 8 pantallas..... (1)
- Evaluación agro-ecológica, 31 pantallas..... (2)
- Vulnerabilidad agro-química, 34 pantallas..... (3)

Literatura utilizada:

- Evaluación de tierras, 8 pantallas..... (4)
- Evaluación de suelos, 28 pantallas..... (5)
- Predicción de cosechas, 20 pantallas..... (6)

Apéndices:

- Instalaciones autorizadas, 9 pantallas..... (7)
- Modelo de contrato, 8 pantallas..... (8)

(solo en Ingles)

- Volver al MENU PRINCIPAL..... (9)
- Imprimir capitulos de este MANUAL..... (10)

FIGURA 3.3

4. RESULTADOS Y DISCUSION

A los diez suelos representativos se les ha aplicado sistemáticamente todos los programas del paquete MicroLEIS, excepto el Sierra debido a que la totalidad de los suelos presentan una clara vocación agrícola.

La primera parte del trabajo comprende un estudio comparativo de los resultados obtenidos de la aplicación de los programas Cervatana, Almagra, Albero 1, 2 y 3 y Arenal a las cinco secciones de control consideradas, bajo condiciones climáticas históricas (Tablas 4.1 y 4.2).

De la aplicación del programa Cervatana se halla que no existen secciones discriminantes sino que la clasificación de un suelos es independiente de la sección considerada.

El programa Almagra que mide la aptitud relativa (De la Rosa et al.1977) de los suelos para el desarrollo de doce cultivos mediterráneos considerando solo características edáficas, determina que para el trigo, maíz, melón, soja, girasol y alfalfa la sección 0-50 cm.es la que tiene mayor poder discriminante; la seccion 50-100 cm. lo es para la patata y el melón (con igual rango discriminante que para la sección 0-50 cm.); la sección 25-75 cm. para la remolacha; y para el algodón, melocotón, citrus y olivo no hay una sección que ofresca mayor grado de discriminación, sin embargo es preciso destacar que para los tres ultimos existe un mayor rango en el poder discriminativo en todas las secciones de control (excepto en la sección 25-75 cm. que el olivo la presenta igual que el algodón).

El programa Albero 1 no presenta ninguna sección que ofresca mayor discriminación, sin embargo en el Albero 2 y 3 la sección 0-50 cm. muestra un claro poder discriminante sobre las demás.

El programa Arenal, que señala la vulnerabilidad de los suelos a los compuestos agroquímicos, indica que todos los suelos desarrollados sobre terrazas del terciario no presentan ningún peligro de contaminación (Clase S1), en tanto los desarrollados sobre llanuras aluviales holocénicas (Posadas y Alcalá) tienen un ligero peligro de contaminación (Clase S2) cuando hay un sistema tradicional de manejo, en tanto que cuando el sistema es de cultivos frutales u hortícolas la vulnerabilidad sube a la clase S4 (Severa). La clasificación obtenida aplicando el

programa Arenal es la misma para cada suelo independientemente de la sección considerada.

Teniendo en cuenta las variables climáticas consideradas por los programas Cervatana y Arenal (Tabla 4.3) se obtiene que para el primero en el escenario actual baja la calidad de los suelos con respecto al escenario histórico, debido fundamentalmente al Índice de Humedad (Posadas, Castro, Carmona y Morón) y a los Riesgos de Erosión (Jerez y Villamartín), ambos influenciados por la disminución en las precipitaciones alrededor del 50%.

Los únicos suelos que tienen igual clasificación en los tres escenarios considerados son los de Córdoba y La Rambla.

Los suelos de Osuna y Alcalá en el escenario actual se clasifican como marginales por déficit bioclimático (Índice de Humedad).

En el escenario simulado, el programa Cervatana clasifica a los suelos de Córdoba, Posadas, La Rambla, Morón, Osuna, Jerez y Villamartín igual que en escenario histórico, en tanto que Alcalá presenta como factor limitante además del bioclimático (acusado en el histórico) los riesgos por erosión considerando secciones a partir de los 25 cm. y en Castro aparece el factor pendiente como otra limitante que acompaña a la bioclimática (ya considerada en el escenario histórico). Como en el escenario simulado las precipitaciones mensuales suben un 10%, pero la ETP se incrementa aproximadamente un 20% el Índice de Humedad desciende con respecto al periodo histórico. Esto indicaría que de darse las condiciones climáticas simuladas en el futuro habría un mayor grado de aridez. Según el Índice de Fournier el grado de erosividad de las lluvias también sería incrementado bajo las condiciones climáticas simuladas.

De la aplicación del programa Arenal se obtiene que para todos los suelos desarrollados sobre superficies terciarias no existen diferencias en cuanto a su clasificación para los tres escenarios considerados, correspondiendo todos a la clase S1 independientemente de la sección considerada; los suelos desarrollados sobre planicies holocénicas (Posadas y Alcalá) muestran una notable diferencia en cuanto a su

vulnerabilidad según el sistema de manejo que presenten, así cuando se trata de cultivos tradicionales el peligro de contaminación es ligero (clase S2), en tanto que cuando son frutales u hortícolas el peligro es severo (clase S4) para todas las secciones de control y los tres escenarios climáticos, excepto en el área de Alcalá que bajo condiciones climáticas actuales no presenta riesgo de contaminación (S1); esto es debido a las bajas precipitaciones (inferior a 300 mm por año).

A los resultados obtenidos es preciso valorarlos considerando más unidades suelo, ya que si bien se han tomado las más representativas, no resultan suficientes para un análisis estadístico. No obstante se pretende con este trabajo dar una primera aproximación de la adaptabilidad de los programas Cervatana y Albero para seleccionar la sección de control más apta para su aplicación, establecer cuáles son las secciones de control con mayor poder discriminativo para los doce cultivos que tiene en cuenta el programa Almagra y por último ver la funcionalidad de los programas Cervatana y Arenal considerando solo parámetros climáticos.

4.1. Estudio comparativo de diferentes secciones de control

Tabla 4.1. Resultado de la aplicación de MicroLEIS: Programas Cervatana, Albero 1, 2 y 3, Arenal

| Lugares | Módulos de MicroLEIS | | | | |
|------------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| | Cervatana | Albero 1 (Kg/ha) | Albero 2 (Kg/ha) | Albero 3 (Kg/ha) | Arenal |
| <u>Sección de control 0-50 cm.</u> | | | | | |
| L001 Córdoba | S21b | 3771* | 7420 | 2865 | S1 |
| L002 Posadas | S2b | 4183* | 5981 | 3171 | S2 |
| L003 La Rambla | S2t1b | 4410* | 8153 | 3416 | S1 |
| L004 Castro | S21b | 3088 | 7796 | 2900 | S1 |
| L005 Carmona | S21 | 6820* | 10505 | 6400 | S1 |
| L006 Morón | S21b | 3451& | 8614 | 3369 | S1 |
| L007 Osuna | S2b | 3678& | 8374 | 2344 | S1 |
| L008 Alcalá | S2b | 3852 | 7947 | 2666 | S2 |
| L009 Jerez | S21r | 5264* | 8570 | 5957 | S1 |
| L010 Villamartín | S2r | 3649* | 8541 | 4110 | S1 |

.../...

.../...

Sección de control 25-50 cm.

| | | | | | |
|------------------|-------|---------|------|------|----|
| L001 Córdoba | S21b | 3755* | 7618 | 2829 | S1 |
| L002 Posadas | S2b | 4126* | 5933 | 3203 | S2 |
| L003 La Rambla | S2t1b | 4391* | 8085 | 3412 | S1 |
| L004 Castro | S2b | 3076 | 7862 | 2973 | S1 |
| L005 Carmona | S21 | 6822* | 9955 | 6323 | S1 |
| L006 Morón | 21b | 3457* | 8662 | 3296 | S1 |
| L007 Osuna | S2b | 3749* & | 8281 | 2406 | S1 |
| L008 Alcalá | S2b | 3875 | 7873 | 3832 | S2 |
| L009 Jerez | S21r | 3139* | 7440 | 3832 | S1 |
| L010 Villamartín | S2r | 4126* | 9207 | 4454 | S1 |

Sección de control 25-75 cm.

| | | | | | |
|------------------|-------|---------|------|------|----|
| L001 Córdoba | S21b | 3755* | 7618 | 2829 | S1 |
| L002 Posadas | S2b | 4260* | 6007 | 3190 | S2 |
| L003 La Rambla | S2t1b | 4518* | 8128 | 3413 | S1 |
| L004 Castro | S2b | 3176 | 7964 | 3045 | S1 |
| L005 Carmona | S21 | 6822* | 9504 | 6254 | S1 |
| L006 Morón | S21b | 3457* & | 8662 | 3296 | S1 |
| L007 Osuna | S2b | 3759* & | 8072 | 2624 | S1 |
| L008 Alcalá | S2b | 3863 | 7839 | 2666 | S2 |
| L009 Jerez | S21r | 5226* | 8872 | 5539 | S1 |
| L010 Villamartín | S2r | 3716* | 9416 | 4688 | S1 |

.../...

Sección de control 25-100 cm.

| | | | | | |
|------------------|-------|---------|------|------|----|
| L001 Córdoba | S21b | 4404* | 7938 | 3528 | S1 |
| L002 Posadas | S2b | 4177* | 5980 | 3206 | S2 |
| L003 La Rambla | S2t1b | 5183* | 7904 | 4220 | S1 |
| L004 Castro | S2b | 3061 | 7840 | 3093 | S1 |
| L005 Carmona | S21 | 6800* | 8728 | 6232 | S1 |
| L006 Morón | S21b | 3770& | 8538 | 3484 | S1 |
| L007 Osuna | S2b | 3749* & | 8039 | 2568 | S1 |
| L008 Alcalá | S2b | 3908 | 7841 | 2661 | S2 |
| L009 Jerez | S21r | 5215* | 9051 | 5379 | S1 |
| L010 Villamartín | S2r | 4598* | 9791 | 4890 | S1 |

Sección de control 50-100 cm.

| | | | | | |
|------------------|-------|---------|------|------|----|
| L001 Córdoba | S21b | 3800* | 7610 | 2933 | S1 |
| L002 Posadas | S2b | 4038 | 6588 | 3055 | S2 |
| L003 La Rambla | S2t1b | 5142* | 7799 | 4190 | S1 |
| L004 Castro | S21b | 3051 | 7824 | 3161 | S1 |
| L005 Carmona | S21 | 6798* | 8043 | 6197 | S1 |
| L006 Morón | S21b | 3892* & | 8480 | 3572 | S1 |
| L007 Osuna | S2b | 3749* & | 7909 | 2654 | S1 |
| L008 Alcalá | S2b | 3937 | 7804 | 2652 | S2 |
| L009 Jerez | S21r | 5182* | 9354 | 5013 | S1 |
| L010 Villamartín | S2r | 4802* | 9970 | 5061 | S1 |

(*) Uno o más de los siguientes parámetros se salen del rango establecido por el programa: contenido de arcilla, carbonato, saturación de sodio y capacidad de cambio catiónico

(&) Valores de capacidad de cambio catiónico extrapolados

Tabla 4.2. Resultado de la aplicación de MicroLEIS: Programa Almagra.

| Lugares | ALMAGRA | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| | T | M | Me | P | S | A | G | R | Af | Mc | C | |
| <u>Sección de control 0-50 cm.</u> | | | | | | | | | | | | |
| Córdoba | 2tc | 3c | 3c | 3c | 2tcs | 3c | 2tcs | 2tca | 2tcs | 4t | 4t | 4t |
| Posadas | 3ta | 4a | 3ta | 3tca | 3ta | 3ta | 3ta | 3ta | 3ta | 3a | 3a | 3a |
| La Rambla | 2tc | 3c | 3c | 3c | 2tc | 3c | 2tc | 2tca | 2tc | 4t | 4t | 4t |
| Castro | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 2tg | 2tg | 2tc |
| Carmona | 2tca | 3c | 3c | 3c | 2tca | 3c | 2tca | 2tc | 2tca | 4t | 4t | 4t |
| Morón | 2t | 2tc | 2tc | 2tc | 2t | 2tca | 2t | 2ta | 2t | 4t | 4t | 4t |
| Osuna | 2t | 2tc | 2tc | 2tc | 2t | 2tca | 2t | 2ta | 2t | 4t | 4t | 4t |
| Alcalá | 1 | 2c | 2tc | 2tc | 1 | 2tca | 1 | 2a | 1 | 2tc | 2tc | 3t |
| Jerez | 3t | 3ta | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 2ta | 2ta | 2tca |
| Villamartín | 2tc | 2t | 2t | 2t | 2tc | 2ta | 2tc | 2tca | 2tc | 4t | 4t | 4t |

.../...

.../...

Sección de control 25-50 cm.

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-----|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| Córdoba | 2tc | 3c | 3c | 3c | 2tcs | 3c | 2tcs | 2tca | 2tcs | 4t | 4t | 4t |
| Posadas | 3t | 3ta | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 2tca | 2tca | 2tca |
| La Rambla | 2tc | 3c | 3c | 3c | 2tc | 3c | 2tc | 2tca | 2tc | 4t | 4t | 4t |
| Castro | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 2tg | 2tg | 2tc |
| Carmona | 2tca | 3c | 3c | 3c | 2tcsa | 3c | 2tcsa | 2tc | 2tcsa | 4t | 4t | 4t |
| Morón | 2t | 2tc | 2tc | 2tc | 2t | 2tca | 2t | 2ta | 2t | 4t | 4t | 4t |
| Osuna | 2tc | 3c | 3c | 3c | 2tc | 3c | 2tc | 2tca | 2tc | 4t | 4t | 4t |
| Alcalá | 1 | 2c | 2tcs | 2tcs | 2s | 2tca | 2s | 2a | 2s | 2tcs | 2tcs | 3t |
| Jerez | 3t | 3ta | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 2tdag | 2tdag | 2tdca |
| Villamartín | 2tc | 2t | 2t | 2t | 2tc | 2ta | 2tc | 2tca | 2tc | 4t | 4t | 4t |

Sección de control 25-75 cm

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-----|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-----|
| Córdoba | 2tc | 3c | 3c | 3c | 2tcs | 3c | 2tcs | 2tca | 2tcs | 4t | 4t | 4t |
| Posadas | 2a | 2ca | 2tca | 2tca | 2a | 2tc | 2a | 1 | 2a | 2tca | 2tca | 3t |
| La Rambla | 2tca | 3c | 3c | 3c | 2tca | 3c | 2tca | 2tc | 2tca | 4t | 4t | 4t |
| Castro | 3c | 2c | 2tc | 2tc | 3c | 2tca | 3c | 3c | 3c | 2tcg | 2tcg | 3tc |
| Carmona | 2tca | 3c | 3c | 3c | 2tcsa | 3c | 2tcsa | 2tc | 2tcsa | 4t | 4t | 4t |
| Morón | 2t | 2tc | 2tc | 2tc | 2t | 2tca | 2t | 2ta | 2t | 4t | 4t | 4t |
| Osuna | 3c | 3c | 3c | 4c | 3c | 3c | 3c | 3c | 3c | 4c | 4c | 3tc |
| Alcalá | 1 | 2c | 2tc | 2tc | 1 | 2tca | 1 | 2a | 1 | 2tc | 2tc | 3t |
| Jerez | 2ca | 3a | 2ta | 2ta | 2ca | 2t | 2ca | 2c | 2c | 2tdag | 2tdag | 3t |
| Villamartín | 2tc | 2t | 2t | 2t | 2tc | 2ta | 2tc | 2tca | 2tc | 4t | 4t | 4t |

.../...

.../...

Sección de control 25-100 cm.

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|-----|-----|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-----|
| Córdoba | 2tc | 3c | 3c | 3c | 2tcs | 3c | 2tcs | 2tca | 2tcs | 4t | 4t | 4t |
| Posadas | 2ta | 2tca | 2ca | 2ca | 2ta | 2c | 2ta | 2t | 2ta | 2ca | 2ca | 2a |
| La Rambla | 2tca | 3c | 3c | 3c | 2tca | 3c | 2tca | 2tc | 2tca | 4t | 4t | 4t |
| Castro | 3c | 2c | 2tc | 2tc | 3c | 2tca | 3c | 3c | 3c | 2tcg | 2tcg | 3tc |
| Carmona | 2tca | 3ca | 3c | 3c | 2tcsa | 3c | 2tcsa | 2tc | 2tcsa | 4t | 4t | 4t |
| Morón | 2t | 2tc | 2tc | 2tc | 2t | 2tca | 2t | 2ta | 2t | 4t | 4t | 4t |
| Osuna | 3c | 3c | 3c | 4c | 3c | 3c | 3c | 3c | 3c | 4c | 4c | 4tc |
| Alcalá | 1 | 2c | 2tc | 2tc | 1 | 2tca | 1 | 2a | 1 | 2tc | 2tc | 3t |
| Jerez | 2ca | 3a | 2ta | 2ta | 2ca | 2t | 2ca | 2c | 2ca | 2tdag | 2tdag | 3t |
| Villamartín | 2tc | 2t | 2t | 2t | 2tc | 2ta | 2tc | 2tca | 2tc | 4t | 4t | 4t |

Sección de control 50-100 cm

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-----|-----|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|-----|
| Córdoba | 2tc | 3c | 3c | 3c | 2tcs | 3c | 2tcs | 2tca | 2tcs | 4t | 4t | 4t |
| Posadas | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 3t | 2tca | 2tca | 2ta |
| La Rambla | 2tca | 3ca | 3c | 3c | 2tca | 3c | 2tca | 2tc | 2tca | 4t | 4t | 4t |
| Castro | 3c | 2c | 2tc | 2tc | 3c | 2tc | 3c | 3c | 3c | 2tcg | 2tcg | 3tc |
| Carmona | 2tcsa | 3ca | 3cs | 3a | 2tcsa | 3c | 2tcsa | 2tc | 2tcsa | 4t | 4t | 4t |
| Morón | 2t | 2tc | 2tc | 2tc | 2t | 2tca | 2t | 2ta | 2t | 4t | 4t | 4t |
| Osuna | 3c | 3c | 3c | 4c | 3c | 3c | 3c | 3c | 3c | 4c | 4c | 3c |
| Alcalá | 1 | 2c | 2tc | 2tc | 1 | 2tca | 1 | 2a | 1 | 2tc | 2tc | 3t |
| Villamartín | 2tc | 2t | 2t | 2t | 2tc | 2ta | 2tc | 2tca | 2tc | 4t | 4t | 4t |

4.2. Estudio comparativo para los diversos escenarios climáticos

Tabla 4.3. Resultados de la aplicación de MicroLEIS: Programas Cervatana y Arenal.

| Lugares | Cervatana | Arenal * | | |
|------------------|-----------|----------------------------|----|----|
| | | A1 | A2 | A3 |
| | | <u>Escenario Histórico</u> | | |
| L001 Córdoba | S21b | S1 | S1 | S1 |
| L002 Posadas | S2b | S2 | S4 | S4 |
| L003 La Rambla | S2t1b | S1 | S1 | S1 |
| L004 Castro | S21b | S1 | S1 | S1 |
| L005 Carmona | S21 | S1 | S1 | S1 |
| L006 Morón | S21b | S1 | S1 | S1 |
| L007 Osuna | S2b | S1 | S1 | S1 |
| L008 Alcalá | S2b | S2 | S4 | S4 |
| L009 Jerez | S21r | S1 | S1 | S1 |
| L010 Villamartín | S2r | S1 | S1 | S1 |

.../...

.../...

Escenario Actual

| | | | | |
|------------------|-------|----|----|----|
| L001 Córdoba | S21b | S1 | S1 | S1 |
| L002 Posadas | S3b | S2 | S4 | S4 |
| L003 La Rambla | S2t1b | S1 | S1 | S1 |
| L004 Castro | S3b | S1 | S1 | S1 |
| L005 Carmona | S3b | S1 | S1 | S1 |
| L006 Morón | S3b | S1 | S1 | S1 |
| L007 Osuna | Nb | S1 | S1 | S1 |
| L008 Alcalá | Nb | S1 | S1 | S1 |
| L009 Jerez | S3r | S1 | S1 | S1 |
| L010 Villamartín | S3r | S1 | S1 | S1 |

Escenario Simulado

| | | | | |
|------------------|-------|----|----|----|
| L001 Córdoba | S21b | S1 | S1 | S1 |
| L002 Posadas | S2b | S2 | S4 | S4 |
| L003 La Rambla | S2t1b | S1 | S1 | S1 |
| L004 Castro | S21b | S1 | S1 | S1 |
| L005 Carmona | S21r | S1 | S1 | S1 |
| L006 Morón | S21b | S1 | S1 | S1 |
| L007 Osuna | S2b | S1 | S1 | S1 |
| L008 Alcalá | S2rb | S2 | S4 | S4 |
| L009 Jerez | S21r | S1 | S1 | S1 |
| L010 Villamartín | S2r | S1 | S1 | S1 |

(*) Evaluaciones correspondientes a: A1: sistema tradicional de manejo, A2: sistema de cultivos frutales, A3: sistema de cultivos hortícolas.

6. CONCLUSIONES

* La aplicación de los diversos módulos del sistema MicroLEIS ha generado las siguientes conclusiones:

Con la aplicación del programa Cervatana, se establece que la totalidad de las áreas analizadas pertenecen a la misma clase S2, aunque diferentes subclases. No existen secciones de control, dentro de un mismo suelo que presenten diferencias a nivel de subclases. En la mayoría de los casos las limitantes son climáticas (Índice de Humedad y Riesgos de Heladas). El suelo de La Rambla es el único que presenta limitación por pendiente. En Jerez y Villamartín la erosividad de las lluvias es también uno de los factores limitantes. En la mitad de las áreas estudiadas aparece la limitante por factor suelo debida a textura y/o drenaje.

Con el programa Almagra se ha determinado que existen secciones de control con mayor poder discriminante para determinados cultivos, así la sección 0-50 cm lo es para el trigo, maíz, melón, soja, girasol y alfalfa; la de 50-100 cm. para el melón y la patata; la de 25-75 cm. para la remolacha, no mostrando una sección más discriminante el melocotón, citrus, olivo y algodón.

De la aplicación de los programas Alberos se concluye que para el Albero 1 no hay una sección de control más discriminante, en tanto en Albero 2 y 3 la sección 0-50 cm. es la que presenta mayor poder discriminativo.

El programa Arenal concluye que todos los suelos desarrollados sobre superficies terciarias no presentan peligro de vulnerabilidad a los compuestos agroquímicos (fertilizantes y pesticidas principalmente); en tanto que en los desarrollados sobre superficies holocénicas el peligro es ligero cuando los cultivos son tradicionales y severo cuando son frutales y hortalizas.

* Del análisis comparativo considerando diferentes escenarios climáticos se desprenden las siguientes conclusiones:

Con el programa Cervatana, bajo las condiciones climáticas actuales (período 1/4/91 - 1/4/92) prácticamente todas las áreas descienden de clase de capacidad de uso, debido fundamentalmente a la disminución de las precipitaciones (que oscilan entre un 45,5% para Córdoba a un 58,8% para Morón). Las áreas de Osuna y Alcalá llegan incluso a ser clasificadas como marginales por limitaciones bioclimáticas (Índice de Humedad).

Para el escenario simulado no se aprecian grandes diferencias de clase de capacidad de uso con relación al escenario histórico. No obstante, para las áreas de Carmona y Alcalá aparecen nuevas limitaciones debido a los mayores riesgos de erosión.

Con el programa Arenal para los escenarios histórico y simulado se consiguen iguales resultados; así los suelos desarrollados sobre superficies terciarias no tienen peligro de contaminación, en tanto los que se hallan sobre superficies holocénicas presentan una vulnerabilidad diferencial según las prácticas de manejo a que sean sometidos: con cultivos tradicionales la vulnerabilidad es débil, con frutales y hortalizas es severa.

En el escenario actual, apartándose de la generalidad, el área de Alcalá, desarrollada sobre superficies holocénicas no presenta peligro de contaminación como consecuencia de las bajas precipitaciones.

En general y para las áreas estudiadas, el programa Arenal ofrece escasa sensibilidad para captar un posible cambio en la vulnerabilidad de los suelos aun cuando las condiciones climáticas varían notablemente.

7. BIBLIOGRAFIA

AGENCIA DE MEDIO AMBIENTE.1984. Catalogo de Suelos de Andalucia. Ed.D. de la Rosa.Pub. Junta de Andalucia.Sevilla

BOUMA,J.1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. In:B.A.Stewart (Ed), Advances in Soil Science , Vol 9, Springer-Verlag,New York Inc.,pp 177-213.

CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA DEL CUARTO. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS,1962. Estudio agrobiologico de la provincia de Sevilla. Edit. Serv.Public. Dip Prov. de Sevilla

CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA DEL CUARTO. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS ,1963. Estudio agrobiologico de la provincia de Cadiz. Edit. Dip. Prov.de Cadiz.

CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA DEL CUARTO. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS ,1971. Estudio agrobiologico de la provincia de Cordoba. Edit.C.Edaf. Biol.Aplicada del Cuarto. Sevilla.

DE LA ROSA,D el al. 1977. Evaluacion de suelos para diferentes usos agricolas. Anales de Edafologia y Agrobiologia.36:1100-1112.

DE LA ROSA,D.,1981. Perspectivas actuales de la cartografia y evaluacion de suelos. Anales de Edafologia y Agrobiologia. Tomo XL.Nums. 11-12.

DE LA ROSA & MOREIRA. 1987. Evaluacion Ecologica de los Recursos Naturales de Andalucia. Servicio de Evaluacion de Recursos Naturales, Agencia de Medioambiente. Junta de Andalucia.

DE LA ROSA,D., J.A.MORENO, L.V. GARCIA & J.ALMORZA. 1992. MicroLeis:microcomputer-based Mediterranean Land Evaluation Information System. Soil Use and Management 8 (2):89-96.

DE LA ROSA,D.,J.A.MORENO & L.V.GARCIA. 1992.Expert evaluation system for assessing field vulnerability to agrochemical compounds in Mediterranean regions. International Journal of Agricultural Engineering Research. (En prensa).

DENT, D & YOUNG, A. 1981. Soil survey and land evaluation. George Allen & Urwin, London, 278 pp.

ELLIOT, E.T. & COLE, C.V. 1989. A perspective on agroecosystem science. Ecology 70, 1597-1602.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 1976. A framework for land evaluation. FAO Soil Bulletin 32, FAO, Rome.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 1990. FAO-ISRIC Soil Data Base (SDB). FAO World Soil Resources Report 64, FAO, Rome

JUNTA DE ANDALUCIA y CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS, 1989. Mapa de Suelos de Andalucia. Ed. C.S.I.C. - I.A.R.A.

STIGLIANI, W.M. 1991 (ed.). Chemical Time Bombs: Definition, Concepts and Examples. Executive Report 16, IIASA, Luxemburg.

VAN LANEN, H.A.J. 1991. Qualitative and quantitative physical land evaluation: an operational approach.

WAGENET, R.J. & P.S.C. RAO. 1985. Basic Concepts of Modeling Pesticides Fate in the Crop Root Zone. Weed Sci. 33:25-32.