

UNIVERSIDAD DE BARCELONA

Facultad de Farmacia

INFLUENCIA DEL SUELO EN LA NODULACIÓN ( RHIZOBIUM JAPONICUM )  
DE LA SOJA

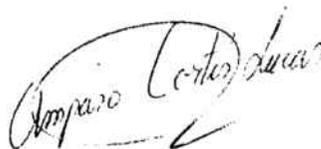
Barcelona, 1980

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA



0701740779

Trabajo presentado para aspirar  
al Grado de Licenciado en  
Farmacia



Amparo Cortés Lucas

El Catedrático Director



José Cardús Aguilar  
Catedrático de Edafología  
Facultad de Farmacia  
Universidad de Barcelona

Mi agradecimiento :

Al Profesor Dr. D. José Cardús Aguilar ,  
quien alentó en mí el interés por la in-  
vestigación científica, y ha dirigido  
mis primeros pasos sobre tan bello camino.

A la Dra. Dña. Montserrat Rivero Urgell,  
por su valiosa ayuda y sus consejos en  
un campo que conoce tan bien.

A todo el personal del Departamento y  
miembros del Consejo Superior de Inves-  
tigaciones Científicas , quines me han  
brindado en todo momento su colaboración  
y amistad.

Y , en fin , a todos mis compañeros que  
han compartido este tiempo de tesina.

A mis padres

A mi hermana

## INDICE

1. Objeto de la tesina
2. Estudio bibliográfico de los suelos de Cataluña
  - 2.1. Objetivos
  - 2.2. Material y métodos
    - 2.2.1. Estudio geológico histórico
    - 2.2.2. Estudio litológico
    - 2.2.3. Mapa utilización de suelos
    - 2.2.4. Estudio climatológico
    - 2.2.5. Clasificación de suelos : correlaciones
  - 2.3. Resultados
3. Estudio experimental : plan de trabajo
4. Introducción
  - 4.1. La soja
    - 4.1.1. Descripción botánica
    - 4.1.2. Ciclo vegetativo
    - 4.1.3. Variedades
    - 4.1.4. Requerimientos ecológicos de la soja
  - 4.2. El Rhizobium
    - 4.2.1. Morfología y Citología
    - 4.2.2. Características de cultivo
    - 4.2.3. Clasificación
  - 4.3. Simbiosis Rhizobium - Leguminosa
    - 4.3.1. Infección de las raíces y nodulación
    - 4.3.2. Factores que influyen sobre la Simbiosis
    - 4.3.3. Efectividad de la Simbiosis
5. Experiencias microbiológicas
  - 5.1. Objetivos
  - 5.2. Material y Métodos

- 5.2.1. Colección de *Rhizobium japonicum*
- 5.2.2. Morfología de las colonias
- 5.2.3. Tinciones
- 5.2.4. Escala de pruebas
- 5.3. Resultados
- 6. Estudio de la capacidad de nodulación de la cepa RC 30 en soja en diferentes suelos de Cataluña
  - 6.1. Objetivos
  - 6.2. Material y Métodos
    - 6.2.1. Cultivo en interior
    - 6.2.2. Obtención y valoración del inóculo
    - 6.2.3. Preparación y siembra
    - 6.2.4. Valoración del cultivo
  - 6.3. Resultados
  - 6.4. Comentarios y discusión
- 7. Conclusiones
- 8. Anexo
  - 8.1. Horizontes de diagnóstico
  - 8.2. Tipos de regímenes de humedad de suelos
  - 8.3. Métodos de Análisis de Suelos
- 9. Bibliografía

## 1. OBJETO DE LA TESINA

Una de las líneas de investigación seguidas actualmente en el Departamento consiste en el estudio de suelos que tengan, o puedan tener un interés aplicativo.

Con el presente trabajo se pretende, en el ámbito de aquella, realizar un estudio bibliográfico, en primer lugar, del conjunto de suelos de la región catalana, en el que se incluya la correlación que pudiera existir entre las denominaciones aplicadas por las tres clasificaciones generales de suelos más utilizadas.

El estudio experimental comprendería, amén del análisis de de una selección de tipos de suelos, una experiencia de nodulación en soja, en la que el suelo fuera la única variable del cultivo.

Pretendemos así dejar una puerta abierta a futuros trabajos en este campo.

## 2. ESTUDIO BIBLIOGRAFICO DE LOS SUELOS DE CATALUÑA

### 2.1. Objetivos

Los objetivos trazados para esta primera fase de nuestra experiencia consistieron en la elección de una serie de muestras de suelo de Cataluña que abarcará la gama más amplia posible de valores para parámetros como son : pH, salinidad y textura, fundamentales para este estudio, y que resultara lo más representativa posible de la distribución de los tipos de suelo en Cataluña.

### 2.2. Material y métodos

La elección se efectuó a través de una selección establecida entre todos los tipos de suelo de la región, que estuvo dividida en las siguientes fases: a) estudio geológico histórico b) estudio litológico c) estudio de la utilización actual del suelo, con especial interés en las zonas de regadío d) estudio climatológico e) estudio de los tipos de suelo de Cataluña f) establecimiento de una correlación entre las diversas clasificaciones de suelo consultadas.

#### 2.2.1. Estudio geológico histórico.

Su objeto, fue el de proporcionar una visión sucinta del proceso de formación de las unidades del relieve de Cataluña y las características de las mismas, con especial atención a las Depresiones, por presentar las características más acordes con nuestros propósitos. Las grandes unidades son:

PIRINEO

DEPRESION CENTRAL

CORDILLERA PRELITORAL

DEPRESION PRELITORAL

CORDILLERA LITORAL

El PIRINEO está formado por dos unidades estructurales muy distintas : a) un fragmento paleozóico de la antigua cordillera herciniana, rejuvenecido por los plegamientos terciarios y b) las montañas de plegamiento formadas por terrenos más modernos que constituyen la verdadera cordillera alpina.

En el centro y a lo largo de buena parte de la Cordillera se extiende la denominada Zona Axial (b), eje directriz de la cadena montañosa; es el Pirineo propiamente dicho y está formado por rocas antiguas como el granito y las pizarras paleozoicas. Al norte y al sur de la Zona Axial se extiende el Prepirineo (a), constituido por bandas paralelas de terrenos más modernos, secundarios y de inicios del Terciario; está formado por rocas de tonos claros, generalmente calcáreas.

El SISTEMA MEDITERRANEO está formado por las dos cordilleras costeras que discurren paralelas y bien delimitadas: la prelitoral, y la litoral dejando entre sí el espacio ocupado por la Depresión Prelitoral.

**DEPRESION PRELITORAL:** La Depresión Prelitoral es un conjunto de tierras bajas, entre los 100 y los 250 metros de altitud, de gran riqueza agrícola. Integran esta depresión las comarcas de la Selva, el Vallés, el Penedés y el Campo de Tarragona.

La Depresión se formó en el transcurso de la Era Terciaria, con posterioridad al hundimiento del llamado Macizo Catalán, que bordeaba la Depresión Central.

Las "Clivelles", dos grandes fallas paralelas con una longitud aproximada de 200 km., delimitaban una zona o bloque de 15 a 20 km. de ancho que fue hundiéndose poco a poco, hasta llegar a cons-

tituir la Depresión Prelitoral. Penetró entonces el mar en ella por el Penedés, aunque sin sobrepasar los límites del río Llobregat, constituyendo un golfo largo y estrecho.

Antes de finalizar el Mioceno, y a consecuencia de un movimiento de regresión general, el mar se retiró y estas cuencas interiores pasaron a convertirse en zonas de sedimentación.

Según los lugares, la sedimentación fue de tipo lacustre o continental. La mitad septentrional de la Depresión se rellenó exclusivamente con depósitos continentales del Mioceno medio y superior. La zona sur fue recubierta por depósitos marinos.

La Depresión resulta pues, una llanura formada por terrenos más o menos modernos, integrados por rocas generalmente detríticas, con cantos rodados, arenas y areniscas, transportadas hasta el lugar por las aguas fluviales, que en su tiempo vinieron a sustituir al mar y procedentes de la Cordillera Prelitoral. El espesor de estos sedimentos acumulados sobrepasa, en general, los 1000 m (en Granollers la roca granítica se ha hallado a 800 m de profundidad); y se calcula que el espesor total de los depósitos puede estar en el doble de la cifra hallada en Granollers.

Un aspecto cierto, es el de la poca o nula alterabilidad que han sufrido estos materiales frente a los movimientos orogénicos. De ahí que estos terrenos conserven su posición primitiva en capas horizontales o ligeramente inclinadas.

La DEPRESION CENTRAL está formada por comarcas tan diferentes entre sí, hasta el extremo de tener que definir varios tipos de perfil, para dar una visión de conjunto de la misma.

Comprende desde las pequeñas cuencas de la Plana de Vic, Igualada, hasta los cañones de Fraga ó de Mequinenza, pasando por los altiplanos calcáreos de la Segarra, ó las llanas tierras leridanas, donde las huertas confieren la apariencia de oasis entre la aridez extrema de las tierras circundantes.

En la Era Primaria, existía en su actual emplazamiento, un Océano, que sería conocido posteriormente con el nombre de Tetis, y del que emergían algunos islotes o macizos de origen anterior, de poca altura y medio sumergidos bajo el agua, entre los que debía hallarse el llamado macizo del Ebro, que ocupaba buena parte de la actual Depresión.

Los sedimentos depositados en este Océano, que cubría la casi totalidad de las tierras catalanas, estaban integrados principalmente por materiales finos, arcillosos, que se transformaban en pizarras por el propio peso de las masas depositadas.

Al iniciarse el Eoceno, principios de la Era Terciaria, estamos ante un Mar que se extiende entre la Cordillera costera y los relieves pirenaicos que iniciaban su formación.

En el Oligoceno, la "Depresión" era ya un lago, en el que desembocaban por un lado los ríos pirenaicos, y por otro, los ríos procedentes del Macizo Catalán, que se extendía hacia las Baleares. Estos últimos seguían un curso opuesto al de los ríos actuales.

Tanto unos como otros, aunque de forma especial los pirenaicos, aportaban a este mar interior, importantes masas de detritus, que depositaban de forma tumultuosa junto a la costa, en forma de deltas o de inmensos conos de deyección. Al interior sólo llegaban los sedimentos más finos. En los lugares más tranquilos del interior

del mar se desarrollaban una sedimentación de calizas numolíticas y margas gris-azuladas, que constituyen la mayor parte de los sedimentos basales de la Depresión.

La evaporación de las aguas determinó la precipitación de las sales disueltas, formándose los importantes depósitos de yeso, sal y potasa del centro de la Depresión, que se explotan sobre todo en la cuenca del Llobregat.

Los sedimentos que se depositaban en el Lago Interior, eran cada vez más detríticos, por la formación de las cordilleras que limitaban a la Depresión.

A los materiales calcáreos y margosos del Eoceno, sucedieron conglomerados, gres y arcillas rojas de origen continental del Oligoceno.

En resumen, al terminar la Era Terciaria, la depresión recién emergida, quedó formada por una base de sedimentos marinos, eocénicos, y una parte superior formada por sedimentos lacustres de finales del Eoceno, y del Oligoceno, separados en muchos lugares por una capa de yeso y sales, especialmente en la zona central.

Los materiales detríticos, gres y conglomerados se hallan en la periferia. En el centro rocas de precipitación calcárea y de evaporación, como las sales y los yesos o lignitos formados en los pantanos de aguas tranquilas.

La Depresión Central Catalana presenta desniveles notables, a saber, los que se desarrollan entre las grandes llanuras leridanas, situadas entre los 150 y los 400 metros de altitud, y la plataforma de la Segarra, en la zona central de la depresión, entre

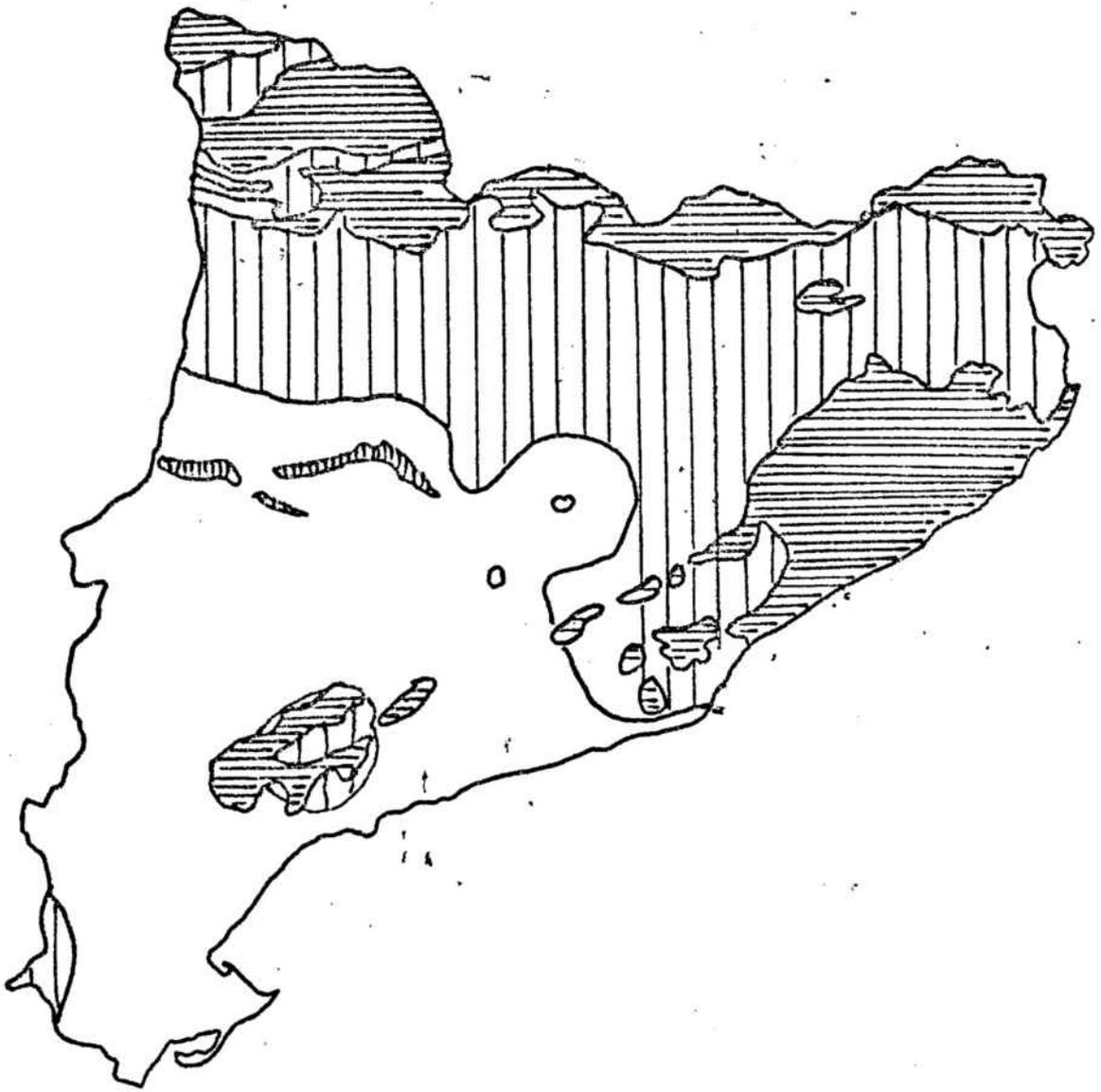
los 600 y los 800 metros.

Los ríos pirenaicos excavaron los relieves de erosión que pueden apreciarse hoy sobre la Depresión. La labor principal corrió a cargo de las cuencas hidrográficas del Segre y del Llobregat. Entre ambas cuencas han quedado los restos de la plataforma primitiva de la depresión, altiplano central de Cataluña, constituidos en su mayor parte por las plataformas de la Segarra.

A pesar de los desniveles, los estratos muestran una casi perfecta horizontalidad.

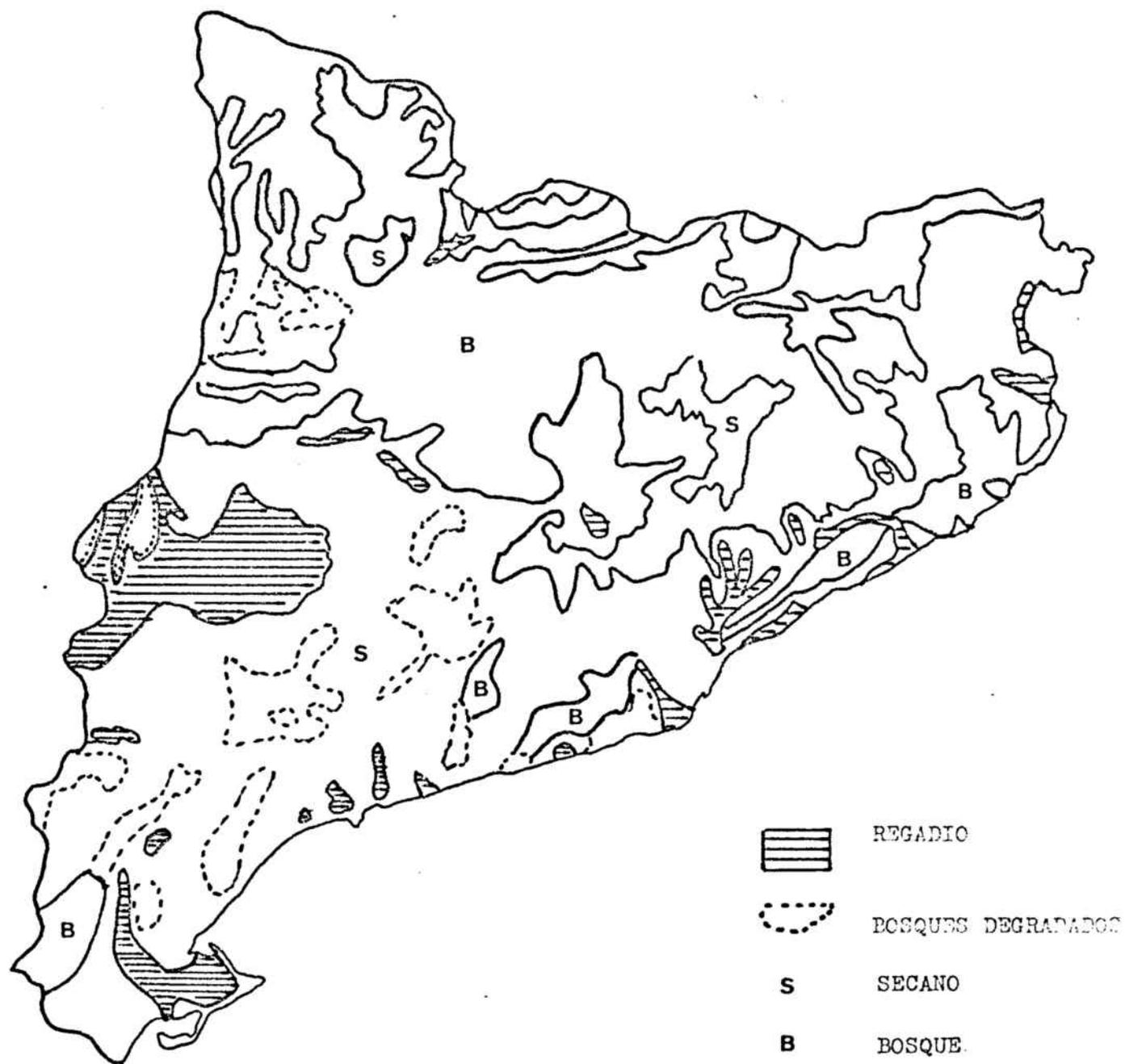
#### 2.2.2. Estudio litológico

Por el ámbito local de este estudio, y la importancia que a este nivel posee la roca madre, por sus propiedades físicas y químicas, confiriendo al suelo caracteres (denominados heredados) de particular importancia para las propiedades agronómicas, incluimos el mapa de distribución de los principales tipos de sustrato litológico. (GEOGRAFIA DE CATALUÑA. Font Altaba)



-  ROCA SILICEA
-  ROCA CON CARBONATOS
-  ID CON DESCARBONATAACION
-  YESO O MARGA YESOSA

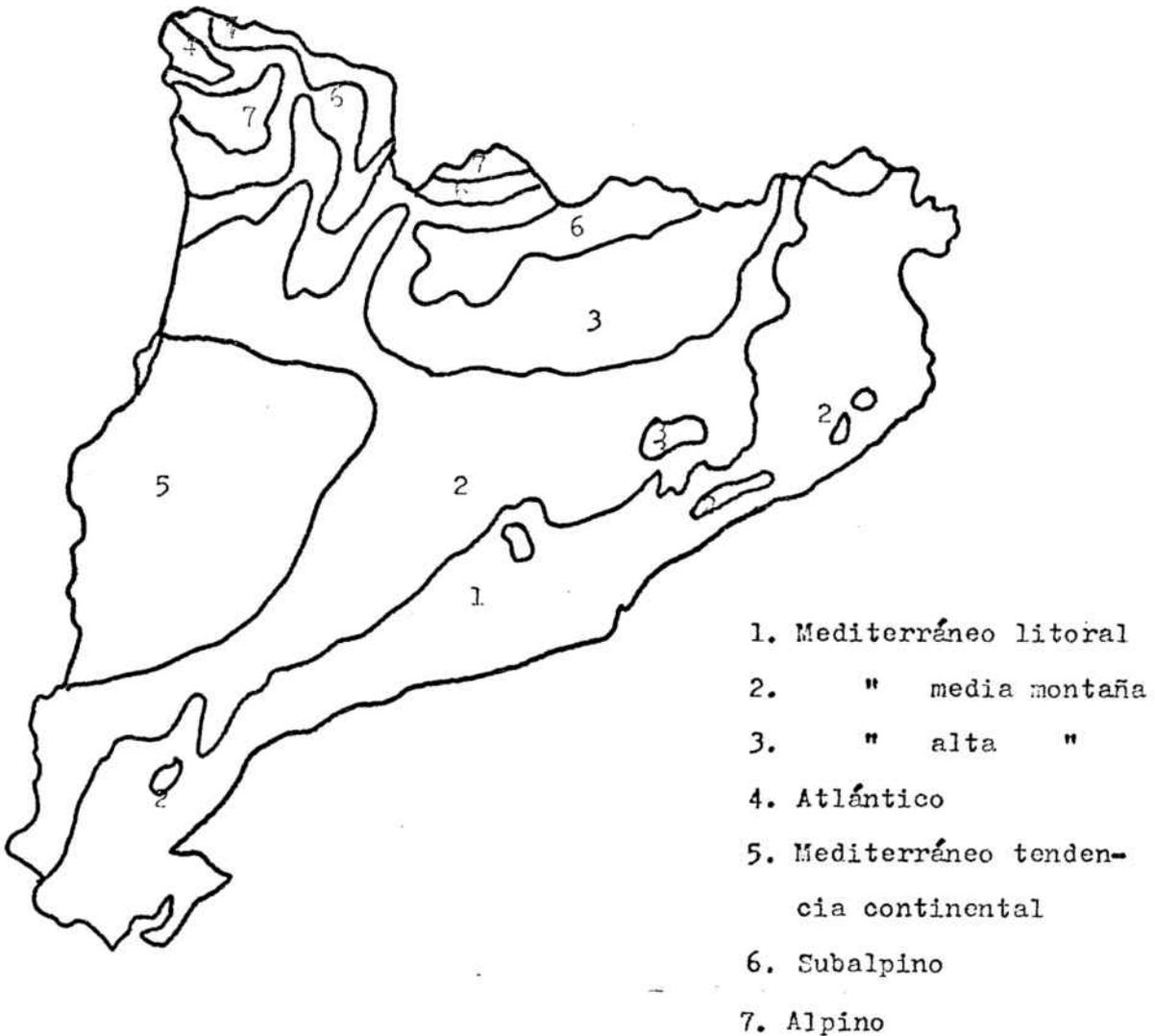
2.2.3. Mapa utilización del suelo

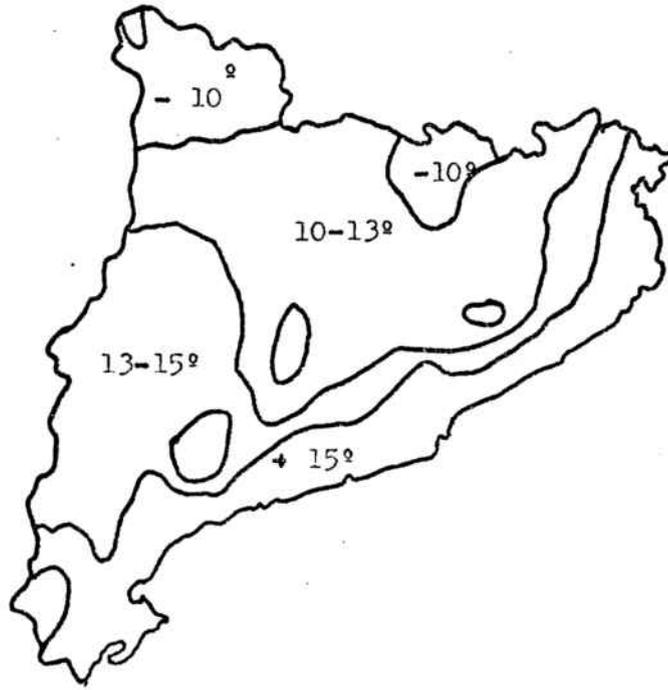


#### 2.2.4. Estudio climatológico

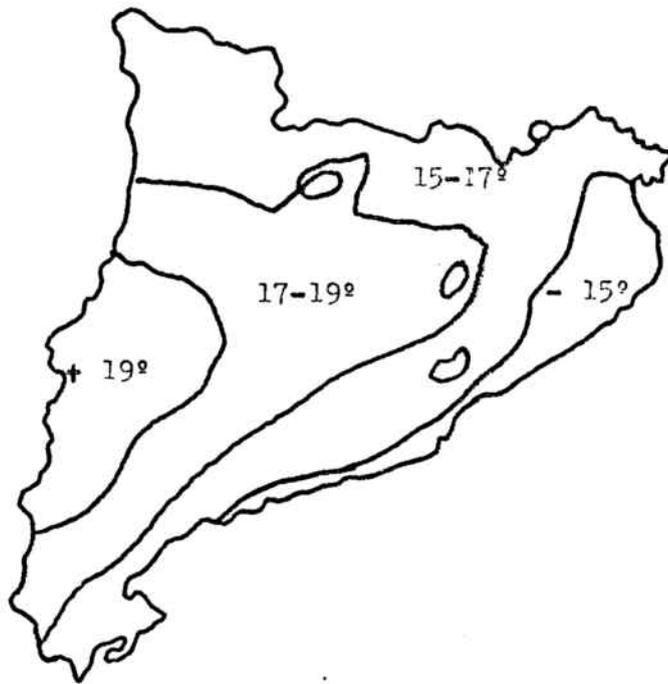
Son muchos los procesos que desarrollándose en el seno del suelo, tienen al clima como factor "regulador". Sin embargo, la importancia del factor climático no queda ahí limitada, siendo además de una base sólida de las clasificaciones de suelo climáticas, un factor decisivo dentro de la clasificación USDA.

MAPA TIPOS DE CLIMA





MAPA TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES



MAPA AMPLITUD TERMICA ANUAL

2.2.5. Existen diversos tipos de clasificaciones de suelo en razón de los criterios diferentes utilizados como bases en la elaboración de las mismas. Las clasificaciones más utilizadas en la actualidad son tres : A) Clasificación americana (USDA ó Soil Taxonomy) B) Clasificación FAO y C) Clasificación francesa 1967. A continuación exponemos sus características más esenciales.

CLASIFICACION AMERICANA (revisada y completada en 1967) : los criterios esenciales que utiliza son : la presencia ó ausencia de los diferentes horizontes de diagnóstico: horizontes de profundidad (spodosol: horizonte spódico, Alfisol: horizonte argílico) ó "epipedón" (Molisol: epipedón mólico). Estos horizontes sirven para definir las diez unidades fundamentales u órdenes, excepto los "Aridisoles", definidos por su clima seco, y los "Vertisoles", según su textura y las propiedades de la roca madre (abundancia de "arcillas hinchables").

Las subdivisiones de los órdenes en subórdenes se basan igualmente en la presencia de ciertos horizontes de diagnóstico, distintos de los que caracterizan el orden, aunque también, y sobre todo, utilizan otros criterios, principalmente el microclima interno del suelo, y asimismo, para algunos subórdenes, a las condiciones de saturación, más o menos prolongada, por el agua, o hidromorfía; por ello, dentro de casi todos los órdenes se encuentra: a) un suborden hidromorfo, b) un suborden con microclima húmedo, pero no saturado por el agua, c) un suborden con microclima seco y d) un suborden con microclima cálido. Por último, algunos subórdenes están ligados a caracteres de roca madre (psamment, roca madre arenosa; Andept, sobre cenizas volcánicas; Rendoll ó suelo calizo, etc....).

Finalmente, los grandes grupos se determinan por la presen-

cia de horizontes de diagnóstico particulares, principalmente de aquellos que son calificados de "secundarios": Fragipan, Plintita, etc...

CLASIFICACION FAO : Esta clasificación, fue propuesta en 1968 como fórmula para unificar criterios con vistas a la elaboración de un mapa mundial de suelos conjunto. No se trata pues, de una verdadera clasificación jerarquizada, sino de un conjunto de grupos definidos y adaptados. Los 79 grupos definidos han sido reagrupados en 23, con rango superior, atendiendo a bases geográficas más que taxonómicas.

CLASIFICACION FRANCESA : Concluida en 1967, los principios básicos que utiliza en la definición de las clases son éstos:

A) Grado de evolución del perfil, señalado por la aparición de un horizonte (B) principalmente "estructural" en los suelos ricos en calcio, (B) de alteración enriquecido en  $Fe_2O_3$ , en los suelos más ácidos, y luego por la formación de un B resultante de la emigración de los coloides.

B) Alteración, cuya intensidad va aumentando desde los suelos poco evolucionados a los templados y, por último, a los suelos de las regiones cálidas, lo cual manifiesta una creciente individualización de los sesquióxidos.

C) Tipo de Humus que, como hemos visto, condiciona en gran parte tanto la alteración como las emigraciones; algunas clases están caracterizadas esencialmente por su humus : mull cálcico carbonatado (clase IV), mull cálcico de estepa (clase V), mull forestal (o moder de poco espesor) parcialmente desaturado (clase VI), humus bruto ácido (clase VII), humus hidromorfo formado en condiciones

de anaerobiosis más o menos intensa (clase X).

D) Saturación temporal o permanente por el agua (hidromorfía) o presencia de sales muy solubles (halomorfía).

La subclase está definida principalmente por el edafoclima (microclima interno del suelo) que indica un ambiente fisicoquímico particular.

El grupo está definido por los caracteres de conjunto del perfil, sobre todo caracteres morfológicos, que expresan un proceso genético determinado; dentro de un grupo, los subgrupos difieren unos de otros por la intensidad de un proceso o por la manifestación de un proceso secundario.

Las correlaciones que figuran a continuación, se han obtenido del estudio comparativo entre los diferentes horizontes de diagnóstico con que tanto la clasificación FAO como la USDA caracterizan a un tipo determinado de suelo. La correlación con la clasificación francesa ha conllevado el estudio de las características con que esta define a los diferentes tipos de suelo, y la adaptación de las mismas a los horizontes de diagnóstico y demás parámetros utilizados por las dos primeras clasificaciones.

CORRELACIONES POSIBLES ENTRE LAS DISTINTAS CLASIFICACIONES

| <u>F.A.O.</u>      | <u>U.S.D.A.</u>    | <u>FRANCIA</u>                  |
|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| FLUVISOL CALCAREO  | ENTISOL-FLUVENT    | S.MINERAUX BRUTS D'APPORT       |
| FLUVISOL EUTRICO   | ENTISOL-FLUVENT    | S.MINERAUX BRUTS D'APPORT       |
| REGOSOL CALCAREO   | ENTISOL-PSAMMENT   | S.MINERAUX BRUTS D'APPORT       |
| GLEYSOL CALCAREO   | INCEPTISOL-AQUEPT  | S.HUMIQUES A GLEY               |
| RENDISINA          | MOLLISOL-RENDOLL   | S.CARBONATES-RENDZINES          |
| RANKER             | INCEPTISOL-UMBREPT | RANKER                          |
| YERMOSOL CALCICO   | ARIDISOL-ORTHID    | SIEROSEM                        |
| XEROSOL CALCICO    | MOLLISOL-XEROLL    | SIEROSEM                        |
| XEROSOL HAPLICO    | MOLLISOL-XEROLL    | SIEROSEM                        |
| CASTANOSEM CALCICO | MOLLISOL-USTOLL    | BRUNIZEM                        |
| FAEOSEM CALCAREO   | MOLLISOL!          | BRUNIZEM                        |
| FAEOSEM HAPLICO    | MOLLISOL!          | BRUNIZEM                        |
| CAMBISOL CALCICO   | INCEPTISOL-OCHREPT | S.BRUNS CALCAIRES               |
| CAMBISOL DISTRICO  | INCEPTISOL-OCHREPT | S.BRUNS CALCAIRES               |
| CAMBISOL EUTRICO   | INCEPTISOL-OCHREPT | S.BRUNS CALCAIRES               |
| CAMBISOL CROMICO   | INCEPTISOL-OCHREPT | S.BRUNS CALCAIRES               |
| LUVISOL CROMICO    | ULTISOL-XERULT     | S.FERRALITIQUES FAIBLEMENT DES. |
| LUVISOL CALCICO    | ALFISOL-USTALF     | S.FERRALITIQUES FAIBLE.DESATUR. |
| LUVISOL ORTICO     | ULTISOL-XERULT     | S.FERRALITIQUES FAIBLE.DESATUR. |
| PODSOL             | SPODOSOL-ORTHOD    | S.OCRE PODSOLIQUES              |
| HISTOSOL DISTRICO  | HISTOSOL-FIBRIST   | S.HYDROMORPHES ORGANIQUES       |
| LITOSOL            | ENTISOL-ORTENT     | S.MINERAUX BRUTS D'EROSION      |
| ANDOSOL            | ANDEPT!            | S.BRUN EUTROFIQUES              |

Estas correlaciones están sujetas a las variaciones en los puntos de determinación de muestras, y no pueden ser tomadas más que como un punto de referencia.

### 2.3. Resultados

La imposibilidad de realizar análisis de todos los tipos de suelo que pudiéramos encontrar en la región Catalana, nos llevó, a consultar la obra publicada por ALBAREDA (19 ) como medio de establecer, atendiendo a las descripciones que de las distintas Series de suelo se recogen en aquella, unas características bien diferenciadas en lo que respecta a los valores de pH y salinidad fundamentalmente de los distintos tipos de suelo. Aglutinando aquellos valores se preseleccionó un conjunto de tipos diferentes de suelo, de entre los que saldrían posteriormente los diez tipos que iban a ser definitivamente utilizados en los ensayos de nodulación.

Del conjunto de suelos preseleccionados fueron eliminándose aquellos que resultaban menos representativos cuantitativamente, los que ofrecían mayores dificultades, dada su posición geográfica, para el cultivo de la soja y aquellos, en fin, que presentaban las mayores afinidades respecto de los restantes suelos preseleccionados.

Los diez suelos finalmente escogidos fueron estos:

| <u>Nº SUELO</u> | <u>PROCEDENCIA</u>      | <u>pH actual m.m.</u> | <u>SALINIDAD m.m.</u> |
|-----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1               | Martorellas (B)         | 7,5                   | 0,18                  |
| 2               | Parets del Vallés (B)   | 7,1                   | 0,22                  |
| 3               | Bonastre (T)            | 7,7                   | 0,16                  |
| 4               | San Jaime de Enveja (T) | 7,2                   | 0,76                  |
| 5               | Bellpuig (L)            | 7,5                   | 0,17                  |
| 6               | Miralcamp (L)           | 7,3                   | 0,17                  |
| 7               | Lérida (L)              | 7,4                   | 0,29                  |
| 8               | Aiguaviva (G)           | 7,4                   | 0,16                  |

|    |                         |     |      |
|----|-------------------------|-----|------|
| 9  | Caldas de Malavella (G) | 7,1 | 0,13 |
| 10 | Llagostera (G)          | 6,4 | 0,08 |

A continuación se describen detalladamente todos y cada uno de ellos.

MUESTRAS DE SUELO

SUELO N° 1

## I Información acerca del sitio de la muestra :

- a. Número del perfil : 1
- b. Nombre del suelo : Serie Ribera.Areno Limoso
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia :
- USDA : Fluvent
- FAO : Fluvisol calcáreo
- FRANCIA : Sol d`apport alluvial
- d. Fecha de la observación : 12 de Diciembre 1.979
- e. Autores : Equipo del Departamento de Edafología
- f. Ubicación : al lado derecho de la carretera que, partiendo de la entrada del Polígono Industrial de Martorellas, atraviesa éste en dirección a la margen del río. Martorelles de Baix. Barcelona. España. Aproximadamente 41° 30`N , 2° E.
- g. Altitud : 75 metros
- h. Forma del terreno :
- i) posición fisiográfica : en una depresión (Depresión Prelitoral)
- ii) forma del terreno circundante : casi plano
- iii) microtopografía : ninguna
- i. Pendiente donde el perfil está situado : plano
- j. Vegetación y uso de la tierra : En la actualidad estas tierras han dejado de ser cultivadas y en un futuro no muy lejano pasarán a ser terrenos industriales. La parcela aparece cubierta de hierbas. Hay escasos árboles, algunos ejemplares de plátano de sombra (*Platanus acerifolia*).
- k. Clima : precipitaciones medias
- | E                   | F    | M    | A    | M    | J    | J    | A    | S    | O    | N    | D    |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 36,3                | 41,3 | 58,2 | 54,2 | 62,8 | 42,4 | 29,5 | 49,0 | 72,7 | 65,5 | 48,5 | 52,7 |
| temperaturas medias |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6,2                 | 8,1  | 11,0 | 13,1 | 17,1 | 20,3 | 23,3 | 22,9 | 19,3 | 15,5 | 10,6 | 6,9  |
- Estos datos han sido obtenidos en el laboratorio de Granollers a

17 Km. del sitio de la muestra.

## II Información general acerca del suelo :

a. Material originario : se trata de sedimentos incoherentes en general, poco diagenizados, actuales, ó plio-cuaternarios. En general aluviones, especialmente calcáreos (ORIOLE RIBA 19 )

b. Drenaje : Clase 2 - imperfectamente drenado.

c. Condiciones de humedad en el perfil : moderadamente húmedo

d. Profundidad de la capa freática : desconocida

e. Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos : clase 0 para ambos- sin piedras y ninguna roca

f. Evidencia de erosión : no es visible

g. Presencia de sales o álcalis : clase 0. Suelo libre de exceso de sales o álcalis

h. Influencia humana : La única perceptible es la del apareamiento

III Breve descripción del perfil : Este no presenta horizontes de edafogénesis diferenciados. Las variaciones que se observan corresponden a la superposición de capas de sedimentación fluvial. El estrato superior consiste en un horizonte de 35 cm. de espesor, estructuralmente medianamente bueno. Bajo este estrato se hallan el resto de los depósitos, que pueden ser considerados como horizonte C.

## IV Descripción del perfil :

|                |           |  |
|----------------|-----------|--|
| A <sub>1</sub> | 0 - 35 cm | Pardo oscuro (7,5 YR 4 4/4) en estado seco, ligeramente duro en seco; pocas raíces; pH 7,5 |
|----------------|-----------|--|

|   |         |  |
|---|---------|--|
| C | 55 - cm |  |
|---|---------|--|

17

32

3

25

2

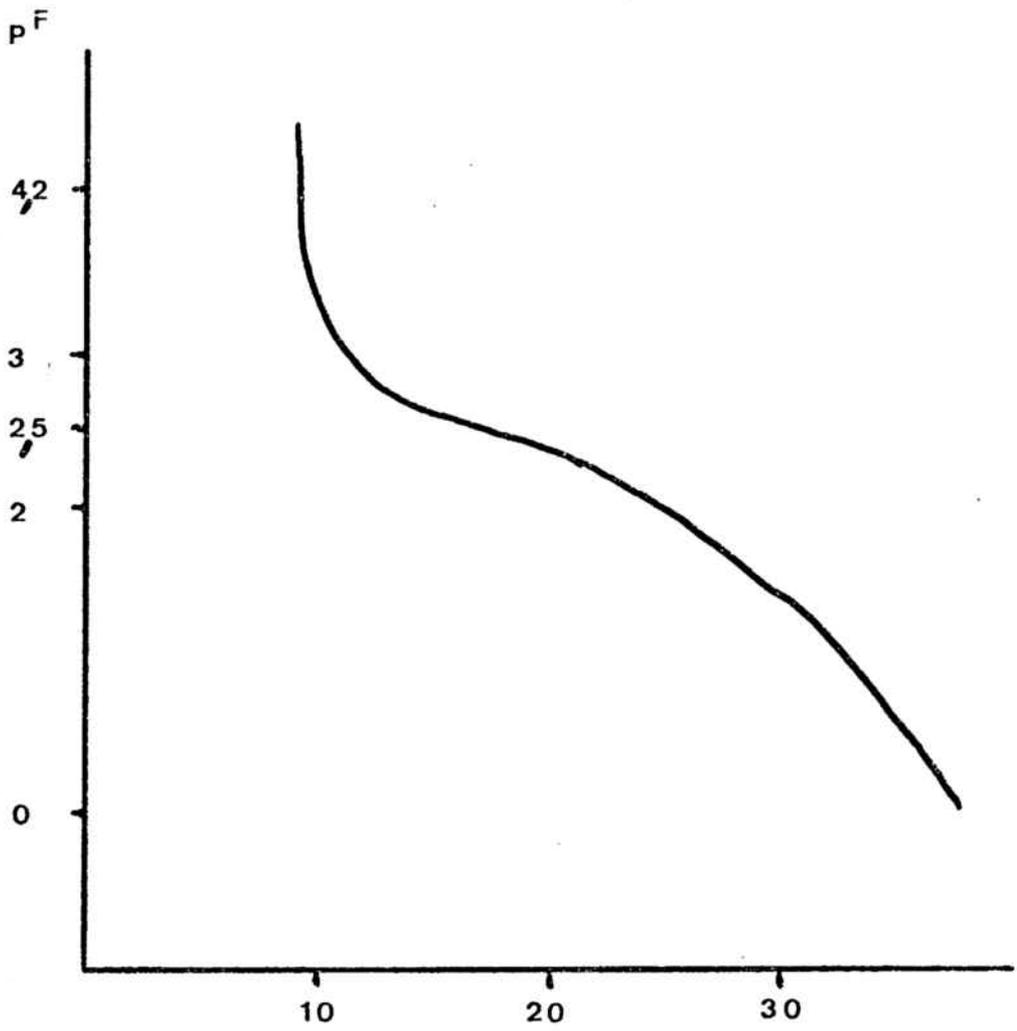
0



10

20

30



FLUVENT (USDA) : La característica central de los Entisols es la ausencia total ó parcial de evidencia de desarrollo de horizontes de edafogénesis.

Los fluvents son entisols que

- tienen textura arenosa fina ó muy fina en algún subhorizonte bajo el hor. Ap ó bajo una profundidad de 25 cm.
- no muestran fragmentos de horizontes de diagnóstico que puedan ser identificados, ó no presentan un orden discernible bajo el hor Ap.
- tienen pendientes inferiores al 25%.
- tienen un contenido en materia orgánica que decrece irregularmente con la profundidad ó se mantiene por encima del 0,2% a una profundidad de 1,25 m.
- no están permanentemente saturados por agua.
- tienen una media anual de temperaturas de suelo por encima de los 0°C. y.
- no tienen un contacto lítico ó paralítico dentro de una profundidad de 25 cm. a partir de la superficie.

Los fluvents son, en su mayor parte, suelos pardos a rojos, formados sobre sedimentos recientes depositados por la acción del agua, principalmente en llanuras inundadas y deltas de ríos y pequeñas corrientes, pero no en marismas ó pantanos, en donde el drenaje es pobre. La edad de los sedimentos en regiones húmedas oscila entre unos pocos años o décadas o unos pocos cientos de años. La estratificación de los materiales es normal. El porcentaje de materia orgánica decrece irregularmente con la profundidad cuando los

materiales se hallan estratificados. Por contra, si la textura es homogénea el contenido en materia orgánica decrece regularmente con la profundidad. La diferencia en el contenido en materia orgánica es el fundamento sobre el que se basa la definición de los Fluvents.

Los Fluvents pueden presentar todo tipo de vegetación, cualquiera de los regímenes de humedad y todo tipo de regímenes de temperaturas excepto el perigélico.

FLUVISOL CALCAREO (FAO) : Los fluvisoles son suelos desarrollados a partir de depósitos aluviales recientes, que no tienen otros horizontes de diagnóstico ( si no están enterrados por 50 cm. ó más de material reciente) más que un horizonte A ócrico, un horizonte H hístico ó un horizonte sulfúrico. Tal como se usa en esta definición, materiales aluviales recientes son sedimentos fluviales, marinos, lacustres ó coluviales caracterizados por una ó más de las siguientes propiedades :

- con un contenido en materia orgánica que decrece irregularmente con la profundidad ó que se mantiene por encima del 0,35% hasta una profundidad de 125 cm. ( las capas finas de arena pueden tener menos materia orgánica si los sedimentos más finos situados debajo cumplen las condiciones exigidas).
- que reciben material fresco a intervalos regulares y/o presentan estratificación fina.
- que contienen material sulfuroso dentro de una profundidad de 125 cm. a partir de la superficie.

Los fluvisoles calcáreos son fluvisoles que son calcáreos, como mínimo entre 20 y 50 cm. de profundidad a partir de la superficie; carecen de un horizonte sulfúrico y de material sulfuroso dentro de una profundidad de 125 cm. a partir de la superficie.

SOLS D'APPORT ALLUVIAL (Francia) : Los suelos de aluviones recientes, característicos de las zonas afectadas por las avenidas de los ríos, tienen en común una propiedad fundamental: presentan una capa freática, más ó menos profunda que sufre notables oscilaciones según las estaciones. En verano la capa freática desciende lo suficiente como para que no haya que temer la asfixia de las raíces. En período de inundación, estos suelos son anegados a veces, pero la rápida renovación de las aguas mantiene un contenido en oxígeno disuelto suficiente para permitir la respiración de las raíces en vida latente.

Una peculiaridad que los diferencia de otros suelos hidromorfos como es el Gley es que, al estar la parte superior del perfil bien aireada en período seco, la materia orgánica se mineraliza rápidamente, por lo que estos suelos son poco húmiferos.

SUELO Nº 2

## I Información acerca del sitio de la muestra :

- a. Número del perfil : 2  
 b. Nombre del suelo : Granollers. Arenoso  
 c. Clasificación a nivel de generalización amplia :

USDA : Ochrept

FAO : Cambisol cálcico

FRANCIA : Sol brun calcaire

- d. Fecha de la observación : Marzo 1.980  
 e. Autores : Equipo del Departamento de Edafología  
 f. Ubicación : Sobre la carretera de Mollet a Parets del Vallés, campo cultivado, próximo a una zona habitada.  
 g. Altitud : 100 m  
 h. Forma del terreno :

i) posición fisiográfica : en una Depresión (la Depresión Prelitoral)

ii) forma del terreno circundante : ondulado

iii) microtopografía : montículo excavado en la apertura de la carretera

i. Pendiente donde el perfil está situado : Clase 3 : inclinado.

j. Vegetación y uso de la tierra : Estas tierras se dedican en la actualidad al cultivo de cereales

k. Clima : precipitaciones medias

| E    | F    | M    | A    | M    | J    | J    | A    | S    | O    | N    | D    |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 36,3 | 41,3 | 58,2 | 54,2 | 62,8 | 42,4 | 29,5 | 49,0 | 72,7 | 65,5 | 48,5 | 52,7 |

temperaturas medias

|     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 6,2 | 8,1 | 11,0 | 13,1 | 17,1 | 20,3 | 23,3 | 22,9 | 19,3 | 15,5 | 10,6 | 6,9 |
|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|

Estos datos han sido obtenidos en el laboratorio de Granollers a 10 Km. del sitio de la muestra.

## II Información general acerca del suelo:

a. Material originario : Sedimentos en general bastante dia-genizados; de bastante a muy coherentes; meso-cenozoicas. Conglo-merados calcáreos o mixtos, no masivos, alternando con areniscas o margas continentales ditríticas (19 ORTOL RIBA).

b. Drenaje : Clase 4 - bien drenado.

c. Condiciones de humedad en el perfil : moderadamente hú-  
medo

d. Profundidad de la capa freática : desconocida

e. Presencia de piedras en la superficie y afloramientos ro-  
cosos : Clase 0 para ambos - sin piedras y ninguna roca

f. Evidencia de erosión : no es visible

g. Presencia de sales o álcalis : Clase 0. Suelo libre de  
exceso de sales o álcalis.

h. Influencia humana : En el límite de la parcela se obser-  
va extracción de tierras para ampliar la calzada.

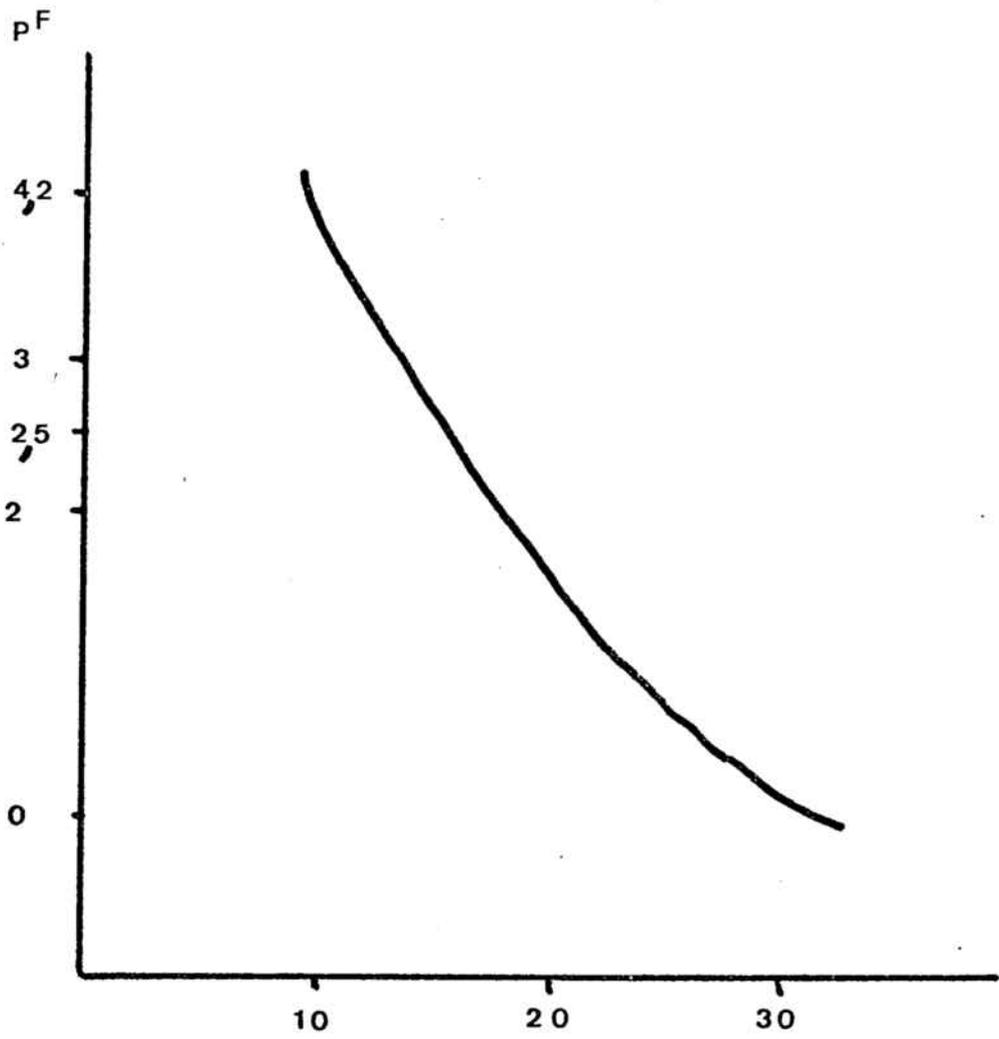
III Breve descripción del perfil : Se trata de un perfil A(B)C. El horizonte de humus es relativamente rico en m.o. (1.20%). El hor-  
(B) contiene materia orgánica y metales pesados. Hay una zona de enriquecimiento en carbonato cálcico. (pH 7,4) que podría ser con-  
siderada como un hor. cálcico. El hor. consiste invariablemente en areniscas.

## IV Descripción del perfil :

A 0 - 126 cm Pardo oscuro (7,5 YR 5 5/4) en estado seco  
, apenas se nota la presencia de raíces, de  
consistencia dura.

(B) 126 - 214 cm Color 10 YR 8 8/2 en estado seco, nula  
presencia de raíces, y de consistencia  
ligeramente dura

Ca 214 - 274 cm Color 10 YR 8 8/2 en estado seco , ausen-  
cia de raíces , y de consistencia ligera-  
mente dura.



OCHREPT (USDA) : Los inceptisols son suelos de regiones húmedas que presentan horizontes alterados, que tienen poco contenido en hierro y aluminio; no tienen un horizonte iluvial enriquecido con arcilla que contenga aluminio.

Los Ochrepts son inceptisols que :

- tienen un horizonte ócrico ó, si el régimen de temperatura del suelo es mésico, inomésico ó cálido, tienen un horizonte úmbrico ó móllico de menos de 25 cm. de espesor.
- tienen una diferencia de 5°C ó más entre la temperatura media del suelo en verano e invierno a una profundidad de 50 cm.
- tienen una densidad superior a 0,85 en todos sus horizontes ó tienen un complejo de intercambio en el que no predominan los materiales amorfos y .
- no tienen un plaggen.

Los Ochrepts son suelos pardos, más ó menos libremente drenados, que representan a los inceptisols en latitudes media a altas. Se formaron después del Pleistoceno ó el Holoceno.

Presentan todos los regímenes de humedad excepto el tórri- co y todos los regímenes de temperatura excepto los isomesicos ó isocálidos. Algunos se han formado a partir de Mollisoles por rompimiento del epipedon móllico, sobre todo cuando se hallan bajo cultivo. Muchos de ellos tienen un horizonte cálcico, fragipan ó duri- pan.

**CAMBISOL CALCICO (FAO) :** Los cambisoles son suelos que tienen un horizonte B cámbico y ningún otro horizonte de diagnóstico (excepto si están enterrados por 50 cm. ó más de material reciente) más que un horizonte A ócrico ó úmbrico, un horizonte cálcico ó uno gípsico; el horizonte B cámbico puede faltar cuando existe un horizonte A húmico que tiene más de 25 cm. de espesor; carecen de alta salinidad en una profundidad de 125 cm. a partir de la superficie ; carecen de las características que son diagnóstico para Vertisoles ó Andosoles; carecen de un régimen de humedad árido y carecen de propiedades hidromórficas en una profundidad de 50 cm. a partir de la superficie.

Los cambisoles cálcicos son cambisoles que tienen un horizonte A ócrico y muestran una ó más de las siguientes características : un horizonte cálcico, un horizonte gípsico ó concentraciones de caliza pulverulenta blanda en una profundidad de 125 cm. a partir de la superficie ; calcáreo al menos entre 20 y 50 cm. de profundidad a partir de la superficie; carecen de propiedades vérticas; carecen de propiedades hidromórficas en una profundidad de 100 cm. a partir de la superficie y carecen de permafrost en una profundidad de 200 cm. a partir de la superficie.

**SOLS BRUNS CALCAIRES :** Estos suelos están emparentados con los "suelos pardos", de los cuales están próximos por su morfología; la diferencia fundamental reside en un factor químico: presencia de carbonato cálcico activo en todo el perfil, principalmente en el horizonte (B); aunque en cantidad generalmente pequeña con relación a los elementos silicatados. Estos suelos representan, por tanto, una "fase de juventud" de los suelos pardos cálcicos, que derivan de los suelos pardos calizos por lavado completo de los carbonatos del horizonte (B).

Los suelos pardos calizos son formaciones características de los afloramientos de roca mixta, a menudo más ricas en arcillas y en elementos silicatados finos que en carbonatos, y por ello, blandas y susceptibles de ser constantemente rejuvenecidas por la erosión: margas, calizas margosas, depósitos morrénicos finos, loess, etc. Estas rocas evolucionan muy rápidamente por hinchamiento de las arcillas, que producen un afloramiento de la roca, sin que intervengan procesos químicos de alteración acentuados, ya que el medio está muy amortiguado; por tanto, la mayor parte de los elementos del suelo, principalmente las arcillas, son "heredados". La disolución, incompleta, de los carbonatos, que interviene luego progresivamente, libera hierro que se fija sobre las arcillas al estado férrico: así se origina un (B) coloreado en pardo, con estructura poliédrica ó prismática. Por otra parte, este suelo es poco pedregoso, mucho menos que la rendsina.

La parte superior del perfil, en general pobre en carbonatos, se caracteriza por un mull, de mucho menos espesor, menos húmico y peor estructurado que en la rendsina típica; se trata más bien de un mull "eutrófico", saturado en bases, que de un verdadero mull cálcico. Por otra parte, la erosión frena el desarrollo de este horizonte que apenas rebasa los 10 cm. de espesor.



AREAS TIPOS REGADIO

- TIPOS DE SUELO
- TIPO DE CULTIVO
- TIPO DE REGADIO
- TIPO DE ORGANIZACIÓN



ALTITUDES  
 TIPOS DE SUELOLOGRAFICA

FALTA  
 FALTA SUPUESTA  
 CABALGAMIENTOS



TIPOS DE SUELO

FALLA

FALLA SUPUESTA

CABALGAMIENTO



GEOLOGIA HISTORICA

FALLA  
 RED HIDROGRAFICA  
 - - - - - FALLA SUPUESTA  
 ▲▲▲▲▲ CABALGAMIENTO



GEOLOGIA HISTÓRICA  
 ——— FALLA  
 - - - FALLA SUPUESTA  
 ▲▲▲ CABALGAMIENTO



GEOLOGIA HISTORICA

SUELO N° 3

## I Información acerca del sitio de la muestra :

a. Número del perfil : 3

b. Nombre del suelo : Serie Cameros. Calizo Limoso

c. Clasificación a nivel de generalización amplia :

USDA : Lithic ustorthent

FAO : Litosol

FRANCIA : Sol brun calcaire

d. Fecha de la observación : Enero 1.980

e. Autores : Equipo del Departamento de Edafología

f. Ubicación : A la derecha de la carretera que desde Roda de Bará llega hasta Bonastre, una vez alcanzado el llano de la cumbre. Tarragona. España.

g. Altitud : 300 metros

h. Forma del terreno :

i) posición fisiográfica : planicie

ii) forma del terreno circundante : montañoso

iii) microtopografía : ligeramente pendiente

i. Pendiente donde el perfil está situado : ligera

j. Vegetación y uso de la tierra : Estas tierras se hallan dedicadas al olivar (*Olea europea*). Hay algunos ejemplares de roble (*Quercus ilex*). Además : palmito (*Chamaerops humilis*) romero (*Rosmarinus officinalis*) y una ericacia no determinada

k. Clima : precipitaciones medias

E F M A M J J A S O N D

no se tienen datos de observatorios próximos

temperaturas medias

no se tienen datos de observatorios próximos

## II Información general acerca del suelo :

a. Material originario : Sedimentos en facies de transición. En general, Facies Keuper; margas diagenizadas, eventualmente detriticas, frecuentes intercalaciones de calizas doloníticas. (ORIOLE RIBA 19 )

b. Drenaje : Clase 5 - algo excesivamente drenado

c. Condiciones de humedad en el perfil : perfil seco

d. Profundidad de la capa freática : desconocida

e. Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos : Clase 1 para ambos - moderadamente pedregoso y rocoso

f. Evidencia de erosión : Muy acusada

g. Presencia de sales o álcalis : Clase 0 - libre

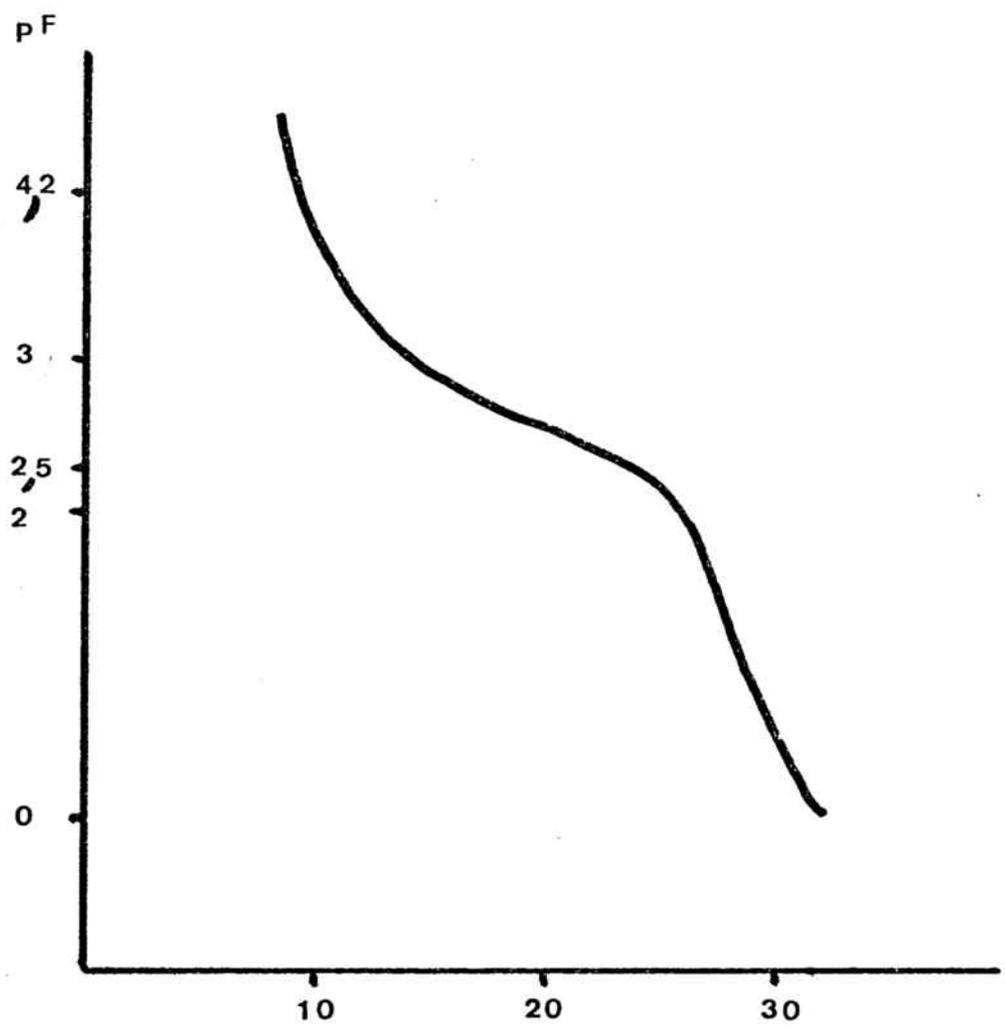
h. Influencia humana : suelo recientemente labrado

III Breve descripción del perfil : El perfil corresponde a un suelo poco evolucionado. El hor superior tiene 25 cm. de espesor y un humus tipo mull. Bajo él existe un hor  $C_2$  entre los 25 y 55 cm., con abundantes piedras. El hor  $C_1$ , la roca madre, está constituido por la roca caliza.

## IV Descripción del perfil :

|       |           |   |
|-------|-----------|---|
| A     | 0 - 25 cm | Color 10 YR 5 5/1 en estado seco, pocas raíces , consistencia ligeramente dura              |
| $C_2$ |           | Presencia abundante de piedras, procedentes de la descomposición mecánica de la roca madre. |
| $C_1$ |           | Roca madre caliza   |





LITHIC USTHOCREPT (USDA) : Las características de los ochrepts han sido descritas con el suelo anterior. La única variación aquí es la situación en fase lítica de este suelo. Fase lítica quiere decir presencia de roca continua, dura y coherente, dentro de una profundidad de 50 cm. a partir de la superficie.

CAMBISOL EN FASE LÍTICA : Las características de los cambisoles han sido ya descritas en el suelo anterior.

SOL BRUN CALCAIRE (Francia) : Nos remitimos al suelo anterior.

SUELO Nº 4

## I Información acerca del sitio de la muestra :

- a. Número del perfil : 4
- b. Nombre del suelo : Serie Amposta. Limo-arcilloso
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia :
- USDA : Aquept
- FAO : Gleysol
- FRANCIA : Sol humique à gley
- d. Fecha de la observación : Enero 1.980
- e. Autores : Equipo del Departamento de Edafología
- f. Ubicación : En terreno cultivado con lechugas, dentro de una finca situada en el término de San Jaime de Enveja.
- g. Altitud : 0 m
- h. Forma del terreno :
- i) posición fisiográfica : en un delta
- ii) forma del terreno circundante : plano
- iii) microtopografía : ninguna
- i. Pendiente donde el perfil está situado : Clase : plano
- j. Vegetación y uso de la tierra : En la actualidad se hallan dedicadas estas tierras al cultivo de la lechuga variedad trocadero.
- k. Clima : precipitaciones medias

|      |      |      |      |      |      |      |      |       |    |      |    |
|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|----|------|----|
| E    | F    | M    | A    | M    | J    | J    | A    | S     | O  | N    | D  |
| 21,9 | 31,4 | 42,2 | 26,2 | 68,5 | 42,0 | 23,0 | 47,8 | 101,8 | 68 | 40,7 | 74 |

temperaturas medias

Se sitúan por encima de los 15 °C.

Estos datos han sido obtenidos de la estación de Tortosa, a unos 15 km al Norte de San Jaime de Enveja.

## II Información general acerca del suelo :

a. Material originario : Consiste en sedimentos en general incoherentes, poco diagenizados; actuales o plio-Cuaternarios. Son depósitos temporal o permanentemente recubiertos por lámina de agua de depósito deltáico. (ORIOLE RIBA 19 )

b. Drenaje : Clase 1 - escasamente drenado

c. Condiciones de humedad en el perfil : gran cantidad de humedad

d. Profundidad de la capa freática : 60 cm.

e. Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos : Clase 0 para ambos

f. Evidencia de erosión : No es visible

g. Presencia de sales o álcalis : Clase 0. Suelo relativamente libre de sales (el hor de turba tiene  $3,70 \text{ mmhos/cm}^2$ )

h. Influencia humana : Las ocasionadas por el cultivo de una especie como la lechuga.

III Breve descripción del perfil : Se trata de un suelo aluvial con características propias. Tiene un marcado carácter salino que va desapareciendo con cultivos como el arroz, de ahí la posibilidad ahora del cultivo de la lechuga. La textura es margosa o arcillo-margosa. Sólo se distinguen estratos alternativos de material sedimentario alternados con turba. Las características estructurales han posibilitado la formación de un horizonte de pseudo gley.

## IV Descripción del perfil :

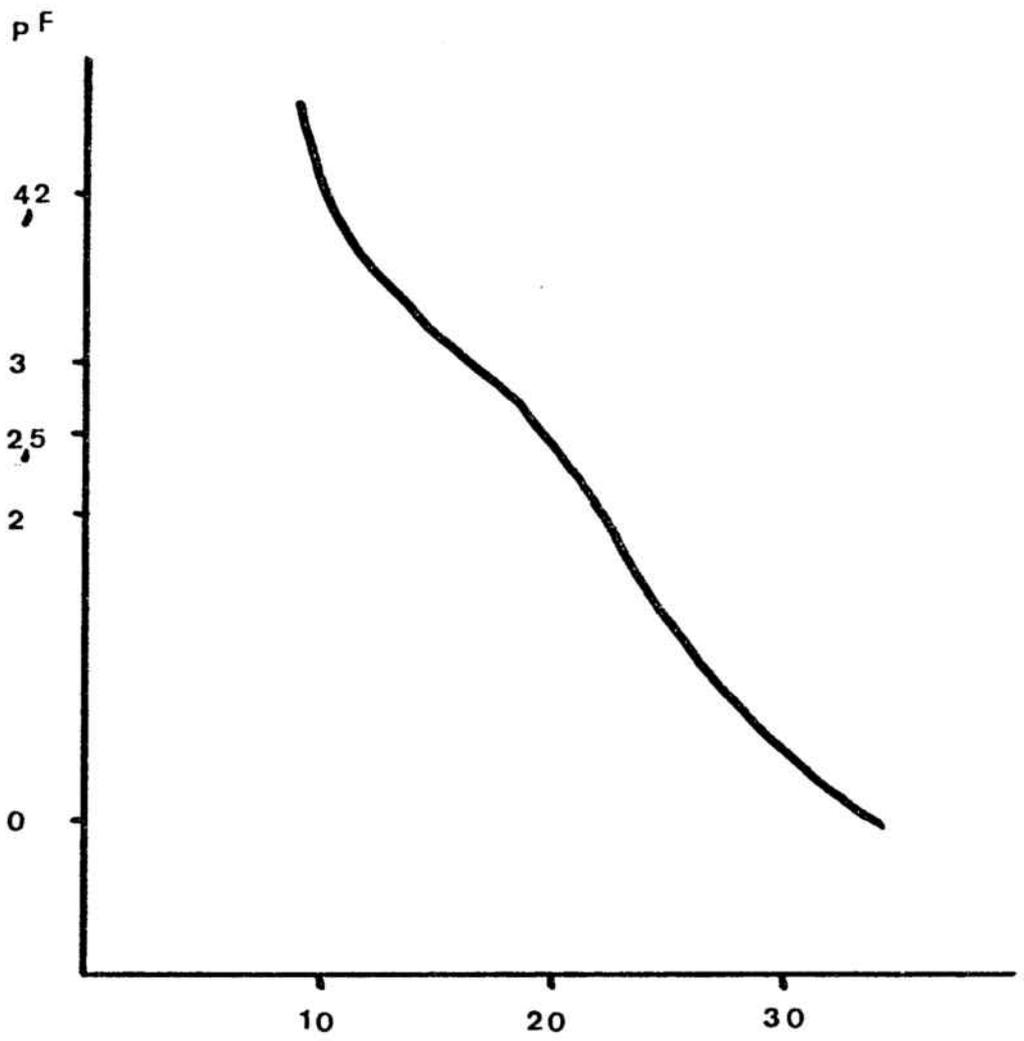
|       |  |
|-------|--|
| A     | De color 10YR 5 5/1 en estado seco, sin raíces, y de consistencia ligeramente dura.    |
| GLEY  | De color 10YR 6 6/1 en estado seco, con esquistos, y de consistencia ligeramente dura. |
| TURBA | De color 5YR 2 2/1 en estado seco, y de consistencia blanda.                           |



10

20

30



AQUEPT (USDA) : Los inceptisols son suelos de regiones húmedas que presentan horizontes alterados, que tienen poco contenido en hierro y aluminio; no tienen un horizonte iluvial enriquecido con arcilla que contenga aluminio.

Los Aquepts son Inceptisols que :

- tienen un 15% más de saturación por sodio, los suelos están saturados con agua durante algunas épocas del año dentro de una profundidad de 1 m.
- o bien tienen drenaje artificial ó un régimen de humedad áquico y tienen una de estas características :
  - a) un horizonte hístico compuesto de materiales minerales del suelo,
  - b) un horizonte A móllico ó un horizonte úmbrico inmediatamente debajo ó a una profundidad de menos de 50 cm. bajo la superficie del horizonte mineral, del que la separa un horizonte con color dominante y húmido,
  - c) un horizonte hístico compuesto por materiales orgánicos ó un hor ócrico que está separado de la superficie del horizonte mineral por un horizonte cámbico ó un subhorizonte por encima de un fragipan.
  - d) un horizonte sulfúrico que tiene su límite superior dentro de los 50 cm. a partir de la superficie del suelo.

Los Aquepts son los Inceptisols húmedos. Su drenaje natural resulta pobre ó muy pobre y si no tienen establecido un drenaje artificial, pueden encharcarse en algunas épocas del año. Algunos Aquepts tienen un horizonte superficial pardusco con un espesor inferior a 50 cm.

GLEYSOL (FAO) : Suelos formados a partir de materiales no consolidados, excluyendo los depósitos aluviales recientes, que presentan propiedades hidromórficas dentro de una profundidad de 50 cm. a partir de la superficie; sin otros horizontes de diagnóstico (excepto si están enterrados por 50 cm. ó más de material reciente) más que un horizonte A, un horizonte H hístico, un horizonte B cámbico, un horizonte cálcico ó uno gípsico; carecen de las características que son diagnóstico para los Vertisoles; carecen de alta salinidad dentro de una profundidad de 125 cm. a partir de la superficie; carecen de revestimientos blanqueados sobre las superficies de los agregados estructurales cuando existe un horizonte A mólico que tiene un color con una intensidad (chroma) de 2 ó menos hasta una profundidad de 15 cm. por lo menos.

SOLS HUMIQUES À GLEY (Francia) : Los gley caracterizan ciertas estaciones con capa freática permanente; se les encuentra en algunas llanuras aluviales, por ejemplo, en la proximidad de los brazos muertos de los ríos o al borde de los estanques. La vegetación característica es el bosque de alisos o de sauces y algunas veces la pradera húmeda con gramíneas y Carex higrófilos, con juncos.

Perfil tipo. El perfil se caracteriza por la presencia de hierro en estado ferroso de color gris verdoso; el gley típico se forma en el seno de la capa freática y, por tanto, en profundidad.

El perfil tipo comprende tres horizontes :

- Un horizonte humífero en superficie, variable según el tipo.
- Un horizonte intermedio (Go), caracterizado por la precipitación de óxidos férricos, en forma de manchas o de pequeñas concreciones de color herrumbre sobre fondo gris;

este horizonte corresponde a la zona de oscilación de la capa de agua.

- Un horizonte de gley (Gr), en el que dominan los fenómenos de reducción; coincide con el nivel más bajo de la capa. Tinte uniforme gris verdoso por acumulación del hierro ferroso; algunas veces pequeñas concreciones herrumbrosas.

La estructura de los horizontes G es siempre inestable y está poco caracterizada: se destruye en el seno de la capa freática, donde se presenta en forma particular, suelta (arena) ó fundida. No parece posible que se pueda hablar de un (B) cámbico "estructural" verdaderamente caracterizado, excepto algunas veces para el horizonte Go que puede presentar una estructura en poliedros o en prismas.

La emigración del hierro ferroso es siempre ascendente, al revés que en los suelos con pseudogley, siendo el origen de las concreciones que existen en Go.



- FALLA SUPUESTA
- ||| FALLA
- + + + ANTICLINAL
- - - SINCLINAL



- FALLA SUPUESTA
- FALLA
- ↑↑↑ ANTICLINAL
- ↓↓↓ SINCLINAL



AMPOSTA

LA CAVA

- FALLA SUPUESTA
- FALLA
- ↕↕↕ ANTICLINAL
- ↕↕↕ SINCLINAL



- FALLA SUPUESTA
- FALLA
- ↑↑↑ ANTICLINAL
- ↓↓↓ SINCLINAL



SUELO Nº 5

## I Información acerca del sitio de la muestra :

- a. Número del perfil : 5
- b. Nombre del suelo : Serie Corella. Areno-limoso pedregoso  
(Suelos de terrazas y alóctenos de gravas)
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia :
- USDA : Orthid
- FAO : Xerosol cálcico
- FRANCIA : Suelo pardo-Serosem
- d. Fecha de la observación : Febrero 1.980
- e. Autores : Equipo del Departamento de Edafología
- f. Ubicación : Junto a una acequia próxima a un campo de trigo, en el término municipal de Bellpuig. De Bellpuig a Vilanova, a
- g. Altitud : 200 m
- h. Forma del terreno :
- i) posición fisiográfica : en una depresión (Depresión Central Catalana)
- ii) forma del terreno circundante: plano
- iii) microtopografía : ninguna
- i. Pendiente donde el perfil está situado : plano
- j. Vegetación y uso de la tierra : Suelo dedicado al cultivo de cebada.
- k. Clima : precipitaciones medias

| E  | F  | M  | A  | M  | J  | J  | A  | S  | O  | N  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 25 | 28 | 35 | 40 | 55 | 40 | 21 | 27 | 48 | 42 | 37 | 36 |

temperaturas medias

3,8 5,9 10,1 13,1 16,9 21,5 24,3 23,8 20,7 14,8 8,8 4,9

Estos datos han sido obtenidos en la estación de Tárrega.

## II Información general acerca del suelo :

a. Material orgánico : Está formado por sedimentos incoherentes en general; poco diagenizados, actuales o plio-cuaternarios. Aluviones en general, especialmente calcáreos.

b. Drenaje : Clase 3 - moderadamente bien drenado

c. Condiciones de humedad en el perfil : buenas

d. Profundidad de la capa freática : desconocida

e. Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos : Clase 0 para ambos.

f. Evidencia de erosión : no es visible

g. Presencia de sales o álcalis : Clase 0. Suelo libre de exceso de sales

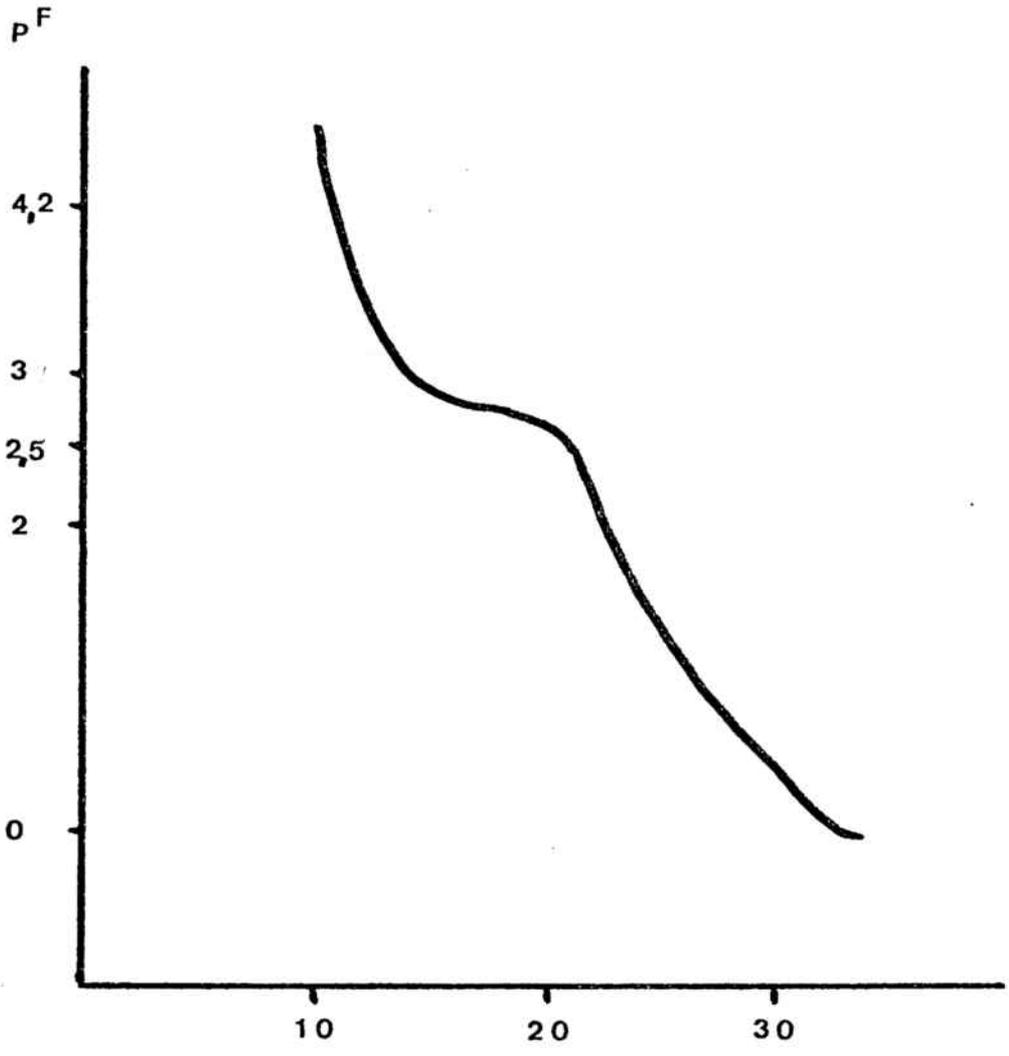
h. Influencia humana : Las acciones propias del cultivo.

III Breve descripción del perfil : El suelo se ha desarrollado sobre las gravas, y el espesor del mismo puede cifrarse en los 50 cms. o menos, decreciendo con la edad de las terrazas. La presencia de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  es la regla general. Debido al trabajo del hombre se encuentra un horizonte  $A_p$ , con un contenido en materia orgánica del orden del 1%. En las terrazas superiores puede hallarse una capa incrustada de piedra caliza denominada "cervell de gat" ó "tosca" de 5 cm. de espesor.

## IV Descripción del perfil :

Ap 0 - 35 cm. Color 5YR 6 6/2, en estado seco, con abundantes manchas de color, gran cantidad de raíces, y consistencia suelta.

Ca 35 - 55 cm. Color 7,5Y5 5 5/4, en estado seco, con algunas raíces, y consistencia ligeramente dura.



ORTHID (USDA) : Los Aridisols son suelos que carecen de agua asimilable para las plantas mesofíticas durante largos períodos. Los Aridisols tienen uno ó más horizontes de edafogénesis que pueden haber sido formados en el entorno en el que se hallan ó bien son suelos relictos formados en una época de lluvias. Los horizontes presentan colores claros y tienen consistencia maleable en seco.

Los Orthids son Aridisols que :

- no tienen ni horizonte argílico ni nátrico, a no ser que se trate de un horizonte sepultado.
- tienen dentro de una profundidad de 1 m. de la superficie el límite superior de un horizonte ya sea cálcico, petrocálcico, gípsico, petrogípsico, ó cámbico, ó unduripan.
- tener , ó un régimen de humedad arídico ó uno xérico ó ústico y una conductividad en el extracto de saturación de 2 mmho/cm. ó más a 25°C.
- tener un horizonte salico dentro de los primeros 25 cm. y estar saturado con agua dentro del primer metro durante un mes (Salerthids).

Los Calciorthids tienen un horizonte cálcico cuyo límite superior está dentro del primer metro desde la superficie y son calcáreas sobre el horizonte cálcico.

Muchos de los Orthids se hallan sobre sedimentos ó sobre superficies de erosión de posteriores del Plistoceno ó más jóvenes. Aunque el régimen de humedad es arídico, algunos pueden tener uno xérico ó ústico, y suelen ser salobres.

XEROSOL CALCICO (FAO) : Suelos que se presentan bajo un régimen de humedad árido; tienen un horizonte A débilmente ócrico y uno ó más de los siguientes rasgos: un horizonte B cámbico, un horizonte B argílico, un horizonte cálcico, un horizonte gíp-sico; carecen de otros horizontes de diagnóstico; carecen de las características que son diagnóstico para los Vertisoles; carecen de alta salinidad en una profundidad de 125 cm. a partir de la superficie y carecen de permafrost en una profundidad de 200 cm. a partir de la superficie.

Los Xerosoles Cálcicos tienen un horizonte cálcico en una profundidad de 125 cm. a partir de la superficie y carecen de un horizonte argílico por encima de un horizonte cálcico.

SUELOS PARDO-SEROSEM (Francia) : Suelos muy próximos a los suelos pardos de estepa, pero con microclima un poco más árido. La vegetación es una estepa muy clara y muy xerófila; el único horizonte contiene del 1 al 3% de materia orgánica muy humificada. No hay costra yeso-caliza en superficie, sino que, por el contrario, algunas veces existe un ligero lavado de sulfato y de carbonato cálcico.

SUELO Nº 6

## I Información acerca del sitio de la muestra :

a. Número del perfil : 6

b. Nombre del suelo : Serie Cinco Villas margoso. Serosem margoso xerofítico.

c. Clasificación a nivel de generalización amplia :

USDA : Calciosthid

FAO : Xerosol calcico fase petrocálcica

FRANCIA : Serosem

d. Fecha de la observación : Febrero 1.980

e. Autores : Equipo del Departamento de Edafología

f. Ubicación : Al lado derecho de un camino vecinal que parte de Miralcamp.

g. Altitud : 200-500 m

h. Forma del terreno :

i) posición fisiográfica : en una depresión (la Depresión Central)

ii) forma del terreno circundante : casi plano

iii) microtopografía : ninguna

i. Pendiente donde el perfil está situado : plano

j. Vegetación y uso de la tierra : El terreno está dedicado al olivar (*Olea.europa*)

k. Clima : precipitaciones medias

| E  | F  | M  | A  | M  | J  | J  | A  | S  | O  | N  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 17 | 28 | 30 | 35 | 44 | 35 | 20 | 29 | 48 | 47 | 35 | 35 |

temperaturas medias

|     |   |     |      |      |    |      |      |      |      |     |     |
|-----|---|-----|------|------|----|------|------|------|------|-----|-----|
| 4,3 | 5 | 9,6 | 12,6 | 16,7 | 21 | 23,7 | 23,2 | 20,5 | 15,1 | 8,7 | 5,1 |
|-----|---|-----|------|------|----|------|------|------|------|-----|-----|

Estos datos han sido obtenidos en la estación de Mollerusa.

## II Información general acerca del suelo :

a. Material originario : Está formado por sedimentos en general bastante diagenizados, de bastante a muy coherentes meso-ce-nozoicas. Margas continentales, arcillas margosas, depósitos arcillosos indiferenciados, en general detríticos.

b. Drenaje : Clase 4 - bien drenado.

c. Condiciones de humedad en el perfil : desconocida.

d. Profundidad de la capa freática : desconocida

e. Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos : Clase 0 para ambos - sin piedras y ninguna roca

f. Evidencia de erosión : no es visible

g. Presencia de sales o álcalis : Clase 0. Suelo libre de exceso de sales o álcalis.

h. Influencia humana : no es perceptible

III Breve descripción del perfil : El espesor del hor húmico aumenta gradualmente hasta 20 cms. Bajo este horizonte el perfil muestra siempre las mismas características. El horizonte húmico puede alcanzar un 5% de materia orgánica, es siempre calcáreo, y allí donde la vegetación es más espesa está cubierto con una capa de restos vegetales no descompuestos. La división entre los horizontes es gradual y pueden observarse trozos de areniscas en la masa de suelo.

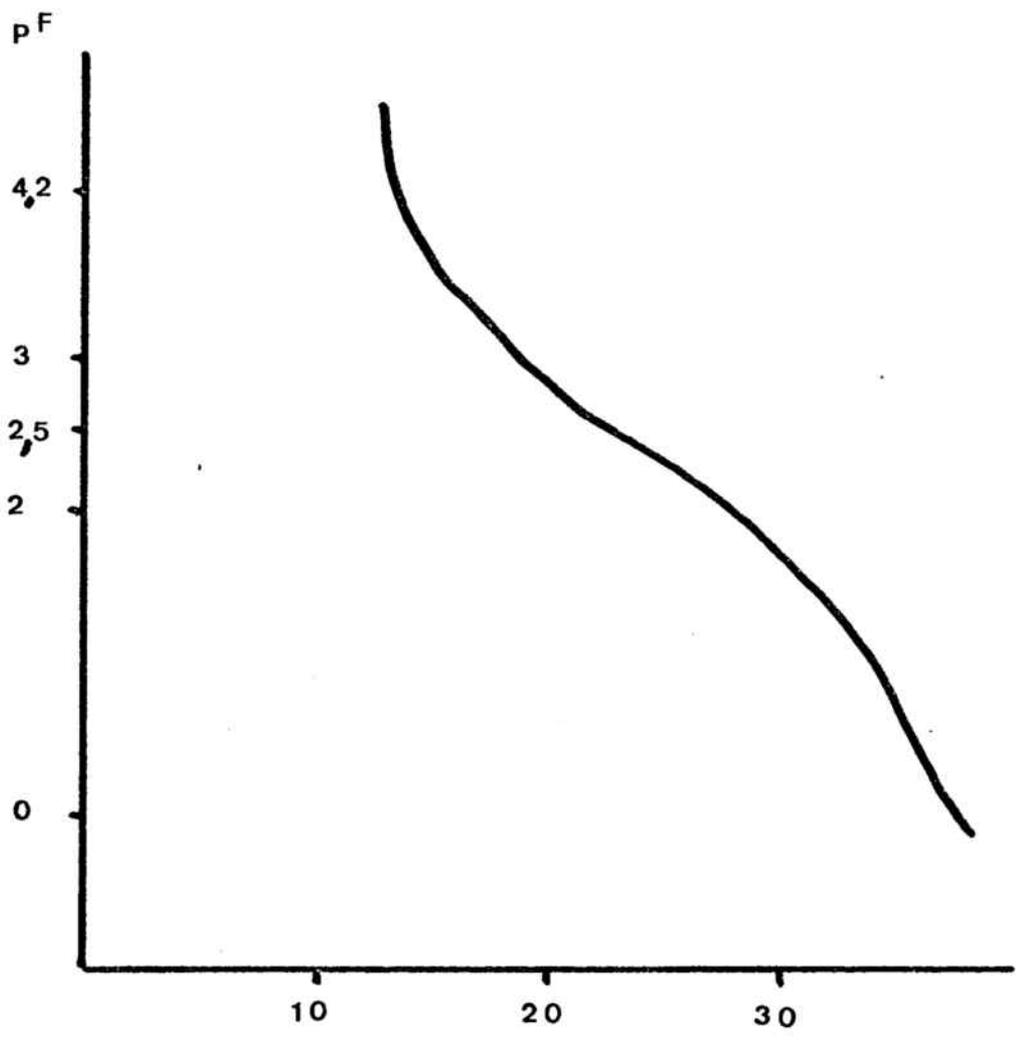
## IV Descripción del perfil :

Hor 0 - 5 cm. De color 7,5YR 4 4/4, con manchas abundantes de color, alguna raíz, consistencia suelta.

Hor 5 - 18 cm. De color 7,5YR 6 6/4, raíces muy finas, consistencia ligeramente dura.

Hor 18 - 45 cm. De color 5YR 6 6/4, con muchas piedras, pocas raíces, consistencia suelta.

Hor 45 - 70 cm. De color 5YR 6 6/6, sin raíces, consistencia ligeramente dura.



ORTHID (USDA) : Nos remitimos al suelo anterior, en que se describen las principales características.

XEROSOL CALCICO (FAO) : Nos remitimos al suelo anterior, en que se describen las principales características.

SEROSEM PARDO FORESTAL (Francia) : Las características generales se corresponden con las de los suelos pardos-serosens, descritas en el suelo anterior.

SUELO N° 7

## I Información acerca del sitio de la muestra :

a. Número del perfil : 7

b. Nombre del suelo : Haro margoso

c. Clasificación a nivel de generalización amplia :

USDA : Orthid

FAO : Kerosol cálcico

FRANCIA : Serosem margoso xerofítico

d. Fecha de la observación : Febrero 1.980

e. Autores : Equipo del Departamento de Edafología

f. Ubicación : en campos próximos al cinturón urbano de Lérica.

g. Altitud : 200-500 m

h. Forma del terreno :

i) posición fisiográfica : en una Depresión (la Depresión Central)

ii) forma del terreno circundante : casi plano

iii) microtopografía : ninguna

i. Pendiente donde el perfil está situado : plano

j. Vegetación y uso de la tierra : el terreno ha sido labrado recientemente.

k. Clima :

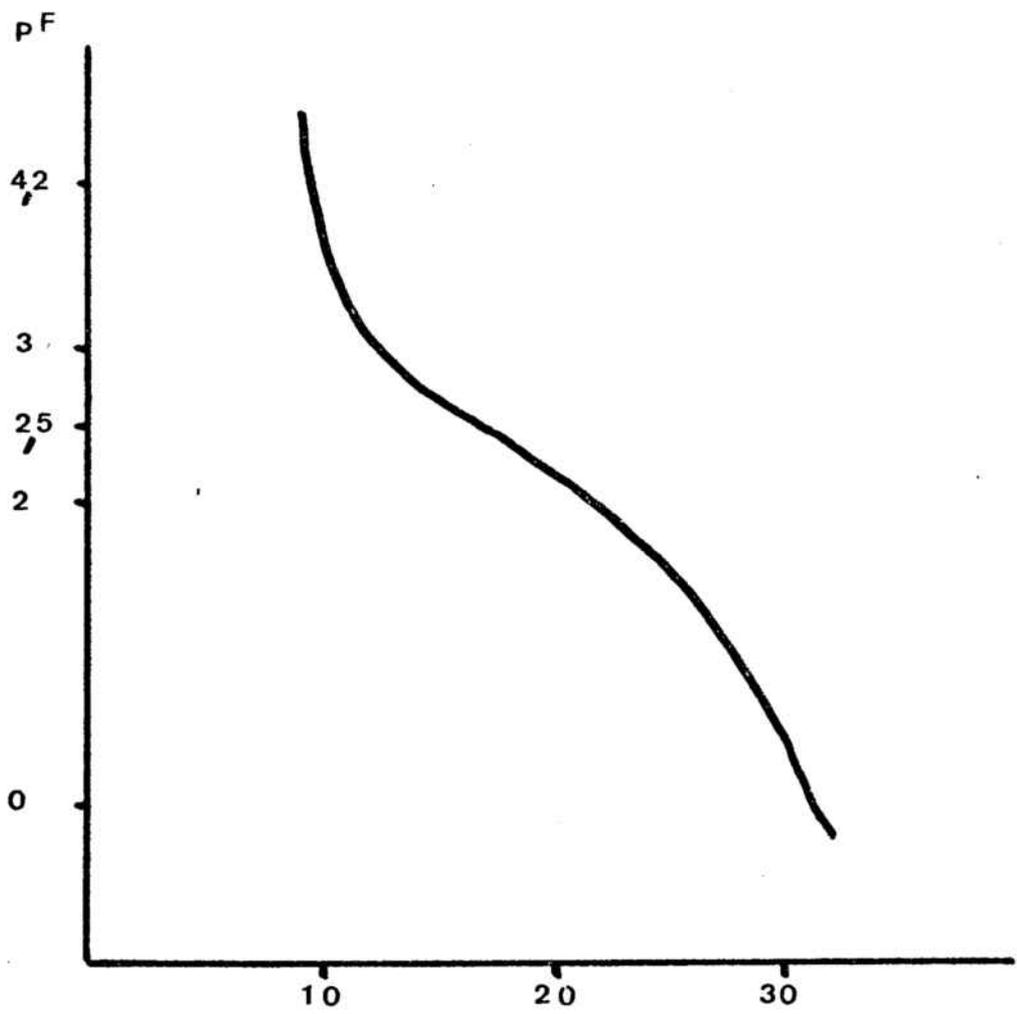
## Régimen estacional de precipitaciones

| P                   |     | V         |      | O         |    | I         |      |      |      |     |     |
|---------------------|-----|-----------|------|-----------|----|-----------|------|------|------|-----|-----|
| 109 (30,6%)         |     | 82 (23,0) |      | 95 (26,6) |    | 70 (19,6) |      |      |      |     |     |
| temperaturas medias |     |           |      |           |    |           |      |      |      |     |     |
| E                   | F   | M         | A    | M         | J  | J         | A    | S    | O    | N   | D   |
| 4,8                 | 7,4 | 11,3      | 14,4 | 18,4      | 22 | 25        | 24,5 | 21,5 | 15,8 | 9,6 | 5,6 |

## II Información general acerca del suelo :

- a. Material originario : Está integrado por sedimentos bastante diagenizados en general; de bastante a muy coherentes; mesocenozoicos. Margas continentales, arcillas margosas, depósitos arcillosos indiferenciados, en general eventualmente detríticos.
- b. Drenaje : Clase 5 - algo excesivamente drenado
- c. Condiciones de humedad en el perfil : moderadamente húmedo
- d. Profundidad de la capa freática : desconocida
- e. Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos : Clase 0 para ambos
- f. Evidencia de erosión : medianamente visible
- g. Presencia de sales o álcalis : Clase 0. Suelo libre de exceso de sales o álcalis.
- h. Influencia humana : la que deriva del arado

III Breve descripción del perfil : Raramente tiene un hor. de humus, el cual se ve reducido a unos pocos milímetros. Bajo este hor. de humus hallamos el subsuelo que constituye la zona de la raíz y consiste en margas que se hallan en sus condiciones originales ó con mínimas modificaciones : muy pesado y compacto, con poca permeabilidad y sin diferenciación de hor. Se trata de suelos xerofíticos completamente mineralizados con un pH por encima de 7,5. Son lábiles a la erosión.



ORTHID (USDA) : Ver descripción en suelo correspondiente.

XEROSOL CÁLCICO (FAO) : Nos remitimos a la descripción ya realizada anteriormente.

SEROSEM MARGOSO XEROFITICO : Las características generales corresponden a las de los suelos pardo-serosem ya descritos.



REGADIO

200

500



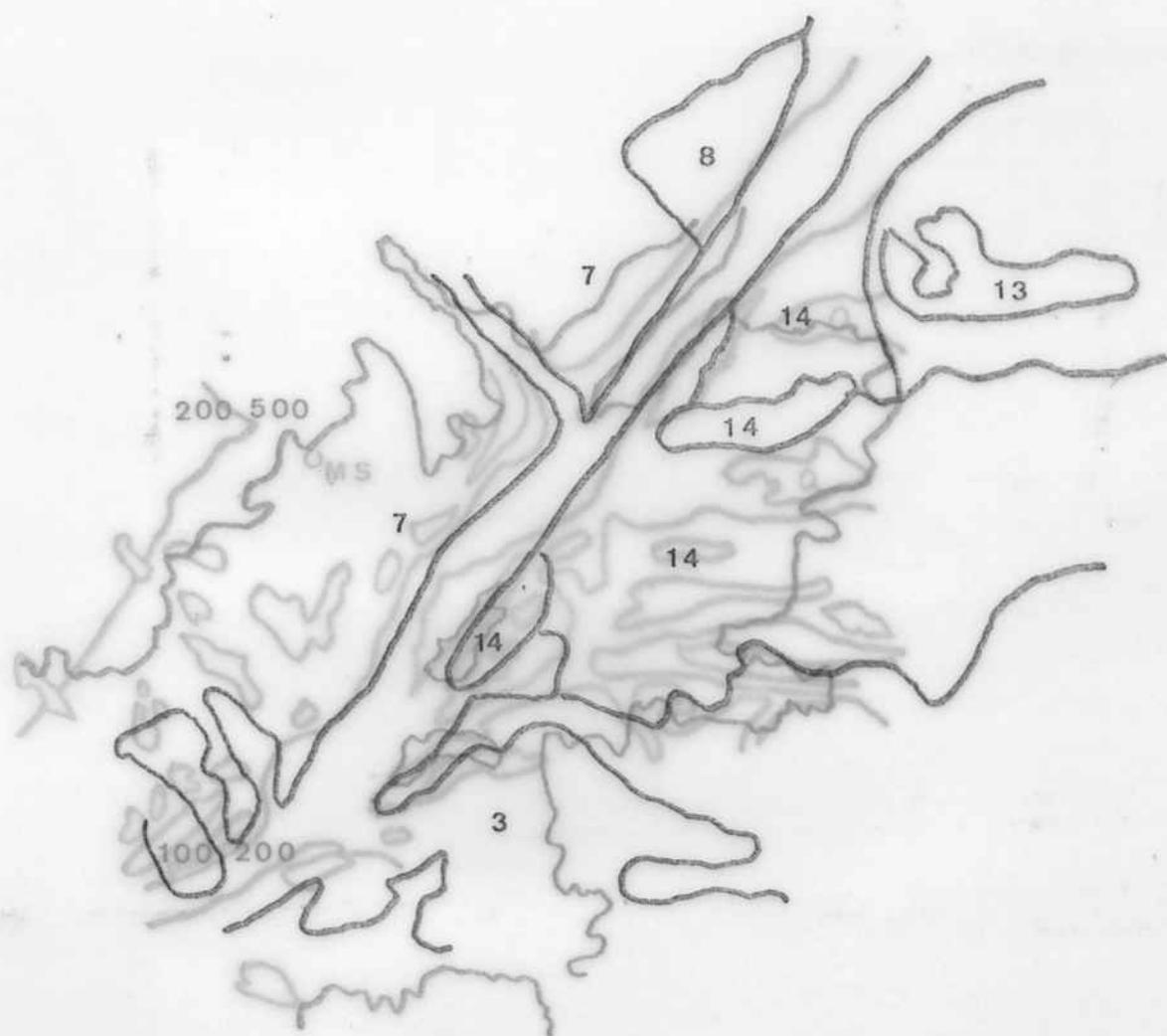








REGADIO







SUELO Nº 8

## I Información acerca del sitio de la muestra :

- a. Número del perfil : 8
- b. Nombre del suelo : Serie Gerona arenolimoso
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia :
  - USDA : Andept
  - FAO : Andosol
  - FRANCIA : Andosol
- d. Fecha de la observación : Marzo 1.980
- e. Autores : Equipo del Departamento de Edafología
- f. Ubicación : A 10 km. de Gerona, en la carretera a Santa Coloma de Farnés. Aiguaviva. (Gerona).
- g. Altitud : 230 mm.
- h. Forma del terreno :
  - i) posición fisiográfica : entre depresiones
  - ii) forma del terreno circundante : suavemente ondulado.
  - iii) microtopografía : ninguna
- i. Pendiente donde el perfil está situado : casi plano
- j. Vegetación y uso de la tierra : alcornoques, pinos y encinas (bosque).
- k. Clima :

No se dispone de datos.

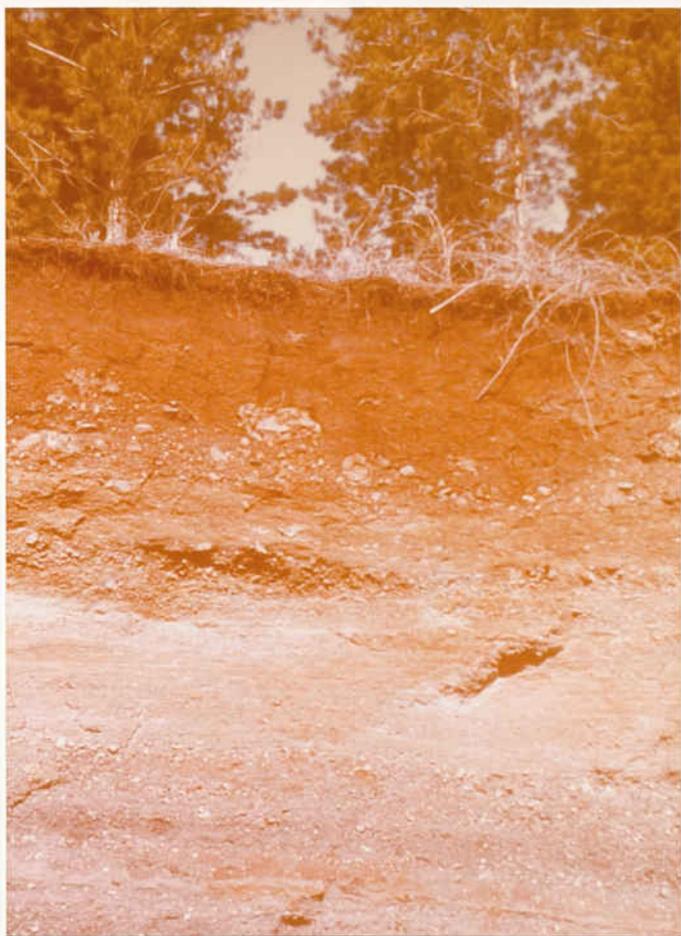
## II Información general acerca del suelo :

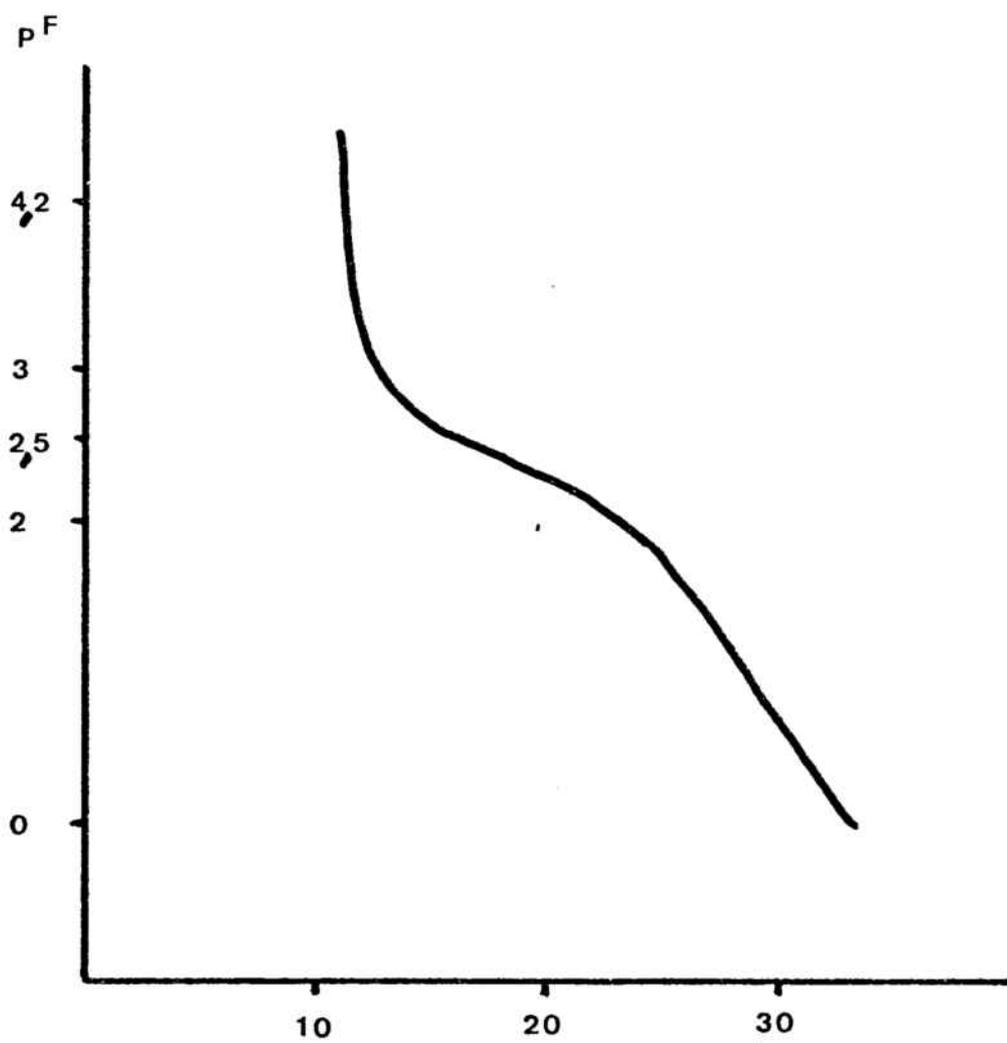
- a. Material originario : Rocas metamórficas e ígneas. Granitos, granodioritas, sienitas en general; con las rocas acompañantes: diques de pórfidos, cuarzón, aplitas ( ORIOL RIBA 19 )
- b. Drenaje : bueno
- c. Condiciones de humedad en el perfil : moderadamente húmedo
- d. Profundidad de la capa freática : desconocida
- e. Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos : Clase 1 para las piedras.
- f. Evidencia de erosión : en parte
- g. Presencia de sales o álcalis : Clase 0
- h. Influencia humana : Repoblación forestal

III Breve descripción del perfil : El perfil más usual de estos suelos es un A(B)C, con un horizonte A de menos de 10 cms., con buena humificación y descomposición. El B en formación alcanza una profundidad de 50 cms. En ocasiones puede haber un horizonte D. El perfil completo tiene buena permeabilidad y está siempre completa o casi completamente descarboxatado.

## IV Descripción del perfil :

|      |             |  |
|------|-------------|--|
| A oo | 0 - 2 cm.   | Restos abundantes de robles.                                     |
| A    | 2 - 10 cm.  | De color 10YR 3 3/3 , sin raíces y de consistencia suelta.       |
| (B)  | 10 - 30 cm. | De color 10YR 3 3/4 en seco, sin raíces y de consistencia blanda |
| C    | 30 - 60 cm. | De color 5YR 3 3/4 en seco, sin raíces y de consistencia blanda  |
| D    | 60 cm.      | Material de origen volcánico.                                    |





ANDEPT (USDA) : Los Andepts son Inceptisols que:

- tienen a una profundidad de 35 cm. ó más, o un contacto lítico ó uno paralítico si uno está a menos de 35 cm. una a ambos de estas características:
  - a) una densidad inferior a  $0.85 \text{ g/cm}^3$  en la fracción fina.
  - b) 60% ó más, en peso seco del suelo, de naturaleza vítrea, cenizas volcánicas, cenizas u otro material vítrico.
  
- no tienen un régimen de humedad aquíco ó no tienen las características con que son definidos los Aquepts.

Los Andepts son suelos con drenaje más ó menos libre dentro de los Inceptisols y que tienen una cantidad apreciable de alofana que tiene una elevada capacidad de cambio.

ANDOSOL (FAO) : Los andosoles son suelos que tienen un horizonte A mólico ó úmblico, posiblemente por encima de un horizonte B cámbico; ó un horizonte A ócrico y un horizonte B cámbico; sin otros horizontes de diagnóstico (excepto si están enterrados por 50 cm. ó más de material reciente); teniendo hasta una profundidad de 35 cm. ó más, uno o ambos de los rasgos siguientes:

- a) Una densidad aparente (a una retención de agua de 1/3 bar.) de la fracción tierra fina del suelo de menos de  $0,85 \text{ g/cm}^3$  y un complejo de cambio dominado por material amorfo;
  
- b) 60% ó más de cenizas volcánicas vítreas, escorias u otro material piroclástico vítreo en las fracciones limo, arena y grava. Carecen de propiedades hidromórficas en una profundidad de 50 cm. a partir de la superficie y carecen de las características que son diagnóstico para los Vertisoles.

ANDOSOL (Francia) : Son suelos con alófanos (geles aluminosilícicos), formados sobre escorias o cenizas volcánicas e incluso, a veces, sobre roca volcánica consolidada.

La formación de los andosoles se ve favorecida por todos los factores ecológicos que aceleran la alteración y permiten una hidratación y una liberación rápida de los silicatos amorfos preexistentes en la roca madre.

Los caracteres físico-químicos del perfil son:

Estructura hinchada, con finos agregados porosos, consistencia pulverulenta al estado seco, haciéndose viscosa al tacto en estado húmedo (tixotropía), porosidad y permeabilidad considerables, densidad aparente muy pequeña (menos de 0,8). La capacidad de humectación es muy elevada, pero la rehumectación después de la desecación es muy progresiva. La capacidad de cambio está formada esencialmente de elementos con cargas variables según el pH (materia orgánica y alófano): muy fuerte a pH 7, disminuye con frecuencia a la mitad si se mide el pH del suelo, lo cual explica la aparente falta de concordancia entre el pH y el grado de saturación (generalmente medido a pH7). Exceso en los tipos de transición, el humus es un mull con C/N inferior a 15 y muy activo biológicamente, lo que permite diferenciar estos suelos de aquellos otros con tendencia podsólica: la descomposición de la hojarasca fresca generalmente es mucho más rápida en los primeros que en los últimos.

Algunos andosoles, todavía poco evolucionados, son ricos en vidrio volcánico que se encuentra en la fracción arenosa; estos suelos algunas veces son denominados vitrisoles.

SUELO N° 9

## I Información acerca del sitio de la muestra :

- a. Número del perfil : 9
- b. Nombre del suelo : Serie Caldas limo arenoso
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia :
  - USDA : Ochrept
  - FAO : Cambisol
  - FRANCIA : Sol brun calcimorphe
- d. Fecha de la observación : Marzo 1.980
- e. Autores : Equipo del Departamento de Edafología
- f. Ubicación : Proximidad del término municipal de Caldas,  
en la carretera general.
- g. Altitud : 100 m.
- h. Forma del terreno :
  - i) posición fisiográfica : entre depresiones
  - ii) forma del terreno circundante : ondulado
  - iii) microtopografía : ninguna
- i. Pendiente donde el perfil está situado : ondulado
- j. Vegetación y uso de la tierra : bosque
- k. Clima :

No se disponen de datos precisos.

## II Información general acerca del suelo :

- a. Material originario : Granodioritas con el complejo de coas acompañantes
- b. Drenaje : medio
- c. Condiciones de humedad en el perfil : moderadamente húmedo
- d. Profundidad de la capa freática : desconocida
- e. Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos : Clase 1 para las piedras
- f. Evidencia de erosión : no es visible
- g. Presencia de sales o álcalis : Clase 0
- h. Influencia humana : no es perceptible

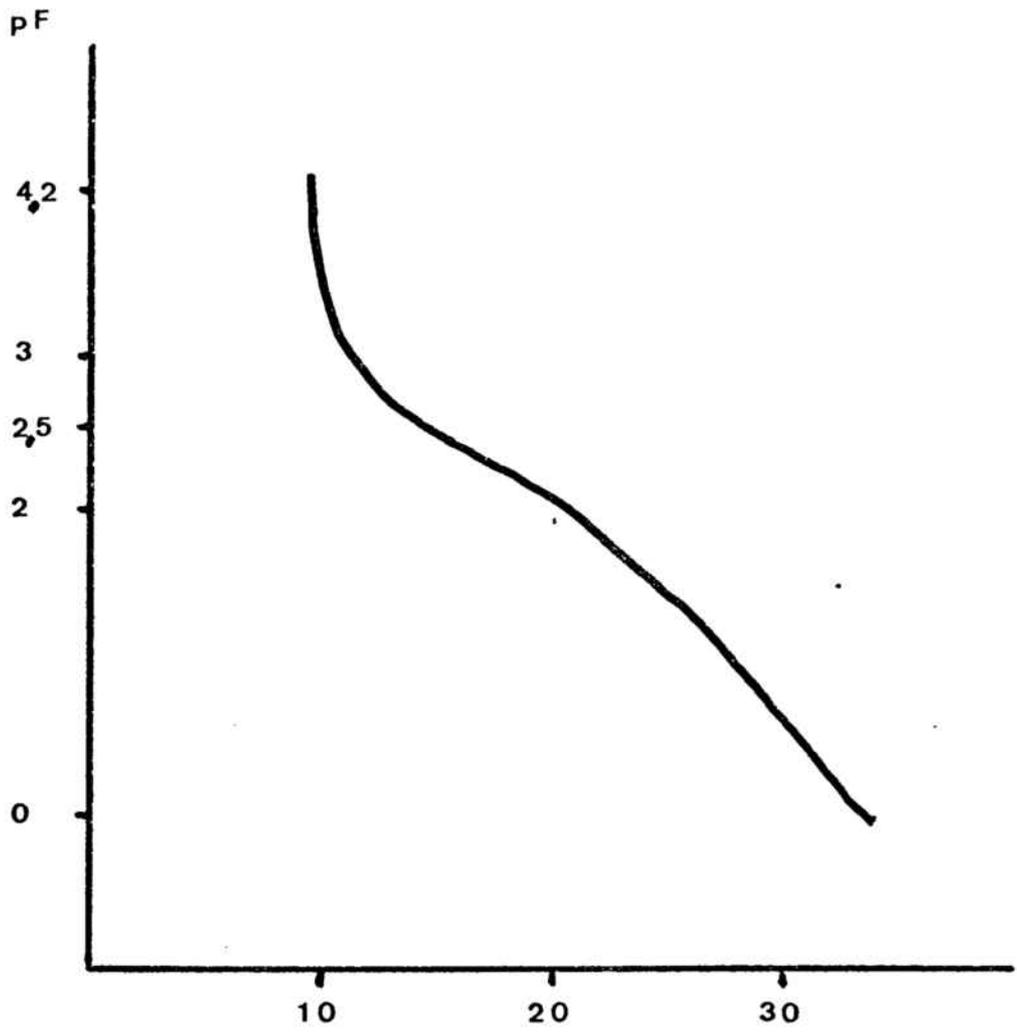
III Breve descripción del perfil : El perfil general es A(B)Ca C. El horizonte A es rico en materia orgánica y tienen un humus tipo mull y muestra indicios de carbonato cálcico, es un horizonte bastante arenoso de consistencia débil, con estructura granular y muy permeable. El horizonte (B) tiene consistencia regular, poca materia orgánica, textura areno-arcillosa, estructura bien desarrollada, pobre permeabilidad y muy poco carbonato. A continuación existe un horizonte con un contenido apreciable de piedra caliza. Estos suelos poseen un buen porcentaje de descomposición y humificación, con un aumento apreciable de la capacidad base total y del pH al pasar del horizonte A al (B).

## IV Descripción del perfil:

|     |            |   |
|-----|------------|---|
| Aoo | 0 - 5 cm.  | abundante materia orgánica.                                       |
| A   | 5 - 15 cm. | Color 7YR 5 5/2 en seco, apenas hay raíces y consistencia blanda. |

- (B) 15 - 45 cm. De color 7,5YR 5 5/6, con manchas os-  
curas, de consistencia dura.
- Ca 45 - 60 cm. De color 7,5YR 5 5/6, compactada, de  
consistencia dura.
- C 65 cm. De color 10YR 8 8/3, en seco, de con-  
sistencia blanda.





OCREPT (USDA) : Ver descripción en los primeros suelos.

CAMBISOL (FAO) : Nos remitimos a la descripción ya realizada.

SOL BRUN CALCIMORPHE (Francia) : Esta clase reúne todos los suelos que se pueden calificar de "intrazonales" y que están formados sobre roca madre caliza, condición necesaria pero no suficiente; lo más corriente es que contengan caluza activa en la fracción tieera fina, pero, en ciertas condiciones de clima y vegetación, pueden evolucionar, por "descarbonatación" progresiva del perfil, hacia formas de transición con los suelos pardos: es el proceso de "emparedecimiento".







SUELO Nº 10

- I Información acerca del sitio de la muestra :
- a. Número del perfil : 10
  - b. Nombre del suelo : Llagostera arenoso
  - c. Clasificación a nivel de generalización amplia :
    - USDA : Dystrocrept
    - FAO : Cambisol dístico
    - FRANCIA : Sol brun acide
  - d. Fecha de la observación : Marzo 1.980
  - e. Autores : Equipo del Departamento de Edafología
  - f. Ubicación : A 25 Km. de Llagostera, en la carretera de Sant Feliu de Guixols.
  - g. Altitud : 100 m.
  - h. Forma del terreno :
    - i) posición fisiográfica : entre depresiones
    - ii) forma del terreno circundante : bastante ondulado
    - iii) microtopografía : ninguna
  - i. Pendiente donde el perfil está situado : pequeña
  - j. Vegetación y uso de la tierra : alcornoques, pinos
  - k. Clima :

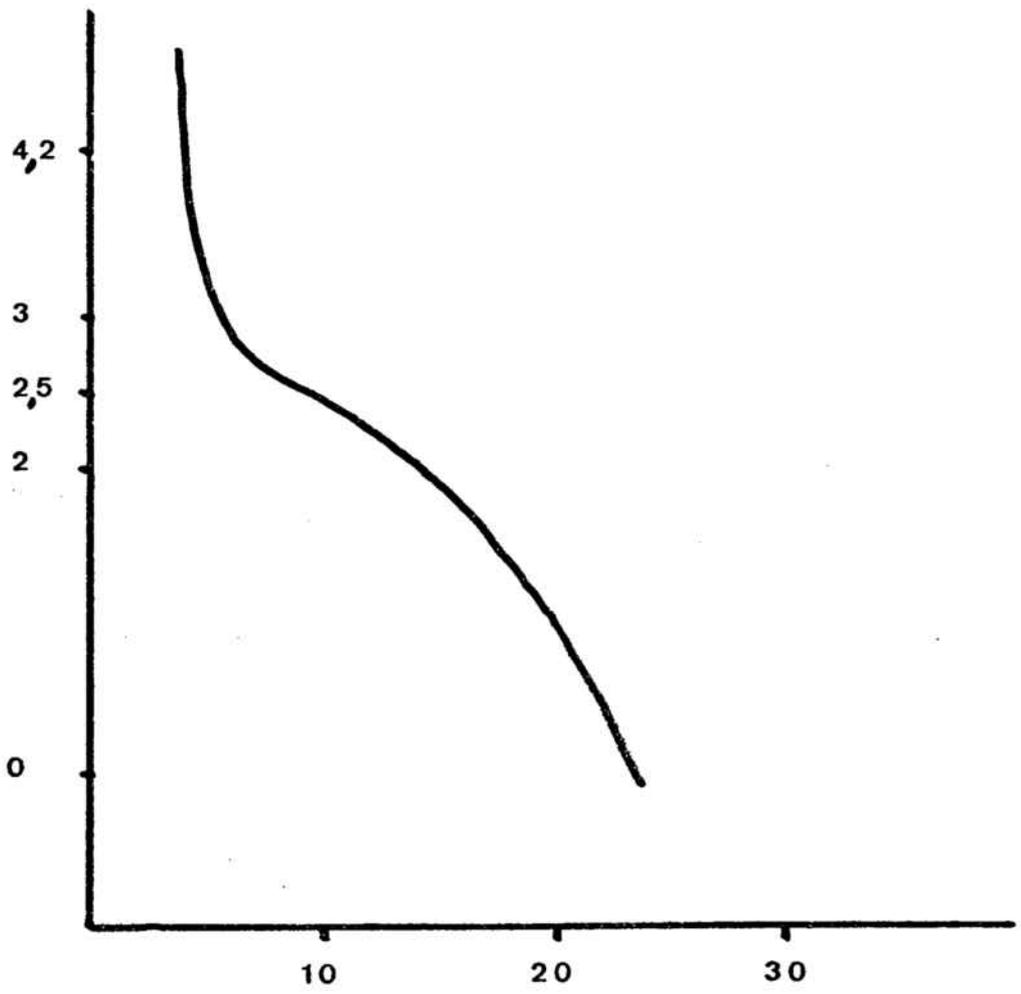
No se dispone de datos

## II Información general acerca del suelo :

- a. Material originario : Granodioritas (ORIOLE RIBA 19 )
- b. Drenaje : bueno
- c. Condiciones de humedad en el perfil : moderadamente húmedo
- d. Profundidad de la capa freática : desconocida
- e. Presencia de piedras en la superficie y afloramientos rocosos : Clase 1 para las piedras
- f. Evidencia de erosión : notable
- g. Presencia de sales o álcalis : Clase 0
- h. Influencia humana : Repoblación forestal.

III Breve descripción del perfil : Con un perfil A/B/C, el horizonte A es superficial, abarca de 5 a 10 cm., es rico en materia orgánica, y presenta una descomposición lenta y humificación; el humus es de tipo mull, moder mulliforme en los suelos más ácidos. El horizonte A<sub>0</sub> no existe, pero en ocasiones puede hallarse un A<sub>00</sub>. El horizonte B alcanza los 30 cm. de profundidad. Bajo él puede encontrarse un B/C de textura areno-margosa. Se trata de suelos completamente descarbo-natados, con pocos ó casi ningún coloide penetrable.

P<sub>F</sub>



DYSTROCREPT (USDA) : Son los suelos pardos, ácidos Ochrepts, de las regiones húmedas de latitudes medias. Se desarrollan principalmente sobre depósitos del Holoceno. El material de origen es generalmente ácido, moderadamente ó débilmente consolidado, y se trata de rocas metamórficas ó sedimentos ácidos. Los horizontes que suelen estar presentes en este tipo de suelos son el ócrico o el cámbico.

CAMBISOL DÍSTRICO (FAO): Cambisoles que tienen un horizonte A ócrico y un grado de saturación (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) de menos del 50%, al menos entre 20 y 50 cm. de profundidad a partir de la superficie; carecen de propiedades ferrálicas en el horizonte B cámbico; carecen de propiedades hidromórficas en una profundidad de 100 cm. a partir de la superficie y carecen de permafrost en una profundidad de 200 cm. a partir de la superficie.

SOL BRUN ACIDE (Francia) : Estos suelos se desarrollan sobre rocas madres duras, pobres en bases, cristalinas o metamórficas (granitos, gneis, esquistos micáceos) o primarias (esquistos, areniscas un poco arcillosas). Presentan un "empardecimiento" más o menos profundo, pero con frecuencia están poco evolucionados; el perfil es superficial, rico en fragmentos de roca madre inalterada y el contenido en arcilla y en hierro a menudo es más pequeño en (B) que en A. La riqueza en piedras y la pendiente favorecen la aireación y, como consecuencia, el mantenimiento del hierro en estado férrico insoluble: la estructura está floculada en finos agregados, a pesar de la fuerte acidez y del débil contenido en bases; el papel de los cationes trivalentes  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Al}^{3+}$  es, como hemos visto, esencial para explicar este estado floculado. Observemos, sin embargo, que si bien el  $\text{Al}^{3+}$  de cambio es relativamente abundante, la cantidad de alúmina libre ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) es pequeña y aparece englobada en los complejos humicoarcillosos.

El tipo de humus generalmente es un mull ácido, a veces un mull-moder (sin Ao, pero con estructura parcialmente destruida). Aunque muy ácido, el horizonte húmico A presenta un grado de saturación en bases del 15 al 30%, muy superior al de los horizontes minerales (a menudo del 4 al 5%). La mineralización es siempre rápida.

LEYENDA TIPOS DE SUELO

1. Fluvisol calcáreo - Luvisol cálcico
2. Fluvisol eútrico
3. Fluvisol calcáreo
4. Cambisol eútrico
5. Cambisol eútrico - Regosol
6. Cambisol eútrico - Litosol
7. Cambisol cálcico
8. Cambisol cálcico - Fluvisol calcáreo
9. Cambisol cálcico - Regosol - Luvisol
10. Cambisol cálcico - Litosol
11. Cambisol cálcico - Fluvisol
12. Regosol calcáreo
13. Xerosol háplico
14. Xerosol cálcico
15. Rendsina
16. Rendsina - Litosol
17. Gleysol
18. Andosol

LEYENDA LITOLOGIA

- Q indiferenciado
- Qt gravas, conglomerados, arcillas
- Q3 terrenos cuaternarios
- Oc-as arcillas, areniscas
- Oc-cm calizas
- M argilolitas, areniscas, conglomerados (Mioceno)
- T granito
- η granodiorita

### 3. PLAN DE TRABAJO

Hemos dividido nuestro trabajo en dos fases. La primera, expuesta ya, ha tenido parte de carácter bibliográfico, con la revisión de los factores que regulan la formación del suelo, un análisis de las clasificaciones publicadas para los suelos de Cataluña, y un estudio detallado de los distintos suelos con miras a la elección de diez suelos. El carácter experimental ha venido representado por el estudio IN SITU de los perfiles de los suelos elegidos y la toma y posterior análisis de muestras de aquellos.

Se inicia ahora la segunda fase, en la que tras una introducción bibliográfica se realizarán las experiencias concernientes a la nodulación de plantas de soja inoculadas y se contrastarán los resultados sobre los diez tipos de suelo seleccionados.

Para ello se partirá de la colección de *Rhizobium japonicum* existente en el Departamento y se realizará una escala de pruebas que comprenderá el crecimiento de los *Rhizobium* sobre medios de cultivo, tinciones, y el estudio de las cepas más idóneas previamente seleccionadas por su contrastada eficacia en otros trabajos del Departamento (Rivero 1980); tras ello se designará la cepa de *Rhizobium japonicum* a utilizar en las experiencias de nodulación.

El punto siguiente consistirá en la obtención de cantidad suficiente de inóculo y su posterior valoración.

Seguirá la inoculación de las semillas de soja y finalmente se procederá a realizar el control de la nodulación.

A continuación se comentará la experiencia con los resultados obtenidos y se alcanzarán las conclusiones de esta tesina.

#### 4. INTRODUCCION

##### 4.1. La soja

Es conocida desde el año 2838 a.C. en que aparece por vez primera en la literatura china; aunque su origen se localiza en China algunos autores citan al Japón como su primera cuna.

Se fue difundiendo en el sudesde asiático para pasar luego a Asia Menor y norte de Africa, llegando a Europa hacia finales del siglo XVIII.

En E.E.U.U. no fue introducida hasta 1855, propagándose desde allí por toda la América latina.

Utilizada hasta principios de este siglo como forraje, la situación se modificó ante el estallido de las dos guerras mundiales, pasando a ser destinada a la alimentación humana durante la primera contienda, y siendo aprovechada por la industria de aceites vegetales en el transcurrir de la segunda, lo que trajo consigo un aumento espectacular del cultivo.

##### 4.1.1. Descripción botánica

La soja (*Glycine Max* (L) Merriell), pertenece a la familia de las Leguminosas, subfamilia Papilionáceas, y está incluida en el género *Glycine* que comprende entre 30 y 40 especies. La primera descripción realizada en Europa fue debida a KAEMPFER (1712) en "Amoenitatum Exoticarum". En 1717 fue estudiada por Rumphius, quien le dió el nombre de *Candelium*. En 1753 Linneo la describió bajo dos denominaciones : *Delichos Soja* L. y *Phaseolus Max* L. Numerosos autores adoptaron el nombre de *Glycine Hispida* (Moench) Maxim, en tanto que algunos botánicos americanos separaron del género *Glycine* L, el género *Soja* Moench, pasando a denomi-

nar a la soja cultivada como *Hispidá Moench* ó *Soja Maxima (L) Piper* (Piper 1914, Herb-Muller 1939).

Es una planta anual, herbácea, que se cultiva en verano. La altura que oscila entre los 30 y los 150 cm. y el porte, dependen fundamentalmente de la variedad, del ciclo y de la densidad de siembra.

Tiene una raíz pivotante con abundantes ramificaciones laterales, que suele presentar nudosidades producidas por las bacterias fijadoras de nitrógeno.

La hoja es compuesta y está integrada por tres folíolos de forma oval, oval acuminada, u oval lanceolada, de unos 5 a 10 cm. de largo cada una y 2 - 6 cm. de ancho. Tienen borde entero, aunque a veces parece finamente aserrado u ondulado. Pilosas en ambos lados con la base acunada o redondeada, las espículas son alesnadas.

Posee un tallo principal dominante con ramificaciones, cuyo número, ubicación y longitud dan a la planta su porte característico. El brote principal puede ser de crecimiento definido o indefinido. Algunas variedades cultivadas suelen producir un tallo de longitud desmesurada con entrenudos largos y escasas ramificaciones, tomando aspecto sarmentoso y nada conveniente.

Las flores, papilonáceas son pequeñas y sesiles, aparecen en las axilas de las ramificaciones y raquis de las hojas, dispuestas sobre una inflorescencia llamada racimo o ramillete según los autores, que sólo tiene 1 a 3 cm. de largo y sostiene de 5 a 10 flores. Aparecen en el lugar donde los pecíolos de las hojas se unen al tallo principal o a las ramas de este último. La unión

de estas partes de la planta se denomina axila y la ramificación floral que se origina en ella toma el nombre de racimo.

La cantidad de flores que pueden aparecer en la axila de una hoja fluctúa mucho según las variedades y según su ubicación en la planta. Los factores ambientales, por ejemplo la temperatura y la humedad durante el período de floración, también influyen en la cantidad de flores de cada racimo.

Los pétalos son de color azul violáceo o blanco, y están dispuestos para brindar la adecuada protección a los órganos reproductores, evitando prácticamente los cruzamientos naturales.

La flor de la soja es de constitución completa, sus órganos reproductores están sumamente protegidos por los pétalos, de manera tal que al abrirse el pimpollo se considera que la fecundación ya ha sido realizada y por lo tanto se la puede considerar totalmente autofecunda. El órgano masculino está constituido por 10 estambres, 9 de ellos soldados entre sí y uno libre. El femenino consta de un gineceo ubicado entre los estambres, es piloso y encierra en su ovario de 1 a 4 semillas, más comúnmente 3 ó 2. El estilo es sin barba y el estigma pequeño y terminal.

El fruto se denomina vaino o legumbre, en general es ligeramente cruvado y piloso, midiendo 3 - 4,5 cm. de largo por 0,8 - 1 cm. ancho y agrupado de 2 a 3 por cada ramillete. Cada fruto posee 1 a 4 semillas.

A la madurez, el fruto toma color amarillo pajizo y/o pardusco y pierde a veces la pubescencia.

Los tallos, hojas y frutos están cubiertos en menor ó mayor

grado por suaves pelos de color gris o castaño y aspecto erecto o voleado, que forman una particular pubescencia para cada variedad o grupo de éstas. Esta pubescencia se presenta grisácea, tienen el hilo de su semilla de color amarillo o castaño claro, mientras que las de pubescencia castaña o leonada lo poseen de color castaño oscuro o negro. En el análisis de más de 300 variedades se han encontrado sólo 2 ó 3 excepciones en variedades sin difusión (SCHAD, 1947; SAUMELL, 1975).

Las semillas tienen forma esférica u oval, su tamaño depende de la variedad y condiciones favorables o no del cultivo. Miden entre 3 y 8 mm., cien semillas pueden pesar entre 15 y 20 gramos. Su tegumento es liso y de color amarillo blanquecino hasta castaño claro, existiendo algunas variedades de color verde, castaño oscuro y negro. Interiormente está compuesta de dos cotiledones amarillentos, muy pocas variedades los poseen verde y son las preferidas para consumo humano. Externamente se puede apreciar la cicatriz dejada por su unión con la cara interna del fruto, a esta cicatriz se le llama hilo o hilium y suele ser de colores claros como amarillo y/o castaño claro, y oscuro como castaño oscuro o negro. A veces el color de hilo se extiende a su alrededor tomando forma de montura, si bien es una característica varietal, se lo encuentra con mayor frecuencia en años húmedos. En estos años suelen encontrarse semillas con manchas difusas color castaño rojizo, las cuales, según algunos autores se deben a la presencia del hongo *Cercospora Kikichii*, aunque otros estiman que es por acción de virus.

Las semillas de soja tienen dos partes : el tegumento o pericarpio y el embrión que engloba a los cotiledones.

#### 4.1.2.Ciclo vegetativo

**GERMINACION** : La germinación se inicia sólo en el momento

en que las semillas contienen alrededor de un 50% de humedad. La primera parte en surgir fuera del pericarpio es la radícula, momento tras el cual el hipocótilo empieza a crecer longitudinalmente empujando en su crecimiento a los cotiledones y al epicótilo hacia el exterior.

Paulatinamente los cotiledones van colocándose de manera horizontal posibilitando la exposición del epicótilo a la luz solar, con lo que la planta está ya dispuesta para alcanzar el estado adulto.

Cuando los cotiledones y el epicótilo han alcanzado el exterior, se inicia la síntesis de clorofila y acto seguido se desarrollan las primeras hojas; las dos primeras son simples y opuestas, las siguientes alternas, imparipinnadas y trilobuladas.

**DESARROLLO VEGETATIVO :** Comprende el período que media entre la emergencia y la aparición de la primera flor y en general dura entre 6 y 8 semanas. Se distinguen dos grupos de variedades atendiendo a la existencia o no de crecimiento de las plantas tras la aparición de la primera flor.

**PERIODO DE FLORACION :** Este suele ser largo, pudiendo durar hasta 6 semanas, contando desde la aparición de la primera flor, hasta la de la última.

Un problema que aún no está resuelto y tiene un interés tanto científico como económico es el hecho de que sólo, un 25% de las flores llegan a fructificar, mientras el 75% restante caen al suelo. La variedad Lee produce flores suficientes para obtener rendimientos de 17 Tm/ha, pero es raro que se cosechen más de 4 Tm/ha.

FORMACION DE LA VAINA Y EL GRANO : No existe un período neto de separación entre la floración y la formación de vainas. Las primeras vainas aparecen entre los 10 y los 15 días después de la aparición de la primera flor.

El ritmo de crecimiento de las vainas y del llenado de los granos es un poco lento al principio, pero se acelera al cesar la floración. El período de llenado del grano es el más crucial en la vida de la planta. Es durante la mayor parte del período de formación de la vaina y de llenado del grano, que la planta acumula gran parte de los materiales nutritivos que extrae del suelo: 30% del potasio, 40% del fósforo y 40% del nitrógeno aproximadamente.

PERIODO DE MADURACION : La humedad que contiene el grano recién formado va decreciendo lentamente mientras aquel acumula materia seca y aumenta de tamaño. Esta humedad no debe reducirse hasta el punto de provocar la dehiscencia de la legumbre, lo que acarrearía una pérdida en rendimiento.

#### 4.1.3. Variedades.

Resulta difícil en ocasiones la determinación de las variedades, por cuanto y a pesar de que los caracteres observados presentan valores diferentes de unas a otras, el medio puede aportar profundas modificaciones.

Ocurre por ejemplo que la altura de las vainas por encima del nivel del suelo, el tamaño del grano, la altura de la planta, la dehiscencia de las vainas, la intensidad de las manchas de color (mottling), son influenciadas en gran medida por las condiciones del suelo, por el clima, y por las condiciones culturales. No obstante, y en el mismo medio, estos caracteres pueden utilizarse en la diferenciación de variedades.

Como caracteres esenciales utilizables en una determinación de este tipo caben mencionarse :

- Color de la pilosidad.
- Ausencia o presencia de pilosidad.
- Color de los cotiledones.
- Coloración de las flores y pigmentación de la plántula.
- Granos con funículo adherente o no.
- Presencia ó ausencia de la concavidad lenticular en el cotiledón.
- Coloración del hilo y del círculo que le rodea.
- Presencia ó ausencia del círculo alrededor del hilo.
- Coloración y forma del grano.
- Coloración de las manchas de color.

Como caracteres secundarios que permiten la diferenciación entre variedades que presentan los mismos caracteres principales se utilizan :

- Desarrollo mayor ó menor de las manchas de color sobre el tegumento del grano.
- Tamaño y aspecto del grano.
- Coloración y forma de las vainas.
- Pilosidad del eje del hipocótilo.
- Forma, anchura y características de los extremos de las hojas primarias.
- Altura y porte de las plantas.

Los factores fisiológicos a considerar son : precocidad, contenido en prótidos y lípidos, calidad de la proteína y del aceite, valor alimenticio e industrial, resistencia a los factores atmosféricos y enfermedades.

Es importante seleccionar la variedad de soja que mejor se adapte a las condiciones de la región donde habrá de cultivarse. Existen muchas más probabilidades de un alto rendimiento cuando coinciden las características favorables y las desfavorables de una zona y de una variedad. Por ejemplo, si prevalece una enfermedad deberá sembrarse algún tipo resistente ; si existe infestación de una maleza determinada, se deberá evitar la siembra de una variedad de maduración temprana que podría ser dominada por aquélla.

Las variedades de soja suelen clasificarse según sus períodos de maduración en 10 grupos, que se identifican del 00 al VIII. Dentro de un mismo grupo la amplitud del ciclo de maduración puede oscilar entre 10 y 18 días. Las variedades del grupo 00 son las que maduran más temprano.

En algunos casos es importante hacer coincidir el ciclo de maduración de una variedad con una determinada zona. Por ejemplo, una variedad relativamente temprana puede representar la más acertada elección para una zona de suelos de textura fina que tienen tendencia a ser húmedos y frescos. Una variedad más tardía que lo normal puede disponer de mucho tiempo para madurar y producir altos rendimientos en suelos de textura más gruesa y bien drenados que probablemente se mantendrán secos cuando las precipitaciones estén por debajo de lo normal. Deben evitarse las variedades precoces en campos donde no exista la seguridad de que pueden dominarse las malezas, sobre todo las altas y de hoja anchá. Se reducirán los problemas de la cosecha si se logra que la soja y las malezas se sequen aproximadamente al mismo tiempo.

En ocasiones las variedades precoces presentan ventajas respecto de las más tardías, al poder eludir los efectos de ciertas irregularidades atmosféricas, tales como una sequía tardía.

Una sequía tardía puede afectar a las variedades semitar-  
días y tardías cuando éstas se hallan en una etapa de desarrollo  
susceptible a este fenómeno, mientras que la variedad temprana pro-  
duce en forma normal.

La única que alcance a madurar en algunos pocos casos en  
que el granizo, una inundación u otros factores fortuitos obliguen  
a efectuar una resiembra tardía anormal. La soja, por su respuesta  
al fotoperíodo, se adapta mejor a la siembra tardía en ciertas emer-  
gencias que la mayoría de los demás cultivos.

RESISTENCIA AL VUELCO. Al seleccionar una determinada va-  
riedad, es de suma importancia tener en cuenta su resistencia al  
vuelco.

La resistencia al vuelco es una de las características que  
los fitotécnicos están tratando de mejorar. Su tarea se complica  
por el hecho de que no siempre la variedad de mayor rendimiento es  
a la vez la de tallo más fuerte. En los casos en que se sabe que  
el vuelco es un problema, tal vez las variedades que se sostienen  
mejor sean las más rentables, si bien los ensayos comparativos de  
variedades han demostrado que aquéllas tienen una ligera desventa-  
ja en cuanto a rendimiento. Después de todo, las ganancias dependen  
de la cantidad de granos cosechados y no simplemente de la cantidad  
producida.

La fecha y el régimen de siembra influyen en la gravedad  
de los vuelcos. Cuando la siembra se retrasa respecto de la fecha  
óptima, las probabilidades de vuelco tienden a aumentar ligeramente.

Cuando la densidad de siembra aumenta, los tallos se vuel-  
ven más delgados, los entrenudos más largos y las plantas más altas.

A raíz de esto disminuye la capacidad de éstas para mantenerse erguidas. El régimen de siembra debe ajustarse a la variedad y a la zona. Si la variedad tiene tendencia al vuelco, la densidad debe acomodarse al nivel más bajo dentro de la amplitud óptima, aunque no a un nivel tan bajo que estimule la excesiva ramificación. Las ramas, grandes cercanas a la base de la planta tienden a romperse y constituyen un factor más de pérdidas en la cosecha.

OTRAS CARACTERISTICAS : En la selección de una variedad interesa considerar, como características importantes, la altura de las vainas más bajas y su dehiscencia. Por ejemplo, es más probable que la dehiscencia se convierta en un problema en los suelos bien secos. En consecuencia, en un suelo de ese tipo debe sembrarse una variedad poco dehiscente.

#### 4.1.4. Requerimientos ecológicos de la soja.

SUELO. La soja puede cultivarse en la mayor parte de suelos, aunque se considera como más adecuado el tipo de suelo francoarenoso y suelto con mediana fertilidad, debido a su cómodo manejo a la adecuada retención de agua y a la posibilidad de lograr un buen sistema radicular.

Los suelos ligeros, producen en general un desarrollo prematuro de la planta y una maduración anticipada, en tanto que los suelos pesados prolongan el período de maduración.

La soja tolera mejor que el maíz y el algodón, los suelos arcillosos. Sólo los suelos muy arenosos parecen resultar inadecuados.

Se ha podido comprobar la relativa resistencia de la soja a la salinidad del terreno, por experiencias realizadas en el del-

ta del Ebro y repetidas en el laboratorio a pequeña escala, aunque debe matizarse este punto (ver Resultados suelo nº 4)

TEMPERATURA: La gran influencia de la temperatura en el desarrollo de la soja se ha hecho patente desde la germinación hasta la maduración. Experiencias realizadas por ENKEN y KOLOSKOV (1959) nos determinan las temperaturas mínimas, suficientes y óptimas en los distintos estadios del desarrollo de la planta.

| Estadios de Desarrollo             | Mínimo<br>°C | Suficiente<br>°C | Optimo<br>°C |
|------------------------------------|--------------|------------------|--------------|
| Germinación                        | 6 - 7        | 12 - 14          | 20 - 22      |
| Emergencia                         | 8 - 10       | 15 - 18          | 20 - 22      |
| Formación órganos<br>reproductivos | 16 - 17      | 18 - 19          | 21 - 23      |
| Floración                          | 17 - 18      | 19 - 20          | 22 - 25      |
| Formación semillas                 | 13 - 14      | 18 - 19          | 21 - 23      |
| Maduración                         | 8 - 9        | 14 - 16          | 19 - 20      |

Para SCOTT (1970) el umbral de la temperatura para la germinación se halla aproximadamente en los 10°C; SAUMELL (1975) cita también los 10°C como límite inferior para que se produzca la vegetación de la soja.

LUZ. Las horas diarias de luz (fotoperíodo), junto con la suma de temperaturas registradas después del nacimiento de las plántulas determinan del subperíodo nacimiento - floración.

Para florecer las variedades tardías necesitan 10 horas ó más de oscuridad, es decir, días cortos, mientras las semitardías precisan de 8 a 9 horas y las precoces menos de 8 horas, entiéndase días largos. Con luz permanente sólo las variedades precoces po-

drían florecer.

Las experiencias de THOMAS (1976) efectuadas en Phytotron por exposición de la soja a fotoperíodo largo y no continuo en diferentes fechas a fotoperíodos cortos muestran la reducción por acortamiento del fotoperíodo entre el tiempo que media entre la siembra y la madurez. De lo que se deduce que la abundancia de semillas de soja depende del fotoperíodo.

HUMEDAD. La soja esta considerada como una especie capaz de resistir períodos de sequía, aunque le es imprescindible el agua en el momento de la germinación, y necesaria en períodos próximos a la floración. Es más resistente que el maíz, girasol, sorgo, o maní a la sequía.

Las condiciones de stress hídrico conducen al cierre de los estomas, aunque dependiendo de las condiciones de crecimiento y la posición de las hojas así como del estado de desarrollo. SIONIT (1976)

La soja puede ser cultivada en zonas de secano, con temperaturas adecuadas, siempre que la deficiencia de humedad en el suelo durante el período vegetativo no sea superior a los 100 mm.

FACTORES QUIMICOS : NITROGENO. La soja contiene nitrógeno en abundancia. En 4 ó 5 meses un cultivo con rendimiento de 3.400 kg/ha precisa 134 kg. de nitrógeno para el crecimiento vegetativo y la producción de semillas.

La soja, como las demás leguminosas, puede satisfacer sus propias necesidades de nitrógeno cuando haya sido inoculada y el suelo contenga suficientes elementos fertilizantes. En opinion de

J.R. JOHNSON, J.E. JACKSON, W.H. GRULEY (1970) no hace falta suministrar fertilizantes nitrogenados, salvo, tal vez, una pequeña cantidad inicial. BAIRD (1970) no ha hallado respuesta coherente al uso del nitrógeno en la soja.

WILSON (1940) establece la existencia de una dependencia sustancial del nitrógeno inorgánico para la obtención de altos rendimientos en soja.

LYONS (1952), MEDERSKI (1958), BHANGOO (1972) y JOHNSON (1972) han hallado incrementos en la producción de soja tras la adición de fertilizante nitrogenado aunque el incremento ha sido pequeño en todos los casos.

WAGNER (1962), BEARD (1971), WELCH (1973) no han hallado efecto alguno de la fertilización nitrogenada sobre la soja no inoculada.

HUBELL (1976) considera al nitrógeno como el mayor factor limitante para una buena producción de soja.

Por último cabe mencionar los recientes ensayos sobre aplicación foliar del nitrógeno en el momento de mayor necesidad, como un procedimiento lógico para complementar la cantidad proveniente del suelo sin afectar la nodulación.

FOSFORO . La soja requiere cantidades relativamente grandes de fósforo. Las partes vegetativas y la semilla de una cosecha que rinde 3400 kg/ha contienen 11 kg. de fósforo, en comparación con 5 kg. para una cosecha de trigo de igual cantidad de kilogramos y 18 kg. para una de maíz de 9500 kg/ha.

No hay ningún síntoma específico de deficiencia de fósforo en el caso de la soja, de modo que los análisis de suelo son la única guía de fertilización digna de confianza.

La soja absorbe fósforo durante todo su ciclo de crecimiento. El período de mayor demanda se inicia poco antes de que las vainas comiencen a formarse y continúa hasta aproximadamente 10 días antes que las semillas se hayan desarrollado por completo.

La carencia de fósforo en la mayoría de las plantas se produce cuando aflora la plántula, principalmente debido a que el tamaño y la capacidad de absorción del sistema radicular aún no están equilibrados con las necesidades de fósforo. Además, en primavera se dan las mayores probabilidades de que el suelo esté frío y húmedo, con lo que se reduce la absorción de fósforo. Sin embargo, la soja no recibe ese estímulo de crecimiento precoz que da una pequeña cantidad de fósforo colocada cerca de la semilla y que se observa habitualmente en el maíz. Tal vez esto obedezca a que la soja es más sensible a la "quemadura" por fertilizantes y, por ello, cualquier estímulo proveniente de una cantidad extra de fósforo puede ser anulado por el efecto salino.

Gran parte del fósforo que necesitan las plantas de soja es absorbido y traspasado más tarde desde las hojas, tallos y pecíolos a la semilla. Esto alivia al sistema radicular de parte de su misión de absorber el fósforo al ir avanzando el ciclo. No deja de ser una circunstancia favorable, porque el crecimiento radicular se retarda notablemente una vez que las semillas comienzan a desarrollarse y paralelamente disminuye la capacidad de absorber fósforo, que depende de la incesante extensión de las raíces.

El fósforo en el suelo es más aprovechable con un pH en-

tre 5,5 y 7,0. Como el fósforo forma parte de todo tejido vivo, es sucesivamente fijado y liberado a medida que el cultivo crece, madura y muere. Cuando el residuo es devuelto al suelo, este elemento queda fijado al cuerpo de microbios que causan la descomposición de los residuos. A la larga, la mayor parte del fósforo va a parar al depósito de reserva del suelo.

Los residuos de la cosecha, por ejemplo los tallos de soja y los de maíz, tienen bajo contenido fosfórico. Temporalmente reducen la disponibilidad de fósforo en el suelo. En la cantidad de fósforo aprovechable influyen la cantidad de fósforo que se encuentra en el material madre del suelo, el pH de la superficie y del subsuelo, y la cantidad de materia orgánica, que contiene aproximadamente la mitad del fósforo total del suelo. También influye de manera significativa la profundidad a que llegan las raíces y sus ramificaciones (un sistema radicular muy ramificado toma contacto con el máximo de fósforo aprovechable), así como la estructura del subsuelo (los bloques grandes y densos de tierra en el subsuelo limitan la superficie de alimentación).

POTASIO. Las semillas de soja requieren relativamente grandes cantidades de potasio. La proporción de potasio absorbido llega al máximo durante el período de rápido crecimiento vegetativo, después se retarda durante el tiempo en que empiezan a formarse las judías, completándose la absorción dos o tres semanas antes de que maduren las semillas. Así durante la madurez las semillas de soja contienen el 60% del potasio de la planta.

El potasio difiere del nitrógeno y del fósforo en que permanece en solución en la savia de las plantas vivas. Al morirse una hoja o la planta entera es fácilmente lavado de los tejidos.

El potasio puede encontrarse en solución en el suelo estando disponible inmediatamente. Cuando el potasio es extraído de la solución del suelo por las raíces se moviliza más potasio de la reserva para reponerlo (SCOTT, 1970).

Al añadir fertilizante de potasio al suelo, primero entra en la solución y después se desplaza hacia la forma de reserva con la que existe un equilibrio.

MELA (1971) establece aplicaciones de 200-300 kgs/Ha de cloruro o sulfato potásico para la soja.

CRITTENDEN (1974) demostró que los niveles de potasio en las vainas superiores de las plantas de soja descienden de manera notoria al final de la temporada de cultivo dándose la circunstancia de que el hongo *Diaparthesojae* se da en estas vainas coincidiendo con el descenso de potasio.

La utilización de abono potásico para reducir la incidencia de *Fusarium*, sin afectar a la calidad de las semillas ha sido estudiado por SVEC (1976).

**CALCIO Y MAGNESIO** . La cal ha sido utilizada frecuentemente para ajustar el pH del suelo, y como fuente de calcio y magnesio para el mismo. En la actualidad existe una marcada tendencia a abandonar esta práctica, como consecuencia del empleo de cepas de *rhizobiums* ácidos resistentes para paliar los problemas planteados por suelos ácidos.

En suelos con un pH igual o superior a 6 se presenta poca la deficiencia de calcio en las semillas (SCOTT, 1970).

Las semillas de soja no son especialmente sensibles al déficit de magnesio. No tenemos información acerca de ninguna investigación en la cual se halla causado escasez de magnesio al añadir potasio a pesar de tenerse como costumbre la precaución de no realizar grandes aplicaciones de potasio por reducir el magnesio. (NELSON, 1971).

**MICRONUTRIENTES.** Las deficiencias de micronutrientes están más extendidas en las semillas de soja que sobre la mayoría de otras cosechas. La respuesta en pequeñas aplicaciones características es sorprendente. Existen dos tendencias entre los agricultores, unos argumentan que es mejor aplicar pequeñas cantidades regularmente como prevención, otros prefieren esperar a que ocurran las deficiencias específicas y después corregirlas. En todo caso hay que tener en cuenta que si el fertilizante es aplicado a pH alto en el que las deficiencias son más probables, algunos nutrientes pierden su disponibilidad.

**BORO.** No se encuentran usualmente deficiencias de boro en las semillas de soja. Parece ser que este elemento está menos disponible en suelos fuertemente ácidos y alcalinos.

La distancia entre el exceso y el defecto de boro es más estrecha que para cualquier otro micronutriente (PUPPIN, 1966).

**COBRE.** La escasez de cobre se asocia generalmente con un alto contenido en materia orgánica, lo que convierte al cobre en una forma no disponible. La aplicación temprana en forma de quelato es suficiente.

**HIERRO.** La deficiencia de hierro ocupa junto con el molibdeno el segundo lugar en la frecuencia de deficiencias de micronu-

trientes de las semillas de soja.

Las deficiencias se limitan a suelos de pH altos generalmente por encima de 7,0, ésto es debido a que el pH ácido produce la forma férrica del hierro, la cual no está disponible (BERGERSEN, 1963).

Se han enumerado otros factores que causan deficiencia de hierro y son el alto contenido en calcio o carbonato de magnesio, exceso de fósforo, cobre manganeso y zinc.

Diferentes ensayos sugieren un spray de 0,5 - 1% de sulfato férrico para mojar las hojas (NELSON, 1971).

MANGANESO. Este elemento puede estar deficiente o puede encontrarse en cantidades tóxicas. Así una carencia de manganeso es la deficiencia de micronutrientes más común de las semillas de soja. Ello depende especialmente del pH, tipo de suelo, temperatura y materia orgánica (HEENAN, 1977). La deficiencia de manganeso causa atrofia en las plantas y produce los mismos síntomas de amarillamiento de hojas que el hierro.

Puede tratarse de corregir con una solución de sulfato manganeso en spray sobre las hojas o bien mezclar el manganeso en el fertilizante o también aplicarlo en forma de quelato (SCOTT, 1970; NELSON, 1971).

MOLIBDENO. El molibdeno difiere de los demás micronutrientes en que la posibilidad de su aprovechamiento aumenta al aumentarse el pH. Las experiencias rara vez denuncian falta de molibdeno en soja con pH igual o superior a 6. A pesar de ello los investigadores sugieren la adición de molibdeno a la semilla aún a ni-

veles óptimos de pH.

La soja precisa molibdeno para la fijación del nitrógeno. El síntoma de deficiencia es el color verde pálido o amarillento de las plantas, típico de la escasez de nitrógeno. En realidad, el síntoma se origina en la falta de nitrógeno, más que en la escasez de molibdeno en el tejido foliar. Generalmente, este síntoma no se manifiesta en suelos con suficiente nitrógeno para compensar la falta de fijación por los nódulos. Como tratamiento para las semillas se utilizan el molibdato de sodio y el molibdato de amonio.

CINC. La soja es mucho menos sensible a la deficiencia de cinc que el maíz. Ello significa que el agricultor puede suponer que su cultivo de soja tiene suficiente previsión de este elemento cuando el maíz crece normalmente en el mismo suelo.

Las plantas de soja con deficiencia de cinc crecen achaparradas. Las hojas son de color amarillo o verde claro. Las inferiores pueden volverse de color castaño y caer. Las flores escasean; las pocas vainas que se forman son anormales y de maduración lenta. Si la deficiencia es leve, se obtiene un crecimiento precoz atrofiado y las plantas son de color verde muy claro o cloróticas.

Es muy probable que se registre deficiencia de cinc en suelos con pH elevado, alto contenido de fósforo y bajo contenido de materia orgánica, y sobre todo con subsuelos expuestos debido a operaciones de reformas del terreno. En suelos arenosos la soja es más susceptible que en suelos de textura fina. La causa de esta deficiencia puede ser una abundante fertilización fosforada, especialmente cerca de la hilera.

## 4.2. Rhizobium

El término Rhizobium proviene de los griegos Rhiza, raíz y bios, vida, que significa viviendo en las raíces y fue utilizado por vez primera por FRANK (1889) como sustituto de la denominación propuesta por BEIJERINCK de Bacillus radicícola.

### 4.2.1. Morfología y Citología.

Hoy el término Rhizobium se aplica a un género de bacterias aerobias, que pueden soportar hasta 0,01 atm  $O_2$ , heterotrofas, no formadoras de esporas, aunque para VINCENT (1975), sí lo son, Gram (-), con la propiedad de producir nódulos en las raíces de las leguminosas y de fijar nitrógeno libre en el proceso simbiótico, como características diferenciadoras notables.

Se trata de bacilos de 0,5 - 0,9 por 1,2 - 3 que cuando jóvenes y hallándose en fase de crecimiento activo, están dotados normalmente de movimiento debido a la presencia de flagelos polares, subpolares o peritricos.

DOMMERGUES (1970) distingue en los Rhizobiums una forma vegetativa ó no bacteroidea y una bacteroidea.

Rhizobiums no bacteroides son los que se hallan en la rizosfera, cordón de infección o medios de cultivo artificiales. Son Gram (-), y muy móviles cuando son jóvenes (swarmers), producen abundante goma hidrosoluble que por hidrólisis de glucosa y a. Galacturónico en el caso de numerosas cepas. Estos agentes gomosos parece ser podrían, intervenir como agentes de agregación en el suelo. Según HENIN (1960) y MONNIER (1965) los polisacáridos podrían actuar aumentando la cohesión del suelo al afectar en distin-

ta medida la capacidad de humectación. Algunos autores atribuyen esta capacidad agregadora a la presencia de grupos carboxilo (-COOH), mientras otros opinan que son las uniones entre los grupos hidroxilo de los polisacáridos y los iones oxígeno presentes en la superficie de los silicatos (GEOCHEGAN 1950).

Los Rhizobiums no bacteroideos presentan una membrana externa o pared celular, una membrana intermedia y una gran membrana interna o citoplasmática que envuelve la estructura interna que está constituida por a) gránulos de poly B-hidroxi-butirato, muy refringentes, cuya abundancia viene dada por la edad y las condiciones de cultivo; b) corpusculos polares de 10 - 30 m opacos al microscopio electrónico, y c) una zona central nucleótica.

Los Rhizobiums bacteroideos presentan, dependiendo de las especies, características diferentes. Así en el grupo integrado por Rh. trifolii, Rh. meliloti y Rh. leguminosarum estas formas bacteroideas son diez veces mayores que las no bacteroideas, en tanto que en Rh. japonicum y otras especies del grupo Vigna no existe la mencionada diferencia de tamaño (DOLMERGUES 1970).

A las membranas citadas anteriormente, debe añadirse, en el caso de las formas bacteroideas la llamada membrana intracitoplasmática constituida por evaginaciones de la membrana citoplasmática, que podría tener funciones mitocondriales.

#### 4.2.2. Características de cultivo

Los medios de cultivo empleados para Rhizobium deben constar de :

- a) una fuente de carbono

- b) nitrógeno combinado
- c) diversas sales minerales
- d) una o varias vitaminas

Los Rhizobiums utilizan numerosos hidratos de carbono : mono, di y ocasionalmente tri y polisacáridos, dependiendo de las cepas. Tradicionalmente se ha utilizado como fuente de Carbono el manitol, práctica que no ha sido abandonada, aún cuando algunas experiencias realizadas en Argentina han puesto de manifiesto un mayor rendimiento celular y una velocidad de crecimiento superior empleando Glicerol en lugar de manitol. (LOPRETO, 1973).

No obstante el hecho de que las plantas inoculadas con suspensiones de bacterias desarrolladas en medios con Glicerol no muestren diferencias significativas con los valores obtenidos en ensayos de plantas inoculadas con suspensiones de Rhizobium desarrollados en manitol, ha "frenado" la utilización del glicerol.

En cuanto al nitrógeno combinado, resulta indispensable la adición al medio, ya que fuera de la planta huésped, los Rhizobiums son incapaces de fijar el nitrógeno atmosférico lo que viene a subrayar el hecho de que la fijación de Nitrógeno es el resultado de una verdadera simbiosis Rhizobium - Leguminosa.

La fuente de Nitrógeno utilizada habitualmente es el agua de levadura, cuya preparación se describe en el apartado . RIGAUD (1965), en sus trabajos, reemplazó este agua de levadura por distintas vitaminas que habían sido ya experimentadas en 1939 por NILSSON, BJALFC y BURSTROM, cuales son la aneurina y la biotina, mostrándose autores como WILSON y WILSON (1941), más partidarios de esta la última. RIGAUD llegó a la conclusión de que dependiendo de las cepas estas sustancias vitamínicas pueden ser indispensables

o solamente estimulantes. También fueron ensayados compuestos nitrogenados como el sulfato amónico, nitrato potásico y sales de los ácidos glutámico y aspártico, mostrándose los dos primeros menos favorables, comparativamente para el cultivo.

El pH óptimo de crecimiento se sitúa entre 6,5 y 7,2, es decir se desarrollan mejor en condiciones de neutralidad, aunque algunas cepas se han mostrado bastante resistentes a la acidez, cual es el caso de la especie *Rhizobium japonicum* entre las que se hallan cepas capaces de resistir pH de hasta 3,5. (DOMMERGUES, 1970).

Sobre los medios de cultivo algunos *Rhizobiums* tienden a alcalinizar el medio, en tanto que otros lo acidifican, haciéndose preciso en este último caso la adición de carbonato cálcico al medio.

#### 4.2.3. Clasificación

Son numerosos los criterios diferentes seguidos en la clasificación del género *Rhizobium*. Así pasamos a enumerar las clasificaciones más comunmente utilizadas y los criterios establecidos en ellas.

DOMMERGUES (1970) defiende la clasificación basada en la agrupación de las cepas en grupos de inoculación cruzada, cada uno de los cuales comprende a todas aquellas cepas susceptibles de nodular a un conjunto dado de especies de Leguminosas, pero no a otras no incluidas en él. Después de unos años han podido observarse excepciones a este criterio : a) puede existir una transgresión en el sentido de que *Rhizobiums* aislados de nódulos producidos sobre una determinada especie de Leguminosa son capaces de infectar una segunda especie b) los caracteres de especificidad de los Rhi-

zobiums no son estables, pudiendo varias de manera espontánea o bajo la influencia de tratamientos especiales, y c) la receptividad de la planta huésped no es constante dentro de una misma especie; a este respecto cabe señalar la existencia de variedades de soja incapaces de nodular y que han sido frecuentemente utilizadas a nivel experimental.

Esta clasificación no tiene en cuenta la eficiencia o capacidad de fijar el Nitrógeno, detalle que ha sido puesto en evidencia ya con los trabajos de BONNIER (1962): en donde se desvela que la especificidad de la planta huésped puede estar ligada a la eficiencia en algunos casos, Ej.: una cepa de Rh efectiva frente a Medicago sativa presenta una especificidad de huésped más marcada que la que pudiera presentar una cepa no eficaz frente a la misma planta.

Autores como MANIL (1963), considerando que la eficacia es un caracter muy variable que depende de factores externos al Rhizobium, rechazan esta forma de clasificación.

TESIC y TODOROVIC (1963) basaron su clasificación en el tipo de flagelos. a) monotricos, como los de Rh. lupini y japonicum y b) peritricos, como los de Rh. leguminosarum, melilotii, trifolii y phaseolii.

Otras clasificaciones se han basado en la estructura antigénica GRAHAM (1964).

De LEY y RASSEL (1965) basándose en el contenido en guanina y citosina del ADN variable según las cepas, dividieron el gen. Rhizobium en dos:

1º grupo de Rh. con un contenido bajo en guanina y citosina (59,1 - 63,1 % de guanina citosina) y con flagelos peritricos generalmente.

2º grupo de Rh con elevado contenido en guanina y citosina (62,8 - 65,5%) y con flagelos subpolares.

BERGEY (1975) diferencia en su clasificación 2 grupos : el primero se caracteriza por su rápido desarrollo, en 3 - 5 días, a 25°C que agrupa a las especies Rh. leguminosarum, Rh trifolii y Rh. melilotii; el segundo se caracteriza por su desarrollo lento e incluye Rh. lapini y Rh. japonicum.

Finalmente VINCENT (1975) agrupa las especies de Rh. según la nodulación.

AGRUPACION DE ESPECIES BASADAS EN LA NODULACION

VINCENT 1975

| ESTIRPES          | HUESPEDES   |
|-------------------|---|
| Rh. leguminosarum | <p>+ Vicia sativa L., Vicia hirsuta L. ó Viciium sativum.</p> <p>‡ Phaseolus vulgaris L.</p> <p>‡ Trifolium repens L.</p>   |
| Rh. phaseoli      | <p>+ Vicia sativa L., Vicia hirsuta L. ó Phisum sativum.</p> <p>+ Phaseolus vulgaris L.</p> <p>‡ Trifolium repens L.</p> <p>‡ Phaseolus atropurpureus Desf.</p>       |
| Rh. trifolii      | <p>+ Vicia sativa L., Vicia hirsuta L. ó Phisum sativum L.</p> <p>‡ Phaseolus vulgaris L.</p> <p>+ Trifolium repens L.</p>  |
| Rh. lupini        | <p>‡ Phaseolus vulgaris L.</p> <p>+ Ornithopus sativus Brot.</p> <p>+ Phaseolus atropurpureus Desf.</p> <p>‡ Glycine max. Merr.</p> <p>‡ Lotus uliginosus Schkuhr</p> |
| Rh. japonicum     | <p>‡ Phaseolus vulgaris L.</p> <p>‡ Phaseolus atropurpureus Desf.</p> <p>+ Glycine max. Merr.</p>   |
| Rh. Caupi         | <p>‡ Ornithopus sativus Brot.</p> <p>+ Phaseolus atropurpureus Desf.</p> <p>‡ Glycine max. Merr.</p>  |

|              |   |
|--------------|---|
| Rh. meliloti | <p>+ Lotus uliginosus Schkuhr.</p> <p>± Vigna sinensis Endl.</p> <p>‡ Medicago sativa L.</p><br><p>+ Medicago sativa L.</p> |
|--------------|---|

+ : Siempre nodulan

‡ : No nodulan más que raramente

± : Algunas veces nodulan

#### 4.3. Simbiosis Rhizobium - Leguminosa

La asociación simbiótica Rhizobium - Leguminosa se localiza en el interior de las nudosidades que se desarrollan sobre las raíces. Esta asociación representa un beneficio muy claro para ambos. La Leguminosa, planta huésped, utiliza para sí el nitrógeno atmosférico fijado por el Rhizobium y éste por su parte tiene a su disposición un medio nutritivo favorable.

Ya en 1838 BOUSSINGAULT comprobó la capacidad de las Leguminosas para utilizar el Nitrógeno atmosférico. Cincuenta años más tarde HEL RIEGEL y WILFARTH demostraron que sólo las Leguminosas noduladas eran capaces de fijar el Nitrógeno atmosférico y hallaron el lugar en el que se verificaba esta fijación. NU MAN en 1965 estableció que la formación de los nódulos era debida a la propia infección del Rhizobium sobre la Leguminosa.

##### 4.3.1. Infección de las raíces y nodulación.

Esta infección, como la posterior nodulación, están controladas por factores extrínsecos e intrínsecos a la relación simbiótica.

El Rhizobium debe ser capaz de penetrar en los tejidos de la planta huésped e incluir la nodulación. La planta por su parte controla también la infección y la nodulación. NUTMAN (1965) demostró la existencia de factores genéticos con distinto grado de complejidad que inducen a la Leguminosa a presentar una resistencia a la infección bacteriana ó a regular el número ó el tamaño de los nódulos.

Para VINCENT (1967) cuatro son las frases principales en el establecimiento de una simbiosis efectiva.

FASEACONTECIMIENTOS

Preinfección de la raíz

Multiplicación de los Rhizobiums  
Deformación de los pelos absorbentes.Infección y formación  
del nódulo.Penetración de los Rhizobiums forma-  
ción y progresión del cordón infec-  
tivo. Multiplicación de las cél. te-  
tra y diploides que forman el tej.  
nodular (Diferenciación del nódulo).Maduración nodular  
(intracelular)Liberación de los Rhizobiums y for-  
mación de la membrana envolvente.  
Multiplicación de los Rhizobiums li-  
berados. Conversión en forma bacte-  
roidea. Establecimiento de la simbio-  
sis funcional : reducción y asimila-  
ción del Nitrógeno.

Degeneración

Liberación de los Rhizobiums en el  
suelo.

I Fase de preinfección de la raíz : Esta fase comprende en sí mis-  
ma otras dos : Multiplicación de los Rhizobiums en la rizosfera :  
La Leguminosa produce una estimulación sobre los Rhizobiums que ha  
sido puesta de manifiesto tanto in vitro como en el suelo. Esta  
estimulación parece estar ligada a las exudaciones de las raíces  
constituidas por aminoácidos, enzimas, azúcares, vitaminas.

Preinfección propiamente dicha : La infección se realiza  
a través de los pelos absorbentes de las raíces, que con anterio-  
ridad han sufrido una deformación atribuida a la acción local de  
auxinas tipo ácido 3 - indol acético, resultante de la oxidación  
del triptófano por la microflora. Para FABRAEUS y LJUNGGREN (1959)  
y NUTMAN (1963) los Rhizobiums inducen, por mediación de los poli-  
sacáridos que ellos mismos sintetizan, a la planta huésped para que  
produzca poligalacturonasa, enzima que podría ser capaz de facili-

tar la penetración de los Rhizobiums al intervenir sobre la plasticidad de la pared celular de los pelos absorbentes.

II Infección y formación del nódulo : La infección consiste en la penetración de los Rhizobiums en diferentes puentes de la raíz. Parece ser que la distribución de los puntos de infección está regida por leyes complejas y precisas. Los trabajos de VALERA y ALEXANDER (1965) y NUTMAN (1965) apuntan la hipótesis de que la planta podría sintetizar, en el extremo de sus órganos aéreos un precursor de la sustancia que provoca la infección, con poder migratorio hacia las raíces en vías de desarrollo. En sentido inverso podría desplazarse una sustancia inhibidora de la infección y que podría ser sintetizada en los meristemos primarios.

Después de su entrada en los pelos absorbentes los Rhizobiums se ven envueltos por un cordón de infección, mucoso, semejante a una hifa. Parece ser que el desarrollo del nódulo dependen entonces de la constitución genética de las células corticales por donde ha penetrado el cordón (DOMMERS 1970). El cordón de infección se divide y penetra en unas células tetraploides a medida que éstas van apareciendo.

III Fase intracelular : Esta fase está marcada por la invasión de las células tetraploides de la zona central del meristemo nodular por las bacterias liberadas a través de fisuras sobre el cordón de infección. En esta fase los Rhizobiums adquieren la forma bacteroidea ya descrita. Las bacterias se ven rodeadas aislada o conjuntamente por una membrana envolvente. En esta fase se forma también la leghemoglobina pigmento rojo que parece estar muy ligado al proceso de fijación del Nitrógeno atmosférico. En 1947 VIRTANE demostró la relación existente entre la cantidad de leghemoglobina en los nódulos y la eficiencia de la simbiosis, traducida en una

mayor fijación de nitrógeno. La leghemoglobina es una hemoproteína aislada e identificada en 1939 por KOBO. Se produce exclusivamente en la simbiosis, y ni las Leguminosas ni los Rhizobiums son capaces de formarla por separado.

IV Fase de degeneración : La degeneración de los nódulos se manifiesta por a) la sustitución de la leghemoglobina por pigmentos biliares y b) la lisis de las formas bacteroideas y se verifica desde el centro hacia la periferia. El resultado es la liberación de las bacterias en el suelo.

Puede ocurrir que alguna de las fases que acabamos de describir no tenga lugar en ocasiones, no influyendo obligatoriamente este hecho en la eficacia de la simbiosis.

#### 4.3.2. Factores que influyen sobre la simbiosis.

Distinguimos dos tipos de factores : los intrínsecos, que ya han sido abordados, y los extrínsecos, de los que pasamos a ocuparnos a continuación.

AGUA : No se conoce bien la forma en que un exceso o un defecto de agua influye sobre la nodulación, aunque es probable que un déficit hídrico frene el proceso; por otro lado se admite de manera general que el exceso de humedad interfiere en la nodulación dificultándola aunque no siempre sea así.

La importancia de la humedad del suelo sobre la nodulación ha sido puesta de manifiesto en numerosos trabajos entre los que cabe citar los de SUCHEPKINA (1959) y KISHINOVSKII (1966).

Los nódulos se forman generalmente cuando el contenido en humedad del suelo se sitúa entre el 40 y el 80% de su capacidad

total de agua.

Según MISHUSTIN (1971) el porcentaje óptimo es de 60 - 70 %.

Experiencias en regiones con dificultades hídricas han mostrado la ausencia de nódulos sobre las plantas desarrolladas aún a pesar de haber sido sometidas las mismas a tratamientos de inoculación.

SCHREVEN (1954) demostró la relación entre un contenido elevado en agua y el descenso del contenido en oxígeno del sistema radicular.

AIREACION : La aireación promueve el desarrollo de nódulos y la fijación por ellos de nitrógeno molecular.

VIRTANEN (1930) y BOND (1950) pusieron de manifiesto el efecto favorable de la aireación sobre las razas afectivas de Rhizobium pues al faltar ésta, los nódulos formados tienen menos tamaño.

WILSON (1940) determinó que pueden vivir los Rhizobium en un medio que contenga cantidades insignificantes de oxígeno (0,01 atmósferas).

VIRTANEN (1946) y FEDEROV (1955), demostraron que cuando la entrada de oxígeno en el sistema radicular es restringida el contenido de leghaemoglobina en los nódulos decrece, lo que coincide con los resultados obtenidos por POCHON (1958) al ver que ciertos aminoácidos, en particular la glicocola y las sales minerales nitrogenadas, lo mismo que la hemoglobina, estimulan la respiración.

El grado de aireación afecta la distribución de los nódulos a diferentes niveles en el suelo. Cuando la humedad del suelo es normal la mejor formación de nódulos se encuentra cerca de la superficie del suelo. MISHUSTIN (1971).

| <u>PROFUNDIDAD</u><br>(cm.) | <u>Nº NODULOS/RAIZ</u><br>de una planta |
|-----------------------------|---|
| 0- 5                        | 21                                      |
| 5-10                        | 16                                      |
| 10-15                       | 7                                       |
| 15-20                       | 3                                       |
| 20-25                       | 2                                       |
| 25-30                       | 0                                       |

Indudablemente el número de nódulos está influenciado no solamente por la profundidad del sistema radicular sino también por el estado del suelo, en particular la humedad y la edad de la planta.

Una aireación insuficiente puede afectar a la actividad respiratoria (BOND, 1950) y a las propiedades antigénicas (DUDMAN, 1964), pudiendo ser una de las causas de la inefectividad de la simbiosis, pues una deficiencia de oxígeno puede producir un exceso de peróxido de hidrógeno responsable de la supresión de la actividad nodular (COOK, 1962). Un cierto nivel de oxígeno es necesario para la inoculación y nodulación pero el potencial redox no debe ser más alto que en el tejido nodular MISHUSTIN (1971).

TEMPERATURA : VARTIOVAARA (1937), demuestra la adaptabilidad ecológica de las bacterias nodulares a la temperatura. Así cultivos de bacterias nodulares de suelos de Egipto a 61.3°C, forman pocos nódulos y fijan nitrógeno débilmente en comparación con las

bacterias aisladas de suelos de Suecia, pero a 19 - 20°C estas diferencias desaparecen. PETROSYAN (1959) establece también diferencias respecto a la temperatura, así las bacterias procedentes de regiones montañosas de Armenia tienen unas temperaturas máximas más bajas que las procedentes de vallas calurosos de la misma república.

Los nódulos libres en el suelo tienen gran resistencia tanto al calor como al frío (LOPATINA, 1957).

Según MES (1959) las leguminosas tropicales fijan nitrógeno simbióticamente a temperaturas más altas que las leguminosas que crecen en climas templados.

La soja cuando se halla a temperatura nocturna más fría de 18°C y temperatura diurna constante de 33°C, muestra una influencia negativa de aquellas la acumulación de nitrógeno.

El óptimo de temperaturas para el desarrollo de las leguminosas, nodulación y asimilación del nitrógeno, no coincide en las raíces primarias y secundarias.

Normalmente la fijación del nitrógeno puede ser observada claramente sobre 10°C y más, MAEDA (1960). Según PATE (1961) la máxima fijación de nitrógeno tiene lugar sobre 24°C, aunque puede variar según las especies.

MISHUSTIN (1971) cita 26°C como temperatura óptima de crecimiento, mientras que 0° y 37° son los extremos.

Todo ello indica que a bajas temperaturas se forman nódulos pero el nitrógeno no se asimila.

pH : La acidez de un suelo tiene gran influencia en la actividad vital de las bacterias nodulares y nodulación. La resistencia a la acidez puede variar en las diferentes especies de leguminosas (MISHUSTIN, 1971).

El efecto del pH en la simbiosis de las leguminosas, ha sido estudiado por numerosos autores entre ellos VINCENT (1958), NORRIS (1958) y DOBEREINER (1965), quienes establecieron un efecto desfavorable, a pH bajos, sobre las propiedades de las bacterias nodulares, la mayor parte de las veces la existencia de una débil fijación de nitrógeno va unida al hecho de que las bacterias fueron aisladas de suelos ácidos (MISHUSTIN, 1971).

Tanto en suelos ácidos como alcalinos en extremo las bacterias nodulares se vacuolizan o toman otras formas (cocoides, formas - L), que no son capaces de infectar las plantas (COOK, 1962). Estos cambios son, sin embargo reversibles.

Los límites de pH para el crecimiento de las leguminosas son normalmente más amplios que los límites de pH para nodulación. En 1923 BRYAN halló que la soja puede crecer a pH 3,9 - 9,6 mientras los nódulos se forman solamente entre pH 4,8 - 8,0 , aunque el medio neutro es el óptimo para la formación de nódulos.

Para MINHUSTIN (1971) el efecto del pH en la nodulación de soja, se resume en el siguiente cuadro :

| <u>pH</u> | <u>Nº DE NODULOS POR PLANTA</u> |
|-----------|---------------------------------|
| 4,0       | 0,0                             |
| 4,5       | 1,4                             |
| 5,0       | 17,0                            |
| 6,0       | 30,0                            |
| 8,3       | 4,0                             |

Los mínimos de pH para nodulación están en 4,0 según DOOLAS (1930) y 4,2 - 4,5 según JENSEN (1943).

HULDER (1966) encontró que la penetración de bacterias nodulares en las raíces de las leguminosas está impedida en medio ácido. Cuando, a pesar de ello, la bacteria penetra en los pelos de la raíz a pH bajo, el tejido bacteroide se desarrolla anormalmente y es rápidamente destruido GOLEBIEWSKA (1962). En suelos ácidos las sales de aluminio y manganeso pasan al agua del suelo o influyen desfavorablemente en el desarrollo de los sistemas radiculares y en el proceso de asimilación del nitrógeno (SCHAMEHL, 1950 y FOY, 1964) disminuyendo el contenido de dióxido de carbono (HULDER, 1966). Como consecuencia hay un decrecimiento en las secreciones radiculares de las leguminosas.

La mejor forma de contrarrestar un pH desfavorable en el suelo y asegurar una buena inoculación es según el abonado con cal (VINCENT, 1954 y LOOS, 1965).

Suelos saturados con bases son más favorables para las actividades vitales de las bacterias nodulares (HOLDING, 1963). Los suelos alcalinos soportan mejor la multiplicación de las bacterias nodulares que los suelos ácidos. (NORRIS, 1964).

En 1959, DINCHEV, establece que las bacterias nodulares están fuertemente absorbidas por la fracción coloidal del suelo, especialmente por partículas que miden menos de 0,001 mm. de largo.

Sin embargo NUTMAN (1952), había demostrado que la introducción de absorbentes en el suelo tipo (bentonita), absorbían las bacterias nodulares impidiendo la nodulación. Los absorbentes pa-

recen ser más activos a pH extremos (5 y 9), que en la zona neutral.

MISHUSTIN (1971) establece el pH óptimo de los Rhizobium entre 6,5 y 7,5, considerando que a pH 4,5 - 5 y 8 cesa el crecimiento.

HOGLUND (1975) ajusta el óptimo de crecimiento entre 5,7 y 6,5.

SAUMELL (1975) concluye que además de conocer la cantidad de nutrientes que posee un suelo es de suma importancia saber si se encuentran en forma asimilable para la planta pues debido a un pH inadecuado pueden darse casos de insolubilidad y que, a pesar de la existencia de esos nutrientes no estén a disposición de la planta. Cuando el pH del suelo está entre 6 y 7, los nutrientes poseen la mayor solubilidad y por tanto la planta puede disponer de ellos con más facilidad.

HARPER (1976) estudia la influencia de la variación de pH en la nodulación y fijación del nitrógeno en la soja, utilizando un sistema iónico cambiante recirculante (Amberlita IRC 50) para controlar el pH de las soluciones viendo que el pH óptimo para la obtención de nódulos y la fijación del nitrógeno estaba entre 5,2 y 7,0.

NITROGENO COMBINADO . VAN SCHREVEN (1959) y VINCENT (1965) hallaron que, si bien la presencia de una pequeña cantidad de nitrógeno mineral resultaba favorable a la nodulación, dosis más elevadas, principalmente tratándose de Nitrógeno en forma nítrica ejercían una acción inhibidora muy clara sobre la nodulación.

Para explicar este hecho se emitieron dos hipótesis : la primera se basaba en dos hechos: 1) la reducción de la inhibición producida al aumentarse, por activación de la fotosíntesis o por la propia adición de hidratos de carbono externos, el contenido en glúcidos de la planta. La segunda hipótesis se basaba en el origen externo de la inhibición y mantenía que los nitratos podrían ser reducidos en parte a nitritos, quienes destruirían catalíticamente el ácido 3 - indol acético sintetizado por los Rhizobiums, admitido como responsable de la infección.

Los trabajos de RAGGIO (1965) ponen de manifiesto la ausencia de inhibición de la nodulación cuando los nitratos se aplican directamente a las raíces mediante inyección; y la inhibición que se produce cuando los nitratos se aplican sobre el líquido nutritivo que baña a las raíces.

Según parece dosis débiles de Nitrógeno combinado retardan la nodulación al principio de la fase de desarrollo de la planta, con lo que ofrecen a la postre un sistema radicular más extendido que posibilite una mayor nodulación.

La influencia de las dosis de nitrógeno combinado varía en función de la época, la cepa rizobiana y la leguminosa considerada.

#### 4.3.3. Efectividad de la simbiosis

PRAZMOWSKI (1888) y VIRTANEN (1947), establecieron los criterios morfo-fisiológicos útiles para diferenciar los nódulos efectivos de los inefectivos. La presencia de leghemoglobina, revela la actividad fijadora de los nódulos en tanto que su ausencia indica que dicho nódulo no realiza la fijación simbiótica del nitrógeno.

A continuación se exponen las diferencias entre los nódulos efectivos o inefectivos según POCHON (1958).

NODULACION EFECTIVA

- Nódulos poco numerosos y situados sobre las raíces primarias.
- Tamaño grande y superficie lisa ó rugosa.
- Actividad meristemática y nodular por un mínimo de 1 mes.
- Infección microbiana del tejido pericíclico generalizada.
- Presencia de leghemoglobina.

NODULACION INEFECTIVA

- Nódulos algo más numerosos y situados sobre todo el sistema radicular.
- Tamaño más pequeño y superficie lisa.
- Actividad meristemática durante menos tiempo.
- Infección microbiana limitada a algunas células pericíclicas.
- Ausencia de pigmentación en rojo, en el interior del nódulo.

## 5. ESTUDIO MICROBIOLOGICO

### 5.1. Obejtivos

El principal objetivo de este estudio fue la elección de una cepa de *Rhizobium japonicum* con características tales que pudiera resultar previsiblemente satisfactoria en las experiencias que sobre nodulación en soja se iban a realizar en esta tesina.

### 5.2. Material y Métodos

Para ello se llevaron a cabo unas experiencias sencillas con las tres cepas que habían presentado los mejores índices de infectividad y efectividad de todas las que componían la colección existente en el Departamento.

#### Selección de cepas apropiadas

La inoculación de semillas de Leguminosas en unas condiciones ecológicas dadas requiere la selección previa de una cepa que muestre unas características idóneas para el establecimiento de una simbiosis con capacidad elevada de fijación del Nitrógeno atmosférico.

Las características esenciales son: 1) Infectividad, lo que quiere decir capacidad de penetrar en los tejidos de las raíces e inducir la nodulación. 2) Dominancia o lo que es lo mismo, capacidad para suplantar a cepas autóctonas 3) Efectividad o capacidad de fijar el máximo el nitrógeno. 4) Estabilidad de los caracteres genéticos 5) Resistencia a la acción letal de factores físicos, entre los cuales: temperatura elevada y desecación ; químicos : pH y sustancias tóxicas como puedan ser los fungicidas o biológicos, representados por los fagos. 6) Adaptación al nivel de fertilidad de suelos 7) Persistencia de las cepas en el suelo:

la experiencia demuestra que las respuestas a la inoculación son notables en un primer estadio, transcurrido el cual y en el curso de sucesivos cultivos aquellas disminuyen en, ahogadas por la multiplicación espontánea de las cepas nativas (BERGERSEN 1967).

### 5.2.1. Colección de *Rhizobium japonicum*

Las cepas integrantes de la colección de *Rhizobium japonicum* del Departamento tenían muy distintos orígenes : unas procedían de colecciones existentes en otros países y presentaban una probada eficacia, otras habían sido aisladas de nódulos de leguminosas cultivadas en la región, y otras en fin procedían de aislamientos efectuados sobre inóculos comerciales (RIVERO, 1980).

Empleando la codificación recomendada por VINCENT las cepas se designaron así :

| <u>CODIGO</u> | <u>ORIGEN DE LA CEPA</u>                  |
|---------------|---|
| RC - 21/EB    | 3 - 8 Gembloux (Bélgica) Zaidín (Granada) |
| RC - 22/EB    | 3 - 4 Gembloux (Bélgica) Zaidín (Granada) |
| RC - 23/EB    | Producto comercial EEUU Guisona (Lérida)  |
| RC - 24/EB    | Nódulo de haba Penedés (Tarragona)        |
| RC - 25/EB    | 1-3-8 Gembloux (Bélgica) Zaidín (Granada) |
| RC - 26/EB    | 2-3-8 Gembloux (Bélgica) Zaidín (Granada) |
| RC - 27/EB    | Nódulos soja. Cabrils (Barcelona)         |
| RC - 28/EB    | CB - 1809, SBE-716 IS Australia. Madrid   |
| RC - 29/EB    | 3.402 Rothamsted - Harpendem (Inglaterra) |
| RC - 30/EB    | 3.407 Rothamsted - Harpendem (Inglaterra) |

### 5.2.2. Morfología de las colonias

El estudio de la misma se efectuó sobre cultivos en medio Wright, empleándose la modificación siguiente :

COMPOSICION MEDIO WRIGHT

|   |     |      |
|---|-----|------|
| Manitol . . . . .   | 10  | grs. |
| ClNa . . . . .  | 0,2 | grs. |
| PO <sub>4</sub> <sup>HK</sup> <sub>2</sub> . . . . .      | 0,5 | grs. |
| SO <sub>4</sub> <sup>Mg</sup> 7H <sub>2</sub> O . . . . . | 0,2 | grs. |
| SO <sub>4</sub> Ca2H <sub>2</sub> O . . . . .             | 0,1 | grs. |
| CO <sub>3</sub> Ca . . . . .                              | 0,1 | grs. |
| Agua de levadura . . . . .                                | 100 | ml.  |
| Agar . . . . .  | 15  | grs. |
| Agua destilada . . . . .                                  | 900 | ml.  |

El pH se ajusta entre 6 y 7.

El medio se esteriliza en autoblave a 121°C durante 20 minutos.

El agua de levadura, siguiendo la técnica empleada por el profesor BONNIER, quien argumenta mejores resultados a los obtenidos por otros métodos, se prepara con 10 grs. de levadura fresca de panadería (conocida como levadura de París), para 100 ml. de agua destilada.

La solución se esteriliza en autoclave durante 20 minutos a 120°C y se decanta antes de adicionar el líquido sobrenadante a los otros componentes del medio Wright.

### 5.2.3. Tinciones

Su objeto es el de controlar la pureza de las cepas y permitir la observación de características de cultivo tales como : forma, tamaño y la típica tinción en banda, debida a la presencia de puntos de grasa que impiden una coloración uniforme en toda la

bacteria.

La técnica empleada aquí ha sido la tinción de Gram, en la modalidad que utiliza sol de violeta de genciana, lugol, alcohol acetona y sol de safranina.

#### REACTIVOS

##### Solución cristal violeta

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| Violeta de genciana        | 5 grs.   |
| H <sub>2</sub> O destilada | 1000 ml. |

##### Lugol

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| Iodo                        | 3,3 grs. |
| IK                          | 6,6 grs. |
| H <sub>2</sub> O' destilada | 1000 ml. |

##### Alcohol - acetona

|            |          |
|------------|----------|
| Acetona    | 200 ml.  |
| Etanol 96° | 1000 ml. |

##### Sol de safranina.

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| Safranina                  | 5 grs.   |
| H <sub>2</sub> O destilada | 1000 ml. |

#### 5.2.4. Escala de pruebas

La elección de la cepa a utilizar conllevó la realización de una serie de pruebas, empleando métodos sencillos y cortos, sobre las cepas integrantes de la colección, que se habían mostrado como las más eficaces en cuanto a efectividad (RIVERO, 1980). Se trataba de las cepas RC 21, 28 y 30.

Con ellas se efectuaron las siembras sobre medio Wright y

las posteriores inoculaciones en semillas de soja variedad Amsoy.  
(ver Apartado ).

### 5.3. Resultados

TABLA Nº 1

| <u>Cepa</u><br><u>Rhizobium</u> | <u>Tinción</u>     | <u>Forma</u>                             | <u>Morfología</u>                                  | <u>Tiempo de</u><br><u>Crecimiento</u> | <u>Nodulación</u> |
|---------------------------------|--------------------|--|--|--|-------------------|
| RC/EB 21                        | Gram -<br>en banda | bastones<br>pequeños                     | Colonias<br>blancas                                | Normal<br>7 días                       |                   |
| RC/EB 28                        | Gram -<br>en banda | bacilos<br>pequeños<br>refrin-<br>gentes | Colonias<br>blancas<br>opacas<br>algo mu-<br>cosas | Lento<br>10 días                       |                   |
| RC/EB 30                        | Gram -<br>en banda | bacilos<br>pequeños                      | Colonias<br>blancas<br>opacas<br>poco mu-<br>cosas | Lento<br>10 días                       |                   |

Estos resultados condujeron a la selección de la cepa RC 30 para las experiencias de nodulación en soja en diez suelos de Cataluña.

## 6. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE NODULACION DE LA CEPA RC - 30 EN SOJA CON DIFERENTES SUELOS DE CATALUÑA

### 6.1. Objetivos

Los estudios microbiológicos permitieron elegir una cepa de *Rhizobium japonicum* (RC 30 EB) con la que estudiar el grado de nodulación sobre soja y contrastando su eficiencia en diez tipos diferentes de suelo. Se pretendía de esta manera analizar el papel del suelo como factor extrínseco en la nodulación.

### 6.2. Material y métodos

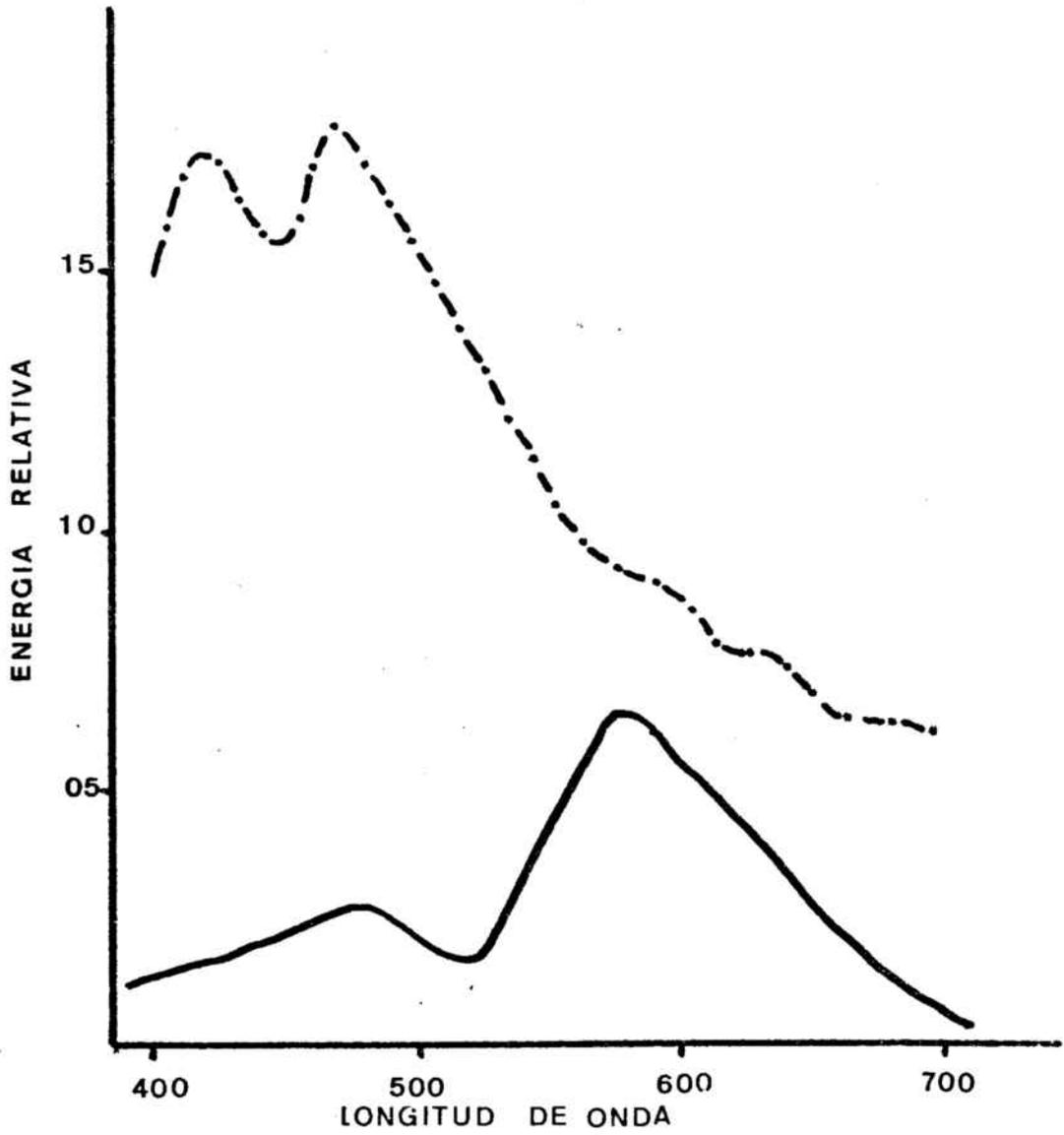
En primer lugar se procedió al acondicionamiento de una zona del Departamento para practicar allí el cultivo de la soja inoculada.

Para ello, se dispusieron una serie de estanterías dotadas de iluminación artificial proveniente de la parte superior de las mismas.

Tras consultar bibliografía sobre el tema se eligieron por su probada eficacia lámparas fluorescentes blanco frío. Philips 30W. (ver gráfica nº 1).

Estas lámparas presentan un espectro con un máximo en la banda verde y un decrecimiento en la zona roja del onismo. Investigaciones científicas recientes señalan que las plantas utilizan principalmente 2 regiones distintas de la longitud de onda de la energía radiante : la banda roja y la azul. Si la composición se basa en la luz roja únicamente el crecimiento de las plantas es anormal, mostrando estas un espigamiento notorio. Por el contrario la utilización de luz azul sólo da lugar a plantas bajas.

GRAFICA N° 1



--- ESPECTRO SOLAR

— " PHILIPS

Se sabe también que la luz roja estimula el crecimiento vegetativo y que la luz azul ajusta el sistema respiratorio de la planta controlando procesos químicos de la importancia de los procesos enzimáticos.

Las lámparas utilizadas TLD 30W / 33 se basan en un equilibrio entre la luz roja y la azul y una utilización de la zona verde, con lo que se consiguen plantas más verdes. Por otro lado su espectro es el más próximo al espectro solar en el hemisferio norte.

En el cielo de cada estantería se colocaron un número de seis fluorescentes con las mencionadas características, situándose los equipos complementarios a ellos en un estante superior para evitar una elevación de la temperatura ambiente en el interior de la estantería.

La soja es una planta de las denominadas de día corto y por tanto precisa de 10 a 13 horas de luz diariamente para florecer, si el resto de las 24 horas es un período de oscuridad continua.

Para mantener este fotoperíodo las horas de luz se controlaron mediante la instalación de un reloj automático que mantenía encendidos los tubos fluorescentes durante 12 horas al día.

Ahora se procedió al cálculo de la intensidad de luz más idónea para el cultivo. Por intensidad de luz se entiende la cantidad de energía que se precisa para el proceso fotosintético y el desarrollo de las plantas.

La intensidad se determina por el número de vatios por

cm<sup>2</sup> del área donde se cultivan las plantas.

Seis tubos fluorescentes situados a 30 cm. de distancia de la superficie de cultivo proporcionaron 11.000 lux de iluminación y 0.0035 w/cm<sup>2</sup> de intensidad, con una eficacia de 320.2 (ver tabla n<sup>o</sup> 2)

En cuanto a los parámetros de temperatura y humedad se mantuvieron en todo momento en cotas adecuadas a nuestra intención. La humedad no bajó en ningún caso del 60% ni superó el 85% y ello evitó los mínimos problemas que hubiera podido ocasionar la producción de calor del elevado número de tubos fluorescentes al funcionar en un espacio reducido. (Ver gráfica n<sup>o</sup> 3).

El punto siguiente consistió en la disposición del suelo en recipientes adecuados.

Se utilizaron macetas de material plástico, no poros, de color negro que absorben el calor y elevan la temperatura de la tierra, contribuyendo así al desarrollo de las raíces. Las macetas iban dotadas de dos orificios laterales inferiores.

En el fondo de las mismas se colocó un disco de lana de vidrio con dos mechas laterales que servían de "conexión" con un platillo de papel aluminio situado bajo cada una de las macetas. El tiesto, situado dentro del platillo reposaba sobre un soporte.

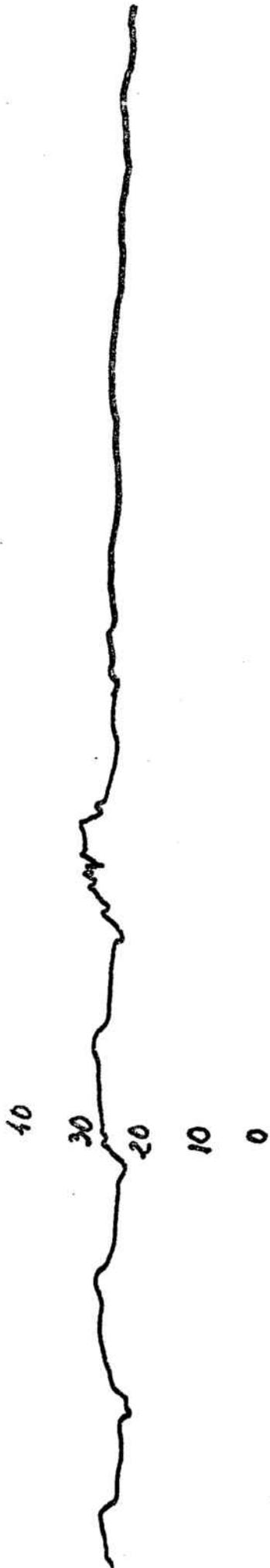
Una vez preparadas, las macetas se llenaron con muestra media del suelo correspondiente, evitando la presencia de piedras de tamaño superior a 2 cm., para evitar limitar el desarrollo de las semillas.

DATOS CORRESPONDIENTES A LA LUZ EMITIDA POR 6 LAMPARAS FLUORESCENTES TLD 30 W/33

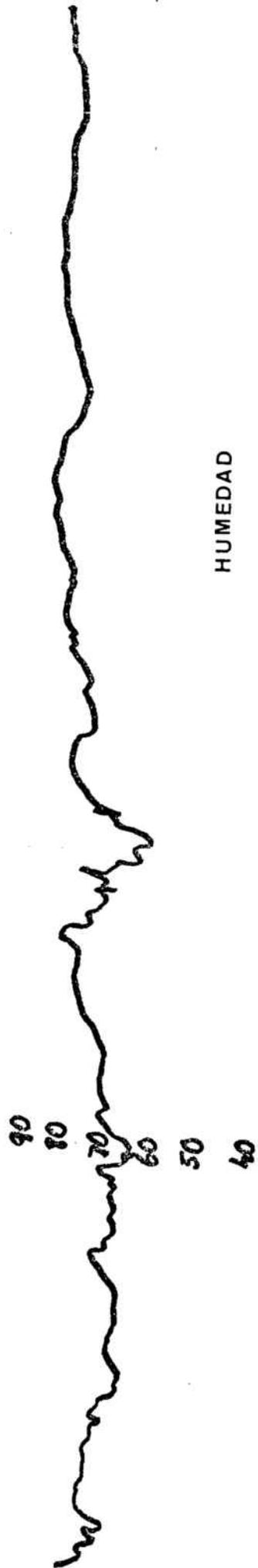
| DISTANCIA<br>, cm, | LUX    | mV   | W/cm <sup>2</sup> | cal/cm <sup>2</sup> / h | EFICACIA |
|--------------------|--------|------|-------------------|-------------------------|----------|
| 10                 | 21.000 | 1.03 | 0.0083            | 7,1                     | 253      |
| 20                 | 16.000 | 0.62 | 0.0050            | 4,3                     | 320      |
| 30                 | 11.000 | 0.44 | 0.0035            | 3,06                    | 314      |
| 40                 | 9.300  | 0.33 | 0.0026            | 2,3                     | 357,6    |
| 50                 | 7.500  | 0,26 | 0.0021            | 1,8                     | 357,1    |

GRAFICA Nº 5

TEMPERATURA



HUMEDAD



Antes de proceder a la siembra se llevaron todas las muestras del suelo a la capacidad de campo; cuyos valores habían sido previamente calculados con la ayuda de las curvas de p F. (Ver apartado Resultados suelos).

#### 6.2.2. Obtención y valoración del inóculo

Una vez seleccionada la cepa RC - 30 se procedió a la obtención de suficiente cantidad de la misma para cubrir las necesidades en el momento de realizar la operación de inoculación. Para ello primero fue preciso resembrar la cepa escogida en tubos con medio Wright inclinado.

Los tubos recién sembrados se incubaron a 28 - 30°C en estufa durante 7 días, transcurridos los cuales y con ayuda de solución de pirofosfato al 1 por 1000 y unas perlas de vidrio, se obtuvo a partir de aquellos una suspensión que sería la utilizada para resembrar tres frascos de Roux que contenían a razón de 125 c.c. de medio Wright por frasco. Los frascos se incubaron por 7 días a la temperatura de 28 - 30°C permaneciendo invertidos en el interior de la estufa de cultivo. De nuevo se procedió a recoger el cultivo de *Rhizobium* del medio en la forma ya mencionada. Los líquidos obtenidos a partir de los tres frascos constituían el inóculo a emplear.

Para valorar el inóculo se procedió a efectuar un recuento en placas. Para ello se prepararon una serie de diluciones (desde la  $10^{-1}$  a la  $10^{-8}$ ) con el fin de conocer la concentración del inóculo.

La siembra del inóculo se efectuó sobre placas de Petri con medio Wright a razón de 2 gotas de la dilución correspondiente por placa. Como norma se procedió a la siembra inmediatamente des-

pués de obtenida la dilución correspondiente. Se emplearon tres placas por dilución, que fueron incubadas en estufa a 30° y observadas a los 7 y a los 15 días.

El recuento se realizó sobre aquellas placas que tenían entre 1 y 150 UFC, realizándose con luz indirecta sobre un fondo negro no brillante. De esta manera aseguramos la cifra de  $300 \times 10^7$  Rhizobium/ml.

### 6.2.3. Siembra

Al objeto de preparar las semillas se procedió primero a su desinfección. El método empleado consistió en el contacto de las semillas durante 3 minutos con una solución de cloruro mercúrico al 0,2% pasando a continuación y sucesivamente a seis pocillos con agua estéril, con el fin de eliminar las posibles cantidades de cloruro mercúrico que hubiesen retenido las semillas. Al final se recogieron sobre un pocillo seco.

Las semillas una vez desinfectadas fueron situadas sobre algodón humedecido en placas de Petri permaneciendo así durante cuatro días.

Una vez obtenida una suspensión homogénea de los Rhizobiums se procedió a sumergir completamente las semillas germinadas en la suspensión de Rhizobiums con solución azucarada al 10% que actuaba como adhesivo al objeto de asegurar un mínimo de  $1 \times 10^7$  Rhizobiums por semilla y por algunos momentos quedando así listas para proceder a su siembra.

Se sembraron los tiestos a razón de cinco semillas germinadas en cada uno de ellos colocadas equidistantes entre sí y con las paredes de las macetas, y a una profundidad de 2 a 3 cm., pro-

curando no romper las finas radículas con que estaban ya dotadas.

Una vez sembradas se cubrían las semillas con tierra que era presionada ligeramente para evitar la formación de una cámara de aire que privaría a su alrededor.

#### 6.2.4. Valoración del cultivo

Son numerosos los autores que aconsejan la observación progresiva de la formación de los nódulos sobre las raíces en distintos momentos del desarrollo de la planta.

Decidimos practicar un clareo en el transcurso de la 4ª semana siguiente a la fecha de la siembra, con el fin de contar con tres plantas por maceta y se pudo así observar la nodulación sobre las plantas separadas. Haciendo un estudio comparativo con los resultados que habríamos de obtener al final de la experiencia, se vió que la diferencia existente era ciertamente reducida, lo que viene a indicar que en la 4ª semana se habían formado ya una gran parte de los nódulos.

A la hora de valorar la nodulación obtenida era preciso tener la seguridad de que los nódulos hubieran sido formados por la cepa bacteriana experimental. A tal efecto se realizaron aislamientos a partir de nódulos.

#### Aislamientos a partir de nódulos

Los nódulos pueden contener sobre su superficie o en su interior otros microorganismos acompañantes de los Rhizobiums. De no presentar alteraciones en su cubierta externa pueden limpiarse y esterilizarse para eliminar aquellos. El aislamiento se efectuó sobre nódulos lo más enteros posibles, dejando al contarlos una por-

ción de raíz adherida a ellos para facilitar su manipulación.

Así los nódulos fueron sumergidos durante tres minutos en una solución de cloruro mercúrico al 0,2%, eliminando los posibles residuos de la misma con seis lavados sucesivos en agua esterilizada.

El contenido de los nódulos se sembró entonces sobre medio Wright dispuesto en placa con el fin de poder aislar las colonias formadas, operación que fue repetida por dos veces.

### 6.3. Resultados

TABLA VALORES DE LA CAPACIDAD DE CAMPO EXPRESADOS  
EN CC DE H<sub>2</sub>O (pF3)

| <u>SUELO</u> | <u>CC H<sub>2</sub>O</u> |
|--------------|--------------------------|
| 1            | 100                      |
| 2            | 130                      |
| 3            | 105                      |
| 4            | 160                      |
| 5            | 140                      |
| 6            | 110                      |
| 7            | 170                      |
| 8            | 120                      |
| 9            | 80                       |
| 10           | 60                       |

RESULTADO DEL ESTUDIO DE LAS NODULACIONES EN LOS DISTINTOS TIPOS DE SUELO DE CATALUÑA

| <u>Nº de SUELO</u> | <u>TIPO DE SUELO (USDA)</u> | <u>LOCALIDAD</u> | <u>Nº NODULOS <math>\bar{x}</math></u> |
|--------------------|-----------------------------|------------------|--|
| 1                  | Fluvent                     | Martorellas      | 6                                      |
| 2                  | Ochrept                     | Parets           | 4                                      |
| 3                  | Lithic Usthortent           | Bonastre         | 8                                      |
| 4                  | Aquept                      | San Jaime de E.  | 3                                      |
| 5                  | Orthid                      | Bellpuig         | 1                                      |
| 6                  | Calciorthid                 | Miralcamp        | 0                                      |
| 7                  | Orthid                      | Lérida           | 1                                      |
| 8                  | Andept                      | Aiguaviva        | 4                                      |
| 9                  | Ochrept                     | Caldas de M.     | 9                                      |
| 10                 | Dystrochrept                | Llagostera       | 1                                      |

SUELO Nº 1

PROCEDECENCIA : Martorellas (Barcelona)

CLASIFICACION USDA : Fluvent

ANALISIS DE LAS MUESTRAS

|                                   | M.M.         | Hor<br>0-35 cm | Hor<br>35-50 |
|-----------------------------------|--------------|----------------|--------------|
| GRAVA %                           | 6,2          | 6,2            | 2,9          |
| pH (H <sub>2</sub> O)             | 7,5          | 7,5            |              |
| pH (ClK)                          | 6,6          | 6,6            |              |
| C %                               | 1,83         | 1,83           | 2,17         |
| M.O. %                            | 2,80         | 2,80           | 2,17         |
| N ppm                             | 1649         | 1649           | 1702         |
| C/N                               | 9,84         | 9,84           | 7,39         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm | 1560         | 1560           | 1325         |
| CaO ppm                           | 5987         | 5987           | 6412         |
| MgO ppm                           | 329          | 329            | 181          |
| K <sub>2</sub> O ppm              | 325          | 325            | 270          |
| SALINIDAD                         |              |                |              |
| mmhos/cm <sup>2</sup>             | 0,18         | 0,18           |              |
| TEXTURA                           | Areno-limosa |                |              |

RESULTADOS NODULACION

| Nº NODULOS | TAMAÑO     | EFFECTIVIDAD | OBSERVACIONES |
|------------|------------|--------------|---------------|
| 6          | 0,3-0,5 cm | +            |               |

SUELO Nº 2

PROCEDENCIA : Parets

CLASIFICACION USDA : Ochrept

ANALISIS DE LAS MUESTRAS

|                                   | M.M.    | Hor<br>0-126 cm | Hor<br>126-214 cm | Hor<br>214-274 cm | Hor<br>274 - cm |
|-----------------------------------|---------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| GRAVA %                           | 2,1     | 2,1             | 1,8               | 2,4               | 2,05            |
| pH (H <sub>2</sub> O)             | 7,1     | 7,1             | 7,4               | 7,4               | 7,1             |
| pH (CLK)                          | 6,5     | 6,5             | 6,8               | 6,7               | 6,8             |
| C %                               | 22,80   | 22,80           |                   | 40                | 23              |
| M.O. %                            | 1,21    | 1,21            | 0,21              | 0,17              | 0,40            |
| N ppm                             | 852     | 852             | 102               | 124               | 387             |
| C/N                               | 8,23    | 8,23            | 11,97             | 7,98              | 5,98            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm | 158     | 158             | 160               | 135               | 130             |
| CaO ppm                           | 12886   | 12886           | 13206             | 13321             | 13549           |
| MgO ppm                           | 132     | 132             | 329               | 296               | 296             |
| K <sub>2</sub> O ppm              | 7,50    | 7,50            | 2,20              | 104               | 325             |
| SALINIDAD                         |         |                 |                   |                   |                 |
| mmhos/cm <sup>2</sup>             | 0,22    | 0,22            | 0,14              | 0,15              | 0,17            |
| TEXTURA                           | Arenosa |                 |                   |                   |                 |

RESULTADOS NODULACION

| Nº NODULOS | TAMAÑO     | EFFECTIVIDAD | OBSERVACIONES |
|------------|------------|--------------|---------------|
| 4          | 0,1-0,3 cm | +            |               |

SUELO Nº 3

PROCEDENCIA : Bonastre (Tarragona)

CLASIFICACION USDA : Lithic Usthorcent

ANALISIS DE LAS MUESTRAS

|                                    | Hor.<br>0-25 cm | Hor.<br>25-55 cm |
|------------------------------------|-----------------|------------------|
| GRAVA %                            | 3,7             | 34,7             |
| pH (H <sub>2</sub> O)              | 7,7             | 7,5              |
| pH (ClK)                           | 6,7             | 7                |
| C %                                | 44,59           | 5,37             |
| M.O. %                             | 1,54            | 4,68             |
| N ppm                              | 1054            | 2443             |
| C/N                                | 8,47            | 11,11            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm  | 252             | 172              |
| CaO ppm                            | 12405           | 9338             |
| MgO ppm                            | 82              | 938              |
| K <sub>2</sub> O ppm               | 964             | 682              |
| SALINIDAD<br>mmhos/cm <sup>2</sup> | 0,16            | 0,21             |
| TEXTURA                            | Limosa          |                  |

RESULTADOS NODULACION

| Nº NODULOS | TAMAÑO     | EFFECTIVIDAD | OBSERVACIONES |
|------------|------------|--------------|---------------|
| 8          | 0,1-0,3 cm | +            |               |

SUELO Nº 4

PROCEDENCIA : San Jaime de Enveja (Tarragona)

CLASIFICACION USDA : Aquept

ANALISIS DE LAS MUESTRAS

|                                   | M.M.           | turba | p-gley |
|-----------------------------------|----------------|-------|--------|
| GRAVA %                           | 2,1            | 0,2   | 5,8    |
| pH (H <sub>2</sub> O)             | 7,2            | 6,9   | 7,1    |
| pH (CLK)                          | 6,8            | 6,7   | 6,9    |
| C %                               | 33,93          | 10,83 | 30,61  |
| M.O. %                            | 2,51           | 38,13 | 3,23   |
| N ppm                             | 1501           | 14948 | 1688   |
| C/N                               | 9,70           | 14,79 | 11,09  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm | 145            | 142   | 108    |
| CaO ppm                           | 11673          | 22157 | 14099  |
| MgO ppm                           | 412            | 2963  | 889    |
| K <sub>2</sub> O ppm              | 453            | 722   | 614    |
| SALINIDAD                         |                |       |        |
| mmhos/cm <sup>2</sup>             | 0,76           | 3,70  | 1,07   |
| TEXTURA                           | Limo-arcillosa |       |        |

RESULTADOS NODULACION

| Nº NODULOS | TAMAÑO     | EFFECTIVIDAD | OBSERVACIONES |
|------------|------------|--------------|---------------|
| 3          | 0,1-0,3 cm | +            |               |

SUELO Nº 5

PROCEDENCIA : Bellpuig (Lérida)

CLASIFICACION USDA : Orthid

ANALISIS DE LAS MUESTRAS

|                                   | M.M.         | Hor<br>0-5 cm | Hor<br>5-35 cm | Hor<br>35-80 cm |
|-----------------------------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|
| GRAVA %                           | 17,6         | 16            | 15,5           | 80,4            |
| pH (H <sub>2</sub> O)             | 7,5          | 7,5           | 7,3            | 7,4             |
| pH (CLK)                          | 6,6          | 6,9           | 6,9            | 7,3             |
| C %                               | 29,19        | 30,89         | 32,72          | 62,95           |
| M.O. %                            | 2,06         | 5,57          | 1,66           | 1,05            |
| N ppm                             | 1566         | 3232          | 975            | 534             |
| C/N                               | 7,62         | 9,99          | 9,87           | 11,41           |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm | 130          | 154           | 118            | 87              |
| CaO ppm                           | 11856        | 12219         | 12199          | 12089           |
| MgO ppm                           | 148          | 395           | 280            | 346             |
| K <sub>2</sub> O ppm              | 506          | 988           | 332            | 92              |
| SALINIDAD                         |              |               |                |                 |
| mmhos/cm <sup>2</sup>             | 0,17         | 0,43          | 0,31           | 0,68            |
| TEXTURA                           | Areno-limosa |               |                |                 |

RESULTADOS NODULACION

| Nº NODULOS | TAMAÑO     | EFFECTIVIDAD | OBSERVACIONES |
|------------|------------|--------------|---------------|
| 1          | 0,1-0,3 cm | ++           |               |

SUELO N° 6

PROCEDENCIA : Miralcamp (Lérida)

CLASIFICACION USDA : Calciorthid

ANALISIS DE LAS MUESTRAS

|                                   | M.M.         | Hor<br>0-5 cm | Hor<br>5-18 cm | Hor<br>18-45 cm | Hor<br>45-70 cm |
|-----------------------------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|
| GRAVA %                           | 1,9          | 1,3           | 2,9            | 8,7             | 0,8             |
| pH (H <sub>2</sub> O)             | 7,3          | 7,0           | 7,5            | 7,5             | 7,9             |
| pH (ClK)                          | 6,6          | 6,8           | 7,1            | 6,9             | 6,9             |
| C %                               | 20,65        | 15,45         | 18,45          | 17,78           | 21,54           |
| M.O. %                            | 0,96         | 7,13          | 0,73           | 0,58            | 0,18            |
| N ppm                             | 829          | 3522          | 474            | 335             | 440             |
| C/N                               | 6,72         | 11,74         | 8,93           | 10,02           | 2,37            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm | 107          | 800           | 73             | 92              | 145             |
| CaO ppm                           | 12222        | 7964          | 12313          | 11216           | 10939           |
| MgO ppm                           | 494          | 1119          | 988            | 2535            | 1794            |
| K <sub>2</sub> O ppm              | 328          | 1012          | 361            | 265             | 222             |
| SALINIDAD                         |              |               |                |                 |                 |
| mmhos/cm <sup>2</sup>             | 0,17         | 0,47          | 0,16           | 0,21            | 0,23            |
| TEXTURA                           | Areno-limosa |               |                |                 |                 |

RESULTADOS NODULACION

| N° NODULOS | TAMAÑO | EFFECTIVIDAD | OBSERVACIONES |
|------------|--------|--------------|---------------|
| 0          | -      | -            |               |

SUELO N° 7

PROCEDENCIA: Lérida

CLASIFICACION USDA : Orthid

ANALISIS DE LAS MUESTRAS

|                               |     |         |
|-------------------------------|-----|---------|
| GRAVA                         | %   |         |
| pH (H <sub>2</sub> O)         |     | 7,4     |
| pH (CLK)                      |     | 6,8     |
| C                             | %   | 25,54   |
| M.O.                          | %   | 1,49    |
| N                             | ppm | 1279    |
| C/N                           |     | 6,75    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | ppm | 60      |
| CaO                           | ppm | 11466   |
| MgO                           | ppm | 823     |
| K <sub>2</sub> O              | ppm | 458     |
| SALINIDAD                     |     | .       |
| mmhos/cm <sup>2</sup>         |     | 0,29    |
| TEXTURA                       |     | Arenosa |

RESULTADOS NODULACION

| N° NODULOS | TAMAÑO     | EFFECTIVIDAD | OBSERVACIONES |
|------------|------------|--------------|---------------|
| 1          | 0,1-0,3 cm | +            |               |

SUELO N° 8

PROCEDENCIA : Aiguaviva (Gerona)

CLASIFICACION USDA : Andept

ANALISIS DE LAS MUESTRAS

|                                    | M.M.         | Hor<br>3-15 cm | Hor<br>15-35 cm | Hor<br>35-60 cm |
|------------------------------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|
| GRAVA %                            | 13,5         | 19,8           | 8,8             | 19,2            |
| pH (H <sub>2</sub> O)              | 7,4          | 6,6            | 6,5             | 6,4             |
| pH (ClK)                           | 6,2          | 5,9            | 5,7             | 5,7             |
| C %                                | 0,58         | 0,26           | 0,24            | 0,20            |
| M.O. %                             | 1,77         | 1,76           | 1,06            | 0,27            |
| N ppm                              | 1146         | 854            | 601             | 465             |
| C/N                                | 8,95         | 11,95          | 10,22           | 3,36            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm  | 592          | 236            | 241             | 281             |
| CaO ppm                            | 4508         | 2901           | 3316            | 3181            |
| MgO ppm                            | 543          | 1152           | 1696            | 1712            |
| K <sub>2</sub> O ppm               | 410          | 347            | 323             | 260             |
| SALINIDAD<br>mmhos/cm <sup>2</sup> | 0,16         | 0,13           | 0,12            | 0,13            |
| TEXTURA                            | Areno-limosa |                |                 |                 |

RESULTADOS NODULACION

| N° NODULOS | TAMAÑO     | EFFECTIVIDAD | OBSERVACIONES |
|------------|------------|--------------|---------------|
| 4          | 0,3-0,5 cm | ++           |               |

SUELO Nº 9

PROCEDENCIA : Caldas de Malavella (Gerona)

CLASIFICACION USDA : Ochrept

ANALISIS DE LAS MUESTRAS

|                                   | M.H.         | Hor<br>0-15 cm | Hor<br>15-45 | Hor<br>45-95 cm | Hor<br>95 -<br>cm |
|-----------------------------------|--------------|----------------|--------------|-----------------|-------------------|
| GRAVA %                           | 24,6         | 10,7           | 12,1         | 3,8             | 1,9               |
| pH (H <sub>2</sub> O)             | 7,1          | 5,7            | 6            | 6,6             | 7,3               |
| pH (ClK)                          | 4,9          | 5,5            | 6,2          | 6,5             | 6,3               |
| C %                               | 0,30         | 0,11           | 0,22         | 0,26            | 23,56             |
| M.O. %                            | 1,12         | 1,51           | 0,71         | 0,51            | 0,24              |
| N ppm                             | 470          | 473            | 253          | 156             | 112               |
| C/N                               | 13,83        | 18,52          | 16,25        | 18,91           | 12,45             |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm | 230          | 162            | 189          | 222             | 84                |
| CaO ppm                           | 4159         | 1036           | 5538         | 4260            | 12954             |
| MgO ppm                           | 577          | 115            | 560          | 872             | 362               |
| K <sub>2</sub> O ppm              | 217          | 120            | 313          | 212             | 120               |
| SALINIDAD                         |              |                |              |                 |                   |
| mmhos/cm <sup>2</sup>             | 0,13         | 0,03           | 0,07         | 0,13            | 0,17              |
| TEXTURA                           | Limo-arenosa |                |              |                 |                   |

RESULTADOS NODULACION

| Nº NODULOS | TAMAÑO     | EFFECTIVIDAD | OBSERVACIONES |
|------------|------------|--------------|---------------|
| 9          | 0,3-0,5 cm | +            |               |

SUELO N° 10

PROCEDENCIA : Llagostera (Gerona)

CLASIFICACION USDA : Dystrochrept

ANALISIS DE LAS MUESTRAS

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| GRAVA %                           | 20,4    |
| pH (H <sub>2</sub> O)             | 6,4     |
| pH (ClK)                          | 5,9     |
| C %                               | 0,09    |
| M.O. %                            | 0,89    |
| N ppm                             | 512     |
| C/N                               | 10,07   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm | 200     |
| CaO ppm                           | 1515    |
| MgO ppm                           | 198     |
| K <sub>2</sub> O ppm              | 106     |
| SALINIDAD                         | .       |
| mmhos/cm <sup>2</sup>             | 0,08    |
| TEXTURA                           | Arenosa |

RESULTADOS NODULACION

| N° NODULOS | TAMAÑO     | EFFECTIVIDAD | OBSERVACIONES |
|------------|------------|--------------|---------------|
| 1          | 0,1-0,3 cm | +            |               |

#### 6.4. Comentarios y discusiones

En esta experiencia no se han obtenido resultados significativamente estadísticos, si bien, se presentan ciertas tendencias que conviene señalar.

Las mayores desviaciones observadas corresponden a las muestras medias de los suelos nº 2 y 4 tipos Ochrept y Aquept respectivamente situados (en Parets del Vallés y San Jaime de Enveja), siendo ambos suelos los que presentan las mayores cifras de nódulos : 12 y 11 nódulos por planta. Como consecuencia de ello hemos estudiado las correlaciones entre las características de las muestras medias correspondientes a ambos suelos como son pH, salinidad, % carbonatos, % Nitrógeno, contenido en calcio, magnesio, fósforo y potasio y % de materia orgánica y el número de nódulos, no hallándose correlaciones significativas, por lo que no podemos establecer una hipótesis, quedando éstas para ser estudiadas en futuros trabajos.

Por último, sólo en el caso del suelo nº 6 no se ha observado formación de nódulos, lo que podría deberse al tipo de textura ó a una deficiencia de oligoelementos en el suelo.

## 7. CONCLUSIONES

1. La inoculación de las semillas de soja con *Rhizobium japonicum* presenta resultados que varían con la cepa empleada ( Escala de pruebas )
2. Se ha observado una pérdida de eficiencia de la cepa RC 30 EB utilizada, debida a la conservación sobre medios de cultivo por largos períodos de tiempo.
3. Los resultados globales de nodulación de los diez suelos no son significativamente diferentes, por tratarse de suelos seleccionados con miras a su posible utilidad para el cultivo de la soja.

## 8.1. HORIZONTES DE DIAGNOSTICO

Se llaman horizontes de diagnóstico aquellos horizontes del suelo que tienen una serie de propiedades definidas cuantitativamente, que son utilizadas para la identificación de unidades de suelo. Como las características de los horizontes del suelo son originadas por los procesos de formación del suelo, el uso de los horizontes de diagnóstico para separar las unidades de suelo asegura que el sistema de clasificación se base en los principios generales de la génesis del suelo. La objetividad está garantizada sin embargo porque no se utilizan como criterio los procesos en sí mismos sino únicamente sus efectos expresados cuantitativamente en términos de propiedades morfológicas con valor de identificación.

Las definiciones y nomenclatura de los horizontes de diagnóstico utilizadas aquí, están tomadas de las adoptadas en la Taxonomía de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (1973).

### HORIZONTE H HÍSTICO

En un horizonte H que tiene más de 20 cm. de espesor pero menos de 40 cm. ; si el horizonte contiene una cantidad igual o superior al 75% en volumen de fibras de sphagnum o tiene una densidad aparente, cuando está húmedo, menor que 0.1 el horizonte H hístico puede tener más de 40 cm. de espesor pero menos de 60 cm.

Una capa superficial de material orgánico menor de 25 cm. de espesor también se puede calificar como un horizonte H hístico si tiene, después de haber sido mezclado hasta una profundidad de 25 cm., el 28% ó más de materia orgánica si la fracción mineral contiene más del 60% de arcilla, ó 14% ó más de materia orgánica si la

fracción mineral no contiene arcilla, ó una cantidad proporcional intermedia de materia orgánica para contenidos intermedios de arcilla. El mismo criterio se aplica a una capa labrada con 25 cm. ó más de espesor.

#### HORIZONTE A MÓLICO

Es un horizonte A que después de mezclar los 18 cm. superficiales (como por laboreo) presenta las siguientes propiedades:

1. La estructura del suelo es lo suficientemente fuerte como para que el horizonte no sea a la vez macizo y duro ó muy duro cuando se seca (prismas muy gruesos > 30 cm. de diámetro se incluyen en el significado de macizo si no hay estructura secundaria en el interior de los prismas).
2. Las muestras disgregadas y tamizadas tienen colores con una intensidad (chroma) menor de 3,5 en húmedo, una pureza (value) de color más oscura que 3,5 en húmedo, y que 5,5 en seco; la pureza de color es por lo menos una unidad más oscura que la del horizonte C (tanto en seco como en húmedo). Si el horizonte C no está presente; la comparación se debe realizar con el horizonte situado inmediatamente debajo del horizonte A. Si hay más de un 40% de caliza fina, los límites de la pureza del color del suelo en seco no se tienen en cuenta, mientras que la pureza en húmedo, debe ser entonces igual o inferior a 5.
3. El grado de saturación es igual o superior al 50% (por el método del acetato amónico).
4. El contenido en materia orgánica es como mínimo del 1% en todo

el espesor del suelo mezclado, tal como se especifica más abajo (Apartado 5). El contenido en materia orgánica es por lo menos del 4% si las exigencias de color no se tienen en cuenta como consecuencia de la existencia de caliza fina. El límite superior del contenido en carbono orgánico del horizonte A mólico es el límite inferior del horizonte H hístico.

5. El espesor es de 10 cm. ó más si descansa directamente sobre roca dura, un horizonte petrocálcilo, un horizonte petrogípsico ó un duripan; el espesor del A debe ser por lo menos de 18 cm. y superior a 1/3 del espesor del "solum" cuando éste tiene menos de 75 cm., y debe ser superior a 25 cm. cuando el solum tiene más de 75 cm. de espesor
  
6. El contenido en  $P_2O_5$  soluble en ácido cítrico al 1% es menor de 250 ppm (a menos que la cantidad de  $P_2O_5$  soluble en ácido cítrico aumente bajo el horizonte A ó contenga nódulos de fosfato como puede ocurrir cuando el material de partida es muy rico en fosfatos). Se hace restricción para eliminar capas labradas, suelos de cultivo muy antiguos ó "kitchen middens". Tales horizontes son horizontes A antrópicos. A la escala del mapa no es posible su utilización como horizonte de diagnóstico.

#### HORIZONTE A ÚMBRICO

Las exigencias del horizonte A úmbrico son comparables a las del A mólico en el color, contenido en materia orgánica y fósforo, consistencia, estructura, espesor y pureza (value) n de color. El horizonte A úmbrico tiene, sin embargo, un grado de saturación menor del 50% (por el método del  $NH_4O$  Ac). La restricción contra un horizonte macizo y duro ó muy duro cuando el suelo está seco se aplica sólo a aquellos horizontes que pueden llegar a desecarse. Si

el horizonte está siempre húmedo no hay restricción sobre su consistencia ó estructura.

Horizontes que adquirieron las exigencias citadas anteriormente por medio de lentas adiciones de materiales, por estar sometidos a un sistema de cultivo, se excluyen de los horizontes A úmbricos. Estos horizontes son los llamados horizontes A plaggen. Sin embargo, como consecuencia de la escala del mapa no ha sido posible la separación de los suelos caracterizados por estas capas superficiales originadas por la actividad humana.

#### HORIZONTE A ÓCRICO

Es un horizonte que tiene un color demasiado claro, que tiene una intensidad de color (chroma) demasiado alta, tiene demasiado poca materia orgánica o es demasiado delgado para ser mólico o úmbrico, ó es duro y macizo cuando se seca.

Para separar los yermosoles de los xerosoles se estableció una distinción entre horizontes A débilmente ócricos y muy débilmente ócricos :

- Un horizonte A muy débilmente ócrico tiene un contenido muy bajo en materia orgánica, con un porcentaje medio, en peso, de la misma, menor del 1% en un espesor de 40 cm. a partir de la superficie, si la relación media en peso de arena / arcilla para esta profundidad es igual ó menor que 1; ó menos del 0,5% de materia orgánica si la proporción en peso arena/arcilla es igual ó superior a 13; para relaciones intermedias de arena/arcilla, el contenido en materia orgánica también es intermedio. Cuando existe roca compacta, un horizonte petrocálcico ó petrogípsico ó

un duripán entre 18 y 40 cm., el contenido en materia orgánica mencionado anteriormente debe ser menor que 1.2 y 0.6 % respectivamente, en un espesor de 18 cm. a partir de la superficie del suelo.

- Un horizonte A débilmente ócrico tiene un contenido en materia orgánica que es intermedio entre los de un horizonte A muy débilmente ócrico y el que requiere un horizonte A mólico.

#### HORIZONTE B ARGILICO

Es un horizonte que contiene arcilla cristalizada iluvial. Este horizonte se forma bajo otro horizonte eluvial, pero puede estar en superficie si el suelo fué truncado parcialmente. El horizonte B argílico tiene las siguientes propiedades :

1. Si todavía queda un horizonte eluvial, el horizonte B argílico contiene más arcilla total y más arcilla fina que el horizonte eluvial, excluyendo las diferencias que puedan resultar de una discontinuidad litológica. El incremento de arcilla se produce en una distancia vertical igual ó inferior a 30 cm.
  - a. Si alguna parte del horizonte eluvial tiene menos del 15% de arcilla total en la fracción tierra fina (inferior a 2 mm.), el horizonte B argílico debe contener como mínimo un 3% más de arcilla (p.e. 13% en el B argílico, contra 10% en el eluvial).
  - b. Si el horizonte eluvial tiene más del 15% y menos del 40% de arcilla total en la fracción tierra fina, la relación de la arcilla en el B argílico a la del horizonte E debe ser de

1.2 ó mayor.

- c. Si el horizonte eluvial tiene más del 40% de arcilla total en la fracción tierra fina, el horizonte B argílico debe contener como mínimo un 8% más de arcilla. (p.e. 50% en el B argílico contra 42% en el E).
2. Un horizonte B argílico debe tener como mínimo un espesor de 1/10 de la suma del espesor de todos los horizontes situados encima de él, ó más de 15 cm. si los horizontes eluvial e iluvial tienen más de 150 cm. de espesor. Si el horizonte B es arenoso ó arenoso-franco debe tener como mínimo 15 cm. de espesor y si es franco ó arcilloso debe tener como mínimo 7.5 cm. Si el horizonte B está compuesto en su totalidad por "láminas", la lámina debe tener un espesor igual ó superior a 1 cm. y el espesor del horizonte en conjunto debe tener un mínimo de 15 cm.
  3. En suelos con estructura maciza ó de grano suelto, el horizonte B argílico tiene arcilla orientada enlazando los granos de arena y también en algunos poros.
  4. Si existen agregados, un horizonte B argílico tiene alguno de los siguientes rasgos: (a) muestra clay-skins sobre alguna de las superficies horizontal y vertical de los agregados y en los poros finos, ó muestra arcillas orientadas en un 1% ó más de la sección transversal, (b) si el horizonte B tiene un límite superior irregular ó interrumpido y satisface las exigencias de espesor y diferenciación textural tal como se definen en los apartados 1 y 2, debe tener clay-skins por lo menos en la parte inferior del horizonte, (c) si el horizonte B es arcilloso, con arcilla caolinítrica y el horizonte superficial tiene más de un 40% de arcilla, hay clay-skins sobre los agregados y en los po-

ros de la parte inferior del horizonte que tiene una estructura en bloques ó prismática; (d) sí el horizonte B es arcilloso con arcillas de tipo 2 : 1, los clay-skins pueden faltar, siempre que haya pruebas evidentes de presión producidas por hinchamiento; ó si la relación de arcilla fina a arcilla total en el horizonte B es, cómo mínimo, superior en 1/3 a la misma relación en el horizonte situado encima ó debajo de él ó si tiene más de un 8% de arcilla fina; las evidencias de presión pueden ser slickensides ocasionales ó límites del horizonte ondulados en el horizonte iluvial, acompañados por granos de arena ó limo no recubiertos en el horizonte situado encima.

5. Si un suelo muestra una discontinuidad litológica entre el horizonte eluvial y el B argílico, ó si el horizonte B argílico está recubierto solamente por una capa de laboreo, el horizonte necesita mostrar clay-skins sólo en alguna parte : bien en algunos poros finos ó, si existen agregados, sobre alguna de las superficies vertical u horizontal de estos agregados. En lámina delgada se apreciará que alguna parte del horizonte tiene alrededor de un 1% ó más de cuerpos de arcilla orientada, ó la relación de arcilla fina a arcilla total será como mínimo superior en 1/3 a la del horizonte situado encima ó debajo de él.
6. El horizonte B argílico carece del conjunto de propiedades que caracterizan al horizonte B nátrico.

#### HORIZONTE B NÁTRICO

El horizonte B nátrico tiene las propiedades 1. al 5. del horizonte B argílico, tal como se describieron anteriormente. Tiene además :

1. Una estructura columnar o prismática en alguna parte del horizonte B, ó una estructura en bloques con lenguas de un horizonte eluvial (en el que hay granos de arena o limo no recubiertos) que penetran más de 2.5 cm. dentro del horizonte.
2. Una saturación con Na de cambio mayor del 15% en los 40 cm. superiores del horizonte ó más Mg 4 Na de cambio que Ca H (acidez) de cambio (a pH 8,2) en los 40 cm. superiores del horizonte si la saturación con Na de cambio es superior al 15% en algún subhorizonte dentro de una profundidad de 2 m. a partir de la superficie.

#### HORIZONTE B CÁMBICO

Es un horizonte de alteración que carece de las propiedades que satisfacen las exigencias de un horizonte B argílico, nátrico ó espódico ; no presenta colores oscuros, ni el contenido en materia orgánica y la estructura del horizonte H hístico, ó de los horizontes A mólico y úmbrico; no presenta cementación, endurecimiento ó consistencia quebradiza cuando el suelo está húmedo. Presentando las propiedades siguientes :

1. Textura : arenoso muy fino, arenoso franco muy fino, ó más fino.
2. Estructura de suelo ó ausencia de estructura de roca en, por lo menos, la mitad del volumen del horizonte.
3. Cantidades significativas de minerales alterables, reflejada en una capacidad total de cambio (por  $\text{NH}_4\text{O Ac}$ ) de más de 16 Meq. por 100 gr. de arcilla, ó por un contenido superior al 3% en minerales alterables, a excepción de la moscovita, ó con más de un 6% de moscovita.

4. Evidencia de alteración en una de las formas siguientes :

- a. Un mayor contenido en arcilla que el horizonte subyacente.
- b. Una intensidad (chroma) de color más fuerte ó un matiz (hue) más rojo que el horizonte subyacente.
- c. Evidencia de eliminación de carbonatos (cuando los carbonatos estan presentes en el material de partida ó en el polvo que cae sobre el suelo) reflejada particularmente por un contenido más bajo en carbonatos que el horizonte subyacente de acumulación de carbonato cálcico; si todos los fragmentos gruesos de este horizonte estan totalmente recubiertos por caliza, una cierta proporción de ellos en el horizonte cámbico debe estar libre de revestimientos; si los fragmentos gruesos están recubiertos sólo en la parte inferior, los del horizonte cámbico estarán libres de recubrimientos.
- d. Evidencia de procesos de reducción ó de reducción y liberación de hierro, reflejada por colores dominantes en húmedo, en las caras de los agregados ó en la matriz si no existen agregados, de la siguiente forma :

- Intensidades (chromas) de 2 ó menos de 2 si hay moteado.
- Si no hay moteado y la pureza (value) de color es menor de 4, la intensidad será menor de 1; si la pureza es de 4 ó más, la intensidad será igual a 1 ó menor que 1.
- El matiz (hue) no es más azul que 10Y si éste cambia al exponer el suelo al aire.

5. Espesor suficiente para que su límite inferior esté por lo menos a 25 cm. de la superficie del suelo.

## HORIZONTE B ESPÓDICO

Este horizonte reúne una ó más de las siguientes condiciones por debajo de una profundidad de 12.5 cm. ó bajo un horizonte Ap si existe :

1. Tiene un subhorizonte de más de 2.5 cm. de espesor que está en toda su extensión cementado por una combinación de materia orgánica con hierro ó aluminio ó con ambos.
2. Tiene una textura arenosa ó franca-gruesa con gránulos oscuros aparentes del tamaño del limo grueso ó con granos de arena cubiertos de revestimientos fragmentados.
3. Tiene uno ó más subhorizontes; en los que :
  - a. Si hay 0.1% ó más de hierro extraíble, la relación de hierro más aluminio (como elemento) extraíbles con pirofosfato a pH 10 al porcentaje de arcilla, es igual ó mayor que 0.2 ( $\% \text{ Fe} + \text{ Al}$  extraíbles con pirofosfato a pH 10 /  $\% \text{ de arcilla} \geq 0.2$ ) ó si hay menos del 0.1% de hierro extraíble, la relación de aluminio más carbono a arcilla es igual ó superior a 0.2 ( $\% \text{ Al} + \text{ C}$  extraíbles con pirofosfato /  $\% \text{ arcilla} \geq 0.2$ ).
  - b. La suma de hierro más aluminio extraíbles con pirofosfato es la mitad ó más de la suma del hierro más aluminio extraíbles con ditionato-citrato ( $\%(\text{Fe} + \text{ Al})$  extraíbles con pirofosfato :  $\%(\text{Fe} + \text{ Al})$  extraíbles con ditionato-citrato  $\geq 0.5$ ).
  - c. El espesor y el desarrollo son suficientes para que el índice de acumulación de material amorfo (suma de los productos, CEC

a pH 8.2 - 1/2 del porcentaje de arcilla x el espesor en cm.) en los horizontes que satisfacen las condiciones precedentes sea de 65 ó más.

#### HORIZONTE B ÓXICO

Es un horizonte que, excluyendo los horizontes B argílico ó nátrico :

1. Tiene 30 cm. de espesor por lo menos.
2. Tiene una fracción tierra fina que retiene 10 Meq. ó menos de ión amonio por 100 g. de arcilla a partir de una solución no amortiguada de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 N (meq. de  $\text{NH}_4$  retenidos por 100 g. de suelo x 100 : % de arcilla  $\leq$  10) ó tiene < 10 Meq. de bases extraíbles con  $\text{NH}_4\text{OAc}$  más aluminio extraíble con  $\text{KCl}$  1N por 100 g. de arcilla.
3. Tiene una capacidad de cambio catiónico aparente para la fracción tierra fina igual o inferior a 16 Meq. (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) por 100 g. de arcilla, salvo que exista una apreciable cantidad de clorita aluminica interestratificada (meq. CEC por 100 g. de suelo x 100 : % de arcilla  $\leq$  16).
4. No presenta más que trazas de aluminosilicatos primarios tales como feldespatos, micas, vidrios y minerales ferromagnesianos.
5. Tiene una textura francoarenosa ó más fina en la fracción tierra fina y tiene más de un 15% de arcilla.
6. Tiene en su mayor parte límites graduales ó difusos entre sus subhorizontes.

7. Tiene menos de un 5% de su volumen mostrando estructura de roca.

#### HORIZONTE CÁLCICO

Es un horizonte de acumulación de carbonato cálcico. La acumulación puede ser en el horizonte C, pero puede presentarse también en un horizonte B ó A.

El horizonte cálcico está formado por un enriquecimiento en carbonato secundario en un espesor de 15 cm. ó más, que tiene un contenido equivalente en  $\text{CO}_3\text{Ca}$  del 15% ó más y que tiene un contenido equivalente de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  superior, como mínimo, en un 5% al del horizonte C. Esta última condición se expresa en volumen si los carbonatos secundarios se presentan en el horizonte cálcico como "colgantes" sobre guijarros, como concreciones ó en formas pulverulentas blandas; si estos horizontes cálcicos descansan sobre materiales muy calizos (40% ó más en equivalente de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ), el porcentaje de carbonatos no necesita decrecer con la profundidad.

#### HORIZONTE GÍPSICO

Es un horizonte de enriquecimiento en sulfato cálcico secundario, que tiene más de 15 cm. de espesor, tiene, como mínimo, un 5% más de yeso que el horizonte C subyacente, y en él, el producto del espesor en cm. por el porcentaje de yeso es igual ó superior a 150 . Si el contenido en yeso se expresa en Meq. por 100 g. de suelo, el porcentaje de yeso se puede calcular a partir del producto de los Meq. de yeso por 100 g. de suelo por el Meq. en peso del yeso, que es 0.086. El yeso se puede acumular uniformemente en toda la matriz del suelo ó como drusas cristalinas; en los materiales gravillosos el yeso se puede acumular como colgantes bajo los fragmentos gruesos.

## HORIZONTE SULFÚRICO

Se forma como resultado de un drenaje artificial y oxidación de los materiales minerales u orgánicos ricos en sulfuros. Se caracteriza por un pH menor de 3.5 (1:1 en agua) y manchas de jarosita con un matiz (hue) igual o mayor que 2.5 Y y una intensidad (chroma) de color igual ó superior a 6.

## HORIZONTE E ÁLBICO

Es un horizonte en el que la arcilla y los óxidos de hierro libres han sido eliminados ó en el que los óxidos han sido segregados hasta el punto que el color del horizonte viene determinado por el color de las partículas primarias de arena y limo, más que por los revestimientos sobre estas partículas.

La pureza (value) de color, en húmedo, de un horizonte E álbico es  $\geq 4$ , o  $\geq 5$  en seco, ó cumple ambas condiciones de color al mismo tiempo. Si la pureza de color, en seco, es de 7 ó más, ó de 6 ó más en húmedo, la intensidad (chroma) debe ser  $\leq 3$ . Si los materiales de partida tienen un matiz (hue) de 5YR ó más rojo, se permite en el horizonte E álbico una intensidad, en húmedo, de 3, si ésta intensidad se debe al color de los granos de arena ó limo sin revestimientos.

Un horizonte E álbico puede estar situado sobre un horizonte B espódico, un B argílico ó nátrico, un fragipan ó una capa impermeable que produciría una capa de agua suspendida.

## 8.2. TIPOS DE REGIMENES DE HUMEDAD DE SUELOS (USDA)

Los regímenes de humedad se definen en términos de nivel de aguas subterráneas, y en términos de presencia ó ausencia de agua a una tensión inferior a los 15 bars en los distintos controles efectuados durante el año. En el espíritu de las definiciones ya figura la idea de que el suelo manteniendo la vegetación que sea es capaz de resistirlo. En otras palabras, se trate de la cosecha, la hierba, ó la vegetación autóctona, no están siendo barbechados los suelos para aumentar la cantidad de humedad almacenada, ni están siendo regados por el hombre. Estas prácticas de cultivo afectan a las condiciones de humedad del suelo durante el tiempo en que se realizan.

REGIMEN AQUICO : El régimen áquico implica un régimen de reducción que virtualmente está libre de la disolución de oxígeno, puesto que el suelo se halla saturado por agua subterránea ó por agua procedente de los plexos capilares.

Algunos horizontes se hallan, en ocasiones, saturados con agua, habiendo oxígeno disuelto, sea porque el agua está en movimiento, o sea porque el medio es desfavorable para los microorganismos por ejemplo, si la temperatura es inferior a 1°C. tal régimen no se considera como áquico.

El tiempo durante el cual el suelo debe permanecer saturado para poder decir que se trata de un régimen de humedad áquico no se conoce. La duración ha de ser como mínimo de unos pocos días, ya que está implícito en el concepto que el oxígeno disuelto se halla virtualmente ausente.

Ya que el oxígeno disuelto es eliminado de las aguas subte-

rráneas por la respiración de los microorganismos, raíces, y la fauna del suelo, está también implícito en la definición el que la temperatura del suelo esté por encima del cero biológico ( $5^{\circ}\text{C}$ ), en algunas ocasiones mientras el suelo del horizonte está saturado.

Muy frecuentemente el nivel del agua subterránea fluctúa, dependiendo de la estación. El nivel es mayor en la época de lluvias, ó en otoño, invierno, ó primavera, si las bajas temperaturas detienen eventualmente la evapotranspiración. Son suelos, de cualquier modo, en los cuales el agua subterránea se halla siempre en o muy cerca de la superficie.

REGIMEN ARIDICO Y TORRICO : Estos términos se usan para un mismo régimen de humedad pero en categorías diferentes dentro de la clasificación de suelos.

En el régimen de humedad arídico (tórrico), el control de la humedad en la mayoría de los años muestra: 1. sequía en su totalidad, que aumenta con el paso del tiempo, es acumulativa, la temperatura del suelo a 50 cm. está por encima de los  $5^{\circ}\text{C}$  y 2. nunca humedad en parte o en la totalidad, durante 90 días consecutivos, cuando la temperatura del suelo a 50 cm. está por encima de los  $8^{\circ}\text{C}$ .

Normalmente los suelos con estos regímenes se hallan en climas áridos. Unos pocos se hallan en climas semiáridos y tienen también propiedades físicas que los mantienen secos, tales como una costra superficial que impide la infiltración de agua, o son muy superficiales, pués se hallan sobre la roca madre. Hay poco, o no, hay lavado en estos regímenes, y se acumulan sales solubles en el suelo si existe una fuente de las mismas.

Los límites de la temperatura del suelo excluyen de ellos,

las regiones muy frías y secas de Groenlandia e islas adyacentes.

REGIMEN UDICO : Lleva implícito el que en la mayoría de los años, el control de humedad muestra que no hay sequía en parte alguna durante 90 días (acumulativos). Si la media anual de las temperaturas del suelo es inferior a  $22^{\circ}\text{C}$ , y si las medias de invierno y verano de las mismas temperaturas, a una profundidad de 50 cm. difieren en  $5^{\circ}\text{C}$  ó más, el control de humedad no muestra sequía en parte alguna durante 45 días consecutivos en los cuatro meses que siguen al solsticio de verano en 6 ó más años de entre 10. En suma, el régimen údico requiere, excepto para períodos cortos, un sistema trifásico, sólido-líquido-gas, en parte, aunque no necesariamente en todo, el suelo cuando la temperatura está por encima de  $5^{\circ}\text{C}$ .

El régimen údico es común a los suelos de clima húmedo que tienen buena distribución de las lluvias o que tienen suficiente lluvia en verano como para que la suma de la humedad almacenada más la caída de la lluvia sea aproximadamente igual o superior al total de la evapo-transpiración. El agua penetra en algunas ocasiones en la mayoría de los años.

Aún cuando la precipitación excede a la evapotranspiración todos los meses, durante la mayoría de años, ocasionalmente hay períodos breves en los que parte de la humedad retenida es utilizada, pero la tensión de humedad raramente llega a ser de 1 bar durante el control. El agua penetra sino hiela. Este régimen extremo se denomina perúdico.

REGIMEN USTICO : Este régimen es intermedio entre el arídico y el údico. La idea es de humedad límite, pero hay humedad cuando las condiciones son favorables para el crecimiento de las plan-

tas. Este régimen no se aplica a suelos que tienen unos regímenes de temperaturas crícos ó pergélcos.

Si la media anual de temperaturas de suelo es de 22°C ó 22°C ó mayor, ó si las medias de verano e invierno varían en menos de 5°C a una profundidad de 50 cm., el control es seco en alguna ó en todas las partes durante 90 ó más días seguidos, en la mayoría de los años. Pero el control muestra humedad en alguna parte durante algo más de 180 días seguidos o hay humedad continuamente en alguna parte durante como mínimo 90 días consecutivos.

Si la media anual de temperaturas de suelo está por debajo de 22°C y las medias de verano e invierno difieren en 5°C ó más a una profundidad de 50 cm., el control muestra sequía en alguna o en todas las partes durante 90 días ó más, seguidos, en la mayoría de los años. Pero no está seco en todas partes, por más que transcurra el tiempo, cuando la temperatura del suelo es superior a 5°C a 50 cms. de profundidad. (régimen arídico y tórrico). Tampoco está seco en todas partes durante 45 días consecutivos, en los cuatro meses que siguen al solsticio de verano en 6 ó más años de entre 10., si el control muestra humedad en la totalidad durante 45 ó más días consecutivos en los 4 meses que siguen al seolsticio de invierno en 6 ó más años de entre 10. (régimen xérico).

En las regiones tropicales o subtropicales que tienen una ó dos estaciones secas, verano e invierno, tienen poca significación. En aquellas regiones, el régimen ústico está representado por un clima monzónico que tiene como mínimo una estación lluviosa de 3 ó más meses de duración. En las regiones templadas de clima subhúmedo ó semi-árido, las estaciones lluviosas son generalmente la primavera y el verano,, o la primavera y el otoño, pero nunca el invierno. Las plantas autóctonas son principalmente anuales ó tienen un estadio

de letargo mientras el suelo permanece seco.

REGIMEN XERICO : Se halla tipificado en los climas mediterráneos, donde los inviernos son húmedos y fríos y los veranos cálidos y secos. La humedad conforme avanza el invierno, cuando el potencial de evapo-transpiración muestra un mínimo, es particularmente efectiva para el lavado.

En un régimen xérico, el control aparece seco en su totalidad durante 45 ó más días consecutivos dentro de los meses que siguen al solsticio de verano, en 6 ó más de entre 10 años. Está húmedo durante 45 ó más días consecutivos, en su totalidad, dentro de los 4 meses que siguen al solsticio de invierno, en 6 ó más de entre 10 años. Está húmedo en alguna parte a medida que pasa el tiempo, acumulativamente, que la temperatura del suelo a 50 cm. es superior a 5°C. ó en 6 ó más años de entre 10, está húmedo en alguna parte como mínimo 90 días consecutivos cuando la temperatura del suelo a 50 cms. es continuamente superior a 8°C. En suma, la media anual de las temperaturas del suelo, está por debajo de los 22°C., y las medias de verano e invierno de las temperaturas del suelo, varía en )°C. ó más a una profundidad de 50 cms., ó en un contacto litivo ó paralítico, siendo cualquiera de ambos superficial.

8.5. DETERMINACION DEL ANALISIS MECANICO : METODO  
DEL HIDROMETRO

FUNDAMENTO : El método del hidrómetro o densímetro de Bouyoucos determina la densidad de la dispersión de la tierra fina en los diferentes tiempos en los que se han sedimentado las diferentes fracciones granulométricas.

REACTIVOS :

- Solución dispersante :  $\text{CO}_3\text{Na}_2$  7,94 gr.  
hexametáfosfato sódico 35,70 gr.
- Agua oxigenada de 110 volúmenes.

TECNICA : Se parte de suelo seco al aire, molido con rodillo de madera y pasado por tamiz de 2 mm. de luz (bronce perforado, perforaciones redondas). Se homogeneiza. De este material bien homogeneizado se toman 40 gr. y se secan durante la noche a  $105^\circ\text{C}$ , determinandose el peso.

Se pesa otra fracción de 40 gr. y con ella se efectua el análisis granulométrico.

Se destruye la materia organica de los 40 gr. de tierra destinados para hacer el análisis granulométrico. Para la destrucción de materia orgánica establecer el siguiente baremo:

| % M.O.          | $\text{H}_2\text{O}_2$ de 110 volúmenes |
|-----------------|---|
| 1 - 2 . . . . . | 10 ml.                                  |
| 2 - 3 . . . . . | 20 ml.                                  |
| 3 - 4 . . . . . | 30 ml.                                  |
| 4 - 5 . . . . . | 40 ml.                                  |
| 5 - 6 . . . . . | 50 ml.                                  |
| 6 - 7 . . . . . | 60 ml.                                  |

Las adiciones de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se efectúan en fracciones de 10 en 10 ml.

La primera adición se realiza sobre suelo saturado en agua, dejando después de cada adición 1 ó 2 horas a temperatura ambiente. Se lleva a un baño María a 70 - 80°C. una vez acabadas las adiciones. Se mantiene en el baño de agua para eliminar totalmente el agua oxigenada en exceso.

En los suelos en los que la conductividad del extracto 1/5 es mayor a 1,0 mmhos/cm. debe efectuarse un lavado de sales para evitar la floculación de los coloides. Para ello se centrifuga hasta lograr sobrenadante límpido. El sobrenadante se elimina y la técnica se continúa sobre residuo sólido.

**DISPERSION :** Se pasa ahora el suelo a una botella de 1 litro de capacidad por medio de un chorro fino de agua, procurando no emplear más de 300 c.c. Se enrasa aproximadamente a 300 c.c. y se añaden 50 c.c. de solución dispersante. Se agita durante la noche en agitador rotatorio a 120 r.p.m.

**DETERMINACION DE FRACCIONES :** La suspensión del suelo con el dispersante, una vez agitada, se pasa a las probetas de sedimentación (con un embudo) pasando por un filtro de 0,200 mm. recogiendo la arena gruesa en cápsula de porcelana con ayuda de un chorro fino de agua destilada poniéndolo a desecar a 105°C., y el resto de la suspensión del suelo que pasa a la probeta a través del filtro, se completa con agua destilada a 1 litro.

En otra probeta idéntica se añaden 50 c.c. de dispersante y se completa con agua destilada hasta 1 litro.

Se agita con el agitador de probetas durante 30 segundos procurando que al llegar éste a la parte superior el movimiento sea lento para evitar salpicaduras. Cuando el agitador esté en la parte baja, darle movimientos rápidos y hacerlo girar para evitar que queden partículas en los ángulos del fondo de la probeta. Se termina la agitación con 3 movimientos suaves de subida y bajada. Sacar el agitador y escurrir las gotas de líquido que quedan en él.

Se toma el tiempo inmediato a la salida del agitador con un cronómetro. El hidrómetro se introduce en la suspensión 30 segundos antes de cada medida, suavemente para evitar remover la suspensión. La primera medida se realiza a los 30 segundos de finalizada la agitación. Se deja el hidrómetro dentro de la suspensión y se realiza una nueva medida a los 30 segundos del anterior. Así mismo se efectúa una lectura en la probeta que no contiene suelo y se toma la temperatura del líquido que hay en el interior.

Se efectúan medidas a los 3 minutos, a los 10, a los 30, a los 90, y a las 19 horas.

Realizadas las medidas con el hidrómetro se pasa el contenido de las probetas a través de un tamiz de 0,050 mm. de luz para que queden retenidas las partículas mayores de 50 micras. Todo el material retenido en el tamiz se lava con chorro fino de agua y se recoge sobre una cápsula que se lleva a la estufa a 105 °C durante la noche.

Una vez estén vacías las cápsulas se procede a tararlas.

## DETERMINACIÓN DE LA SALINIDAD : METODO POTENCIOMETRICO

FUNDAMENTO : El método potenciométrico, se basa en la relación existente entre la concentración salina y la conductividad eléctrica. Un agua que contenga sales disueltas, conduce una corriente eléctrica proporcional a la cantidad de dichas sales, y si bien no existe una correlación tan perfecta en el caso de extractos de suelos, la determinación de la conductividad, es una indicación aceptable de la concentración de sales solubles.

La conductividad o bien su inversa (resistividad), se determina mediante las llamadas células conductimétricas en un extracto del suelo con una relación suelo-agua determinada.

## REACTIVOS :

- K Cl 0,01 N

TECNICA : METODO DEL EXTRACTO 1:5. Pesamos 25 grs. de suelo desecado al aire y tamizado, se colocan en un erlenmeyer de 250 cc. y añadiendo 125 c.c. de agua destilada se agita la suspensión durante 1 minuto unas tres veces dejándola después en reposo durante 24 horas. Se decanta con cuidado en vasos de precipitados de 50 c.c. procurando que no pase tierra y se deja en reposo una media hora leyendo a continuación en el conductímetro.

Al tiempo que se decantan los extractos de las muestras en los vasos, que deben dejarse 15 minutos en reposo antes de leer, en otro vaso se pone igual cantidad de una solución patrón de salinidad conocida. De esta manera se rectifica la variación debida a la temperatura de los extractos (suele aumentar la conductividad en los extractos en un 2% cada grado que se eleva) ya que el patrón y los extractos tendrán la misma temperatura, quedando además corre-

gido el factor de la célula. Al tiempo que se hace la lectura se toma la temperatura de la prueba en blanco.

| <u>T</u> | <u>R</u> |
|----------|----------|
| 25       | 362      |
| 24       | 369      |
| 23       | 376      |
| 22       | 384      |
| 21       | 392      |
| 20       | 400      |
| 19       | 408      |
| 18       | 417      |
| 17       | 426      |
| 16       | 436      |
| 15       | 446      |

DETERMINACION DEL FOSFORO EN EL SUELO : METODO  
OSMOND - BRAY

FUNDAMENTO : El método de OSMOND-BRAY se basa en el color azul del producto de reducción del ác. molibdofosfórico.

Se cree que los heteropolícomplejos del ác. molibdofosfórico, se forman mediante la coordinación del grupo molibdato, actuando el fósforo como átomo central del complejo y reemplazando los grupos molibdato a los O del grupo  $PO_4^{3-}$ :



El método de Osmond presenta muchas modificaciones. La modificación que usamos es menos sensible que otras, pero, permite la determinación hasta 200 ppm de Fe, es menos sensible a las variaciones de acidez y elimina los efectos de los arseniatos.

El fósforo se extrae del suelo mediante la solución de  $NH_4F$  y  $HCl$ . La adición del reactivo A da lugar a la formación del Ac. Fosfomolibdico que es reducido por el 1,2,4 aminonaftolsulfónico (reactivo B) dando coloración azul. Las interferencias ocasionadas por el Arsénico, se eliminan mediante el  $Na_2SO_3 - NaHSO_3$ .

El rango de detección para la coloración azul del complejo de fósforo es de 660 mm.

REACTIVOS :

- Solución extractante : Solución de  $NH_4F$  0,03 N } a.a.
- Solución de  $HCl$  0,1 N }
- Reactivo A (Disolver 10 g. de  $(NH_4)_2MoO_4$  en 85 c.c. de agua destilada y mezclar la solución obtenida con

- 16 c.c. de agua destilada en 1.70 de HCl concentrado).
- Reactivo B. (2,5 g. de ác. 1,2,4, aminonaftolsulfónico con 5 g. de Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> y 146,25 de HNaSO<sub>3</sub>. Pulverizar la mezcla hasta polvo fino. Disolver 3 g. de esta mezcla en 50 c.c. de agua destilada caliente).

TECNICA : Se pesa 1 g. de suelo que se introduce en un erlenmeyer de 50 c.c. al que se añaden 20 c.c. de solución extractante. Se agita durante 40 segundos y se filtra. Se toman con una pipeta, 2 ml. de este filtrado, se colocan en un tubo de ensayo y se añaden 10 c.c. de agua destilada; seguidamente se agrega 10 gotas de reactivo A y se agita el tubo añadiendo a continuación 10 gotas de reactivo B. Se agita de nuevo y se deja reposar durante 15 minutos, al cabo de los cuales se lleva al fotocolorímetro para verificar la lectura correspondiente. Antes de realizar dichas lecturas se ajusta el fotocolorímetro a 0 mediante 12 ml. de H<sub>2</sub>O destilada + Reac. A + Reac. B, y con una solución patrón (50% c.c. P205) se determina un nuevo punto de la curva. Previamente se ajusta el colorímetro a 660 mm. (filtro rojo).

## DETERMINACION DE K : METODO DEL FOTOMETRO DE LLAMA

FUNDAMENTO : El análisis por fotometría de llama se basa en la posibilidad de detectar cualitativamente y cuantitativamente la presencia de un elemento en una disolución. Ello es debido a la emisión de radiación, espectro de emisión característico de cada elemento, que se logra al volatilizarlo en el seno de una llama.

La determinación consiste en mezclar la solución problema con aire comprimido y un gas inflamable. Al quemarse la mezcla, los iones ( $K^+$ ) son excitados atómicamente, saltando los electrones de la capa externa a otra de nivel energético superior, y por tanto más inestable, volviendo inmediatamente el electrón a su nivel inicial. En este salto energético hay un desprendimiento de energía, que se emite en forma de radiación luminosa (espectro de emisión característico), que es captado por la célula fotoeléctrica, que a su vez transforma la luz en corriente eléctrica, cuya intensidad es medida por un galvanómetro.

La longitud de onda de emisión se selecciona mediante un filtro adecuado para el elemento que queremos determinar. De ordinario se recurre a seleccionar las bandas más intensas o características, tendiéndose a eliminar las interferencias de emisiones de longitud de onda más próximas.

## REACTIVOS :

- Solución extractante: acetato amónico 1N (pH 7)

TECNICA : Del mismo extracto del suelo obtenido para la determinación de Ca y Mg, se toma una parte alicuada, en donde se valora el potasio mediante fotometría de llama.

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA  
DE UN SUELO (CURVAS DE pH)  
EXTRACTOR DE PRESION-MEMBRANA DE RICHARDS

FUNDAMENTO : El método se basa en aplicar una determinada presión a una muestra de suelo (previamente humedecida por ascensión capilar y escurrida) dispuesta sobre una membrana de cerámica permeable al agua, determinando luego el contenido de humedad de la misma por desecación a 105 °C, cuando el suelo sometido a esta tensión no cede más agua, es decir, alcanza el equilibrio.

MATERIAL : Extractores de presión-membrana de Richards.

Compresor de aire con regulador de presión.

Manómetros.

Anillos de goma.

Placas de porcelana porosa.

Estufa.

Balanza.

PROCEDIMIENTO : Para cada tensión a aplicar se colocan sobre una placa de cerámica tres anillos de goma que se llenan con la muestra de suelo. Se añade agua destilada a la placa y se deja saturar por ascensión capilar durante 48h. las muestras de suelo, para que se establezca equilibrio entre la placa y el suelo. Se colocan las placas en los extractores, se conectan los tubos de desagüe y se cierra la tapa del extractor.

La presión se mantiene durante 48 h. pasadas las cuáles se abren los extractores y se pesan 10 g. de suelo de cada uno de los anillos y se determina la humedad a 105 °C (se hace la media de los tres valores).

Hay cuatro extractores de presión-membrana que están sometidos a 1/10, 1/3, 1 y 15 atmósferas de tensión.

El contenido de agua a saturación ( $pF = 0$ ) se puede calcular determinando la humedad de la muestra antes de someterla a tensión.

DETERMINACION DE Ca y Mg ASIMILABLES : METODO  
COMPLEXOMETRICO

FUNDAMENTO : Se basa en la determinación por método volumétrico utilizando como reactivo una sustancia capaz de formar quelatos con los metales divalentes (el EDTA sódico) aprovechando las distintas constantes de equilibrio a diferentes pH de estos quelatos.

REACTIVOS :

- Solución extractante: Acetato Amónico 1N, pH = 7
- Solución NaOH 2,5 N.
- E.D.T.A. Na N/50
- Solución de KCN 1/1000. (p/v).
- Solución tampón de pH = 10,1. (Disolver 67,5 g. de NH<sub>4</sub>Cl en 200 c.c. de agua destilada, añadir 570 c.c. de amoníaco concentrado y diluir con agua destilada hasta 1.000 c.c.)
- Indicador de (Ca Mg). Disolver 0,2 g. de Negro de Eriocromo T y 2 g. de Clorhidrato de Hidroxilamina en 30 c.c. de Alcohol Metílico.
- Indicador de Ca. (mezclar y pulverizar 40 g. de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> con 0,2 g. de ácido Calconcarboxílico).
- Solución patrón de Mg. (Se disuelven 1,014 g. de MgSO<sub>4</sub>. 7H<sub>2</sub>O en un litro de agua destilada).
- Solución patrón de Ca. (Se disuelve 1,2486 g. de CaCO<sub>3</sub> con 5 c.c. de HCl 1 : 1 y se completa a 500 c.c. con agua destilada. 1 c.c. corresponde a 1 mgr. de Ca).

TECNICA : El extracto se prepara por percolación, después de reposar 24 horas y agitar antes tres veces durante 1 minuto, 5 g. de suelo en 100 c.c. de solución extractante.

VALORACION Ca : Se pipetea 25 c.c. del extracto del suelo y

se pasan a un erlenmeyer añadiendo 100 c.c. de agua destilada, 2 c.c. de solución de KCN, 15 c.c. de NaOH y 0,3 g. de indicador calconcarboxílico.

Agitar y valorar con E.D.T.A. hasta viraje (de rojo a azul).

VALORACION DE (Ca+Mg) : Pipetear 25 c.c. de solución problema, colocarlos en un erlenmeyer con 100 c.c. de agua destilada, 2 c.c. de solución de KCN, 6 c.c. de solución tampón y 10 gotas de indicador (Negro Eriocromo T) agitar y valorar hasta viraje (morado oscuro a azul).

## DETERMINACION DEL NITROGENO TOTAL EN EL SUELO : METODO

## KJELDAHL

FUNDAMENTO : La técnica se basa en valorar volumetricamente el amoníaco con Cl H, después de haber convertido las formas orgánica e inorgánica del N en el suelo en ese producto. Para ello se ataca el suelo con  $\text{SO}_4\text{H}_2$  y un catalizador, a los que se añade la acción del calor.

La acción del  $\text{H}_2\text{SO}_4$  consiste en oxidar el carbono orgánico a  $\text{CO}_2$  y producir así mismo la mineralización del nitrógeno orgánico a sal amónica, efecto producido por la acción reductora del  $\text{SO}_2$  formado, sobre el N orgánico.

El  $\text{K}_2\text{SO}_4$  que forma parte del catalizador, participa en el ataque aumentando el punto de ebullición del  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , lo cuál facilita el ataque por aumento de la temperatura del mismo.

Debido a la lentitud del proceso es necesaria la adición de un catalizador capaz de aumentar la cinética del proceso, utilizando en nuestro caso mezcla de selenio,  $\text{CuSO}_4$  y  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Con esta técnica la forma nítrica no se reduce a forma amoniacal y por tanto no se determina.

## REACTIVOS :

- Catalizador :  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$       20 g.
- Se                                      1 g.
- $\text{K}_2\text{SO}_4$                             100 g.
- Solución de NaOH saturada.
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  1:1
- Solución de HCl N/70 + indicador : Rojo metilo                      50 mg.
- Verde Bromocresol                    75 mg.

Alcohol 96°

20 c.c.

- para 5 l. de solución HCl N/70.
- Solución de  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  1000 ppm.

TECNICA : Se pesa lg. de suelo seco, tamizado y triturado en molinillo, y se coloca en un matraz Kjeldahl de 100 c.c. Añadir 1,5 g. de catalizador pulverizado y 7 c.c. de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 : 1. Comenzar el ataque calentando durante los primeros minutos lentamente y en cuanto empiece a desprender humos blancos de  $\text{SO}_3$  aumentar la llama. Al cabo de 30 minutos aproximadamente, se ha completado el ataque (color verde claro).

Debe efectuarse paralelamente una prueba en blanco para evitar los errores procedentes de los reactivos utilizados y los errores sistemáticos.

Se procede ahora a la destilación del amoniaco que se verifica en el aparato de "Bouat" previa puesta a "punto de viraje" del indicador mediante  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Una vez en régimen de funcionamiento se conecta el matraz Kjeldahl, y por el tubo de entrada del aire se introduce la sosa saturada (15 c.c.) hasta alcalinidad, y a continuación una pequeña cantidad de agua destilada con objeto de arrastrar la sosa. Seguidamente se calienta este con la ayuda de un mechero recogiendo el destilado en el matraz de reacción.

## DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA : METODO WALKLEY-BLACK

FUNDAMENTO : El método se basa en una oxidación por vía húmeda de la materia orgánica del suelo mediante un oxidante fuerte (dicromato potásico), en medio ácido.

El anión dicromato es reducido a  $\text{Cr}^{3+}$  mientras el carbono, cuyo grado de oxidación podemos considerar cero, se oxida a  $\text{CO}_2$ . A partir del dicromato consumido se calcula el porcentaje de carbono en la muestra.

El carbono orgánico se valora por retroceso, adicionando exceso de dicromato y dejándole el tiempo necesario para obtener una oxidación máxima de la M.O. (facilitada por la presencia de un ácido como el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y el calor desprendido por su propia dilución) y valorando después el dicromato no consumido. El  $\text{Cr}^{6+}$  que no ha reaccionado con el carbono orgánico se puede determinar reduciéndolo a  $\text{Cr}^{3+}$  mediante sal de Mohr (sal de  $\text{Fe}^{2+}$ ) de concentración conocida. Como indicador se utiliza difenilamina que cambia de color azul negrozco a color verde manzana (forma reducida).

## REACTIVOS :

- Dicromato Potásico 1 N.
- Ac. Sulfúrico concentrado.
- Ac. Fosfórico concentrado.
- Difenilamina (indicador).
- Sulfato ferroso amónico 0,5 N (Sal de Mohr)

TECNICA : Se pesa lg. de suelo (A), se traslada a un erlenmeyer de 250 c.c., se le añaden 10 c.c. de solución de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  1 N. y 20 c.c. de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado. Se agita suavemente durante treinta

segundos y se deja reposar 30 minutos. Se añaden después 100 c.c. de agua destilada y 10 c.c. de ácido fosfórico concentrado. Se deja enfriar 15 minutos aproximadamente. Cuando se ha enfriado, se le añaden 20 gotas de difenilamina con lo cual aparece un color azul-negrusco. A continuación, se inicia la valoración añadiendo el sulfato ferroso-amónico, 0,5 N, hasta que el color se vuelve verde manzana (con la bureta). Se añade de nuevo 1 c.c. de solución de  $K_2Cr_2O_7$  1N. y luego se prosigue la valoración con el sulfato ferroso amónico, lentamente gota a gota.

Paralelamente se efectua una prueba en blanco.

DETERMINACION DEL PH DEL SUELO : METODO DE LA PASTA  
SATURADA

FUNDAMENTO : El ph se mide con el sistema de electrodos vidrio calomelanos a causa de sus ventajas sobre el electrodo de hidrógeno o de quinhidrona, detectando la fuerza electromotriz que se establece en los electrodos, debido a la actividad del  $H^+$  presente en la solución.

REACTIVOS :

- K Cl 1N
- Solución tampón pH 7

TECNICA : Se llenan aproximadamente  $3/4$  partes de un vaso de precipitados de 50 ml. con la muestra de suelo 2 mm., seca al aire. A continuación se añaden fracciones de agua destilada, dejando que el suelo embeba cada fracción hasta que solamente queden sin mojar de 5-10 ml. del suelo.

Se agita el suelo con una varilla de vidrio hasta consistencia pastosa. El punto de pasta saturada se consigue cuando el suelo se halla completamente mojado y presente una superficie lisa y brillante libre de agua en exceso.

Paralelamente debe operarse con otra muestra de forma análoga, utilizando K Cl 1N hasta lograr el punto de pasta saturada.

Las lecturas se determinan electrométicamente mediante electrodos vidrio calomelanos, introduciéndolos en la pasta saturada, que previamente se habrá dejado en equilibrio durante 10'. La lectura no deberá realizarse antes de los 60 segundos para favorecer el contacto.

DETERMINACION DE CARBONATOS : METODO DEL CALCIMETRO  
DE BERNARD

FUNDAMENTO : El método se basa en la determinación gasométrica del CO<sub>2</sub> desprendido al atacar los carbonatos que contiene el suelo con ácido clorhídrico. Se realiza una determinación análoga con carbonato cálcico puro en idénticas condiciones, refiriendo el porcentaje de carbonatos existentes en el suelo al carbonato puro, en función de los respectivos volúmenes de CO<sub>2</sub> desprendido.

Este método es aplicable a suelos con bajo contenido en materia orgánica y con cantidades despreciables de MnO<sub>2</sub>.

REACTIVOS :

- Acido clorhídrico diluido 1:1
- Agua saturada de CO<sub>2</sub>.
- Carbonato cálcico reactivo.

TECNICA : Se pesan 0,5 grs. de suelo seco, tamizado y triturado en molinillo y se colocan en un erlenmeyer de 250 c.c. Se introduce con cuidado en el erlenmeyer que contiene la muestra de suelo anteriormente pesada, un tubo de ensayo de 2 ml. con ClH evitando que se vierta su contenido. Se ajusta el tapón del tubo del calcímetro de Bernard en el cuello del erlenmeyer, y se agita éste cuidadosamente de modo que al verterse el ClH contenido en el tubo de centrifuga reaccione con los carbonatos existentes en la muestra de suelo.

Leer el descenso del nivel del agua saturada de CO<sub>2</sub>, contenida en la rama graduada del calcímetro, cuidando de igualar los niveles de ambas ramas.

9. BIBLIOGRAFIA

ALBAREDA, J.M. y col. (1962)

Study of the soils of the Ebro Valley (III) provinces of  
Barcelona, Tarragona, Lérida and Gerona.  
Instituto de Edafología y Fisiología vegetal.

ALBERTOS. (1979)

Leyenda del mapa de suelos de Lérida  
Comunicación personal

ALLEN, O.N. and HAMATOVA, EVA

I.B.P. World Catalogue of Rhizobium collections  
Ed. Knapp, Drewet Ltd. England

AZCON, R., BAREA, J.M., y CALLAO, V. (1973)

Inoculación conjunta de microorganismos movilizadores de  
fósforo y Rhizobium en cultivos enarenados de judía : I  
Efectos sobre la parte aérea de las plantas en experiencias  
hasta floración  
Microbiol. Españ. 26 (1973), 31

BAREA, J.M., AZCON, R., GOMEZ, M. y CALLAO, V. (1973)

Inoculación conjunta de microorganismos movilizadores de  
fósforo y Rhizobium en cultivos enarenados de judía : II  
Efecto sobre la producción de flores y frutos.  
Microbiol. Españ. ,26,135

BEARD, B.H., KNOWLES, P.F.(1973)

Soybean research in California  
Bulletin 862.Caebad 862 1-70

BERNSTEIN, L., FRANCOIS, L.E., and CLARK, R.A. (1974)

Interactive effects of salinity and fertility on yields  
of grains and vegetables  
Agron.Journal vol 66 May-June 1974,p 412-421

BERTRAND, D. et DE WOLF, A. (1973)

Sur la possibilité de remplacer les engrais azotés par l'

augmentation de l'activité des micro-organismes fixateurs  
d'azote

C.R. Acad.Sci. Paris; t 277

BERGEY (1973)

Manual of determinative bacteriology

Williams and Wilkins Company.Baltimore.England

BHANGOO, M.S. and ALBRITTON, D,J. (1976)

Nodulating and Non-nodulating lee soybean isolines response  
to applied nitrogen

Agr. J. vol 68 , Jul-Aug 642-645

BHARDWAJ; K.K.R. (1975)

Survival and symbiotic characteristics of Rhizobium in sa-  
line alkali soils

Plant and Soil 43 377-385

BIRAM, I., and Kofranek, A.M. (1976)

Evaluation of fluorescent lamps as an energy source for  
plant growth

J.Amer.Soc.Hort.Sci. 101 (6) 625-628

BOND, G. (1950)

Symbiosis of leguminous plants and nodule bacteria.The  
importance of the oxigen factor in nodule formation and  
function

Ann.Bot. New Series ,15,95-105

BONNIER, Ch. (1962)

Anatomie comparée des nodosités à Rhizobium et des tumeurs  
d'aspect nodulaire, bacteriologiquement sterilisés, des re-  
cines de Medicago sativa

BVII.Inst.Agron. et Stat. Rech. Gembloux 30 (1-2) 30-40

BONNIER, Ch.,LEBRUN, F.(1965)

Inflaence du nombre de Rhizobium inoculées, sur la produc-  
tion des Luzernières

Ann.de L'Institut Pasteur 109,3

BONNIER, Ch. et BRAKEL, J. (1969)

Lutte biologique contre la faim

BURRIS, J.S. (1973)

Effect of seed maturation and plant population on soybean  
seed quality

Agron. Journal 65, May-June, 440-441

CARDUS, J. (1975)

Efecto de la salinidad sobre producción de soja  
Comunicación personal

CLOONAN, M.J. and VINCENT, M.J. (1967)

The nodulation of annual summer legumes sown on the far  
north coast of New South Wales

Austral. Jour. of Experi- Agri. and Ani. Husbandry vol 7 April

DANSO, S.K.A. and ALEXANDER, M. (1974)

Survival of two strains of Rhizobium in soil

Soil Sci. Society of America Proceedings 38, N° 1 Jan-Feb

DEMOLON, A. et DUNEZ, A. (1939)

Observations sur la culture du soja et l'inoculation des  
semences

C.R. Acad. Agric. 1-8

DEMOLON, A.; ROXOWSKA, R. and JACOBELLI, G. (1950)

Observations biochimiques sur le developpement du Bacterium  
radicicola

C.R. Acad. Sci, 230, 1015-1017

DECAU, M.J., BOUNIOLS, A., LANCREROT, P. et PUECH, J.

Concurrence ou complémentarité de l'alimentation azotée non  
symbiotique et de la fixation bactérienne chez la soja

INRA, Station d'Agronomie de Toulouse

DOBEREINER, J., FRANCO, A.; GUZMAN, I (1970)

Estirpes de Rhizobium japonicum de excepcional eficacia

Pesq. Agropec. Bras. 5 : 155-161

DOWNNEY, D.A. and CAVINESS, C.E. (1973)

Temperature, humidity, and light studies in soybean canopies

Bulletin 784 Sept.

DOMMERGUES (1970)

Ecologie microbienne dans les sols

DROULNEAU, G.

Métabolisme de l'azote dans les sols. Aspect agronomique et chimique. Rapport général

Ann. Inst. Pasteur

FAHRAEUS, G. and LJUNGGREN

Pre-infection phases of the legume symbiosis

Agricultural College of Sweden

FONT ALTABA y col.

Geografía de Cataluña

FLORENZANO, G. et BALLONI, W.

Quelques souches de bactéries fixatrices d'azote aérobies acido-tolérantes

Ann. Inst. Pasteur

FRANK, B.C. (1889)

Über die Pilzsymbiose der Leguminosum

Ber. Dtsch. Bot. Ges. 7, 332-346

GRAHAM, P.M. (1963)

Antibiotic sensitivities of the root nodule bacteria

Austral. J. Biol. Sci. 16 (2) 557-559

GRAHAM, P.H., MORALES, V.M., CAVALLO, R. (1974)

Materiales, excipientes, y adhesivos de posible uso en inoculación de Leguminosas en Colombia

Turrialba vol 24 n° 1

HARPER, J.E. and NICHOLAS, J.C. (1976)

Control of nutrient solution pH with an Ion exchange system : Effect of soybean nodulation

Physiol. Plant 38, 24-28

HARTIFIEL, J.L. and EGLI, D.B. (1974)

Effect of temperature on the rate of soybean hypocotyl elongation and field emergence

Crop Science vol 14 May-Jun, 423-426

- HEEMAN, D.P. and CARTER, O.G. (1977)  
 Influence of temperature on the expression of manganese toxicity by two soybean varieties  
 Plant and Soil 47, 219-227
- HOLDING, A.J., and KING, J. (1963)  
 The effectiveness of indigenous populations of *Rhizobium trifolii* in relation to soil factors  
 Plant and Soil, 18 (2) 191-198
- HUBBELL, D.H. (1976)  
 Plant Roots and Biological Nitrogen fixation  
 Soil of Crop Science Soc. of Florida vol 36 Nov, 16-18
- HUME, D.J. GRISWELL, J.G. and STEVENSON, K.R. (1976)  
 Effects of soil moisture around nodules on nitrogen fixation by well watered soybeans  
 J. Plant Sci. 56, 811-815 Oct
- ISWARAN, V., JAUHRI, K.S. (1969)  
 Effect of pelleting soybean seed with lime and rock-phosphate on its nodulation in Delhi Soil  
 The Mysore J. of Agr. Sci. vol III n° 4
- ISWARAN, V. (1971)  
 Effect of aeration of *Rhizobium japonicum* in peat contained in polythene Bag  
 The Mysore J. of Sci. vol V n° 2
- ISWARAN, V. ( )  
 Improved method of pelleting legume seed  
 Indian Agri. News Digest, 283
- JOHNSON, H.S. and HUME, D.J. (1972)  
 Effects of nitrogen sources and organic matter on nitrogen fixation and yield of soybeans  
 Can. J. Plant Sci. 52, 991--996
- JOHNSON, D.R. and LUEDDERS, V.D. (1974)  
 Effect of planted seed size on emergence and yield of soybeans  
 Agr. J. vol 66, Jan-Feb, 117-118

KAPUSTA, G.; ROUWENHORST, D.L. (1973)

Influence of inoculum size on *Rhizobium japonicum* serogroup distribution frequency in soybean nodules  
Agr. Jour. vol 65 V Nov-Dec 1973

KAYSER, E. (1931)

Microbiología agrícola aplicada a la fertilización del suelo  
Salvat editores S.A.

KLECZKOWSKA, J., NUTMAN, P.S. and SKINNER, F.A.

The Identification and Classification of *Rhizobium*

LENCREROT, P.; PUECH, J. et DECAU, J. (1974)

Rôle de quelques facteurs du milieu dans la production quantitative et qualitative du Soja  
Ann. Agr. 25 (6) 837-858

LEY, J. and RASEEL, A. (1965)

DNA base composition, flagella and Taxonomy of the genus *Rhizobium*  
J. Gen. Micro. 41 (1) 85-92

LOPATINA, G.V. and LAZAREVA, N.M. (1957)

Cultivation and storage of nodule bacteria at low temperatures  
Byull navchno-tekhn inf. po. s. kh. mikro. (3) 3-5

LYONS, J.C. and EARLEY, E.B. (1952)

The effect of ammonium nitrate applications to field soils on nodulation, seed yield, and nitrogen and oil content of the seed of soybeans.

MAEDA, K. (1960)

Study of the influence of the temperature of the rhizosphere on the symbiosis of legumes and nodule bacteria  
Proc.-Crop. Sci. Soc. Japon 29, (1) 158-160

MEDERSKI, M.J.; WILSON, J.M. and VOLK, G.W. (1958)

Response of soybeans to plow down and side dress applications of nitrogen on irrigated and non irrigated soils  
Ohio S Agric. Exp. Stn. Res. Cir, 59

- MELA, P. (1971)  
Cultivos de regadío  
Ed. Agrociencia 2 vol
- MISHUSTIN, E.N., SHIL'NIKOVA, V.K. (1971)  
Biological fixation of atmospheric nitrogen  
Mac Millan Press Limited . London
- NELSON, W.L. (1971)  
Fertilization of soybeans  
Oleagineaux 26 année , n° 2 101-106
- NORRIS, D.O. (1964)  
Techniques used in work with Rhizobium  
Field Crops Bull. 47 186-198
- NUTMAN, P.S. (1949)  
Physiological studies on nodule formation 2. The influence  
on the rate of nodulation in red clover  
Ann.Bot.New Series 13 261-283
- NUTMAN, P.S. (1952)  
Studies on the physiology of nodule formation. Experiments  
on the excision of root tips and nodules  
Ann.Bot. New Series 16 80-101
- OBATON, M.  
Legumineuses tropicales : problèmes particuliers posés par  
la symbiose fixatrice d'azote et l'inoculation des semences  
INRA, Dijon
- OBATON, M. et ROLLIER, M. (1971)  
L'inoculation du soja : Influence de la qualité de l'inoculum  
sur le rendement en grain et la richesse en protéine de  
la recolte  
INRA Dijon
- OKON, Y.; VOLFOVITCH, M., HENIS, Y. et PINTHUS, M.J. (1979)  
Inoculación de soja en Israel con Rhizobium japonicum  
Universidad hebrea de Jerusalem
- ORTEGA, S. y TESARA, J.  
Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento en so-

ja

Agr.Trop. vol XXV nº 2

PUPPING, A. POCCA DE SOUZZA BRITO, D.P. DOBEREINER, J. (1966)

Fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico em Feijão II.

Influência do Magnésio do Boro molibdenio e da Calagem

Seorata do resprinha Agr. Brasileira vol I 141-145

RIGAUD, J. (1965)

Contribution à l'étude d'un milieu synthétique pour la  
croissance de Rhizobium

Physiologie végétale. Ann. Inst. Pasteur 109 suppl au nº 3

RUDAKOV, K.I. and BRIQUEL, M.R. (1954)

Formation of nodule and protopectinase bacteria

Trudy In-ta mikrobiol. Akad. Nauk S.S.R. (3) 125-143

SAUMELI, M. (1975)

Soja : Información técnica para su mejor conocimiento y  
cultivo

Buenos Aires 1975

SCOTT, N. y ALDRICH, S. (1970)

Modern Soybean Production

S.A. publications. Illinois

SCHAD, C. (1943)

Possibilités de culture du soja en France et données pratiques  
sur cette culture.

C.R. Acad. Agric. 103-108

SCHREVEN, D.A. van; OTZEN, D; and LINDERBERGH, D.F. (1954)

On the production of legume inoculants in a mixture of peat  
and soil

SIONIT, N and KRAMER, P.J. (1976)

Water potencial and stomatal resistance of sunflower and soy-  
bean subjected to water stress during various growth stages

Plant Physiol. 58, 537-540

STEINBORN, J. and R. J. ROUGHLEY

Sodium chloride as a cause of low numbers of Rhizobium in  
legume inoculants

J. Appl. Bact. 37, 93-99

SVEC, L. V. ANDREWS, A. K. and CRITTENDEN H. W. (1976)

Soybean. Yield and disease incidence with potassium fertili-  
zation

Commun. in soils SC. and Pl. Ana. 7 (8) 727-741

TESIC, Z and TODOROVIC, M. (1963)

Note on the classification of nodule bacteria

Zemljiste i biljka 12 (1-3) 279-285

THOMAS, C. PAPER, D. (1976)

Photoperiodic control of seed filling for soybeans

Crop sci. vol 16 Sep-Oct 667-672

VAN SCHEREVEN, D. A.,

Quelques aspects microbiologiques du métabolisme de l'azote  
dans les sols

Ann. Inst. Pasteur

VALERA and ALEXANDER (1965)

Reversal of nitrate inhibition of nodulation by indol 3 acé-  
tico.

Nature 206, (4981) 326

VINCENT, J. M. (1975)

Manual práctico de Rhizobiología

Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires

VIRTANEN, A. I. and HAUSEN, S. von (a 1930)

Investigations on the root nodule bacteria of leguminous  
plants. Continued investigations on the effect of air content  
of the medium on the development and function of the nodule

J. Agric. Sci. 26 Pt II 281-287

WAGNER ,G.H. (1962)

Nitrogen fertilization of soybeans

Missouri Agric Exp.Sth. Res Bull. 797

WEAVWE,R.W.; FREDERICK.L.R. (1974)

Effect of inoculum rate on comparative nodulation of glycine  
max L.Merrill

Ag.J.vol 66 Mer Ap 229-232

WELCH,L.F. and col. (1973)

Soybean uoeld with direct and residual nitrogen fertilization

Agron.J. 65 547-550

WILSON,P.W. (1940)

The biochemistry of symbiotic nitrogen fixation

Madison Uni. of Wisconsin Press

WRIGHT ,W.H. (1925)

The nodule bacteria of soybean

Soil Sci. 20, 95-141