

**XXXI CURSO INTERNACIONAL DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA VEGETAL  
SEVILLA**

**EFFECTO RESIDUAL DE LA FERTILIZACION CON RESIDUOS  
AGROINDUSTRIALES SOBRE LA BIODISPONIBILIDAD  
DE FOSFORO EN SUELO Y PLANTA**

**María Dolores Ron Vaz**

**Julio, 1994.**

**RON-V**

**M/CI-31**

**1994**

INSTITUTO DE ESTUDIOS  
NATURALES Y AGROLOGIA  
BIBLIOTECA  
Reg. Núm. 4337

N.º R. ALEPH 482097  
N.º R. Bib. 4337  
Signat. M/CI-31RON-V

**XXXI CURSO INTERNACIONAL DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA VEGETAL  
SEVILLA**

**EFFECTO RESIDUAL DE LA FERTILIZACION CON RESIDUOS  
AGROINDUSTRIALES SOBRE LA BIODISPONIBILIDAD  
DE FOSFORO EN SUELO Y PLANTA**

**Fdo:**



**María Dolores Ron Vaz**

**Julio, 1994.**

El presente trabajo ha sido dirigido por D. Francisco Cabrera Capitán,  
Investigador Científico del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de  
Sevilla (CSIC).

Fdo. 

En Sevilla, a 20 de Julio de 1994

El presente trabajo se ha realizado en el marco del proyecto AGR-0600 del Plan Nacional de Ciencias Agrarias (CICYT).

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las siguientes personas el apoyo y asesoramiento en este trabajo:

A los Drs D. Francisco Cabrera Capitán y D. Rafael López por sus consejos y apoyo personal.

A la Lda. Piedad Martín Olmedo por su colaboración en la parte experimental del trabajo.

A mis compañeros de laboratorio E. Fernández, E. Madejón, J. Díaz, M. Bejarano por su continua estimulación positiva.

Al Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas por facilitar la realización de este trabajo.

## INDICES DE CONTENIDOS

<b>I INTRODUCCION</b>	1
I.1 GENERALIDADES	1
I.2 EL ALPECHIN	3
I.2.1 Características	3
I.2.2 Poder contaminante, problemática medio ambiental y soluciones	4
I.2.3 Aprovechamiento agrícola: utilización como fertilizante	6
I.3 LA VINAZA	8
I.3.1 Características	8
I.3.2 Poder contaminante, problemática medio ambiental y soluciones	9
I.3.3 Aprovechamiento agrícola: utilización como fertilizante	10
I.4 OBJETIVOS	13
<b>II MATERIALES</b>	14
II.1 INVERNADERO	14
II.2 CONTENEDORES	14
II.3 SUELOS	14
II.4 FERTILIZACION	16
II.4.1 Caracterización de la vinaza	16
II.4.2 Caracterización del compost de alpechín	17
II.5 AGUA DE RIEGO	20
II.6 MATERIAL VEGETAL	21
II.7 FITOSANITARIO	21

<b>III METODOLOGIA</b>	<b>22</b>
III.1 SISTEMA EXPERIMENTAL DE PRODUCCION	22
III.2 TOMA Y PREPARACION DE LAS MUESTRAS	28
III.3 DETERMINACION ANALITICA DE FOSFORO EN PLANTAS	28
III.4 DETERMINACION ANALITICA DE FOSFORO EN SUELO	29
III.5 METODOS ESTADISTICOS	29
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>30</b>
IV.1 EFECTO RESIDUAL DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA PRODUCCION DE BIOMASA VEGETAL	30
IV.1.1 Efecto residual del compost de alpechín sobre el rendimiento de la festuca	30
IV.1.2 Efecto residual de la vinaza sobre el rendimiento de la festuca	35
IV.2. EFECTO RESIDUAL DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL ESTADO NUTRICIONAL DE LAS COSECHAS DE FESTUCA: FOSFORO	38
IV.2.1 Efecto residual del compost de alpechín sobre el contenido de fósforo de la festuca	38
IV.2.2 Efecto residual de la vinaza sobre el contenido de fósforo de la festuca	40
IV.2.3 Efecto residual del compost de alpechín sobre la extracción de fósforo realizada por la festuca	41
IV.2.4 Efecto residual de la vinaza sobre la extracción de fósforo realizada por la festuca	44
IV.3 CONTENIDO EN FOSFORO BIODISPONIBLE TRAS TRES Y SEIS AÑOS DE ENSAYO CON CINCO AÑOS DE APLICACION CONTINUADA DELOS PRODUCTOS	47
IV.3.1 Efecto del compost de alpechín sobre el contenido de fósforo disponible	47
IV.3.2 Efecto de la vinaza sobre el contenido de fósforo disponible	48

**V CONCLUSIONES**

54

**VI BIBLIOGRAFIA**

56

## **INTRODUCCION**

## INTRODUCCION

### I.1 GENERALIDADES

La preocupación del hombre por su entorno ambiental se ha puesto de manifiesto especialmente en los países desarrollados y en vías de desarrollo, que han experimentado episodios concretos de alteración del medio físico. Ante la continua generación de acciones que dañan el equilibrio ecológico, el hombre ha tomado conciencia de la necesidad de proteger la Naturaleza. Entre las diversas agresiones que amenazan a nuestro medio ambiente se encuentran los residuos generados por las actividades humanas (Martínez, 1990).

Siendo la región andaluza una de las principales productoras agrarias de la Comunidad Europea, se generan en ella cantidades de subproductos agrarios y de residuos de industria agroalimentaria, entre ellos los que aquí se van a tratar: alpechín, residuo procedente de la industria del aceite de oliva, y las vinazas, residuo procedente del sector de la remolacha azucarera. Por sus altos contenidos en materia orgánica (M.O.) y sales solubles, tienen un gran poder contaminante y su eliminación constituye un grave problema. Sus vertidos pueden originar contaminación de aguas tanto superficiales, como subterráneas, por lo que se buscan métodos alternativos de eliminación (Dinges, 1982).

El aprovechamiento agrícola de los residuos supone dejar de considerarlos, como un problema medioambiental, para considerarlos como un posible recurso, con el consiguiente valor añadido que esto conlleva.

Por una parte pueden evitar los problemas que generan el uso masivo de los abonos minerales: (a) generación de grandes cantidades de residuos que crean problemas de contaminación y acumulación y (b) disminución progresiva del contenido de M.O. de los suelos de cultivo, que incide directamente en una disminución de la fertilidad de los mismos.

Por otro lado porque estos residuos, ricos en M.O., la devuelven al suelo, con las consiguientes ventajas positivas que ello conlleva:

- a) Mejora de las propiedades físicas del suelo, al incrementar el nivel de agregación de las partículas del suelo, con incremento asociado de la permeabilidad, y por tanto una reducción del riesgo de erosión, aumento de la capacidad de adsorción y retención del agua (Tietjen y Haert, 1969; Duggan y Wiles, 1976; F.A.O., 1976; Chen y Avnimelech, 1986 y Hernández, 1989).
- b) Mejora de las propiedades químicas del suelo, por cesión de nutrientes pero, sobre todo, por incremento de la capacidad de cambio del sustrato y por la formación de complejos con micronutrientes (Bengtson y Cornette, 1973; Mengel y Kirkby, 1982; Chen y Avnimelech, 1986).
- c) Aumento de la cantidad y diversidad de especies microbiológicas, como consecuencia de carbono orgánico y nitrógeno en el sustrato, que son fuentes de energía y nutrientes para su desarrollo (Starnier y col., 1965; Foth, 1985).

A pesar de las ventajas antes citadas, existen una de serie de condiciones que limitan el uso agrícola de los residuos, y que deben tenerse en cuenta para evitar la contaminación del medio natural y los efectos desfavorables sobre las plantas. Tales son:

- a) La concentración de sustancias tóxicas (p.e. metales pesados, sales, determinados compuestos orgánicos) en el residuo debe estar por debajo de ciertos límites.
- b) Se debe realizar un control de los aportes que asegure la máxima producción sin dejar sustancias en exceso que contaminen las aguas subterráneas.
- c) Biodegradación en un periodo razonable de tiempo, sin dejar residuos tóxicos.
- d) Razón C/N menor de 30, o adición de N en caso contrario, para evitar la llamada "hambre de nitrógeno".
- e) Afectar positivamente a las propiedades físicas del suelo.
- f) Beneficiar directamente o indirectamente el desarrollo de las plantas.
- g) Transporte e incorporación económicos.
- h) Aplicación sin requerimientos de prácticas agrícolas especiales.
- i) No ocasionar riesgos para la salud de los individuos de la cadena trófica.
- j) No originar problemas sociales, como por ejemplo, malos olores, desarrollo de insectos o perjudicar el paisaje.

Además de estas limitaciones, un rápido desarrollo de la tecnología de tratamiento de residuos, y cierto desinterés y desconfianza por parte del agricultor ha ocasionado un lento avance del uso agrícola racional de los mismos (Vermes, 1988).

Realizada esta revisión general sobre las ventajas e inconvenientes planteados por el uso agrícola de los residuos, nos vamos a centrar concretamente en dos de los residuos objeto de este trabajo: la vinaza y el alpechín (del cual deriva el compost que se estudia).

## **I.2 EL ALPECHIN**

### ***I.2.1 Características***

Se denomina alpechín al efluente procedente de las almazaras en el proceso de elaboración del aceite de oliva a partir de la aceituna. Dicho efluente recoge las aguas de vegetación propia del fruto, que representa un 45-50% del peso del bruto de la aceituna, así como las aguas de proceso que se adicionan en las diferentes etapas de la elaboración del aceite. El agua procedente del proceso productivo, que en un principio es de color rojizo oscuro, debido a la presencia de pigmentos antociánicos, rápidamente, y debido a una serie de factores (temperatura 45°C, sustancias orgánicas disueltas y reacciones enzimáticas), fermenta convirtiéndose en alpechín, un líquido maloliente de color negro y con una fuerte carga contaminante.

La composición del alpechín es muy variable dependiendo de numerosos factores como condiciones edafo-climáticas, sistema de cultivo, variedad de olivo, época de recolección, tiempo de almacenamiento, y tecnología empleada en la extracción del aceite. La fracción orgánica del alpechín está formada por azúcares (30-60%), sustancias nitrogenadas (10-24%), hemicelulosas, pectinas, mucílagos y taninos (10-15%), ácidos orgánicos (10-15%) y polialcoholes y polifenoles (1-2%). La fracción mineral está formada por sales fundamentalmente potásicas (60-70%), y el resto lo componen sobre todo fosfatos de hierro y calcio.

### ***1.2.2 Poder contaminante, problemática medioambiental y soluciones***

El poder contaminante del alpechín radica fundamentalmente, en su alta carga orgánica. Es evidente, que el problema de la degradación del medio es tanto más grave cuanto mayor valor absoluto tiene la demanda biológica de oxígeno (DBO), ya que aproximadamente son necesarios 50 g de oxígeno para depurar el alpechín procedente de la molienda de 1 Kg de aceituna. Esta cifra nos señala que habría que diluir ese alpechín con 5000 l de agua en buenas condiciones para evitar efectos perjudiciales en el cauce receptor.

Desde tiempo inmemorial el alpechín se vertía, a los cauces de los ríos; el sector del aceite de oliva estuvo tradicionalmente integrado por un gran número de pequeñas almazaras muy diseminadas, por lo que sus vertidos, de escaso caudal, se perdían en los campos sin alcanzar los cauces públicos. Sin embargo, en la década de los cincuenta, una mayor industrialización del sector hace que se constituyan cooperativas o industrias de mayor entidad con la consiguiente concentración de los vertidos, junto con la existencia de nuevos vertidos industriales, el aumento de las aguas residuales no depuradas de las zonas urbanas, la disminución de los caudales de los ríos a consecuencia de una regulación más estricta de los mismos y los períodos de sequía cada vez más prolongados, dieron lugar a un aumento desmesurado de la contaminación. A finales de los setenta, el vertido de alpechines constituyó el principal problema de contaminación en la Cuenca del Guadalquivir (Rodrigo, 1990).

En 1981, el Gobierno arbitra medidas excepcionales por las que se prohibía el vertido de los alpechines en el río Guadalquivir en cuya cuenca, confluían el 70% del total de los alpechines producidos en la geografía nacional. Se promulgó el Real Decreto 3499/81 de 4 de diciembre y Orden de 9 de junio de 1982, y como consecuencia de ellas se construyen, con subvenciones, balsas de evaporación, en cerca de mil almazaras. Las balsas trajeron como consecuencia una drástica disminución en el volumen del vertido a cauces públicos, que se tradujo en una mejora de la calidad de las aguas durante los 2 ó 3 años siguientes a dicha implantación.

Sin embargo, en la actualidad siguen presentándose problemas ambientales: insuficiente capacidad de las balsas en las campañas punta, malos olores, proliferación

de insectos, derrames o filtraciones, colmatación por los lodos que en ellos permanecen y que siguen constituyendo un residuo. Las medidas para solucionar este problema se pueden diferenciar según sean de vigilancia y control, o de prevención de la contaminación. La primera de éstas líneas es la que se aplica ahora con mayor rotundidad. Fuertes multas, cierre de empresas y denuncias a los Ayuntamientos, han sido frecuentes en estos años. Sin embargo, éstas medidas suelen ser tomadas a posteriori y no impiden la catástrofe ecológica asociada a los vertidos de alpechines. En la línea de prevención de la contaminación se pueden citar iniciativas de gran interés, que pueden permitir la solución del problema de los alpechines a medio plazo. A continuación, se describen brevemente formas de depuración y aprovechamiento de alpechines, entre las que cabe destacar:

(1) Vertido directo sobre el terreno, para su evaporación y percolación, haciendo uso de la capacidad depuradora de los suelos, con lo que además de reciclar la M.O. y nutrientes minerales se aprovecha el agua contenida en los mismos (Cuadros García, 1989; Albi Romero y Fiestas, 1980; Escolano, 1976; Ferreira Llamas, 1978; Alvarez, 1979; Della-Monica, 1978-1980; Morisot, 1981; Cabrera y col., 1987; FAO, 1986).

(2) Mediante balsas y sistemas de aireación, intensificando la evaporación natural. Los alpechines desecados (lodos), tienen su interés agrícola, utilizándose bien directamente, o bien tras un proceso de compostaje.

(3) Concentración térmica.

(4) Desarrollo de microorganismos para la obtención de proteínas.

(5) Mezcla con el orujo producido en el proceso e incineración.

(6) Depuración biológica anaerobia (Biometanización). Los microorganismos transforman la sustancia orgánica en CO<sub>2</sub> y metano (Fiestas, 1977).

(7) Depuración biológica aerobia.

(8) Concentración criogénica.

(9) Electrodialísis.

(10) Osmosis inversa.

(11) Ultrafiltración.

(12) Tratamientos físico-químicos.

(13) Depuración integral, mediante la aplicación sucesiva de los procesos: bioconversión, biometanización, tratamiento biológico y tratamiento físico-químico (Fiestas y Borja, 1988).

Además de estas medidas, que actúan directamente sobre el residuo, existen otras líneas interesantes:

(14) Recuperación de todos los residuos y subproductos de la aceituna, dentro del su proceso de transformación, a través de un modelo de explotación agroindustrial integrada, mediante la aplicación de nuevas tecnologías.

(15) Reconversión del sector de almazaras en general; donde se apoya la concentración de la producción de aceite en almazaras de tamaño mediano y grande, menos dispersas que las tradicionales y con mayor capacidad técnica y económica para implantar medios de recuperación o depuración de residuos de alpechines

(16) Cambios en los sistemas productivos que minimizan la producción de alpechín: sistema a dos fases o ecológico. La firma Fuentes Cardona S.A., durante la campaña 91-92, probó con resultados positivos en la almazara de El Saucejo (Sevilla), un sistema continuo con un "decanter" modificado, que en lugar de producir tres fases (aceite, alpechín y orujo) produce solamente dos (aceite y orujo), sin aporte de agua caliente.

Con todos estos sistemas, se da opción a los almazareros para que puedan decidirse por el método que más ventajas prácticas y económicas puedan reportarles en cada caso particular.

### ***1.2.3 Aprovechamiento agrícola: utilización como fertilizante***

La utilización del alpechín, para aprovechar su poder fertilizante es antigua. Marcus Porcius Cato (234-149 a.C.), recomendaba a los agricultores contemporáneos suyos, usar el alpechín para mejorar la fertilidad de la tierra (Fluori, 1990). En nuestro país, Abu Zacarí (1148) y Alonso Herrera (1513), preconizaban el uso del alpechín como fertilizante, y el último recomendaba su empleo diluido a la mitad y en poca cantidad (García Rodríguez, 1990).

En la actualidad, numerosos investigadores se han ocupado del tema: Escolano, 1976; Della-Monica y col., 1978, 1979; Morisot, 1979, 1981; Albi Romero, 1980; Fiestas, 1982, 1986; Cuadros García, 1989; Pérez y Gallardo-Lara, 1987 a y b, 1989, 1991 a; Pérez y col., 1986, 1991 b; Fluori, 1990; Saviozzi y col., 1991.

Según Fiestas (1982), la utilización del alpechín como fertilizante tiene una serie de efectos favorables y desfavorables. Como efectos favorables cita: (a) ser muy rico en potasio, (b) moderado contenido en N, P y Mg que deben tenerse en cuenta y (c) su alto contenido en M.O.. Los principales efectos desfavorables son: (a) salinidad elevada, que puede ocasionar daños tanto al terreno como a las plantas (influencia desfavorable sobre la germinación, quemaduras si cae sobre las hojas, (b) bajo pH, que puede producir una fuerte acidez, aunque en terrenos calizos se neutraliza inmediatamente y (c) abundante contenido en polifenoles, que le confieren poder fitotóxico.

Paralelamente a los estudios citados sobre el uso directo del alpechín, en el Simposio I Revalorización de los productos del olivar, celebrado en Sevilla en 1986, se propone como alternativa el uso de los lodos procedentes de las balsas bien directamente (Saiz-Jiménez, 1987; García Rodríguez, 1990), bien sometidos a un compostaje previo, mezclándolo con otros restos vegetales al 50% (semillas, ramas de olivo, orujos de aceituna y uva, paja de habas, etc.), que puede eliminar o atenuar algunos de los efectos negativos del alpechín. Estos compost de alpechín presentan una serie de características químicas y biológicas muy interesantes como son pH cercano a 7, M.O. 14-34%, N 0,7-1,5%, K<sub>2</sub>O 1-2,5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,5-1,0%, relación C/N 11-19, flora bacteriana del orden de  $9 \times 10^{11}$  gérmenes/g (Montaño y Segura, 1986).

El potencial que ofrecen estos lodos o compost es enorme si se tiene en cuenta que la producción de aceite de oliva en Andalucía genera 2.000.000 m<sup>3</sup>/año de alpechín con un contenido en sólidos totales de 180.000 Tm/año. En adición, la tendencia actual del sector almarero es la implantación de sistemas de tratamiento que van a generar lodos o concentrados de alpechín, y una de las líneas actuales de investigación sobre residuos versa sobre el co-compostaje de residuos líquidos tóxicos con otros residuos sólidos que actúan como soporte.

Las anteriores consideraciones llevaron al desarrollo en la Unidad Estructural de Física y Química Ambiental del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla del proyecto PB 87-0373 del Programa Nacional de Investigación Agrícola (CICYT) titulado "Efectos sobre el suelo y los cultivos de la aplicación de residuos de transformación de productos agrícolas (Alpechín y Vinazas). Estos estudios continúan en la actualidad dentro del marco del proyecto AGR91-0600 referente al "Uso agronómico de residuos agroindustriales: Efectos a corto y largo plazo" dentro del cual se enmarca el presente trabajo.

### **I.3 LA VINAZA**

#### ***1.3.1 Características***

Con el nombre de vinazas se conocen los vertidos resultantes de procesos de obtención de alcohol, a partir de vino, o de otros productos como las melazas de remolacha o de caña de azúcar (Cuadros García, 1989). La vinaza de melaza de remolacha es un subproducto que se obtiene en la azucareras, tras el proceso se generan dos residuos, la pulpa de remolacha y la melaza, que pueden utilizarse como alimento del ganado. La melaza conserva una cantidad de azúcar que tras su fermentación, se transforma en alcohol, que se extrae por destilación, dando como resultado alcohol etílico y vinaza. Posteriormente la vinaza podrá sufrir otros tratamientos, como concentración térmica o despotasificación.

Al igual que ocurre con el alpechín, la vinaza presenta una composición variable, función de los procesos biotecnológicos a los que es sometida la remolacha y la melaza, de la procedencia y variedad de remolacha. Entre las propiedades de la vinaza normal cabe destacar (Cuadros García, 1989):

a) Su pH ácido (4,3-5,0) (muy apropiado, para su uso en suelos básicos, frecuentes en el Valle del Guadalquivir).

b) La elevada carga orgánica. La DBO presenta valores muy altos que oscilan entre 20 y 70 g/l. La relación DBO/DQO está en torno a 0,70, lo cual indica un elevado porcentaje de sustancia biodegradable.

c) Una elevada proporción de residuos disueltos, del orden de los 100 g/l, de los que más del 60% pueden ser de naturaleza orgánica.

d) Una concentración de nitrógeno total alrededor del 0,48%, equivalente aprox. a 5 g de N/l.

e) El bajo contenido en fósforo total 0,012%  $P_2O_5$ , equivalente a 0,05 g de P/l.

f) Los valores altos de potasio, 0,72%  $K_2O$  equivalente a 6 g de K/l, debido a que la remolacha es un cultivo rico en este elemento.

g) La alta salinidad (25-30 dS/m), siendo los iones predominantes  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ , sulfatos y cloruros.

h) El contenido en azufre es alto (2 g/l), debido a la incorporación de ácido sulfúrico en el proceso de obtención de alcohol.

González-Vila y col. (1992), han estudiado en detalle la fracción orgánica de la vinaza concentrada, y más concretamente de la fracción lipídica. Sus resultados indican un alto porcentaje de azúcares, e importantes cantidades de compuestos fenólicos, húmicos y lipídicos. En la fracción lipídica predominan los compuestos con estructura de n-alcanos y acetales.

En nuestro caso particular, el producto a ensayar es una vinaza concentrada. Efectivamente, en la actualidad se están haciendo intentos para la concentración de estos residuos. La vinaza, concentrada y despotasificada, es un líquido, de color pardo rojizo oscuro y olor característico, siruposo de densidad 1,3, 23% de M.O. oxidable, 13% de sales y un contenido en N-orgánico que oscila entre el 2 y el 3%.

### ***1.3.2 Poder contaminante, problemática medioambiental y soluciones***

La producción de aguas residuales procedentes de la destilación de las melazas de remolacha en toda España se cifra en aproximadamente 1.000.000 m<sup>3</sup>/año. Al igual que el alpechín, el poder contaminante de la vinaza radica en su alta carga orgánica, su elevada DBO (20-70.000 ppm) y su alto nivel de salinidad (sales totales 11-17%). Los

problemas mediambientales que plantea son similares a los descritos para los alpechines. Actualmente las vinazas se acumulan en balsas de decantación donde se evaporan, con el problema de olores, proliferación de insectos y posible contaminación de las aguas subterráneas por infiltración.

De lo anterior se desprende que es absolutamente necesario estudiar la ubicación de estos residuos. Realmente, los intentos realizados para el aprovechamiento de las vinazas han sido hasta el momento escasos. Entre las diferentes medidas adoptadas para evitar estos problemas cabe citar:

a) Aprovechamiento energético por medio de digestión anaerobia, lo que produce un biogás, con alta proporción de metano y un efluente rico en nutrientes, del que se ha eliminado el 80% de la M.O. original (Flaig y col., 1977; García Buendía, 1980; Fiestas y col., 1982). No obstante la producción de biogás plantea algunos problemas, principalmente por el contenido en azufre, que con frecuencia supone un grave problema para el tratamiento anaerobio de estos residuos, así como para la rentabilidad económica del sistema en la obtención de metano.

b) Obtención de proteínas alimenticias y productos para la alimentación animal (Weigan y Kirchgessner, 1980).

c) Uso directo como fertilizante (Morisot y Gras, 1974; Chen y Avnimelech, 1986; Cabrera y col., 1987).

d) Concentración térmica y despotasificación; con aprovechamiento de las sales de potasio y del concentrado.

e) Co-compostaje con otro residuos orgánicos.

### ***1.3.3 Aprovechamiento agrícola: utilización como fertilizante***

El uso de la vinaza concentrada, como fertilizante parece ser una de las soluciones más interesantes (Cabrera y col., 1987; López y col., 1990). Aunque su uso como abono es todavía muy limitado (Cuadros García, 1989).

El aprovechamiento agrícola de las vinazas, viene condicionado por el tipo concreto de vinaza de que se trate, pues de una parte, las características de las melazas a partir de las cuales se obtienen, y de otra parte, los procesos tecnológicos concretos

a que hallan sido sometidas (concentración, despotasificación) van a introducir cambios sensibles de algunos parámetros concretos, en la composición básica que caracteriza a las vinazas. Puede comprobarse que las vinazas de melaza de remolacha Quentin, poseen cantidades de nitrógeno similares a las vinazas normales, presentan cantidades de potasio menores y de magnesio mayores, lo que las hace por una parte recomendables para la alimentación animal y por otra, de aplicación interesante en suelos carentes en Mg; o vinazas con contenidos apreciables de cobre (180 mg/Kg) y manganeso (50 mg/Kg), así como de otros oligoelementos como cobalto (2 mg/Kg) o molibdeno (0,6 mg/Kg).

La vinaza concentrada, presenta una serie de cualidades que incitan a su uso como fertilizante (alto contenido en M.O., N y K); por contra presenta el problema de su elevado contenido en sales (sobre todo sodio y cloruro, aunque con las dosis usadas normalmente, no parecen plantearse problemas) y el de su bajo contenido en fósforo. Con su aplicación a los suelo se consigue un aporte importante de M.O., así como la incorporación simultánea de cantidades interesantes de N y K, en comparación con otros residuos orgánicos. En general, su relación C/N se sitúa alrededor de 8, lo que en principio no debe plantear ningún tipo de problema para la nutrición nitrogenada para las plantas ("hambre de nitrógeno").

Con las vinazas se consiguen aportes muy útiles de magnesio y de azufre, lo que en general las hacen recomendables para cultivos exigentes como, por ejemplo, la remolacha o el maíz (Fesa, 1992). Algunas vinazas también pueden aportar cantidades notables de oligoelementos, suficientes para contrarrestar las exportaciones anuales que realizan los cultivos, aunque son los elementos N y K, los que se añaden en mayor proporción al suelo (Von Debruck y Lewiski, 1985). Las necesidades de K de muchos cultivos están prácticamente cubiertas con aportaciones moderadas de vinaza, no así las de N y P, por lo que sería preciso la incorporación de estos nutrientes en forma de fertilizante mineral.

Según Fesa, la vinaza concentrada de melaza de remolacha, puede utilizarse en cualquier cultivo, pero dentro de los cultivos anuales se emplean preferentemente, en cultivos "cabeza de rotación" (remolacha, girasol, patata y maíz), más exigentes en M.O.

y K. En los cultivos perennes se ha usado con éxito en frutales y vid. Se utiliza en todo tipo de cultivos hortícolas, destacando su uso en el espárrago.

La aplicación de las vinazas en cultivos anuales puede hacerse dentro de un largo período, que puede ir desde que se ha recogido el cultivo precedente hasta poco antes de la siembra. Con una aplicación de 15 a 30 días antes de la siembra se permitirá que parte del nitrógeno orgánico de la vinaza se mineralice, por tanto, se encuentre disponible para el cultivo al inicio de su crecimiento. Además con ese margen de 2 a 4 semanas se evitarían posibles inhibiciones de la germinación, por el carácter altamente salino de la vinaza en cultivos sensibles o moderadamente sensibles (Cabrera y col., 1990). Para los cultivos perennes el aporte de vinaza se hace en prevegetación, es decir a la salida del invierno.

Se puede decir que el uso de la vinaza como fertilizante se encuentra todavía en fase de experimentación, sin embargo, a pesar de la escasa información de que se dispone en la actualidad sobre sus efectos en la agricultura, Santos Cuadros (1989), señala algunas prácticas aconsejables para evitar daños en los cultivos:

- aplicar de 1 a 4 semanas antes de la siembra.
- las dosis se harán en base a las necesidades potásicas de los cultivos (entre 30 y 100 m<sup>3</sup>/ha).
- vigilar los riesgos de salinización de los suelos.

Las dosis en las que se está aplicando van en función del cultivo y pueden oscilar entre 2.500 Kg/ha para la remolacha, maíz, algodón y 1.500 Kg/ha para cereales de invierno y girasol. Estas aplicaciones se complementan con aportes de nitrógeno y fósforo en forma mineral y se realizan con el mismo tipo de equipo utilizado para los abono en suspensión, pulverizándose sobre la superficie del terreno, o inyectándola en el mismo. También se está aplicando incorporándola a sistemas de riego localizado.

## I.4 OBJETIVOS

El objetivo general del presente estudio, es evaluar el uso como fertilizante de una vinaza concentrada de melaza de remolacha y de un compost de alpechín, determinando los efectos residuales que la aplicación continuada de dosis agrónomicamente elevadas de los mismos puedan causar sobre el desarrollo y estado nutricional de los cultivos.

Los objetivos particulares que se pretenden son:

- 1- Determinar los efectos residuales que diferente dosis de los productos en aplicación continuada (cinco años) tienen en el rendimiento de biomasa vegetal de festuca (*Festuca arundinacea*, cv., Manade) en experimento invernadero, con riego y dos tipos de suelo.
- 2- Estudiar los efectos residuales de los productos aplicados sobre el estado nutricional de fósforo de los cultivos, y sobre las extracciones de fósforo que los cultivos realizan.
- 3- Evaluar el efecto producido de la aplicación de diferentes dosis de productos sobre el contenido de fósforo disponible en los suelos estudiados tras seis años de ensayo.

**MATERIALES**

## II MATERIALES

### II.1 INVERNADERO

El experimento se llevó a cabo en un invernadero tipo capilla simple a dos aguas, de estructura metálica y cubierta de vidrio impreso o "catedral". Las dimensiones son de 6,5 m de ancho, por 18 m de largo, y una altura al alero de 3 m, conteniendo un volumen total de 438 m<sup>3</sup>. Dispone de 2 puertas de corredera metálicas, que se mueven en sentido contrario, situadas en el frontal este, con una dimensión total de abertura de 7,3 m<sup>2</sup>. La ventilación puede ser frontal y/o cenital. La orientación es este-oeste.

### II.2 CONTENEDORES

La superficie elemental que se controla es el contenedor de uralita (fibrocemento). Las dimensiones de un contenedor son 60 cm por 70 cm, es decir 0,42 m<sup>2</sup> de superficie, y 50 cm de profundidad, rellenos de suelo hasta unos 10 cm del borde. El contenido aproximado de suelo es de unos 170 l o, asumiendo para éste una densidad aparente de 1,5 g/cm<sup>3</sup>, de unos 250 kg de suelo.

Los contenedores se encuentran elevados del suelo del invernadero unos 30 cm y están dispuestos a lo largo del invernadero, en dirección este-oeste, inclinados con una pendiente en la dirección de las calles de 5,45%, donde tienen 3 orificios de drenaje.

### II.3 SUELOS

Los suelos utilizados en este trabajo, fueron tomados en la finca experimental Aljarafe (Coria del Río) del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. Estos suelos calizos, aunque con diferentes contenidos en carbonato cálcico, y de textura también variable, pueden ser considerados como representativos de un elevado porcentaje de suelos de Andalucía Occidental. Por simplicidad, en lo que sigue van a ser denominados como suelo arenoso y calizo. Las características más relevantes de estos suelos y su clasificación (De la Rosa, 1984; Soil Survey Staff, 1990) son:

*(a) Suelo arenoso*

Primer horizonte de un Typic Xeropsamment. Este suelo fue tomado de una zona de pinar, y durante bastantes años no había sido sometido a ninguna práctica cultural. Sus características más relevantes (Tabla II.1) son su textura gruesa (arena) y su bajo nivel de fertilidad intrínseca.

*(b) Suelo calizo*

Horizonte superficial de un Typic Xerorthent. Sus principales características (Tabla II.1) son su elevado contenido en carbonato cálcico, los bajos niveles de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio disponibles y su textura franco arcillo arenosa.

**Tabla II.1. Características de los suelos.**

Parámetros		S. arenoso	S. calizo
pH (agua 1:5)		8,40	7,90
C.E. (agua 1:5)	ds/m	0,24	0,69
CaCO <sub>3</sub>		8,60	27,0
M.O.	%	0,14	0,53
P disp.	ppm(1)	25,5	21,0
K disp.	ppm(2)	41,9	170
Arena	%	89,9	57,6
Limo	%	2,50	21,1
Arcilla	%	7,60	21,3

(1) Según método de Burriel y Hernando (1950)

(2) Según método de Schollenberger y Simón (1945)

## II.4 FERTILIZACION

La fertilización utilizada en los ensayos puede clasificarse en:

a) Fertilización inorgánica: Se ha empleado un abono mineral complejo de equilibrio 15-15-15, un superfosfato del 35% de riqueza en  $P_2O_5$ , y una urea del 46% de riqueza en nitrógeno, que previo a su aplicación recibieron molienda.

b) Fertilización orgánica: Se utilizaron dos productos: una vinaza concentrada y un compost de alpechín. Las determinaciones analíticas realizadas a los productos objetos del presente estudio se han efectuado de acuerdo con los Métodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura (1986).

### *II.4.1 Caracterización de la vinaza*

La vinaza objeto del presente estudio procede de la concentración térmica y despotasificación de vinazas de melaza de remolacha. La vinaza, concentrada y despotasificada, es un líquido denso, siruposo, de color pardo rojizo oscuro y olor característico acaramelado. En todos los ensayos realizados se utilizó vinaza procedente de una misma partida, tomada de un tanque de almacenamiento de la factoría de Azucarera del Guadalquivir en San José de la Riconada (Sevilla), empresa perteneciente actualmente al Grupo Ebro Agrícolas CIA de Alimentación S.A. Dicha vinaza se conservó en contenedores de plástico en una cámara frigorífica a 4°C. Fue analizada tras ser tomada (Tabla II.1) y después al comienzo de cada año de ensayo, no mostrando modificación en su composición, ni ningún signo visible de alteración (crecimiento de hongos, desprendimiento de olores, cambio de color).

En la Tabla II.2 se muestran, además de los datos referentes a la vinaza empleada en los ensayos que comprende el presente estudio, los valores medios e intervalos de los parámetros determinados en 47 muestras de vinaza tomadas en la misma factoría en diferentes momentos durante un período de dos años.

#### ***II.4.2 Caracterización del compost de alpechín***

El compost de alpechín es un fertilizante orgánico preparado por compostaje de una mezcla de lodo de balsas de alpechín (50%) y restos vegetales diversos (restos de poda de diferentes cultivos y diversos residuos de transformación). Debido a la disponibilidad tan estacional de estos residuos, su composición química es variable.

El producto fue suministrado por Fertilizantes Orgánicos Montaña en sacos de 50 kg. El producto se presenta finamente molido, suelto y fresco al tacto, de color negro y carente de olor. En cada partida recibida se realizó un desmuestre formando una muestra conjunta con muestras individuales tomadas de cada saco. Se usaron cinco partidas, una por año de ensayo. Los resultados correspondientes a los análisis efectuados a las cinco partidas se muestran en la Tabla II.3.

Su análisis químico muestra como dato más relevante un contenido alto en potasio frente a contenidos moderados en nitrógeno y fósforo. Las relaciones C/N, determinadas por conversión de la materia orgánica a carbono orgánico dividiéndola por 1,724, resultan dentro del intervalo normal para productos obtenidos por compostaje y estiércoles (Lineres y col., 1985).

Tabla II.2. Análisis químico de vinaza concentrada.

		Utilizada ensayos	Resultados en 47 muestras		
			media	intervalo	
pH		5,00	4,87	4,60	5,30
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,25	1,23	1,16	1,50
Materia seca	%p/p	54,0	43,3	25,0	63,0
M.O.	%p/p	39,8	30,0	23,0	40,0
E.H.T.	%p/p	26,1	18,6	11,0	27,0
Ac. Humicos	%p/p	0,64	0,10	0,00	1,20
N total	%p/p	3,25	2,20	1,70	3,30
N-NO <sub>3</sub>	%p/p	0,10	----	----	----
N-NH <sub>4</sub>	%p/p	0,06	----	----	----
P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%p/p	0,05	----	----	----
K (K <sub>2</sub> O)	%p/p	4,11	2,99	2,20	4,60
Ca	%p/p	0,25	0,34	0,30	1,00
Mg	%p/p	0,96	0,62	0,30	0,70
Na	%p/p	2,06	2,06	1,30	2,80
Cl	%p/p	2,01	2,01*	----	----
Fe	mg/kg	15,0	----	----	---
Cu	mg/kg	5,0	<10*	----	----
Mn	mg/kg	16,0	----	----	----
Zn	mg/kg	29,0	25,0*	----	----
Cd	mg/kg	<5,0	<5*	----	----
Ni	mg/kg	<5,0	<5*	----	----
Pb	mg/kg	<5,0	<5*	----	----
Hg	mg/kg	<1,0	<1*	----	----
Cr	mg/kg	<5,0	<5*	----	----

\* Media de dos muestras.

**Tabla II.3. Análisis del compost de alpechín.**

		Año 1º	Año 2º	Año 3º	Año 4º	Año 5º
pH (agua 1:5)		7,40	7,55	8,07	7,00	7,85
C.E. (agua 1:5)	ds/m	2,90	2,96	2,71	2,93	4,94
Humedad	%	13,1	17,2	27,5	13,1	20,2
N total	% sms*	0,67	0,50	1,54	0,66	0,64
N insoluble	% sms	0,64	0,49	1,54	--	--
P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	% sms	0,41	0,73	0,58	0,18	0,38
K (K <sub>2</sub> O)	% sms	2,53	2,61	1,16	2,10	2,20
Ca	% sms	8,78	9,30	8,38	9,90	7,56
Mg	% sms	0,70	0,48	0,80	0,63	1,51
Na	% sms	0,30	0,22	0,21	0,26	0,40
Cl <sup>-</sup>	% sms	0,11	--	--	0,11	--
Fe	% sms	0,84	0,70	0,81	0,97	0,16
Cu	mg/kg	25,0	29,0	50,0	27,0	70,0
Mn	mg/kg	338	374	154	354	350
Zn	mg/kg	38,0	55,0	67,0	47,0	70,0
M.O.	% sms	21,8	10,6	33,8	15,6	21,0
C/N		18,9	12,3	12,7	14,6	19,6

\* sms= sobre materia seca

## II.5 AGUA DE RIEGO

El agua de riego utilizada, procede de un pozo existente en la finca. Los riegos se aplicaron siempre de manera regular, de forma que el agua no fuera un factor limitante de los rendimientos. El sistema de riego usado durante los tres primeros años de ensayo se llevo a cabo por microaspersión mientras que los tres últimos años de ensayo, fue de tipo rodado en superficie, con control de la dosis para cada tipo de suelo.

En el análisis del agua de riego (Tabla II.4), se indican los valores de los principales parámetros, según los criterios F.A.O. (1987) sobre la calidad del agua en la agricultura. El agua presenta problema ligero a moderado de salinización (C.E. 2,17 dS/m). No presenta problemas de infiltración según los valores de R.A.S. y C.E. El contenido en cloruros es moderado y el de nitratos no supone un problema para los cultivos sensibles.

**Tabla II.4. Análisis de agua de riego.**

Parámetros	Unidades	Valores
pH		7,10
C.E.	ds/m	2,17
R.A.S. <sup>( )</sup>	meq <sup>1/2</sup> /l <sup>1/2</sup>	2,11
Cloruros	meq/l	9,01
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq/l	0,54
Na	meq/l	5,52
K	meq/l	0,18
Ca	meq/l	8,38
Mg	meq/l	5,35

( ) Relación de absorción de sodio

## II.6 MATERIAL VEGETAL

La especie que se eligió para los tres primeros años de ensayo, fue ryegrass italiano, tipo "westerwold" (*Lolium multiflorum* Lam., cv. Barwoltra). Se trata de una gramínea pratense o forrajera, altamente productiva bajo riego con altos requerimientos nutricionales, especialmente en nitrógeno, con lo que permite evaluar distintos tipos de fertilizaciones ensayadas. El empleo en nuestros ensayos de fertilizantes de naturaleza orgánica y su estudio comparativo con un abonado mineral tradicional, hacen idóneo la utilización de este tipo de cultivo. La necesidad de riegos frecuentes y abundantes, favorecen la incorporación de dichos productos al suelo, pudiéndose evaluar en cortos periodos de tiempo la diferente capacidad fertilizante existente entre ellos. La facilidad y velocidad de establecimiento de este tipo de cultivo permite obtener respuestas rápidas a esta fertilización, que se evaluará a lo largo de todo su ciclo vegetativo al desarrollar una gran biomasa y permitir realizar cuatro cortes. Se utilizó de dosis de siembra 15 gramos, de semilla certificada R1 por contenedor.

Debido a dificultades de mercado, durante los dos años siguientes (4º y 5º años de ensayo) se utilizó otra variedad de ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam., cv.,Tewera) también tipo "westerwold", cuya características son similares a las descritas anteriormente.

En el último año de ensayo, se utilizó otra especie gramínea pratense o forrajera (*Festuca arundinacea*, cv., Manade) cuyos requerimientos nutricionales no son tan exigentes como los de las especies anteriormente mencionadas.

## II.7 FITOSANITARIO

Aplicación de un desinfectante del suelo (Nematicida), al comienzo del experimento, para que no surgan problemas posteriores en el cultivo, que interfieran en los resultados. El producto usado, fué Namacur (Fenamifos<sup>R</sup>, 40% p/v), en dosis para plantas herbáceas, de 1-5 ml/m<sup>2</sup> en forma de líquido emulsionable.

## **METODOLOGIA**

### III METODOLOGIA

#### III.1 SISTEMA EXPERIMENTAL DE PRODUCCION

Los contenedores se situaron en 4 filas, de 20 contenedores cada una, situadas longitudinalmente a lo largo del eje principal del invernadero. Cada una de estas filas, se rellenó con un tipo de suelo, alternativamente. En cada tipo de suelo, se efectuaron 6 tratamientos con abonado y un tratamiento en blanco, sin fertilización alguna, con 6 y 4 replicados respectivamente. En cada una de las filas se situaron la mitad de los replicados correspondientes a cada tratamiento, distribuyéndolos al azar dentro de la fila.

Los tratamientos ensayados fueron los siguientes:

**Tratamiento blanco**, control sin ningún tipo de fertilización.

**Tratamientos alp.mín y alp.máx**, con dosis de compost de alpechín equivalentes a 20.000 y 50.000 Kg/ha. La dosis de alp. mín, se estableció, teniendo en cuenta el gran desarrollo vegetativo del cultivo de ryegrass, para poder realizar diversos cortes a lo largo del ciclo de la planta, que pongan de manifiesto, los posibles estados carenciales a lo largo del mismo. Por otra parte, y a la vista del contenido en N-P-K del compost de alpechín correspondiente a la primera partida recibida (Tabla III.1), esta dosis supone la adición de 116-71-440 de Kg/ha de  $N-P_2O_5-K_2O$ , que cubren las necesidades de abonado normal, considerada por Gross (1960), para un césped.

La dosis alp.máx se estableció multiplicando por 2,5 la dosis de alp.mín., con objeto de hacer más patentes los efectos que el producto pudiera producir, como por ejemplo, los debidos a la sobrefertilización potásica (toxicidad y salinización del sustrato).

Las dosis de tratamiento de 20.000 y 50.000 kg/ha aportadas el primer año se mantuvieron los cuatros siguientes, pero debido a la variabilidad de las partidas recibidas de este producto, los aportes N-P-K variaron para los cuatros siguientes años. En la Tabla III.1 se muestran estos aportes debidos al compost de alpechín para los seis años de ensayo.

**Tabla III.1 Aportes de nutrientes suministrados en los contenedores con la dosis de 20.000 kg/ha de compost de alpechín.**

Año	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	116	71	440
2	83	121	432
3	223	84	168
4	115	31	365
5	102	61	351
6	---	---	---

**Tratamientos vin.mín y vin.máx**, con dosis de vinaza de 3.700 y 9.250 kg/ha respectivamente, complementados con fósforo mediante adición de superfosfato del 35% a razón de 204 y 503 kg/ha. Las dosis de vinaza se establecieron de modo que las cantidades de nitrógeno aportadas fueran las mismas que las suministradas con los correspondientes tratamientos con compost de alpechín. Los tratamientos con vinaza se suplementaron con superfosfato 35%, dados los bajos contenidos que éste subproducto presenta en fósforo disponible. Las dosis aplicadas tratan igualmente de equiparar la suministrada en los tratamientos con compost de alpechín.

**Tratamiento am.mín y am.máx** (con fertilizantes minerales) establecidos para comparar los resultados obtenidos en los tratamientos con vinaza y compost de alpechín. En ellos se aportaron dosis de 480 y 1.200 kg/ha respectivamente del fertilizante comercial 15-15-15, aportado como abonado de fondo. Estas dosis suministran las mismas cantidades de fósforo que los tratamientos con compost de alpechín y vinaza + fósforo, y una cantidad de potasio, adecuada para el equilibrio nutritivo del cultivo. Para alcanzar las cantidades de nitrógeno aportadas por los tratamientos con vinaza se añadieron las correspondientes coberteras de urea 46%.

En la tabla III.2, se detallan las dosis y cantidades de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O aportadas con estos tratamientos. La incorporación de estos productos se realizó de la siguiente forma:

Antes de la adición de los productos, la capa superficial de los contenedores (10 cm), fue removida con un pequeño almocafre, limpiándola de las raíces que quedaban sueltas del cultivo anterior.

El compost de alpechín se aplicó distribuyéndolo en la superficie del contenedor y removiendo posteriormente para mezclarlo con el suelo de los 6-8 cm superiores. Algunos pequeños agregados o gránulos de compost fueron desechos a mano.

La vinaza se aplicó diluyendo la cantidad a añadir hasta 1 litro con agua desionizada y añadiendo esta disolución en superficie del contenedor mediante una regadera, procurando distribuirla con la mayor homogeneidad.

El superfosfato se aplicó superficialmente como polvo, procedente de gránulos de superfosfato molidos. Tras la incorporación de la vinaza y el superfosfato también se removió la capa superficial de suelo de los contenedores.

El complejo 15-15-15 también se aplicó igual que el superfosfato.

La urea aportada en cobertera se aplicó en forma de disolución, de modo que 100 ml de esta disolución aportarán la dosis requerida.

En la Tabla III.3 se presenta un diario de las operaciones realizadas en los contenedores durante los seis años de ensayo. A los 20 días de la incorporación a los contenedores del compost de alpechín y la vinaza, se sembraron en cada uno 15 g de semillas de ryegrass. Para ello se retiró de los mismos 1 cm de suelo de la capa superficial, se distribuyeron las semillas, dejando sin sembrar la franja exterior de 5 cm próxima al perímetro del mismo, y se volvieron a cubrir las semillas con el mismo suelo extraído. Desde la adición de los productos orgánicos y salvo una semana antes de la siembra en que se dejó que se secase el suelo de los contenedores estos fueron regados periódicamente. En el último año de ensayo, donde se estudia el efecto residual de los tratamientos aplicados, se sembraron 10 g de semillas de festuca siguiendo el procedimiento anteriormente descrito pero sin fertilización alguna.

**Tabla III.2. Dosis y cantidades de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O aportadas con los tratamientos.**

Tratamiento	Dosis kg/ha	Dosis contenedor	Unidades fertilizantes		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Blanco</b>	0	0	0	0	0
<b>Alp.mín*</b>	20.000	840 g	128	74	351
<b>Alp.máx*</b>	50.000	2.100 g	320	185	878
<b>Vin.mín</b>	3.700	123 ml	120	2	152
sup fosfato 35%	204	8,58 g	---	71	---
<b>Vin.máx</b>	9.250	308 ml	300	4	308
sup fosfato 35%	503	21,1 g	---	176	---
<b>Am.mín 15-15-15</b>	487	20,5 g	39	73	73
urea 46%**	102	4,29 g	47	---	---
<b>Am.máx. 15-15-15</b>	1.200	50,4 g	96	180	180
urea 46%**	130	5,48 g	60	---	---
urea 46%***	130	5,48 g	60	---	---

\* media de los cinco años de ensayo

\*\* Primera fertilización de cobertera

\*\*\* Segunda fertilización de cobertera

**Tabla III.3. Diario de las operaciones efectuadas en los ensayos en contenedores.**

Fecha	Operación
AÑO 1º	
15-12-88	Desinfección del suelo con NEMACUR
19-12-88	Incorporación de la vinaza y del compost de alpechín
22-12-88	Incorporación de los productos en los tratamientos am.mín y am.máx
28-12-88	Laboreo de los contenedores
25- 1-89	Siembra del ryegrass
13- 3-89	Primer corte
20- 3-89	Cobertera en tratamientos am.mín y am.máx
18- 4-89	Segundo corte
24- 4-89	Segunda cobertera en tratamiento am.máx
15- 5-89	Tercer corte
20- 6-89	Cuarto corte
AÑO 2º	
23-10-89	Laboreo y limpieza de los contenedores
24-10-89	Incorporación de la vinaza y compost de alpechín
27-11-89	Incorporación de abonos minerales
28-11-89	Laboreo
12-12-89	Siembra del ryegrass
7- 2-90	Primer corte
13- 2-90	Primera cobertera
19- 3-90	Segundo corte
21- 3-90	Segunda cobertera
17- 4-90	Tercer corte
17- 5-90	Cuarto corte
AÑO 3º	
2-10-90	Desinfección del suelo de los contenedores con NEMACUR
18-10-90	Laboreo y limpieza de los contenedores
19-10-90	Incorporación de la vinaza, el compost de alpechín y los fertilizantes minerales
21-10-90	Laboreo
6-11-90	Siembra del ryegrass
21- 1-91	Primer corte
28- 1-91	Primera cobertera
5- 3-91	Segundo corte
8- 3-91	Segunda cobertera

4- 4-91 Tercer corte  
6- 5-91 Cuarto corte

## AÑO 4º

24-10-91 Laboreo y limpieza de los contenedores  
25-10-91 Incorporación de la vinaza, el compost de alpechín y los  
fertilizantes minerales  
2-12-91 Siembra del ryegrass  
5- 2-92 Primer corte  
11- 2-92 Primera cobertera  
17- 2-92 Tratamiento con NUDRIN contra el pulgón  
5- 3-92 Segundo corte  
3- 4-92 Tercer corte  
9- 4-92 Segunda cobertera  
27- 4-92 Cuarto corte

## AÑO 5º

5-10-92 Limpieza, laboreo y desinfección del suelo con NEMACUR  
22-10-92 Incorporación de la vinaza, el compost de alpechín y los  
fertilizantes minerales  
10-11-92 Siembra del ryegrass  
29-12-92 Primer corte  
11- 2-93 Segundo corte  
12- 2-93 Primera cobertera  
15- 3-93 Tercer corte  
17- 3-93 Segunda cobertera  
13- 4-93 Cuarto corte

## AÑO 6º

30-10-93 Laboreo y limpieza de los contenedores  
5-11-93 Siembra de la festuca  
20-12-93 Desinfección con SUMIFIVE  
20- 1-94 Primer corte  
14- 3-94 Segundo corte  
26- 4-94 Tercer corte

---

### III.2 TOMA Y PREPARACION DE LAS MUESTRAS

Se efectuaron varios cortes a diferentes intervalos de días después de la siembra (Tabla III.3). En cada corte, el material vegetal obtenido se introdujo en bolsas de polietileno, identificadas, efectuándose rápidamente su transporte al laboratorio.

Las muestras fueron pesadas en verde, y a continuación lavadas con agua corriente y agua desionizada, extendida sobre papel de filtro, dejándola escurrir, y posteriormente colocado en una bolsa del mismo papel de filtro. Después se llevaron a secar en estufa con circulación de aire forzada a 70 °C, durante 48 horas, y tras obtener su peso en seco, fueron molidas y guardadas en botes de polietileno herméticamente cerrados hasta el momento de su análisis.

### III.3 DETERMINACION ANALITICA DE FOSFORO EN PLANTAS

Las determinaciones analíticas del presente estudio se han efectuado sobre muestra seca a 70°C, y de acuerdo con los Métodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1986).

En cápsula de porcelana se calcinaron 0,500 g de muestra molida y seca a 550°C durante 3 horas. Las cenizas resultantes se trataron con 2 ó 3 ml de agua desionizada y 1 ml de HCl conc. calentando ligeramente. El residuo no disuelto se separó mediante filtración y el líquido resultante se diluyó a 50 ml con agua desionizada.

El fósforo se determinó por espectrofotometría visible en un espectrofotómetro visible Hach DR/2000 a 440 nm. El método se basa en la reacción del molibdato amónico en disoluciones diluídas de ortofosfato y medio ácido para formar el ácido heteropolar molibdofosfórico. En presencia de vanadato se forma ácido vanadomolibdofosfórico de color amarillo. Las determinaciones se realizaron frente a una curva patrón que cubría un intervalo hasta 1000  $\mu\text{g}$  de P en 50 ml.

#### **III.4 DETERMINACION ANALITICA DE FOSFORO EN SUELO**

La determinación del fósforo disponible en el suelo se realizó de acuerdo con el método de Olsen y col. (1954): extracción del fósforo con disolución de  $\text{NaHCO}_3$  0,5N a pH 8,5. En el extracto se determinó el fósforo por colorimetría del fósforo extraído con molibdato amónico y ácido ascórbico como reductor (Murphy y Riley, 1962; Watanabe y Olsen, 1965). El intenso color azul formado fue medido frente a curvas patrón a 880 nm.

#### **III.5 METODOS ESTADISTICOS**

El análisis estadístico de los diversos resultados (producción de biomasa, estado nutricional y análisis de suelo) se llevó a cabo mediante análisis de la varianza (ANOVA) bifactorial, considerando para cada tipo de suelo, el tratamiento como variable dependiente y los parámetros estudiados.

En la discusión que sigue se presentan valores medios de los replicados correspondientes a cada caso, generalmente 6. Entre ellos la comparación de los valores medios para establecer diferencias estadísticas, se realizó mediante el test de Tuckey, considerando un nivel de significación  $p < 0,05$ . En aquellos casos en los que el error standard aumento al aumentar los valores de los resultados, fue necesario transformar los datos por conversión logarítmica para establecer las diferencias estadísticas.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

## IV RESULTADOS Y DISCUSION

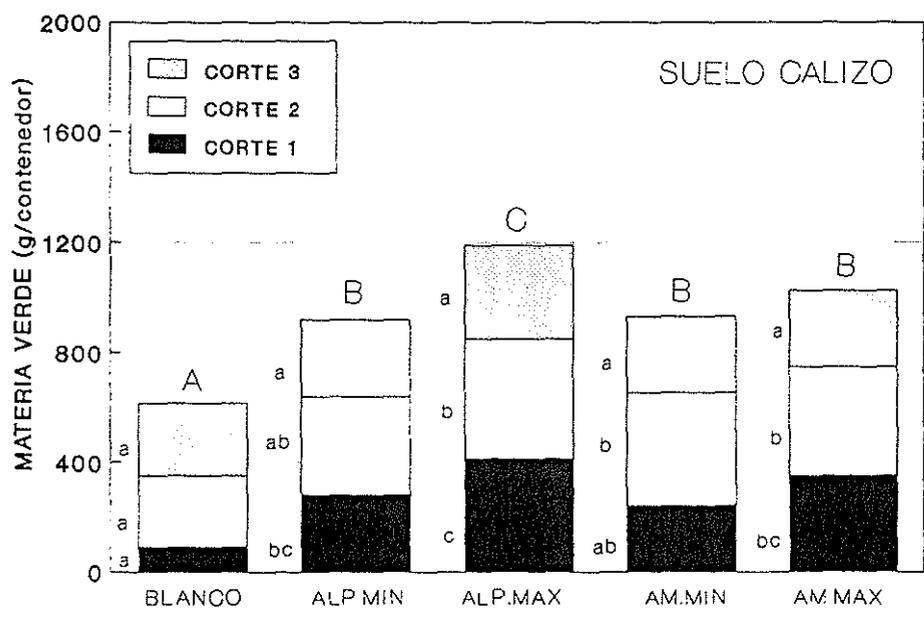
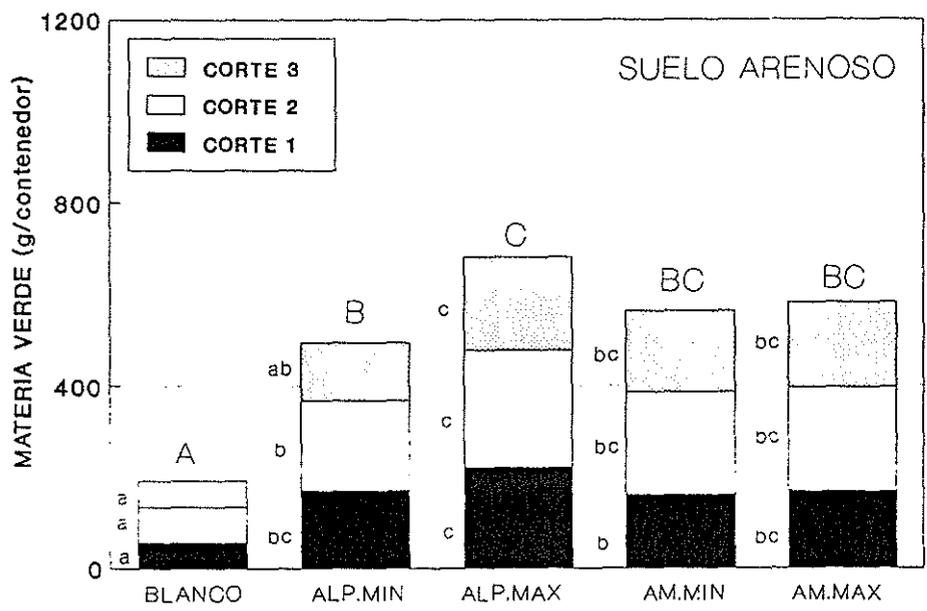
### IV.1 EFECTO RESIDUAL DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA PRODUCCION DE BIOMASA VEGETAL

Con objeto de facilitar la interpretación de las figuras y las tablas que se presentan a continuación, se han separado los datos correspondientes a los tratamientos con compost de alpechín y los correspondientes a los tratamientos de vinaza, incluyendo como referencia, los resultados de los tratamientos blanco, am.mín y am.máx.

#### *IV.1.1 Efecto residual del compost de alpechín sobre el rendimiento de la festuca*

En la figura IV.1, se comparan las producciones de los tratamientos alp.mín y alp.máx con los tratamientos am.mín, am.máx y blanco en el suelo arenoso y calizo. En esta figura, los valores medios de producción de cada tratamiento y para un mismo corte seguido de la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

Se obtuvieron producciones netas superiores en el suelo calizo respecto al arenoso, lo que puede explicarse por la diferente fertilidad de éste suelo. En un estudio previo sobre las modificaciones de las propiedades físico-químicas de ambos suelos, tras tres años de aplicación de los tratamientos ensayados (López, 1992), se observó un aumento significativo en materia orgánica y N-orgánico en el suelo calizo. Este hecho se manifiesta en una mayor fertilidad del suelo calizo respecto al arenoso, reflejándose en las mayores producciones obtenidas



**Figura IV.1. Producción de festuca en los suelos arenoso y calizo tratados con compost de alpechín. Los valores de cada tratamiento y para cada corte seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).**

De modo general se observa una clara diferencia entre los tratamientos, cuyos resultados de producción total para ambos suelos sigue la secuencia: alp.máx > am.máx > am.mín > alp.mín > blanco. Esta secuencia tiende a mantenerse para cada corte en el suelo arenoso, sin embargo en el suelo calizo, las diferencias significativas entre los tratamientos disminuyen en el segundo y se anulan en el tercer corte. Este efecto puede atribuirse a la mayor fertilidad del suelo calizo: las producciones de biomasa del tratamiento blanco en el segundo y tercer corte aumentan con respecto al tratamiento blanco en el suelo arenoso; aumento que puede enmascarar pequeñas diferencias significativas en la producción de biomasa de los otros tratamientos.

Cabe destacar que la secuencia anteriormente mencionada difiere de las obtenidas en los cinco años anteriores de ensayo donde las producciones anuales del tratamiento am.máx son superiores a las obtenidas con el tratamiento alp.máx (López, 1992; Romero, 1992; Rodríguez, 1993).

Con objeto de normalizar los resultados y hacer más fácil su comparación, López (1992) ha definido un índice de efectividad,  $I_{\text{trat}}$ , de los tratamientos con compost de alpechín y vinaza según:

$$I_{\text{trat}} = \frac{\text{biom. trat} - \text{biom. trat blanco}}{\text{biom. trat am.} - \text{biom. trat blanco}}$$

donde

*biom. trat* es la biomasa acumulada para un corte determinado de cada uno de los tratamientos con compost de alpechín o vinaza concentrada.

*biom. trat blanco* es la biomasa acumulada para el mismo corte del tratamiento blanco.

*biom. trat am.* es la biomasa acumulada para el mismo corte del tratamiento con abono mineral equivalente, esto es am.mín para los casos alp.mín y vin.mín, y am.máx para los casos alp.máx y vin.máx.

Este índice se ha elaborado según los siguientes criterios:

- al restar la biomasa del tratamiento blanco de las del tratamiento en cuestión y de las del abono mineral se trata de eliminar del rendimiento la interferencia del suelo.
- al dividir entre si estas diferencias se expresa la biomasa neta asociada a cada tratamiento con relación (en tanto por uno) a la que se obtiene en los tratamientos con

abono mineral y por tanto se intenta eliminar factores que influyen en la producción no dependientes del tratamiento como por ejemplo: temperatura, riego y radiación.

En la figura IV.2, aparecen los resultados obtenidos para este índice de efectividad, para los tratamientos con compost de alpechín para ambos suelos, durante los seis años de ensayo.

En el último año de ensayo los índices del rendimiento "residual" para las dosis altas de alpechín fueron del 143% y 126% del correspondiente al tratamiento am.máx para el suelo calizo y arenoso respectivamente, mientras que para la dosis menor fueron del 97% y 81% para el suelo calizo y arenoso respectivamente. Estos índices son superiores a los obtenidos en años anteriores, lo cual parece indicar la liberación de nutrientes como N, a través de la mineralización de la materia orgánica acumulada tras cinco años de adición de compost de alpechín. Lund y Doss (1980) estudiando el efecto residual de adiciones de excrementos de ganado durante tres años consecutivos, observaron en los cuatros siguientes años a la adición de éstos excrementos, una disminución progresiva del N orgánico acumulado en los suelos arenosos que habían sido tratados previamente.

Cabe además destacar que el índice de efectividad para ambas dosis de compost de alpechín fue mayor en el suelo calizo que en el arenoso, resultado inverso al de los años anteriores de ensayo donde el índice de efectividad encontrado fue superior en el suelo arenoso (López, 1992; Romero, 1992 y Rodríguez, 1993). En los suelos arenosos tratados con compost de alpechín, los % de N mineralizado fueron mayores que en los suelos calizos con el mismo tratamiento (Martín-Olmedo, 1993). En suelos con mayor contenido en arcilla, como el calizo, la formación de agregados organominerales que implican la fracción arcillosa y orgánica de los suelos (Hérbert y col., 1991), disminuye la disponibilidad de la materia orgánica para los microorganismos implicados en los procesos degradativos. En estos suelos existe una mayor compactación que motiva una mayor protección física de la materia orgánica y de la biomasa, haciéndolas inaccesibles a la flora heterótrofa responsable de la mineralización (Magdoff y Douglas, 1991). Así pues, un menor contenido en materia orgánica en los suelos arenosos supondrá un menor aporte de nutrientes derivados de la mineralización de la materia orgánica.

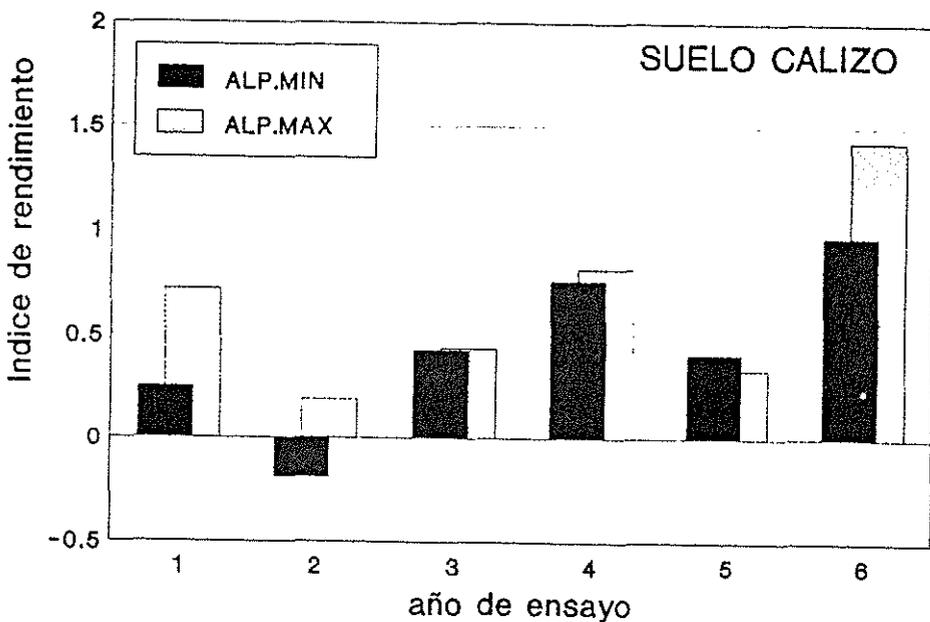
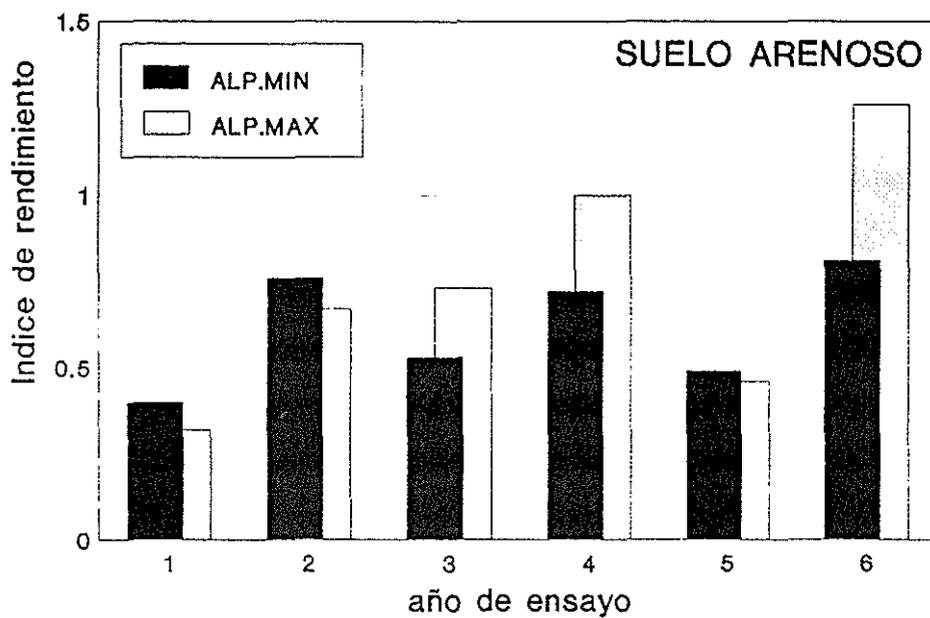


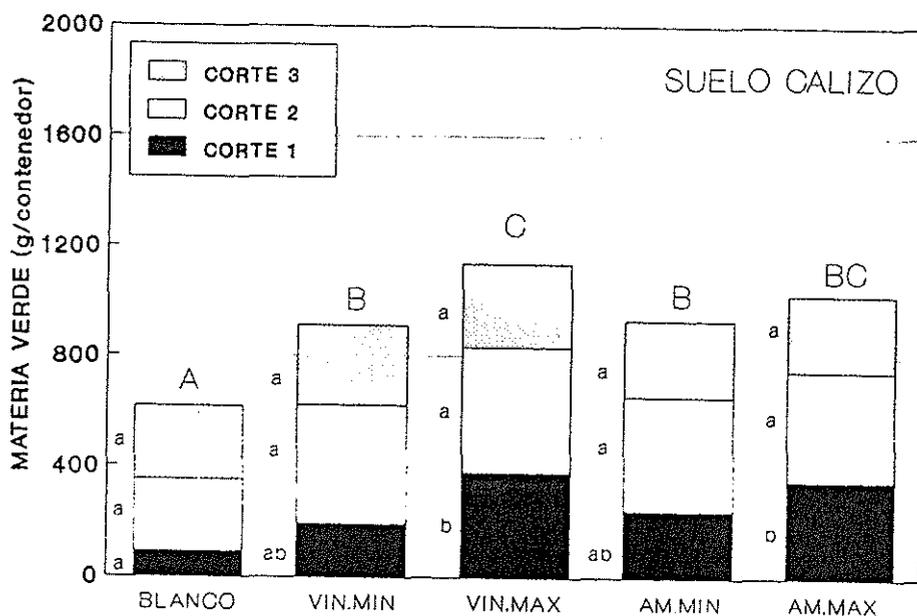
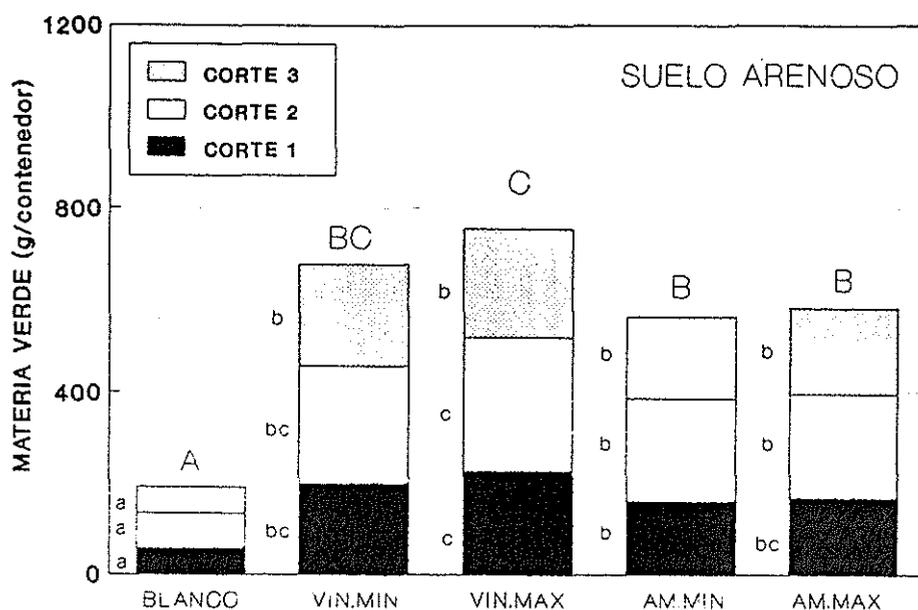
Figura IV.2. Indices de rendimiento de biomasa de festuca en los suelos arenoso y calizo tratados con compost de alpechín.

#### ***IV.1.2 Efecto residual de la vinaza sobre el rendimiento de la festuca.***

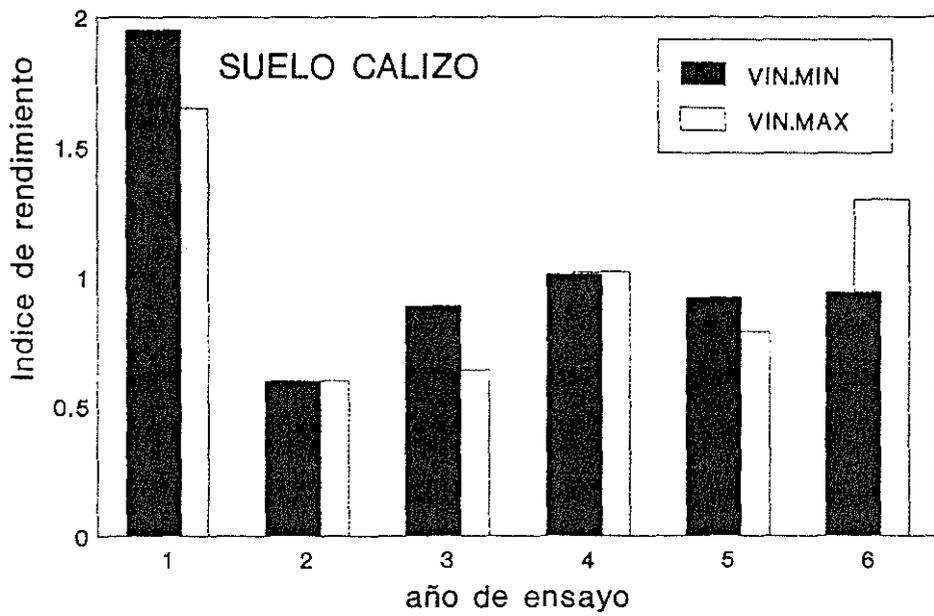
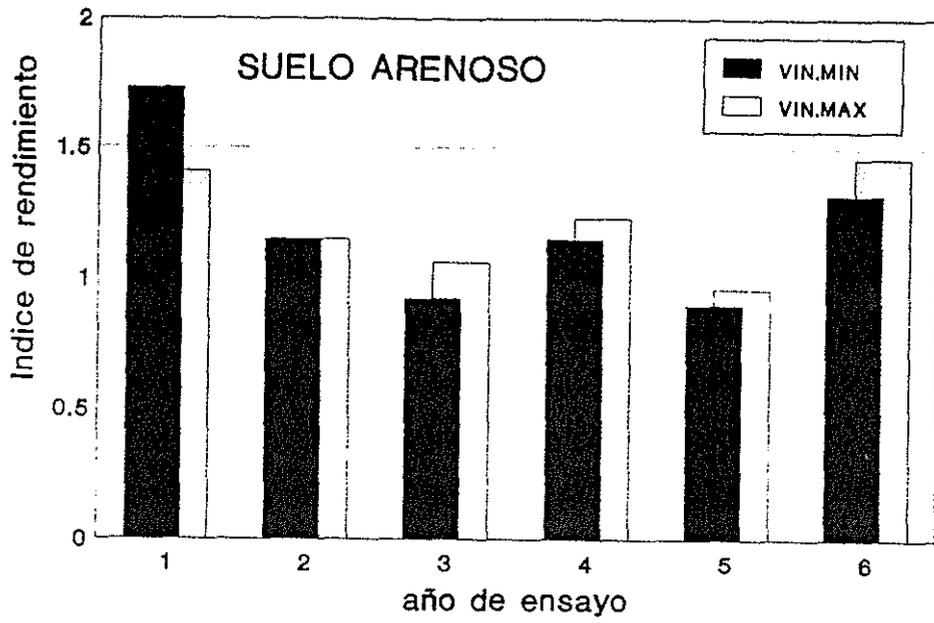
En la figura IV.3, se comparan las producciones de los tratamientos vin.mín y vin.máx con los tratamientos am.mín, am.máx y blanco en el suelo arenoso y calizo.

Al igual que con el compost de alpechín se observa una clara diferencia entre los tratamientos, cuyos resultados de producción total tienden a seguir la secuencia vin.máx> am.máx> vin.mín= am.mín> blanco. Las producciones netas alcanzadas en el suelo arenoso son inferiores a las obtenidas en el suelo calizo como consecuencia de la diferente fertilidad de los mismos. Para el suelo calizo, las diferencias significativas entre los tratamientos también se anulan en el segundo y tercer corte como se observó para los tratamientos con el compost de alpechín.

El comportamiento de los índices de efectividad de los tratamientos con vinaza no difiere mucho de los años anteriores (Figura IV.4), siendo superiores en el suelo arenoso. Cabe destacar que aunque la vinaza presenta un carácter muy degradable (López, 1992), el efecto residual de estos tratamientos en los índices de rendimiento puede todavía observarse para las dosis mayores de vinaza, especialmente en el suelo calizo como se observó para el compost de alpechín.



**Figura IV.3. Producción de festuca en los suelos arenoso y calizo tratados con vinaza. Los valores de cada tratamiento y para cada corte seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).**



**Figura IV.4.** Índices de rendimiento de biomasa de festuca en los suelos arenoso y calizo tratados con vinaza.

## **IV.2 EFECTO RESIDUAL DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL ESTADO NUTRICIONAL DE LAS COSECHAS DE FESTUCA: FOSFORO**

A continuación se presentan los contenidos medios de fósforo de la festuca a lo largo del último año de ensayo y en los dos suelos ensayados para los tratamientos alp.máx y alp.mín (Tabla IV.1) y para los tratamientos vin.máx y vin.mín (Tabla IV.2). A efectos comparativos se muestran también los resultados obtenidos para los tratamiento blanco y am.máx y am.mín.

A partir de los contenidos en fósforo indicados de cada una de las muestras de festuca, de la biomasa correspondiente a cada contenedor para cada corte, y haciendo uso de un factor correspondiente a un porcentaje promedio del 13,5% de materia seca también se han estimado las extracciones que se han efectuado con las cosechas de este cultivo.

### ***IV.2.1 Efecto residual del compost de alpechín sobre el contenido de fósforo de la festuca***

Los valores encontrados en la bibliografía como nivel adecuado de fósforo en festuca oscilan entre 0,26-0,32% (Martin y Matocha, 1973). Estos valores deben no obstante tenerse en cuenta como una cierta aproximación teórica ya que el establecimiento de una norma depende siempre de las condiciones de cultivo contempladas en la bibliografía, no coincidentes totalmente con las de éste experimento.

En los suelos tratados con compost de alpechín, no hay diferencias significativas en las concentraciones de fósforo entre los tratamientos con fertilizantes minerales u orgánicos, aunque sí difieren significativamente del tratamiento blanco, donde las concentraciones de fósforo son inferiores. En ambos suelos se encontraron mayores concentraciones de fósforo en los dos primeros cortes (Tabla IV.1). El contenido de fósforo, para el suelo arenoso, es inferior en todos los casos y en todos los cortes al intervalo de suficiencia, efecto que solo se observa marcadamente en el suelo calizo para la dosis baja de alpechín y en el último corte para todos los tratamientos.

**Tabla IV.1 Contenido en fósforo (%) de la festuca en ambos suelos para los tratamientos con compost de alpechín, fertilizante mineral y blanco.**

CORTE	BLANCO	ALP.MIN	ALP.MAX	AM.MIN	AM.MAX
ARENOSO					
1	0,09 A	0,14 B	0,18 C	0,17 BC	0,17 C
2	0,11 A	0,13 AB	0,17 C	0,16 BC	0,17 C
3	0,09 A	0,10 A	0,14 B	0,11 A	0,12 A
CALIZO					
1	0,15 A	0,21 AB	0,24 B	0,24 B	0,25 B
2	0,18 A	0,21 AB	0,26 B	0,24 AB	0,25 B
3	0,13 A	0,16 AB	0,18 B	0,18 B	0,19 B

Valores seguidos de la misma letra en la misma fila no difieren significativamente según el test de Tuckey ( $p < 0,05$ ).

#### **IV.2.2 Efecto residual de la vinaza sobre el contenido de fósforo de la festuca**

En la tabla IV.2, se recogen los datos obtenidos para los tratamientos con vinaza. En ambos suelos, se observan diferencias significativas entre los tratamientos en los tres cortes, con un mayor contenido en fósforo en los suelos que han recibido altas dosis de vinaza. Al igual que en el caso anterior, se encontraron mayores concentraciones de fósforo en los dos primeros cortes para ambos suelos.

**Tabla IV.2 Contenido en fósforo (%) de la festuca en ambos suelos para los tratamientos con vinaza, fertilizante mineral y blanco.**

CORTE	BLANCO	VIN.MIN	VIN.MAX	AM.MIN	AM.MAX
ARENOSO					
1	0,09 A	0,18 B	0,24 C	0,17 B	0,17 B
2	0,11 A	0,18 B	0,25 C	0,16 AB	0,17 AB
3	0,09 A	0,12 B	0,19 C	0,11 AB	0,12 AB
CALIZO					
1	0,15 A	0,26 B	0,27 B	0,24 B	0,25 B
2	0,18 A	0,28 BC	0,33 C	0,24 B	0,25 B
3	0,13 A	0,19 B	0,24 C	0,18 B	0,19 B

Valores seguidos de laa misma letra en la misma fila no difieren significativamente según el test de Tuckey ( $p < 0,05$ ).

### ***IV.2.3 Efecto residual del compost de alpechín sobre la extracción de fósforo realizada por la festuca***

De modo general se observa una clara diferencia significativa entre los tratamientos, cuyos resultados de extracción total de fósforo para ambos suelos sigue la secuencia: alp.máx > am.máx > am.mín > alp.mín > blanco (Tabla IV.3). Esta secuencia se mantiene para cada corte en ambos suelos.

**Tabla IV.3 Extracciones de fósforo en kg/ha en los suelos arenoso y calizo sin abonar, abonado con compost de alpechín y abonado con fertilizante mineral.**

	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Total año
<b>ARENOSO</b>				
Blanco	0,19 A	0,38 A	0,27 A	0,84 A
Alp.mín	0,97 B	1,17 B	0,70 AB	2,85 B
Alp.máx	1,60 C	2,00 C	1,64 C	5,24 C
Am.mín	1,10 CB	1,62 BC	1,09 BC	3,81 B
Am.máx	1,16 CB	1,68 BC	1,18 BC	4,02 BC
<b>CALIZO</b>				
Blanco	0,54 A	2,06 A	1,90 A	4,50 A
Alp.mín	2,38 B	3,36 AB	2,36 AB	8,10 B
Alp.máx	3,93 C	5,12 C	3,36 B	12,40 D
Am.mín	2,22 B	4,47 BC	2,68 AB	9,37 CB
Am.máx	3,36 BC	4,41 BC	2,85 AB	10,62 CD

Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente según el test de Tuckey ( $p < 0,05$ ).

Cabe destacar que al igual que ocurría con las producciones de biomasa, la secuencia anteriormente mencionada difiere de las obtenidas en los cinco años anteriores donde las extracciones de fósforo anuales del tratamiento am.máx son superiores a las obtenidas con el tratamiento alp.máx (López, 1992; Romero, 1992; Rodríguez, 1993).

En la figura IV.5, se muestran los índices de efectividad de la extracción de fósforo para ambos suelos a lo largo de los seis años de ensayo. En el último año de ensayo los índices de extracción de fósforo para las dosis altas de alpechín fueron del 129% y 138% del correspondiente al tratamiento am.máx para el suelo calizo y arenoso respectivamente, mientras que para las dosis bajas fueron del 74% y 68% del correspondiente al tratamiento para el suelo calizo y arenoso respectivamente. Estos índices son muy superiores a los obtenidos en años anteriores, lo que de nuevo indica liberación de nutrientes, en este caso fósforo, vía mineralización de la materia orgánica ya que el aporte de fósforo con el compost de alpechín es fundamentalmente en forma orgánica.

En la Tabla IV.4 se presenta a modo ilustrativo, sin tratamiento estadístico por falta de réplica en los tratamientos, los contenidos en fósforo inorgánico y orgánico en los primeros 20 cm del suelo de los contenedores, después del quinto año de ensayo.

Como puede observarse, los contenidos en fósforo orgánico para el suelo calizo tratados con compost de alpechín son superiores a los demás tratamientos. En el suelo arenoso, aunque los contenidos de fósforo orgánico llegan a ser inferiores a otros tratamientos hay que señalar que el contenido en fósforo inorgánico para la dosis superior de alpechín es mayor que para la correspondiente al tratamiento mineral, lo cual de nuevo nos indica una mayor mineralización de la materia orgánica en el suelo arenoso como ya se discutió previamente en el apartado IV.1.1.

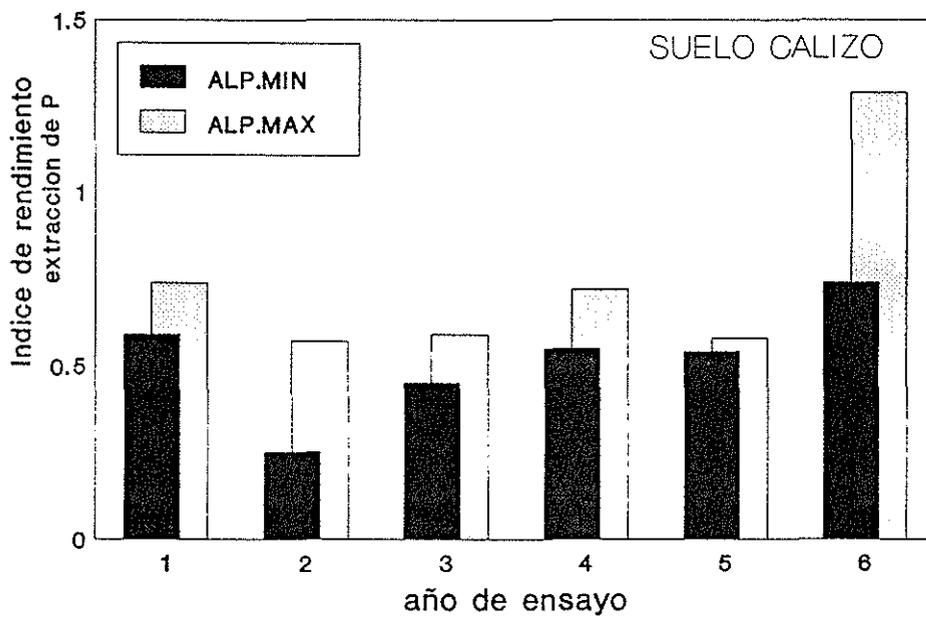
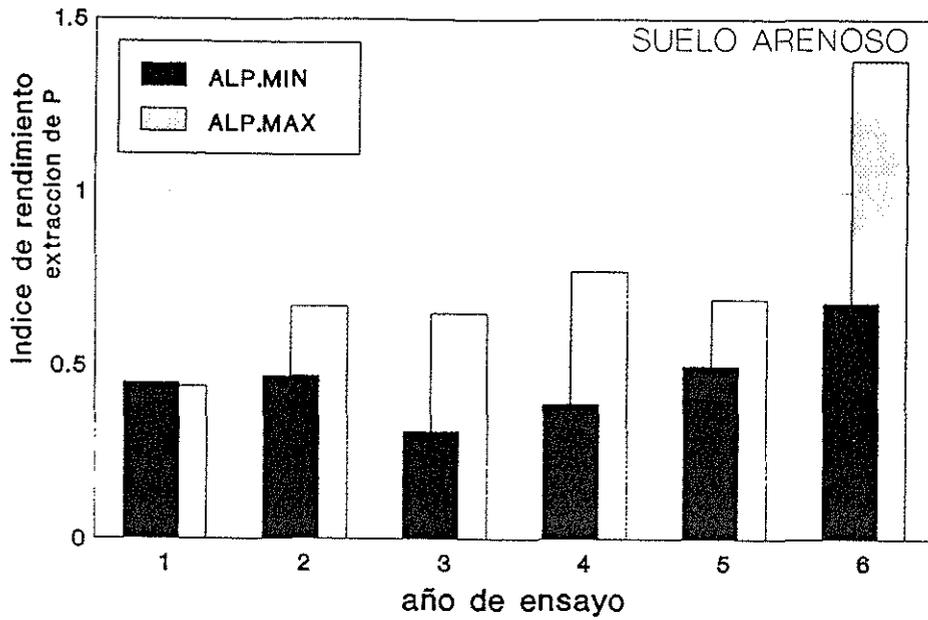


Figura IV.5. Índices de efectividad de extracción de fósforo por la festuca en los suelos arenoso y calizo tratados con compost de alpechín.

**Tabla IV.4 Contenido en fósforo inorgánico y orgánico (mg P/100 g suelo) en la capa superficial del suelo (0-20 cm) de los contenedores sometidos a diferentes tratamientos.**

Tratamiento	P inorgánico	P orgánico
ARENOSO		
Blanco	137	73
Alp.mín	177	57
Alp.máx	307	47
Vin.mín	193	43
Vin.máx	233	73
Am.mín	177	33
Am.máx	233	63
CALIZO		
Blanco	126	83
Alp.mín	205	117
Alp.máx	269	155
Vin.mín	152	81
Vin.máx	186	74
Am.mín	167	81
Am.máx	236	91

#### ***IV.2.4 Efecto residual de la vinaza sobre la extracción de fósforo realizada por la festuca***

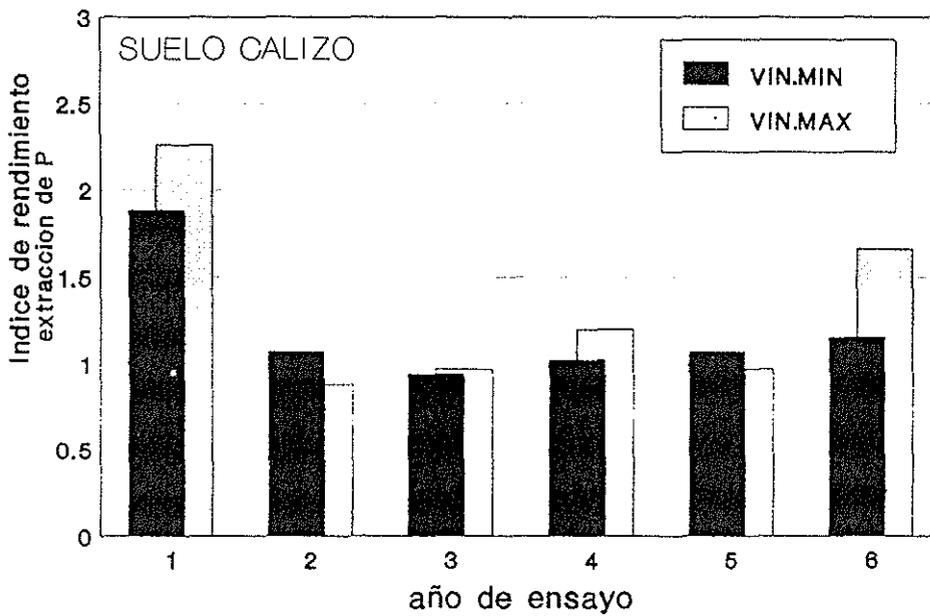
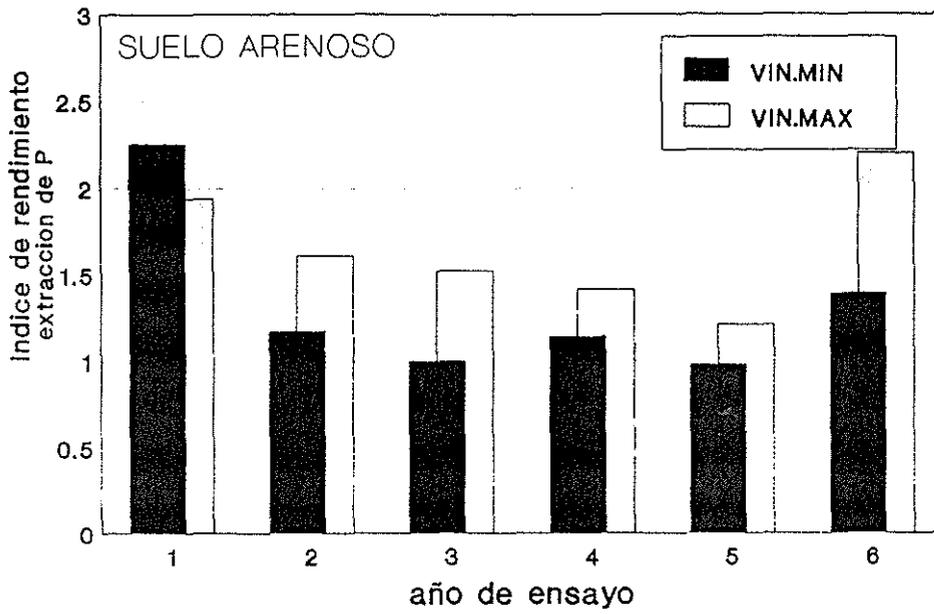
Al igual que en los suelos tratados con compost de alpechín, se observa una clara diferencia significativa entre los tratamientos, cuyos resultados de extracción total de fósforo para ambos suelos sigue en este caso la secuencia: vin.máx> vin.mín> am.máx> am.mín> blanco (Tabla IV.5). En los años precedentes, las cantidades de fósforo extraído en los suelos tratados con dosis bajas de vinazas fueron inferiores a los que fueron tratados con fertilizante mineral en dosis altas (am.máx).

Los índices de efectividad de la extracción de fósforo para ambos suelos, son superiores al 100% de efectividad fenómeno observado en los años anteriores (Figura IV.6). La eficacia del tratamiento con vinaza en la extracción de fósforo, se debe a un aumento del fósforo biodisponible en los suelos tratados como ya indicaba López (1992) en los estudios de las propiedades químicas de estos suelos tras tres años de ensayo. Este aumento del fósforo disponible se discutirá en el apartado siguiente.

**Tabla IV.5 Extracciones de fósforo (P) en kg/ha en los suelos arenoso y calizo sin abonar, abonado con vinaza y con fertilizante mineral.**

	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Total año
<b>ARENOSO</b>				
Blanco	0,19 A	0,38 A	0,27 A	0,84 A
Vin.mín	1,44 CB	2,08 B	1,46 B	4,98 B
Vin.máx	2,11 C	3,29 C	2,45 C	7,85 C
Am.mín	1,10 B	1,62 B	1,09 AB	3,81 B
Am.máx	1,16 B	1,68 B	1,18 AB	4,02 B
<b>CALIZO</b>				
Blanco	0,54 A	2,06 A	1,90 A	4,50 A
Vin.mín	1,95 AB	5,24 CB	2,93 AB	10,12 B
Vin.máx	4,08 C	6,55 C	4,05 B	14,68 C
Am.mín	2,22 ABC	4,47 B	2,68 A	9,37 B
Am.máx	3,36 BC	4,41 B	2,85 AB	10,62 B

Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente según el test de Tuckey ( $p < 0,05$ ).



**Figura IV.6.** Índices de efectividad de extracción de fósforo por la festuca en los suelos arenoso y calizo tratados con vinaza .

### **IV.3 CONTENIDO EN FOSFORO BIODISPONIBLE TRAS TRES Y SEIS AÑOS DE ENSAYO CON CINCO AÑOS DE APLICACION CONTINUADA DE LOS PRODUCTOS**

#### ***IV.3.1 Efecto del compost de alpechín sobre el contenido de fósforo disponible***

En las Tablas IV.6 y 7, se muestran los contenidos en fósforo disponible de los suelos tratados con compost de alpechín, fertilizante mineral y blanco, determinado por el método Olsen, en las capas 0-20 y 20-40 cm, respectivamente, tras tres y seis años de ensayo.

En la capa superior (0-20 cm) de los suelos arenoso y calizo, los contenedores tratados con compost de alpechín presentan niveles de fósforo disponible mayores que los de los contenedores no fertilizados y no se encuentran diferencias significativas con los correspondientes abonos minerales (Tabla IV.6). Los niveles de fósforo disponible pueden catalogarse de niveles medio-altos para las dosis altas de compost o abono mineral, niveles medios para las dosis bajas y niveles bajos para los contenedores no fertilizados (Ministerio de Agricultura, 1986).

En ambos suelos, los niveles de fósforo disponible siguen la secuencia: am.máx=alp.máx > am.mín=alp.mín > blanco. Esta secuencia se mantiene tras seis años de ensayo, aunque los contenidos de fósforo en el suelo arenoso para ambas dosis de fertilizante mineral y para el tratamiento blanco disminuyen con respecto a los valores obtenidos tras tres años de ensayo (Tabla IV.6).

En la capa de suelo más profunda (20-40 cm), los niveles de fósforo disponible encontrados para todos los tratamientos en ambos suelos corresponden a niveles bajos de fósforo disponible, y apenas se observan diferencias significativas entre los tratamientos. Para el suelo arenoso, se obtuvieron valores inferiores a los obtenidos tras tres años de ensayo.

El uso agrícola de residuos orgánicos contribuye de forma eficaz a aumentar en el suelo el fósforo asimilable: Olayinka y Adebayo (1989) lo encuentran con estiércol de vaca, Nogales y col. (1990) con compost fabricados a partir de subproductos vegetales, Saviozzi y col (1991) en suelos tratados con alpechín, Ayuso y col. (1992) con lodos de depuradoras. Olsen y Barber (1977) estudiaron los efectos

a corto y largo plazo de la aplicación de estiércol de oveja sobre el fósforo en el suelo. En la mayoría de sus estudios encontraron que las parcelas tratadas con estiércol mantenían niveles de fósforo soluble superiores que los encontrados para las parcelas que habían sido tratadas con cantidades equivalentes de superfosfato.

Recientemente, Oberson y col. (1993) compararon el efecto de los sistemas de producción agrícolas convencionales (abonos minerales) y biológicos (abonos orgánicos como estiércoles) sobre la dinámica del fósforo del suelo. Estos autores observaron aumentos en la biomasa microbiana y en las actividades fosfatásicas en parcelas que recibieron abonos orgánicos, atribuyendo este efecto a los mayores inputs de carbono y fósforo orgánico en el sistema.

Los aumentos de fósforo disponible que se producen con la adición de compost de alpechín, así como los mayores rendimientos de extracción de fósforo por el cultivo de festuca (Tabla IV.3; Figura IV.5), pueden atribuirse a la mineralización lenta y progresiva del fósforo orgánico presente en dicho compost. La diferencia en los niveles de fósforo disponible que se observa entre los suelos arenoso y calizo, pueden atribuirse a una mayor mineralización de la materia orgánica en el suelo arenoso acompañado de un lixiviamiento de los nutrientes liberados por los procesos de mineralización.

#### ***IV.3.2 Efecto de la vinaza sobre el contenido de fósforo disponible***

En las Tablas IV.8 y 9, se muestran los contenidos en fósforo disponible de los suelos tratados con vinaza, fertilizante mineral y blanco, en las capas 0-20 y 20-40 cm, respectivamente, tras tres y seis años de ensayo.

Los contenidos más bajos de fósforo disponible en ambos suelos, tanto en la capa superficial como en la profunda, se observan en el tratamiento blanco, con valores que corresponden a niveles bajos de fósforo disponible.

Para las dosis bajas de vinaza, los valores de fósforo disponible encontrados en el suelo calizo son ligeramente superiores a los correspondientes para el tratamiento mineral, am.mín, aunque no son estadísticamente significativos.

Para ambos suelos, en la capa 0-20 cm de los contenedores tratados con dosis altas de vinaza, vin.máx, los valores encontrados son sorprendentemente altos llegando a ser tres veces superiores a los encontrados para el tratamiento am.máx

(Tabla IV.8). Este fenómeno se observa para ambos suelos y tras tres y seis años de ensayo. En el suelo calizo, los valores de fósforo disponible encontrados para la dosis alta de vinaza se mantienen al finalizar los seis años de ensayo; sin embargo, disminuye drásticamente en el suelo arenoso.

En la capa inferior del suelo arenoso, no se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla IV.9). En el suelo calizo, los valores mayores encontrados corresponden a los tratamientos vin.máx y am.máx siendo estadísticamente significativos con respecto al tratamiento blanco.

Los importantes aumentos de fósforo disponible tras tres años de aplicación continuada de vinaza suplementada con superfosfato no se correspondieron con aumentos apreciables de la materia orgánica en el suelo (López, 1992). Los aumentos de fósforo disponible no pueden directamente atribuirse a una mineralización de fósforo orgánico ya que en el caso de la vinaza, el fósforo se añadió como superfosfato, y no se apreciaron aumentos en la cantidad de fósforo orgánico en los contenedores tras cinco años de aplicación continuada de vinaza (Tabla IV.4).

Se ha puesto de manifiesto el alto carácter degradable de la vinaza (López, 1992). En Brasil, se han realizado numerosos estudios sobre las actividades biológicas en suelos tratados con vinazas procedentes de la caña de azúcar. Tauak y Marco (1990) observaron incrementos en las actividades biológicas en suelos tratados con vinazas, aunque este efecto fue solo temporal (tres meses). Casagrande y col. observaron una mayor colonización de micorrizas versiculares-arbusculares en cultivos de maíz y caña de azúcar tratados con vinazas que en aquellos cultivos fertilizados con abonos minerales y sin fertilización alguna, lo cual implica una mayor exploración y explotación del suelo por las raíces infectadas con micorrizas.

Existen una serie de procesos a través de los cuales la biomasa microbiana puede aumentar la biodisponibilidad del fósforo (Lee y col., 1990). Estos procesos incluyen la excreción de ácidos orgánicos tales como el ácido maléico, láctico y cítrico por las actividades de las bacterias y hongos. La presencia de estos ácidos orgánicos puede causar (1) solubilización de fosfatos inorgánicos (Kucey, 1983), (2) quelación de hierro, aluminio y calcio disueltos, reduciendo la cantidad de estos cationes

disponible para reaccionar con el ión fosfato y (3) competición por el ión fosfato por los sitios de adsorción en los hidróxidos de hierro y aluminio (Traina y col., 1986). Además, las solubilidades de los fosfatos de calcio y magnesio pueden aumentar como resultado de la producción de ácido carbónico del CO<sub>2</sub> liberado en los procesos de descomposición de residuos orgánicos (Stevenson, 1986).

Los procesos anteriormente mencionados se acentuarían teniendo en cuenta el pH ácido de la vinaza, así como la presencia de ácidos orgánicos en ésta.

**Tabla IV.6 Contenido de fósforo biodisponible (mg P/kg) de la capa superficial del suelo (0-20 cm) de los contenedores en función de los tratamientos tras tres y seis años de ensayo.**

SUELO ARENOSO		
	Tercer año	Sexto año
Blanco	3,1 A	2,2 A
Alp.mín	5,3 AB	5,1 B
Alp.máx	12 DC	11 C
Am.mín	8,4 BC	6,1 B
Am.máx	19 D	10 C
SUELO CALIZO		
	Tercer año	Sexto año
Blanco	3,5 A	5,1 A
Alp.mín	10 BC	9,9 B
Alp.máx	16 C	17 C
Am.mín	8,9 B	9,5 B
Am.máx	16 C	17 C

Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente según el test de Tuckey ( $p < 0,05$ ).

**Tabla IV.7 Contenido de fósforo biodisponible (mg P/kg) de los subsuelos de los contenedores (20-40 cm) en función de los tratamientos al tercer y sexto año de ensayo.**

---

SUELO ARENOSO		
	Tercer año	Sexto año
Blanco	3,3 A	1,9 A
Alp.mín	3,4 A	2,0 A
Alp.máx	5,7 A	3,0 B
Am.mín	4,4 A	2,8 AB
Am.máx	6,2 A	2,2 A

SUELO CALIZO		
	Tercer año	Sexto año
Blanco	3,5 A	3,3 A
Alp.mín	4,8 ABC	3,7 AB
Alp.máx	6,3 C	5,0 B
Am.mín	4,5 AB	3,8 AB
Am.máx	5,7 BC	5,2 B

---

Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente según el test de Tuckey ( $p < 0,05$ ).

**Tabla IV.8 Contenido de fósforo biodisponible (mg P/kg) de la capa superficial del suelo (0-20 cm) de los contenedores en función de los tratamientos tras tres y seis años de ensayo.**

---

SUELO ARENOSO		
	Tercer año	Sexto año
Blanco	3,1 A	2,2 A
Vin.mín	13 BC	8,3 B
Vin.máx	54 D	27 C
Am.mín	8,4 B	6,1 B
Am.máx	19 C	10 B

SUELO CALIZO		
	Tercer año	Sexto año
Blanco	3,5 A	5,1 A
Vin.mín	13 BC	10 B
Vin.máx	46 D	44 D
Am.mín	8,9 B	9,5 B
Am.máx	16 C	17 C

---

Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente según el test de Tuckey ( $p < 0,05$ ).

**Tabla IV.9 Contenido de fósforo biodisponible (mg P/kg) de los subsuelos de los contenedores (20-40 cm) en función de los tratamientos al tercer y sexto año de ensayo.**

---

SUELO ARENOSO		
	Tercer año	Sexto año
Blanco	3,2 A	1,9 A
Vin.mín	4,6 AB	2,2 A
Vin.máx	9,8 C	2,8 A
Am.mín	4,4 AB	2,8 A
Am.máx	6,2 BC	2,2 A

SUELO CALIZO		
	Tercer año	Sexto año
Blanco	3,5 A	3,3 A
Vin.mín	5,8 B	4,3 AB
Vin.máx	8,7 C	6,3 C
Am.mín	4,5 AB	3,8 AB
Am.máx	5,7 B	5,2 BC

---

Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente según el test de Tuckey ( $p < 0,05$ ).

## CONCLUSIONS

## V. CONCLUSIONES

Los efectos residuales de la aplicación continuada de dosis agronómicamente elevadas de un compost de alpechín sobre el desarrollo, estado nutricional de fósforo de los cultivos y contenido de fósforo disponible en el suelo, pueden resumirse, de manera general y para los suelos estudiados, en:

(a) Mayores producciones de biomasa vegetal de festuca (*Festuca arundinacea*, cv., Manade) en los suelos abonados con dosis altas de un compost de alpechín. En ambos suelos, los índices de rendimiento para las dosis altas de alpechín fueron superiores a los obtenidos para el tratamiento mineral, lo que parece indicar la liberación de nutrientes vía mineralización de la materia orgánica acumulada tras cinco años de adición de compost de alpechín.

(b) Niveles de fósforo en las plantas similares a los encontrados para los tratamientos minerales, aunque superiores al tratamiento blanco.

(c) Mayores extracciones de fósforo realizada por la festuca en los suelos tratados con compost de alpechín, lo que de nuevo indica la liberación de fósforo vía mineralización del fósforo orgánico del alpechín.

(d) Contenidos de fósforo biodisponible en ambos suelos similares a los encontrados para los tratamientos minerales, aunque significativamente superiores a los observados para los tratamientos blancos.

Los aumentos de fósforo disponible que se producen con la adición de compost de alpechín, así como los mayores rendimientos de extracción de fósforo por el cultivo de festuca, pueden atribuirse a la mineralización lenta y progresiva del fósforo orgánico presente en el compost de alpechín.

De manera general y para los suelos estudiados, los efectos residuales de la aplicación continuada de dosis agrónomicamente elevadas de una vinaza concentrada de melaza de remolacha sobre los factores mencionados anteriormente, pueden resumirse en:

(a) Mayores producciones de biomasa vegetal de festuca (*Festuca arundinacea*, cv., Manade) en los suelos abonados con dosis altas de vinaza. En ambos suelos, los índices de rendimiento para las dosis altas de vinaza fueron superiores a los obtenidos para el tratamiento mineral.

(b) Niveles superiores de fósforo en las plantas de los contenedores abonados con dosis altas de vinaza.

(c) Mayores extracciones de fósforo por la plantas que han recibido dosis altas y bajas de vinaza. La eficacia del tratamiento con vinaza en la extracción del fósforo, se debe a un aumento del fósforo biodisponible en los suelos tratados.

(d) Contenidos superiores de fósforo disponible en los suelos tratados con las dosis altas de vinaza. En ambos suelos, los valores encontrados llegan a ser tres veces superiores a los encontrados para el tratamiento am.máx. Estos aumentos pueden ser el efecto neto de varios factores: competición entre el ión fosfato y los ácidos orgánicos liberados en los procesos de descomposición de la vinaza por los sitios de adsorción; solubilización de los fosfatos de calcio por acción microbiana y acidez de la vinaza, y quelación de cationes disponibles para reaccionar con el fosfato.

Finalmente se concluye que los efectos residuales del compost de alpechín y de la vinaza suplementada con fósforo mineral, sobre la dinámica del fósforo en el sistema suelo-planta, resaltan las excelentes posibilidades de ambos residuos agroindustriales para su aplicación agrícola como fertilizantes fosforados.

## **BIBLIOGRAFIA**

## VI. BIBLIOGRAFIA

ABU ZACARIA, 1148 (citado por García Rodríguez, 1990). Libro de Agricultura. Trad. de Clement de Millet.

ALBI ROMERO, M.A. y FIESTAS ROS DE URSINOS, J.A. 1980. Estudio del alpechín para su aprovechamiento industrial. Ensayos efectuados para su posible utilización como fertilizante. Grasas y Aceites. 123-124.

ALONSO DE HERRERA, 1513 (citado por García Rodríguez, 1990).

ALVAREZ MARTINEZ, A. 1979. Actuaciones realizadas por los almazareros para la eliminación de los vertidos de alpechín a cauces públicos. XV Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla, mayo 1979, 6 pág.

AYUSO, M., HERNANDEZ, T., GARCIA, C. y COSTA, F. 1992. Utilización de un lodo aerobio como sustitutivo de fertilizantes fosforados inorgánicos. Suelo y Planta 2: 271-280.

BENGSTON, G. W. y CORNETTE, J. J. 1973. Disposal of composted municipal waste in a plantation of young slash pine: effects on soil and tree. J. Environm. Qual., 2, 441-444.

BURRIEL, F. y HERNANDO, V. , 1950. El fósforo en los suelos españoles. V. Nuevo método para determinar el fósforo asimilable en los suelos. Anales de Edafología y Fisiología Vegetal, 9, 611-622.

CABRERA, F.; LOPEZ, R.; MURILLO, J. M. y BREÑAS, M. A., 1990. Olive vegetation water residues composted with other agricultural by-products as organic fertilizer. "Efficient fertilization, manuring and irrigation for improving crop yield, food quality and renewable resources". Proc. 10th World Fertilizer Cong. of CIEC. Nicosia (en prensa).

CABRERA, F.; MORENO, F.; NACCI, S. y DE ARAMBARRI, P., 1987. Utilization of wastes from olive and sugarbeet processing industries in fertilization. Proc. 4th Int. Synp. of Ciec. Brauschweig. pp. 475-483.

CASAGRANDE, L.I.T., TAU-K-TORNISIELO, S.M., DELGADO, D.A., BARRICHELO, E.B., y LANE, M. Effects of vinasse on the vesicular-arbuscular mycorrhizae colonization in crop rotation of corn and sugar cane. *Microbiología Ambiental*, MAM-01, pág. 105.

CHEN, Y. y AVNIMELECH, Y. (Ed.), 1986. The role of Organic Matter in Modern Agriculture. Martinus Nijhoff Pub. Dordrecht.

CUADROS GARCIA, S., 1989. Utilización agrícola de los residuos líquidos. En *Residuos Urbanos y Medio Ambiente* (Eds.: I. Herraez, J. López, L. Rubio y M.E. Fernández), Cap. 3, 207-222. Ed. Univ. Autónoma de Madrid. Cantoblanco, Madrid.

CUBERO SALMERON, J. I., 1989. Seminario "La Agricultura en el s.XXI". UIMP. Sevilla.

DE LA ROSA, D., 1984. Catálogo de suelos de Andalucía. Serie: Monografías del Medio Ambiente nº3. Junta de Andalucía. Agencia del Medio Ambiente. Sevilla.

DELLA MONICA, M.; POTENZ, D.; RIGHETTI, E. y VOLPICELLA, M., 1978. Effetto inquinante delle acque reflue della lavorazione delle olive su terreno agrario. Nota 1. Evoluzioni dei pH, dei composti azotati e dei fosfati. *Inquinamento* 20, 81-87.

DELLA MONICA, M.; POTENZ, D.; RIGHETTI, E. y VOLPICELLA, M., 1979. Effetto inquinante delle acque reflue della lavorazione delle olive su terreno agrario. Nota 2. Evoluzioni dei lipidi, dei polifenoli e delle sostanze organiche in generale. *Inquinamento* 21, 27-30.

DELLA MONICA, M.; AGOSTINIANO, A.; POTENZ, D.; RIGHETTI, E. y VOLPICELLA, M. 1980. Degradation treatment of waste water from olive processing. *Water, Air. Soil Pollut.* 13, 252-256.

DINGES, R., 1982. Natural systems for water pollution control. Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering Series. New York.

DUGGAN, J. C. y WILES, C. C., 1976. Effects of municipal compost and nitrogen fertilizer on selected soils and plants. *Compost Sci.*, 17, 26-30.

ESCOLANO BUENO, A., 1976. Ensayos de percolación del potasio aportado a terrenos de cultivo mediante riegos con aguas residuales de almazara. XII Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados. Mayo 16 p.

FAO, 1976. Materias Orgánicas fertilizantes. Boletín sobre suelos, nº27. Roma.

FAO, 1986. Internacional Symposium on olive by product valoration. Sevilla.

FAO, 1987. La Calidad del Agua en la Agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje.

FERREIRA LLAMAS, J., 1978. INIA Estación de Olivicultura y Elaiotecnia. Jaén.

FESA, 1992. Vinaza: un eficaz fertilizante orgánico para sus cultivos. Informaciones técnicas nº12. Sevilla.

FIESTAS ROS DE URSINOS, J. A., 1977. Problemas del aprovechamiento y depuración de las aguas residuales de las almazaras. XIII Reunión Plenaria de la Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla

FIESTAS ROS DE URSINOS, J. A., 1982. El alpechín como fertilizante. XVIII Reunión Plenaria de la Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla.

FIESTAS ROS DE URSINOS, J. A.; NAVARRO, R.; LEON, R.; GARCIA, A. J. y MAESTROJUAN, G. M., 1982. Depuración anaerobia del alpechín como fuente de energía. *Grasas y Aceites* 33, 265-270.

FIESTAS ROS DE URSINOS, J. A., 1986. Vegetation water used as a fertilizer. Proc. Int. Symp. on Olive Byproducts Valorization. FAO. 321-330. Sevilla.

FIESTAS ROS DE URSINOS, J. A.; BORJA PADILLA, R., 1988. Aprovechamiento y depuración integral del alpechín. RETEMA. Revista Técnica del Medio Ambiente. Madrid nº5 julio-agosto págs. 97-100.

FLAIG, W.; NAGAR, B.; SOCHTING, H. y TIETJEN, C., 1977. Organic materials and soil productivity. FAO Soil Productivity. FAO. Soil Bulletin. Roma.

FLUORI, F., 1990. Valoración de aguas residuales de alpechines. Su utilización como fertilizante. Reunión Internacional sobre tratamiento de alpechines. Córdoba.

FOTH, H., 1985. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. C.E.C.S.A. México.

GARCIA BUENDIA; A. J., FIESTAS ROS DE URSINOS, J. A., 1982. La biometanización de residuos orgánicos como proceso de depuración. Seminario sobre Tratamiento y Reciclado de Aguas Residuales de Bajos Costes Económicos y Energéticos. Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla.

GARCIA RODRIGUEZ, A., 1990. Eliminación y aprovechamiento agrícola del alpechín. Reunión Int. Sobre Tratamiento de Alpechines. Córdoba.

GONZALEZ-VILA, F. J.; VERDEJO, T. y MARTIN, F., 1992. Characterization of wastes from olive and sugarbeet processing industries and effects of their application upon the organic fraction of agricultural soils. Intern. J. Envirom. Anal. Chem. 46, 213-222.

GROS, A., 1960. Engrais. Guide Pratique de la Fertilization. 2ª ed. La Maison Rustique. París.

HERBERT, M.; KARAM, A. y PARENT, L. E., 1991. Mineralization of nitrogen and carbon in soils amended with composted manure. *Biological Agriculture and Horticulture*, 7, 329-361.

HERNANDEZ, J. M., 1989. Estudio de la Acción de Residuos Sólidos de la Ciudad de Sevilla (compost urbano) sobre el Suelo y Diversas Especies Vegetales. Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla. Sevilla.

KUCEY; R.M.N., 1983. Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. *Can. J. Soil Sci.* 63: 671-678.

LEE, D., HAN X.G., y JORDAN, C.F. 1990. Soil phosphorus fractions, aluminum, and water retention as affected by microbial activity in an Ultisol. *Plant and Soil*, 121: 125-136.

LINERES, M.; JUSTE, C.; TAUZIN, J. y GOMEZ, A. 1985. Effect of long term sludge disposal on the soil organic matter characteristics.

LOPEZ, R 1992. Efectos sobre el suelo y los cultivos de la aplicación de vinaza de remolacha y compost de alpechín. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.

LOPEZ, R. ; CABRERA, F.; MURILLO, J. M. y MACHUCA, M. J., 1990. Utilización como abono de vinaza concentrada. "Residuos sólidos y líquidos: su mejor destino". Proc. I Congreso Internacional de Química de la ANQUE. Vol. II, 223-232. Puerto de la Cruz.

LUND, Z.F. y DOSS, B.D. 1980. Residual effects of dairy cattle manure on plant growth and soil properties. *Agron. J.* 72, 123-130.

MAGDOFF, F. R. Y DOUGLAS, B. F., 1991. An evaluation of nitrogen mineralization for organic residues. *J. of Environm. Quality*, 20, 368-372.

MARTIN, W.E. y MATOCHA, J.E. 1973. Plant analysis as an aid in the fertilization of forage crops. En " Soil Testing and plant analysis". Eds: L.M. Walsh y J.P. Beaton. Rev. Ed. Soil Sci. Am. Inc. Madison, Wiscosin.

MARTIN-OLMEDO, P., 1993. Mineralización del nitrógeno orgánico en suelos tratados con compost de alpechín y vinaza concentrada de melaza de remolacha. XXX Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal. Sevilla.

MARTINEZ, L. S., 1990. Iª Jornadas sobre "Nuevas Tecnologías y Medio Ambiente". A.M.A. 1990. Sevilla

MENGEL, K. y KIRKBY, E. A., 1982. Principles of Plant Nutrition. Intern. Potash Inst. Berna.

METODOS OFICIALES DE ANALISIS. 1986. Vol.III. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

MONTAÑO, J. y SEGURA, J. D., 1986. Compost production using vegetation water and other agricultural by-products. Int. Symp. on Olive By Products valorization, FAO, Sevilla. pág. 359-361.

MORISOT, A. y GRAS, R., 1974. Repercussions agronomiques des épandages d'effluents des industries agricoles et alimentaires. Ann. Agronom., 25, 243-266.

MORISOT, A., 1981. Etude de l'épandage des margines des moulins d'olives. Institut National de la Recherche Agronomique Station de Science du Sol. 8 p. 78. 06602. Antibes Cedex (Francia).

MURPHY, J y RILEY, J.P. 1962. A modified single method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27, 31-36.

NOGALES, R.; ESTEBAN, E.; SANCHEZ-RAYA, A. J. y BACA, M. T., 1990. Availability of nutrients from three sugarcane bagasse compost to sunflower. 10th World Fertilizer Congress of CIEC, Abstract Book, 93. Nicosia, CHipre.

OBERSON, A., FARDEAU, J.C. BESSON, J.M. y STICHER, H., 1993. Soil phosphorus dynamics in cropping systems managed according to conventional and biological agricultural methods. *Biol. Fertil. Soils* 16, 111-117.

OLAYINKA, A. y ADEBAYO, B., 1989. Effect of pre-incubated sawdust-based cowdung on growth and nutrient uptake of zea mays (L) and soil chemical properties. *Biol. and Fertility of Soils*. 7, 2-9.

OLSEN, S.R. , COLE C.W. WATANABE, F.S. y DEAN, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dept. of Agriculture. Circular 939.

OLSEN, S.R. y BARBER, S.A. 1977. The effect of waste application on soil phosphorus and potassium. En "Soil for management of organic waste and wastewaters" Eds: L.F. Elliot y F.J. Stevenson. Am. Soc. of Agron. Madison, Wisconsin. pp. 197-215.

PEREZ, J. D.; ESTEBAN, F.; GOMEZ, M. y GALLARDO-LARA, F. 1986. Effects of wastewater from olive processing on seed germination and early plant growth of different vegetable species. *J. Environm. Sci. Health*, B21, 349-35.

PEREZ, J. D. y GALLARDO-LARA, F., 1987a. Effects of the application of wastewater from olive processing on soil nitrogen transformation. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 18, 1031-1039.

PEREZ, J. D. y GALLARDO-LARA, F., 1987b. Cambios en la asimilación de manganeso en el sistema suelo-planta al fertilizar con alpechín. *Proc. VII Cong. Nacional de Química de la ANQUE*, 123. Sevilla.

PEREZ, J. D. y GALLARDO-LARA, F., 1989. Sulfur transformation affected by the application of wastewater from olive processing on soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20, 75-84.

PEREZ, J. D. y GALLARDO-LARA, F., 1991A. Asimilabilidad de nitrógeno y fósforo en suelo tratado con alpechín y combinaciones binarias de nitrógeno, fósforo y azufre. *Actas I Cong. Internacional de Química de la ANQUE. Residuos Sólidos y Líquidos: su mejor destino.* Vol. II, 253-262. Puerto de la Cruz. Tenerife.

PORCIUS CATO, M. (234-149 aC). Citado por Fontini Flouri, 1990.

RODRIDO, R.J. 1990. "Situación en España" *Jornadas Técnicas sobre tratamientos de alpechines.* Sevilla.

RODRIGUEZ, J.A. 1993. Efectos de la fertilización con compost de alpechín y vinaza de melaza de remolacha concentrada sobre el estado nutricional y producción de ryegrass. Trabajo Fin de Curso ITA, IRNAS, Sevilla.

ROMERO, J.M. 1992. Efectos del abonado con compost de alpechín y vinaza concentrada de melaza de remolacha sobre las propiedades químicas del suelo, y la producción y estado nutricional de ryegrass. Trabajo Fin de Curso ITA. IRNAS. Sevilla.

SAIZ-JIMENEZ, C.; LEEUW, J. W. y GOMEZ ALARCON, G., 1987. Sludge from the waste water of the olive processing industry: a potential soil fertilizer?. *Science of the Total Environment* 62, 445-452.

SAVIOZZI, A.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALDI, R. y LUPETTI, A., 1991. Effecti dello spandimento di acque di vegetazione sul terreno agrario. *Agrochimica*, 35, 135-148.

SCHOLLENBERGER, C. J. y SIMON, R. H., 1945. Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil. Ammonium acetate method. *Soil Sci.* 59, 13.

SOIL SURVEY STAFF, 1990. Keys to Soil Taxonomy, 4th. ed. SMSS Technical Monograph nº19. Blacksburg, Virginia.

STARNIER, R. Y., DOUDOROFF, M. y ADELBERG, E. A., 1965. El Mundo de los Microbios. Ed. Aguilar. Madrid.

STEVENSON, F.J., 1986. The phosphorus cycle. En "Cycles of soil:carbon, nitrogen, phosphorus, sulphur micronutrients. Eds: John Wiley y Sons. NY. pp.231-284.

TAUAK, S.M. y MARDO, R.A. DO, 1990. Biological activity in a soil under cerrado vegetation treated with cumulative rates of vinasse in the Municipality of Corumbatatai, Sao Paulo, Brazil. *Naturalia* 15, 1-10.

TIETJEN, C. y HAERT, S. A., 1969. Compost for agricultural land? *J.San. Eng. Div. A.S.C.E.*, 95 (Sa 2), Proc. Paper 6506, 269-87.

TRAINA, S.J., SPOSITO, G. HESTERBERG, D. y KAFKAFI, U., 1986. Effects of pH and organic acids on orthophosphate solubility in an acidic, montmorillonitic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50, 45-52.

VERMES, L., 1988. Benefits and limitations of agricultural use of nonrural wastes. En "agricultural waste management and Enviromental protection". 4th Int. Symp. of Ciec. Vol. 1, 343-354. Goltze-Druck. Göttingen.

VON DEBRUK, I y LEWICKI, W., 1985. Influence of beet vinasses on crop yield, straw rotting and soil fertility. *Landwirtsch. Forschung* 38,317-327.

WATANABE, F.S. y OLSEN, S.R. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and  $\text{NaHCO}_3$  extracts from soil. *Soil Sci. Soc. Proc.* 677-678.