ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA AGRICOLA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA.

EFECTO RESIDUAL DE COMPOSTS DE VINAZA SOBRE UN CULTIVO DE GIRASOL Y SOBRE LAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO.

Trabajo realizado en el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, C.S.I.C.

MARIA ISABEL SANCHEZ PEREZ, Diciembre, 1995

DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SEVILLA
ÁREA DE EDUCACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA
«CORTIJO DE CUARTO»

ANTEPROYECTO FIN DE CARRERA

Nº REGISTRO.....

CURSO ACADEMICO.....

E. U. INGENIERIA TECNICA AGRICOLA
"CORTIJO DE CUARTO"
REGISTRO DE CORRESPONDENCIA

SALIDA N.º:	ENTRADA N.º: 777
FECHA:	FECHA: 11/05/95

ALUMNO D./a ...Mª. ISABEL...SÁNCHEZ...PEREZ.....

DIRECCION ACTUAL .C/. GLADIOLO...Nº. 12,..3º. Izda.....

TELEFONO .(95)..435..21..94.

DEPARTAMENTO QUE LO TUTORA .CULTIVOS..EXTENSIVOS.....

PROYECTO QUE PROPONE .....

..EFECTOS..RESIDUALES...DE..COMPOST...DE..VINAZA.....

.....

.....

SEVILLA 16 DE Mayo 1.995.

CONFORME EL TUTOR

EL ALUMNO

EL PROFESOR DE TRABAJO FIN DE CARRERA.

Hoja adjunta

Cortijo de Cuarto, Apartado de Correos 11043 (Bellavista) Tfnos.: 469 05 03 - 469 07 50 - 469 07 54 Fax: 469 31 14 41014-SEVILLA

RESUMEN:

EFECTOS RESIDUALES DE COMPOSTS DE VINAZA.

Tras dos años de aplicación en parcelas de 150 m^2 de tres composts de mezclas de vinaza con otros subproductos agroindustriales, se pretende evaluar el efecto residual de estos composts aplicados al suelo.

El efecto se evaluará usando como planta testigo el girasol.

Estado nutricional de la planta, rendimiento de cosecha y calidad de la misma se estudiarán en el cultivo para estimar el efecto residual.

Como comparación a los tratamientos con composts se han dispuesto un tratamiento blanco (sin fertilización), y un tratamiento con fertilizante mineral tradicional.

Por otra parte se analizarán las propiedades químicas del suelo de las parcelas tras el cultivo, para determinar la posible influencia de los composts sobre las mismas.

El presente trabajo ha sido realizado dentro en el marco del proyecto CSIC - EBRO AGRICOLAS S.A. "Mejora de la vinaza de melaza de remolacha para su uso agrícola"

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Lda. Engracia Madejón y a los Drs. Rafael López y Francisco Cabrera, cuya dirección, asesoramiento e interés han permitido la realización del presente proyecto, y al profesor titular de la E.U.I.T.A. (Fundación pública "Manuel Giménez Fernández") D. Antonio Villalba por haber aceptado la tutoría del mismo.

Al Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, perteneciente al C.S.I.C., y a todo su equipo directivo por haber puesto a mi alcance todos los medios necesarios para la realización de este trabajo fin de carrera, en especial al ITA D. Juan Antonio Moreno por el interés mostrado en todo momento.

A todos mis compañeros de laboratorio y muy especialmente al Ldo. Manuel Jesús Díaz y a las ITA. Marta Piñol y María Jesús Calderón por la ayuda y amistad que me brindaron durante mi presencia en el Instituto y sobre todo por el humor con que me hicieron pasar algunos malos ratos.

Al ITA D.M. Fernández, bajo cuyo control fueron realizadas todas las labores de campo en las parcelas experimentales.

Al Instituto de la Grasa y Derivados, en especial al Dr. Manuel León por su colaboración en el análisis de riqueza grasa del girasol.

Finalmente dedicar este trabajo a mis padres y a mi marido José María por su ayuda y apoyo moral.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Problemática de los residuos 2

I.2 La vinaza 3

2.1 Características y composición 3

2.2 Poder contaminante, problemática medioambiental y posibles soluciones 6

2.3 Utilización como fertilizante 6

I.3 Compostaje y compost 7

I.4 Aplicación de compost al suelo agrícola 11

I.5 Uso del compost en la agricultura alternativa 15

I.6 Importancia del girasol 16

II. OBJETIVOS 19

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1 Materiales 21

1.1 Suelo 21

1.2 Composts de vinaza 22

1.3 Agua de riego 22

1.4 Material vegetal 25

III.2 Métodos 25

2.1 Diseño del experimento y tratamientos 25

2.2 Toma y preparación de muestras vegetales 33

2.3 Análisis de plantas 33

2.4 Cálculos de extracción de nutrientes 36

2.5 Toma y preparación de muestras de suelo 36

2.6 Análisis de suelo 37

2.7 Tratamiento estadístico de los resultados 39

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1 Rendimiento y calidad de semilla 41

1.1 Rendimiento 41

1.2 Peso y calidad de semilla 43

1.3 Riqueza grasa 45

IV.2 Estado nutricional del cultivo 47
2.1 Concentración de nutrientes en plántulas 47
2.2 Concentración de nutrientes en plantas maduras 55
2.3 Extracción de nutrientes 62
IV.3 Desarrollo del cultivo 66
3.1 Altura de las plantas 66
3.2 Peso de las plantas 66
IV.4 Estado final del suelo tras el cultivo 68
4.1 Efectos en el pH y CE 68
4.2 Efectos en el contenido en materia orgánica, extracto húmico total y ácidos húmicos 69
4.3 Efectos en el contenido de N-Kjeldahl y P y K disponibles 72

V CONCLUSIONES 75

VI BIBLIOGRAFÍA 80

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

La conservación del medio ambiente es en la actualidad un gran problema de la humanidad, y su futuro depende en gran medida del adecuado enfoque y tratamiento que se de a dicho problema en sus diversos y múltiples aspectos. La conservación del suelo es uno de los aspectos medioambientales de mayor interés. En la actualidad existen unas tres hectáreas de suelo emergido por habitante de las que sólo una décima parte es cultivable (Costa y col., 1991).

Razón por la que es indispensable conservar el suelo agrícola. Sin embargo la utilización cada vez más intensiva de los suelos así como la prácticas inadecuadas de cultivo y el uso de maquinaria pesada han dado lugar a una disminución del contenido de materia orgánica de los mismos. Esta alteración modifica a su vez el equilibrio químico y biológico de los suelos, lo que va acompañado de una degradación de la estructura de los mismos y la disminución de la fertilidad física, química y biológica (Costa y col., 1991).

La estrecha relación entre el contenido de materia orgánica del suelo y su fertilidad es algo constatado y aceptado universalmente. La materia orgánica da una mayor estabilidad al suelo y aumenta su porosidad y capacidad de retención hídrica (Nogales y col., 1984), favoreciendo el intercambio de gases y agua en el sistema radicular de las plantas y posibilitando la mejor fijación de nutrientes, manteniéndolos durante más tiempo a disposición de la plantas.

Tradicionalmente se ha aplicado materia orgánica a los suelos en forma de estiércoles y turbas que son cada vez más escasos y costosos, por lo que se hace necesario la búsqueda de nuevos materiales orgánicos de bajo coste. En este sentido los residuos orgánicos pueden constituir una importante fuente de materia orgánica.

I. 1. Problemática de los residuos

La evolución de la sociedad y el aumento del nivel de vida provoca un incremento progresivo de residuos cuya acumulación puede constituir un foco de contaminación de consecuencias imprevisibles.

Las ciudades, la industria y la agricultura demandan sitios en donde ubicar sus residuos o métodos para tratarlos de forma que no provoque impactos medioambientales.

Existen diferentes métodos de evacuación de residuos orgánicos cuyas ventajas y desventajas se exponen a continuación en la tabla I.1.

En una región como Andalucía donde el sector agrícola ha sido la base más importante de su economía, se generan grandes cantidades de residuos agroalimentarios entre los que se encuentran los alpechines, las vinazas, residuos de algodón, orujos, etc. Su utilización con fines agrícolas y para regeneración de suelos palia la escasez de materia orgánica antes señalada y da salida a los mismos evitando los problemas medio ambientales que su acumulación provocan.

El presente estudio se enmarca dentro de uno más amplio referente a la mejora de vinaza de remolacha (residuo procedente del sector del azúcar) para su uso agrícola.

I.2. La vinaza

I.2.1 Características y composición

Con el nombre genérico de vinazas, se conocen los efluentes resultantes de los procesos de obtención de alcohol, a partir de vinos u otros productos de riqueza alcohólica. En el presente estudio se utilizarán las vinazas procedentes de la elaboración de azúcar de remolacha.

En la industria del azúcar de remolacha se obtiene un subproducto líquido, la melaza, del que después de fermentado se obtiene por destilación alcohol etílico y un residuo líquido, la vinaza, cuya composición es variable en función de los procesos biotecnológicos a los que es sometida la remolacha y la melaza, así como de la procedencia y variedad de remolacha. En general la composición de la vinaza de melaza de remolacha se mantiene dentro de los límites expresados en la Tabla I.2 (López, 1992).

Tabla I.1 Métodos de eliminación de residuos orgánicos

Método	Ventaja	Desventaja
Alimentación animal	Renta por su venta. Recuperación y conservación	Transmisión de enfermedades. Alimentación de moscas y ratas. Evacuación separada de residuos. Necesidad de supervisores.
Incineración	Combustión de residuos. Recogida combinada de orgánicos e inorgánicos.	Existe un residuo final de cenizas, latas y botellas. Inversión elevada de capital. Costo elevado de operación y mantenimiento. Producción de partículas y olores por operación deficiente.
Vertidos al mar	Recogida combinada	Coste de remolcadores y barcazas. Contaminación por toxicidad para peces y flora. Posibilidad de contaminación de playas.
Vertederos abiertos	Recogida combinada. Coste único del transporte.	Óptimo para la alimentación de ratas y moscas. Depreciación de los alrededores. Alimentación de mosquitos. Polución atmosférica si se incinera. Polución de aguas subterráneas por lixiviación.
Trituración y adición a las aguas negras	Se elimina la fase de recogida.	Exige diseño adecuado de cloacas. Deben manejarse sólidos en suspensión.
Relleno sanitario	Recogida combinada. Baja inversión de capital. Coste de operación moderado. Regeneración del terreno para usos restringidos.	Las necesidades de terreno pueden conducir a elevados costes futuros de transporte. Exige tierra de cubrición seleccionada. Por lixiviación se añaden contaminantes a las aguas subterráneas.
Compostaje	Conserva y recicla los residuos. Suministra humus a la tierra. El calor de la descomposición controla los organismos patógenos. Acción aeróbica exenta de olores en el producto final. Pueden combinarse distintos residuos orgánicos. Producto final comercializable.	Exige preselección con evacuación de los materiales seleccionados y trituración. Costes relativamente elevados de inversión y tratamiento.

Entre las propiedades de la vinaza destaca:

a) pH ácido.

b) Elevada carga orgánica y una elevada proporción de residuos disueltos de los que más del 60% pueden ser de naturaleza orgánica.

c) Alta concentración de nitrógeno total.

d) Muy bajo contenido en fósforo.

e) Alto contenido en potasio, debido a que la remolacha es un cultivo rico en este elemento.

f) Alta salinidad siendo los iones predominantes potasio, sodio, calcio, magnesio, sulfatos y cloruros.

g) Alto contenido en azufre

Tabla I.2 Composición de la vinaza normal de melaza de remolacha.

Parámetro		
pH		4,3-5
Materia Seca a 105 ºC	% (p/p)	10,6-15,3
Materia Orgánica	% (p/p)	7,4-11,1
C.E.	dS/m	25-30
N-Kjeldahl	% (p/p)	0,48
P-total P_2O_5	% (p/p)	0,012
K-total K_2O	% (p/p)	0,72
Ca total	% (p/p)	0,25
Mg total	% (p/p)	0,16
S total	% (p/p)	0,16
Na total	% (p/p)	0,40
Fe total	mg/l	25
Cu total	mg/l	0,5
Mn total	mg/l	1,5
Zn total	mg/l	3,5

I.2.2. Poder contaminante, problemática medioambiental y posibles soluciones.

La producción de aguas residuales procedentes de la destilación de las melazas se cifra en España aproximadamente en 10^6 m^3/año (Cuadros García, 1987).

El poder contaminante de la vinaza reside en su alta carga orgánica y en su alto nivel de salinidad, y los problemas que plantea están relacionados con la contaminación de cauces fluviales y acuíferos subterráneos, proliferación de malos olores e insectos en las balsas de acumulación (Cabrera y col., 1985).

Para un correcto tratamiento de este residuo se han estudiado diversos métodos de utilización y reciclado entre los que cabe citar:

a) Aprovechamiento energético por medio de digestión anaerobia, con producción de biogas rico en metano y con un efluente con alta proporción de nutrientes. Sin embargo, el alto contenido de azufre de la vinaza supone un grave problema para este tratamiento (García Buendía y Fiestas Ros de Ursinos, 1982).

b) Obtención de productos para la alimentación animal (Weigan y Kirchgessner, 1980). Pero los altos contenidos en sodio de este residuo en España impide la utilización masiva para estos fines.

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

d) Utilización como fertilizante (Cabrera y col., 1987; López ,1992; Murillo y col., 1993).

I.2.3. Utilización como fertilizante

El aprovechamiento agrícola de las vinazas está condicionado por el tipo concreto de vinaza y de los procesos tecnológicos a las que hayan sido sometidas (concentración y despotasificación). La vinaza concentrada (Tabla I.3) tiene cualidades importantes que hacen pensar en su posible uso como fertilizante: altos contenidos en nitrógeno, potasio y materia orgánica, y una

relación C/N en torno a 8 que no hace suponer ningún problema de inmovilización de nitrógeno. Además se conseguirían aportes interesantes de magnesio y azufre.

Sin embargo, la vinaza plantea inconvenientes para su aplicación directa: bajo contenido en fósforo y su carácter de líquido denso que dificulta su manejo. Además el abonado con vinaza no está exento de riesgos, ya que presenta un elevado contenido en sales, sodio y cloruro entre ellas (Cabrera y col., 1987), por lo que su aplicación a los suelos ha de hacerse de forma controlada.

También el uso de una materia orgánica poco estabilizada puede dar lugar a la disminución de oxígeno a nivel radicular y elevación de la temperatura del suelo que puede alcanzar niveles incompatibles con el desarrollo normal de la planta.

Por todo esto, es aconsejable someter la vinaza a un proceso de estabilización como es el de compostaje. Debido a su carácter líquido se hace necesaria su mezcla con otros sustratos sólidos para posibilitar su co-compostaje. De esta forma se obtendría un compost con una más baja salinidad que la vinaza y mayores contenidos en fósforo que facilitaría su utilización agrícola, con efectos positivos en el sistema suelo-planta.

I.3. Compostaje y compost

El compostaje es una técnica utilizada desde antiguo por los agricultores que consistía, en sus orígenes, en el almacenamiento de residuos de la casa, excrementos de animales y restos de las cosechas para que se descompusieran y transformasen en productos más fácilmente manejables y aprovechables como abono. El único control que existía era la propia experiencia adquirida y el proceso necesitaba mucho tiempo para llegar a convertir el residuo en un producto estable (Saña y Soliva, 1987).

Tabla I.3. Análisis químico de vinaza concentrada (López, 1992)

Parámetro		
pH		4,87
Densidad	g/cm^3	1,25
Materia seca	% p/p	54,0
M.O	% p/p	39,8
EHT.	% p/p	26,1
Ac. Húmicos	% p/p	0,64
N total	% p/p	3,25
N-NO_3	% p/p	0,10
N-NH_4	% p/p	0,06
P (P_2O_5)	% p/p	0,05
K (K_2O)	% p/p	4,11
Ca	% p/p	0,25
Mg	% p/p	0,96
Na	% p/p	2,06
Cl	% p/p	2,01
Fe	mg/kg	15,0
Cu	mg/kg	5,0
Mn	mg/kg	16,0
Zn	mg/kg	29,0
Cd	mg/kg	<5
Ni	mg/kg	<5
Pb	mg/kg	<5
Hg	mg/kg	<1
Cr	mg/kg	<5

En los años 50 se produce un gran avance en el conocimiento de los parámetros que controlan el proceso de compostaje y las condiciones específicas en las que se desarrolla. Por todo esto son necesarias definiciones específicas que permitan diferenciar los conceptos de compostaje y compost que se aplican indiscriminadamente a una amplia gama de procesos y productos.

El compostaje se define como *un proceso biooxidativo controlado en el que se requieren sustratos orgánicos en estado sólido. El proceso implica un paso por una etapa termófila con producción temporal de fitotoxinas produciéndose de ella dióxido de carbono, agua y minerales como resultado de los procesos de degradación, así como una materia orgánica estabilizada, libre de fitotoxinas y patógenos, y dispuesta para su uso en agricultura, sin que ocasione fenómenos adversos* (Zucconni y de Bertoldi, 1987).

En relación con la definición de compostaje expuesta anteriormente, conviene subrayar lo siguiente:

a) El proceso es **biooxidativo y controlado**. El hecho de que sea biooxidativo exige una condición biológica que hace al compostaje diferente, tanto de los procesos físicos y químicos, como de todos aquellos que no se realicen de forma aerobia. Además, debe distinguirse el compostaje de todos aquellos procesos naturales sin control alguno, los cuales suelen desembocar siempre en anaerobiosis más o menos acusada (Nogales y col., 1982).

b) En el compostaje intervienen numerosos y variados microorganismos. La conversión de la materia orgánica inicial, biodegradable, al estado de materia orgánica humificada, que se realiza durante el compostaje, es un **proceso microbiológico** influido por la naturaleza de los organismos presentes, como bacterias, hongos y actinomicetos, fundamentalmente. Durante el proceso tiene lugar una sucesión de predominio de diferentes microorganismos en **función de** la influencia de determinados **factores, como** la **naturaleza química del sustrato** que está siendo digerido con mayor intensidad, el contenido de **humedad**, la disponibilidad de **oxígeno**, la **temperatura**, la relación **C/N** y el **pH**. Bajo unas determinadas condiciones ciertos microorganismos se multiplican más

rápidamente que otros, predominando en el medio de fermentación (Kershaw, 1968).

Dado que el compostaje es un proceso biooxidativo que depende fundamentalmente de la actividad microbiana, es de suma importancia controlar factores como los citados anteriormente, los cuales influyen en mayor o menor grado, para conseguir la optimación de esta actividad.

c) El compostaje implica sustratos orgánicos de composición heterogénea en estado sólido. La heterogeneidad viene referida a sustratos que provengan de una mezcla de residuos orgánicos diferentes.

d) El proceso de compostaje pasa por una etapa **termófila** e induce a una **producción inicial de fitotoxinas**. Los procesos biooxidativos son exotérmicos. En la etapa inicial del proceso se producen cantidades importantes de calor llegando el material a alcanzar de 30-65 °C, decreciendo rápidamente durante la siguiente etapa de estabilización (generalmente asociada a una temperatura entre 35-40 °C). Una insuficiente subida de temperatura, o un retardo en ella, implicaría un desfavorable desarrollo del proceso o un mal control de los factores que le afectan.

La producción metabólica de fitotoxinas caracteriza la etapa inicial de descomposición de la materia orgánica fresca, pero una persistente fitotoxicidad indicaría un mal desarrollo del proceso, debido a menudo, a una insuficiente oxigenación o a un pobre balance de nutrientes.

e) El proceso de compostaje conduce a la producción de dióxido de carbono, agua y minerales, y, por último, a una **materia orgánica estabilizada.**

El compost puede definirse como *el producto resultante del proceso de compostaje y maduración y que consta de materia orgánica estabilizada semejante al humus. Será un producto inocuo, sin sustancias fitotóxicas, que pueda aplicarse al suelo sin riesgo de provocar daño ni al suelo ni a los cultivos y que podrá almacenarse sin que sufra posteriores alteraciones* (Zucconni y de Bertoldi, 1987).

I. 4. Aplicación de compost al suelo agrícola.

Son muchos los trabajos realizados, orientados a estudiar los efectos de los composts sobre los suelos y las plantas en los que se aplican.
En lo que se refiere a los suelos, el primer aspecto beneficioso que cabe destacar es el aporte de materia orgánica, con el consiguiente aumento de la fertilidad del suelo, (Henin y col., 1972). Este aporte se traduce en una serie de ventajas físicas, químicas y biológicas para el suelo.

La influencia en las **propiedades físicas** está relacionada en general con la mejora de la estructura del suelo que se traduce en:

-Reducción de la densidad aparente, que facilita la emergencia de las semillas y la penetración radicular.

-Aumento de la porosidad que se traduce en una mejora de la aireación y del drenaje. Duggan (1973) indica también un aumento del coeficiente de permeabilidad. Esta propiedad ha sido utilizada en Alemania en la lucha contra la erosión.

-Incremento de la capacidad de retención de agua (Hortensine y Rothwell, 1968; Bengtson y Cornette, 1973; Duggan y Wiles, 1976), de modo que los suelos resisten mejor a las sequías, factor importante en las condiciones climáticas en las que nos encontramos.

-Aumento de la temperatura del suelo, por el color oscuro de la materia orgánica, que influye sobre los procesos biológicos

También en el **aspecto biológico** los composts tienen efectos positivos ya que favorecen la coexistencia de diversas especies de microrganismos e incrementan espectacularmente la microflora del suelo. Costa y col (1991) señalan que los ciclos de los nutrientes esenciales (N, P y S) y en general de otros macro y micronutrientes, se ven favorecidos a través de una adecuada mineralización de la materia orgánica, que asegura un continuo y gradual suministro de nutrientes a la solución del suelo.

Este hecho se relaciona con los aspectos nutricionales de aumento de fertilidad química. Aunque los contenidos en nutrientes de los composts sean relativamente pequeños, están en general muy equilibrados. La aplicación de

productos compostados al suelo favorece de forma indirecta la utilización de nutrientes por parte de las plantas.

Entre los **efectos químicos** que los composts ocasionan en el suelo se destacan:

-Incremento del pH del suelo (Bengtson y Cornette, 1973; Duggan y Wiles, 1976; Hernando y col., 1989), con lo que puede emplearse como enmienda en suelos ácidos.

-El incremento de la capacidad de cambio catiónico (Bengtson y Cornette, 1973).

-Aporte de elementos nutritivos tanto de macro como micronutrientes. La eficacia de este aporte depende en todo momento de los contenidos en dichos elementos y por lo tanto de la naturaleza del compost. En el caso de los compost de vinaza los altos contenidos en N y K pueden producir un aporte adecuado de estos nutrientes (Madejón y col., 1993 y 1994).

Diversos autores han indicado que los composts potencian la accesibilidad del K a la planta. Mientras más se agota la fracción de K cambiable, mayor es la contribución del K no cambiable a la nutrición, proceso potenciado por la presencia de composts (Huret, 1985) y la humedad del suelo (Mengel y Wiechens, 1979).

La influencia del compost sobre el fósforo del suelo y la planta viene condicionado por el contenido de P en el compost, su relación C/P y la propia naturaleza del suelo. En líneas generales se considera que el P orgánico presente en el compost se mineraliza cuando su concentración es mayor de 0,3% y su relación C/P menor de 200 (Stevenson, 1985), aunque existen resultados contradictorios en la bibliografía.

Los problemas relacionados con los bajos contenidos en P de los composts de vinaza pueden resolverse con una suplementación en este nutriente en el momento del inicio de compostaje o bien a la hora de aplicación de los mismos.

En cuanto a los micronutrientes el aporte se hace en forma moderada, aunque en algunos tipos de compost esta adición dependiendo de la dosis puede resultar excesiva, como es el caso de los compost de lodos de depuradora y de residuos sólidos urbanos. Además la adición de materia orgánica (M.O) contribuye a movilizar los micronutrientes del suelo.

-Incide de forma favorable sobre la utilización de abonos químicos por las plantas. Los óxidos de Fe y Al del suelo forman complejos con la materia orgánica impidiendo o retrasando la fijación de fosfatos solubles y las pérdidas de N.

La aplicación de compost plantea también una serie de **inconvenientes** que es necesario estudiar y minimizar en la medida de lo posible. Estos inconvenientes tienen dos orígenes y soluciones distintas. Unas derivan del proceso de compostaje (falta de madurez, presencia de inertes y sustancias fitotóxicas) y otros están relacionados con la naturaleza de los materiales de los que se compone el producto.

Los efectos negativos derivados del proceso de compostaje son:

-La **falta de madurez** que puede manifestarse de distintas formas:

1)La presencia de malos olores derivados de fermentaciones anaerobias de materiales aún inestables.

2)La presencia de gérmenes patógenos y parásitos vegetales por no alcanzarse la temperatura de pasteurización (60-70ºC).

3)La presencia de semillas indeseables que germinan una vez extendido el compost y que compiten con la cosecha.

4)La elevación de la temperatura por la alta actividad microbiana sobre productos en descomposición, con el consiguiente perjuicio de las raíces y posible bloqueo de N por no alcanzarse relaciones C/N idóneas que podría provocar lo que se llama "hambre" de nitrógeno.

-La **presencia de materiales inertes** que pueden diluir la fracción agronómicamente útil tanto para el suelo como para la planta.

Los efectos derivados de la naturaleza del producto pueden ser los siguientes:

-El **exceso de salinidad** del producto, que eleva la conductividad eléctrica del suelo de forma proporcional a la dosis (Hortensine y Rothwell, 1972), dificultando la absorción de agua por las raíces de las plantas, de modo que en algunos casos sólo prosperan especies resistentes. De cualquier modo al estar relacionado el aumento de la salinidad del suelo con la dosis de compost empleada, la aplicación de cantidades moderadas de compost amortiguaría su efecto sobre la salinidad por la dilución efectuada en el suelo. Atendiendo a la alta salinidad de la vinaza es necesario prestar una atención especial a este problema adecuando las dosis a los cultivos para no provocar el detrimento de estos o la salinización del suelo.

-La presencia de **metales pesados**. Este problema se plantea en los compost de RSU y lodos de depuradora. Los efectos tóxicos de los metales pesados pueden dar lugar al deterioro de las plantas y a la disminución del rendimiento de las cosechas. Por otra parte, los metales pesados pueden contaminar los suelos y emigrar a lo largo del perfil hacia horizontes inferiores, desde donde pueden movilizarse hacia las capas freáticas. En el caso de los composts de vinaza no se prevén estos problema por los contenidos relativamente bajos en metales pesados

La extensa bibliografía citada demuestra que la aplicación de composts de residuos orgánicos al suelo puede ser una práctica muy recomendable y que estos compuestos son unos excelentes abonos orgánicos independientemente de que su acción sea potenciada por fertilizantes minerales (Gallardo-Lara y Nogales, 1987) . Es cierto que en ocasiones su utilización no ha resultado positiva (Van Assche y Uyttebroeck,1982), pero estos efectos están en la mayoría de los casos relacionados con la falta de madurez.

En general los composts son más activos en suelos pobres y la respuesta vegetal es más clara.

I.5. Uso de compost en la agricultura alternativa.

La agricultura alternativa no es un sistema simple de manejo, sino que incluye un espectro de sistemas de cultivo que va desde los estrictamente orgánicos, que no toleran el uso de ningún agroquímico, a los que sí los usan de forma prudente. La denominación de agricultura alternativa engloba a la agricultura biológica, a la agricultura de bajo consumo de recursos, la ecológica, la orgánica y la regenerativa o sostenible.

Todas ellas tienen como base el mantenimiento de la fertilidad del suelo y del medio ambiente mediante la utilización de recursos renovables. Para conseguir dicho fin se emplean técnicas de manejo como el mínimo laboreo, rotación de cultivos, planteamiento de alternativas que incluyan a las leguminosas, y la disminución de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) para reducir la contaminación y el gasto energético, entre otras medidas. La reducción del uso de los fertilizantes minerales es suplida con la aplicación de residuos orgánicos con la consiguiente ventaja de incrementar y renovar la materia orgánica del suelo (Poincelot, 1986).

Dentro del marco comunitario, la agricultura ecológica supone la obtención de productos agrarios con la utilización de una serie de técnicas de producción sin la intervención de agroquímicos, plaguicidas ni abonos industriales y cuando se trata de producciones en regadío, sin el empleo de aguas contaminadas.

En España, sólo un 1% del total de las producciones agrarias se hayan actualmente acogidas a la denominación de agricultura ecológica. Sin embargo, a partir de la reforma de la Política Agraria Común, que contempla una mayor protección medioambiental, este tipo de agricultura está llamada a extensificarse. Precisamente, dentro del Quinto Programa de Acción Europeo en materia de Medio Ambiente, **"Hacia un desarrollo sostenible"**, los objetivos concretos en el sector agrícola son (M.O.P.T.M.A., 1994):

1.- Extensificación de la agricultura ecológica.

2.- Reducción del uso de productos químicos.

3.- Fomento de la agricultura orgánica.

Para lo cual se establecen las siguientes medidas:

1.- Planes de información al consumidor.

2.- Aplicación de incentivos económicos.

La extensificación de la agricultura sostenible y ecológica abre las puertas a la comercialización de un compost de residuos orgánicos elaborado y de alta calidad (sin inertes ni metales pesados). Del mismo modo, la agricultura intensiva hortícola y frutícola, así como los semilleros y cultivos forzados de invernadero son mercados aún potenciales para el compost de calidad procedente de los residuos.

El uso de los composts de residuos orgánicos en la agricultura de secano tiene interés desde el punto de vista de la recuperación del potencial biológico y el aumento de la fertilidad, que se enmarcan dentro de los objetivos de la política comunitaria en relación a la reducción de los productos químicos y el fomento de la agricultura orgánica.

I.6. Importancia del girasol (Elección de esta especie para el ensayo)

Parece que el girasol fue traído por los españoles a Europa procedente de América del Norte y de México, y desde aquí se extendió al resto del continente.

Durante los primeros doscientos cincuenta años se cultivó solamente como ornamental.

En el primer decenio del siglo XIX el girasol se aclimató en Rusia, y en 1830 el agricultor ruso Bocáresv instaló una pequeña prensa para sacar su aceite. Desde entonces se extendió rápidamente como planta oleaginosa.

A finales del siglo XIX disminuyó mucho la producción como consecuencia de los fuertes ataques de "jopo" (Orobanche ramosa) y de la polilla, pero debido a las formas resistentes obtenidas por selección volvió el girasol a cultivarse en gran escala, pasando después a otros países, especialmente los Balcánicos, limítrofes con Rusia por el suroeste.

En la obra de Alba y Llanos (1990): "El Cultivo del Girasol", se indica que con la mejora del nivel de vida y los cambios alimentarios, se produjo a partir de los años 60 una disminución del consumo de grasas animales, procedentes principalmente del cerdo, y un aumento paralelo del consumo de aceites vegetales.

Hasta el año 1964 el girasol era un cultivo prácticamente desconocido en España, ya que se cultivaban entre 3.000 y 5.000 ha de girasol blanco para consumo directo, que se localizaba casi en su totalidad en la provincia de Cuenca. Actualmente se sigue cultivando en la zona tradicional del Tarancón y además en las provincias de Sevilla (donde se dedican alrededor de 8000 ha) y en la de Granada, con alrededor de 4000 hectáreas (Alba y Llanos, 1990).

En 1964 se introduce el cultivo de girasol oleaginoso (de pipa negra) en Andalucía Occidental. A partir de ese año el incremento de su cultivo en España es espectacular, hasta que en el año 1984 se alcanza el máximo de superficie llegándose a superar el millón de hectáreas.

Desde entonces la superficie cultivada en nuestro país permanece estable aunque ligeramente inferior a la de aquel año.

Una de las zonas principales donde se cultiva el girasol en España es Andalucía Occidental, situándose el cultivo principalmente en las campiñas de Sevilla, Córdoba y Cádiz. (A nivel provincial merece destacarse Sevilla porque, siendo la segunda en superficie, es la primera en producción, Guerrero, 1992).

Es frecuente que los agricultores de nuestra zona no fertilicen el cultivo de girasol, empleándolo como cultivo final de alternativa. Por esto se ha elegido esta planta para evaluar el efecto residual de los composts de vinaza tras las campañas anteriores de maíz y remolacha.

II. OBJETIVOS

II. OBJETIVOS.

El ciclo de la materia orgánica en el suelo es el responsable del mantenimiento de un "pool" de nutrientes a través de los procesos de mineralización e inmovilización. Tras la aplicación sucesiva de composts de vinaza con altos contenidos en materia orgánica, es previsible un almacenamiento de nutrientes en el suelo.

El presente Proyecto Fin de Carrera estudia el efecto residual sobre cultivo de girasol de 3 composts de vinaza aplicados en los dos años anteriores en cultivos de maíz y remolacha.

Los resultados del efecto residual de los tratamientos con composts han sido comparados con los obtenidos con el efecto residual de una fertilización mineral tradicional y con un tratamiento control sin fertilización, en función de los siguientes objetivos específicos:

-Efectos sobre las plantas:
  -Estado nutritivo
  -Rendimiento
  -Calidad de la cosecha

-Efectos sobre el suelo

Para ello se analizaron los siguientes parámetros:

-Cosecha: peso de 1000 granos y peso total de grano por parcela.

-Calidad de grano.

-Estado nutritivo de plántulas y de plantas maduras.

-Extracción de nutrientes por parte de las plantas maduras.

-Desarrollo de las plantas: altura y peso de plántulas de cinco semanas de edad y plantas completamente desarrolladas; en el caso de éstas últimas se obtiene el peso de tallos, peciolos, hojas y capítulos.

-Análisis químicos del suelo tras el cultivo (pH, CE, Materia Orgánica, Extracto Húmico Total, Ac. Humicos, Ac. Fúlvicos, N-Kjeldahl, P-Olsen y K-disponible).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo ha sido realizado en el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Los ensayos en suelo se llevaron a cabo en parcelas ubicadas en una finca experimental (finca experimental La Hampa) que dispone el Instituto en el término de Coria del Río (Sevilla), en el Aljarafe alto, dentro de la unidad geomofológica denominada meseta o penillanura del Aljarafe. La parte analítica se realizó en los laboratorios del propio Instituto.

III.1 Materiales

III.1.1 Suelo

Algunas de las características del suelo empleado para el ensayo, a dos diferentes profundidades, se muestran en la tabla III.1. Las características que se muestran en la tabla citada corresponden al suelo antes de añadir los composts para la fertilización de maíz en la campaña de 1993.

Tabla III.1 Características del suelo a dos profundidades al inicio del ensayo.

		Profundidad(cm)	
Parámetros		0-20	20-40
Arena	(%)	79,4	81,3
Limo	(%)	10,6	9,7
Arcilla	(%)	10,0	9,0
pH (H_2O)		8,1	8,2
$CaCO_3$	(%)	8,8	8,4
M.O.	(%)	0,80	
N-Kjeldahl	mg kg^{-1}	676	675
P-Asimilable	mg kg^{-1}	16	
K-Asimilable	mg kg^{-1}	175	205

III.1.2 Composts de vinaza

La elección de los residuos sólidos para el co-compostaje con vinaza se hizo teniendo en cuenta fundamentalmente su abundancia en nuestra comunidad. Los productos elegidos son residuos de industrias agroalimentarias, almazaras, algodoneras, vinateras, etc., sector industrial más desarrollado en Andalucía y con una importante producción de residuos de naturaleza orgánica.

En base a su abundancia y a su facilidad de mezcla con la vinaza, se escogieron tres residuos agroindustriales: orujo de uva (OU), orujillo de aceituna, (OA) y residuo del desmotado de algodón (DA). Dos de los productos (orujillo de aceituna y residuo de desmotado de algodón) se mezclaron con leonardita (L) antes del compostaje, para elevar el contenido en ácidos húmicos, ya que la vinaza aporta fundamentalmente ácidos fúlvicos

La vinaza despotasificada y concentrada procedente de la factoría azucarera de S. José de la Rinconada, se co-compostó con estos tres subproductos sólidos agroindustriales. El co-compostaje se llevó a cabo en pilas estáticas con aireación forzada (fotos III.1 y III.2) (Díaz y col, 1993 y 1995 a y b).

Los compost preparados, cuyas características más importantes desde el punto de vista agronómico se muestran en la tabla III.2, se emplearon durante dos años consecutivos para la fertilización de maíz y remolacha.

III.1.3 Agua de riego

La Tabla III.3 muestra la composición del agua de riego en análisis realizados durante la campaña de estudio. El agua puede clasificarse como C3 S1 (Richards, 1954). Su uso podría provocar ciertos riesgos de salinización en terrenos de permeabilidad media-baja, condiciones que no se presentan en el área de estudio.

Foto III.1. Imágen general del cobertizo para el proceso de compostaje

Foto III.2. Imágen general del proceso de fabricación de los composts

Tabla III.2. Composición química de los composts elegidos (materia seca).

		OU	OA	DA
CE (1:5)	mS cm^{-1}	11,6	12,3	19,8
N	%	2,10	1,00	2,60
P_2O_5	%	0,70	0,13	0,28
K_2O	%	1,30	0,90	2,10
M.O.	%	50,0	69,5	50,6
Na	%	1,70	1,30	2,40
Ca	%	2,80	1,90	1,30
Mg	%	0,30	0,20	0,40
Fe	mg kg^{-1}	4600	3270	2520
Cu	mg kg^{-1}	56	17	9
Mn	mg kg^{-1}	116	24	56
Zn	mg kg^{-1}	123	33	41
Humedad	%	31	25	18
C/N		12	34	8,2

Tabla III.3. Composición química del agua de riego. Análisis realizados en la campaña de estudio.

Parámetro		Campaña 95
C.E	dS m^{-1}	2,17
pH		8,3
Cl^-	meq/l	12,6
NO_3^-	meq/l	0,68
SO_4^{2-}	meq/l	2,6
Na^+	meq/l	8,3
K^+	meq/l	0,2
Ca^{2+}	meq/l	2,3
Mg^{2+}	meq/l	11,4
SAR		3,2

III.1.4 Material vegetal

La especie cultivada ha sido un girasol híbrido simple, Helianthus annus L. c.v: Florasol, cuyas características de etiquetado son las siguientes:
Procedencia: España.
Pureza varietal: 99.7%.
Pureza específica: 98%.
Germinación: 85%.
Semillas Senasa Elorz (Navarra).

Las razones por las que se ha seleccionado esta planta han sido ya expuestas en la Introducción del presente trabajo .

III.2 Métodos

III.2.1 Diseño del experimento y tratamientos

El primer año de ensayo en estas parcelas se sembró maíz (*Zea mays* cv. Dakar).

Se dispusieron 5 tratamientos, con 2 replicados por tratamiento distribuidos totalmente al azar. Un dibujo del diseño y distribución de las parcelas puede observarse en la figura III.1. Las parcelas tenían unas dimensiones de 150 m^2 (15x10). Los tratamientos y dosis empleados fueron los siguientes:

-Tratamiento (TOU). Consistente en 15000 kg ha^{-1} del compost de vinaza con orujo de uva.

-Tratamiento (TOA). Consistente en 35000 kg ha^{-1} del compost de vinaza con orujo de aceituna.

-Tratamiento (TDA). Consistente en 7500 kg ha^{-1} del compost de vinaza con desmotado de algodón.

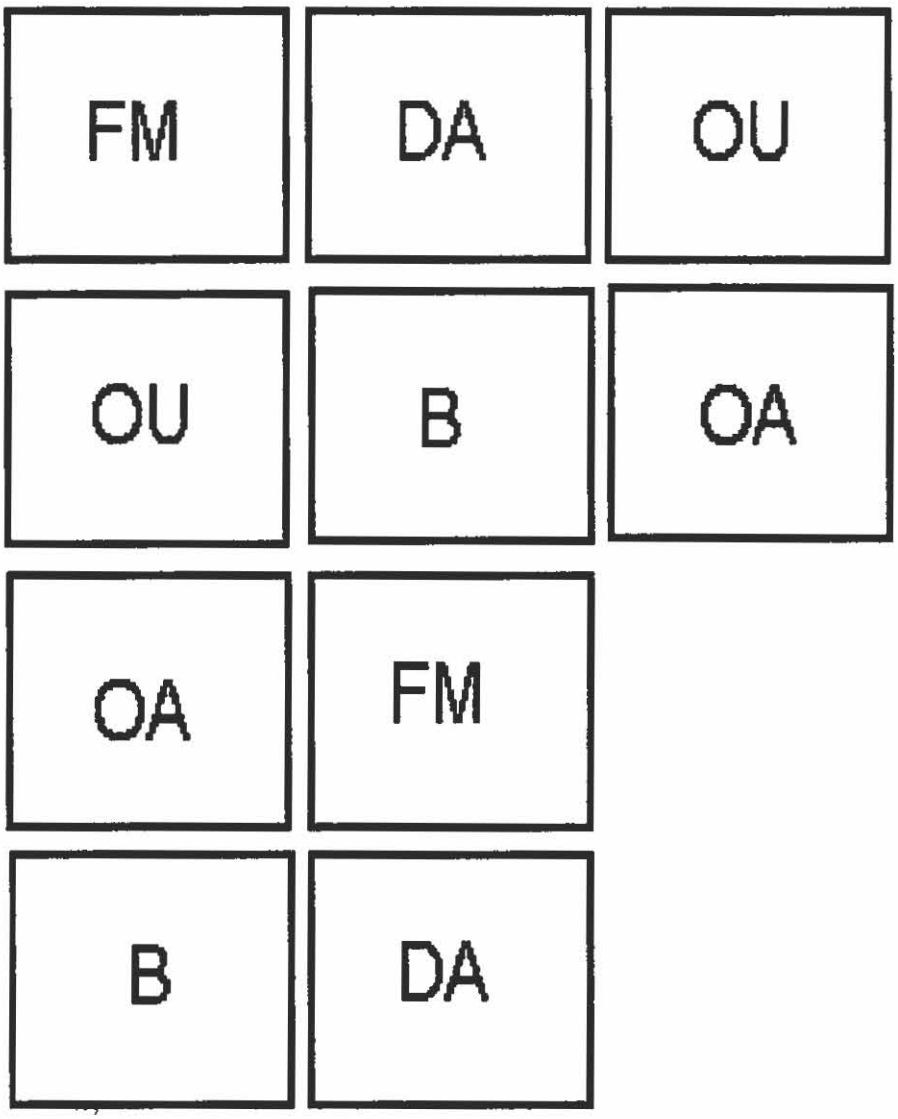

Figura III.1 Distribución de las parcelas y tratamientos.

-Tratamiento (TF): Consistente en 1000 kg ha^{-1} de fertilizante compuesto mineral 15-15-15

-Tratamiento (TB). Sin fertilización.

Las cantidades añadidas al suelo en cada uno de los tratamientos de N, P_2O_5 y K_2O, se muestran en la tabla III.4.

A todos los tratamientos (a excepción de los blancos) se les suministraron dos abonados de cobertera correspondientes a 300 kg ha^{-1} de urea (46% de N) por parcela.

Tabla III.4: Cantidades de N, P_2O_5 y K_2O adicionadas al suelo a través de los composts.

Tratamientos	N	P_2O_5	K_2O
	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}
OU	497	72	137
OA	539	34	236
DA	436	17	129
F	426	150	150

En el segundo año se sembró remolacha. Se dispusieron los cinco tratamientos detallados en la fertilización del maíz en las mismas parcelas destinadas a cada uno de ellos. Las dosis empleadas se adecuaron en este caso a las necesidades del cultivo de remolacha. Para cada tratamiento las dosis fueron las siguientes:

-Tratamiento (TOU). Consistente en 14000 kg ha^{-1} del compost de vinaza con orujo de uva.

-Tratamiento (TOA). Consistente en 22000 kg ha^{-1} del compost de vinaza con orujo de aceituna suplementado con superfosfato (55 U.P como P_2O_5 ha^{-1}).

-Tratamiento (TDA). Consistente en 14000 kg ha^{-1} del compost de vinaza con desmotado de algodón suplementado con superfosfato (55 U.P como P_2O_5 ha^{-1}).

-Tratamiento blanco (TB) sin fertilización.

-Tratamiento (TF): Consistente en 600 kg ha^{-1} de fertilizante compuesto mineral 9-18-27.

Las exigencias del cultivo de remolacha en P obligaron a suplementar la fertilización en P para los composts OA y DA, no considerándose necesaria la suplementación para el tratamiento OU debido a los contenidos relativamente altos en P de este compost.

Las cantidades añadidas al suelo en cada uno de los tratamientos de N, P_2O_5 y K_2O, se muestran en la tabla III.5.

Tabla III.5. Cantidades de N, P_2O_5 y K_2O adicionadas al suelo a través de los compost.

Tratamientos	N	P_2O_5	K_2O
	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}
OU	289	70	148
OA	249	77	148
DA	370	87	240
F	137	108	243

A todos los tratamientos (a excepción de los blancos) se les suministraron dos abonados de cobertera correspondientes a 90 kg ha^{-1} de urea (46% de N) por parcela.

En el tercer año, cuyo estudio trata el presente proyecto, se sembró girasol (*Heliantus annus* c.v Florasol) para evaluar el efecto residual de los composts aplicados en los dos años anteriores.

La siembra del girasol que se hizo el día 27 de febrero de 1995, se llevó a cabo en líneas, separadas entre sí 75 cm. La siembra se realizó en continuo con sembradora de cuatro bombas, de tipo LT.

Durante la siembra se inyectó al suelo, paralelo a las líneas de siembra un tratamiento de lindano (2%) a una dosis de 60 kg ha^{-1}.

En este caso no se añadió ningún tipo de fertilización (ni en fondo ni en cobertera) en las parcelas de estudio. Cada uno de los tratamientos se identificará con la nomenclatura del composts añadido en años anteriores. El diseño del experimento fue en bloques al azar con dos replicados por tratamiento, exactamente del mismo modo que en los casos de los cultivos de maíz y remolacha.

Tras la nascencia se entresacaron las plantas dejando 63.000 plantas ha^{-1}.

Se pueden ver unas imágenes generales del cultivo en estado de plántula en las foto III.3 y III.4.

En tabla III.6 se exponen todas las labores culturales realizadas al cultivo durante su desarrollo.

Las fotos III.5 y III.6 muestran imágenes generales del cultivo en un estado más desarrollado.

Foto III.3. Imágen general del cultivo de girasol en estado de plántula.

Foto III.4. Medida de la altura de las plántulas de girasol.

Foto III.5. Vista general del cultivo de girasol en el estado de plantas maduras.

Foto III.6. Vista general del cultivo de girasol en el estado de plantas maduras

Tabla IV.6. Labores culturales hechas al cultivo durante su desarrollo.

Día	Labor cultural
0	Siembra
3	Riego por aspersión
11	Emergencia de las primeras plantas
14	30% de las plantas emergidas
18	75% de las plantas emergidas. Aparición de las primeras hojas
23	85% de las plantas emergidas. Dos cotiledones, dos hojas desarrolladas y dos hojas pequeñas
32	Plantas con 6 hojas y 9 cm de altura
34	Toma de muestras de plántulas
35	Detección de plaga de Leptinotarsa Decemlineata Say. Tratamiento con Fastac. Plantas con 8 hojas
39	Riego por aspersión. 22 l m^{-2}
42	Entresaque y ligera escarda
43	Regabina con apero de brazos y tractor
73	Escarda a mano en algunas zonas para eliminar cenizas.
75	Riego por aspersión. 22 l m^{-2}
85	Toma de muestras de plantas maduras
89	Floración superior al 80%
92	Colocación de mallas para evitar el ataque de los pájaros
95	Riego por aspersión. 27 l m^{-2}
138	Contaje de plantas antes de la recolección
139	Recolección

III.2.2 Toma y preparación de muestras vegetales

El primer muestreo se realizó 34 días después de la siembra, con plántulas de unos 13 cm y tres pares de hojas. Se tomaron 6 plantas por parcela, que tras ser pesadas y medidas en las propias instalaciones de la finca experimental, se transportaron en neveras portátiles al laboratorio para su posterior análisis y determinación del peso seco. Tomando estas plantas y analizándolas cada una por separado se obtuvieron los replicados suficientes para el estudio estadístico de los resultados.

La segunda toma de muestras tuvo lugar 83 días después de la siembra, sobre plantas totalmente maduras y desarrolladas, de una altura media de unos 145 cm. Cada una de las plantas, de las cuatro tomadas por parcela, se fraccionó en hojas basales (deterioradas), hojas, tallos y capítulo. Una vez pesadas (en las instalaciones de la finca) cada una de estas fracciones, se destinó una pequeña submuestra para análisis (y peso seco), las cuales fueron trasladadas al laboratorio y se trabajó según lo indicado anteriormente.

A continuación las muestras vegetales se lavaron, primero con agua del grifo y luego con agua destilada, varias veces. Tras el lavado, las plantas se secaron en estufa, a 70º C. Obtenidos los pesos secos, se procedió a su molienda.

III.2.3 Análisis de plantas

Determinación del nitrógeno Kjeldahl.

Se partió para esta determinación de 0,200 g de muestra. Se sometió a ataque Kjeldahl en tubos de digestión con ácido sulfúrico concentrado (5 ml), y 0,5 g de una mezcla de selenio metal en polvo al 5% en sulfato potásico. Los tubos se mantuvieron a 380ºC en un bloque de aluminio hasta que se consiguió un extracto incoloro después de unas 2 horas aproximadamente. Se dejaron enfriar y se llevó su contenido a 25 ml con agua desionizada.

En una alícuota de la muestra así obtenida se determinó el nitrógeno amoniacal mediante un autoanalizador Autoanalizer II de Technicon, mediante la reacción colorimétrica del amoníaco con fenol e hipoclorito para formar indofenol de color azul intenso. Las determinaciones se realizaron frente a curvas patrón con las mismas concentraciones de sulfúrico y catalizador de selenio y sulfato potásico que las muestras.

Los resultados para el contenido en nitrógeno de las muestras se expresan en porcentaje de nitrógeno en muestra seca a 70ºC.

Pretratamiento de las muestras para la determinación de P, K, Na, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn.

Las determinaciones analíticas de estos elementos se basan en los Métodos Oficiales de Análisis de Plantas del Ministerio de Agricultura (1986) y en los del Comité Inter-Institutos para el estudio de Técnicas Analíticas de Diagnóstico Foliar (1969a y 1973), con ligeras modificaciones de carácter operacional para su adaptación a los equipos instrumentales disponibles.

En cápsula de porcelana se calcinan a 500ºC durante 3 horas 0,500 g de polvo vegetal. Las cenizas resultantes se tratan con 2 ó 3 ml de agua desionizada y 1 ml de ácido clorhídrico concentrado calentando ligeramente y se diluye con agua desionizada hasta 50 ml. En el líquido así obtenido se procede a la determinación de los elementos señalados por los métodos siguientes.

Determinación del fósforo.

El fósforo se determinó por espectrofotometría visible a 440 nm. El método empleado se basa en la reacción del molibdato amónico en disoluciones diluidas de ortofosfato y medio ácido para formar el ácido heteropolar molibdofosfórico. En presencia de vanadato se forma ácido vanado-molibdofosfórico de color amarillo. Las determinaciones se realizaron frente a una cura patrón (lineal) que cubría un intervalo hasta 1000 µg de P

en 50 ml, partiendo, generalmente, de 10 ml de la disolución clorhídrica de la muestra (Comité Inter-Institutos 1969)

El contenido en fósforo se expresó en % de P respecto a muestra seca.

Determinación de sodio y potasio.

El sodio y el potasio se determinaron por fotometría de llama frente a curvas patrón en el intervalo 0-100 mg/l, preparadas al efecto en matriz de ácido clorhídrico concentrado al 2%. Cuando fue necesario las muestras se sometieron a una dilución previa a su lectura, generalmente 1/10, manteniendo la matriz de clorhídrico (Comité Inter-Institutos, 1969).

Los contenidos de estos elementos se expresan en % de K y Na de la muestra seca.

Determinación de calcio y magnesio.

El calcio y el magnesio se midieron por espectrofotometría de absorción atómica con llama de acetileno a 423 y 285 µm respectivamente en un equipo Perkin Elmer 1100B. Las medidas se realizaron en medio clorhídrico (2% v/v de HCl concentrado) y en presencia de lantano (10% v/v de disolución de óxido de lantano al 3%) para evitar la interferencia del fosfato. Las medidas se realizaron frente a patrones preparados en iguales condiciones que las muestras (Comité Inter-Institutos, 1973).

Los contenidos de estos elementos se expresaron en % de Ca y Mg de la muestra seca.

Determinación de hierro, cobre, manganeso y zinc.

Se determinaron también por absorción atómica en matriz de HCl concentrado al 2% v/v, a 248, 325, 279 y 214 µm respectivamente. La disolución clorhídrica procedente de la calcinación se aspiró directamente en la llama midiéndola frente a curvas patrón preparadas en la misma matriz (Comité Inter-Institutos, 1973).

Los contenidos de estos elementos se expresaron como mg kg^{-1} de muestra seca.

III.2.4 Cálculo de las extracciones

Las extracciones realizadas por las plantas en kg ha^{-1}de cada nutriente estudiado se calcularon a partir del peso seco de cada parte de la planta multiplicado por la concentración de nutriente y por la densidad de plantas por hectárea, haciéndose los cambios de unidades correspondientes.

Extr.A (kg ha^{-1})= Peso seco (kg) x (%A)x Densid.plant (plant ha^{-1})x10^{-2}

Siendo:

A: Elemento del que se calcula la extracción

%A: Concentración en porcentaje del elemento en el material vegetal seco.

Densidad de planta: Aprox. 63.000 plantas ha^{-1}

III.2.5 Toma y preparación de muestras de suelo

La toma de muestras en el campo se llevó a cabo considerando la capa arable de las primeros 30 cm. Se recorren las parcelas en zig-zag tomando submuestras cada cuatro metros aproximadamente, reuniéndolas en la misma bolsa. Se usó una barrena de caña para la obtención de dichas muestras de suelo

En el laboratorio, se dejan secar al aire durante el tiempo necesario según la humedad de la muestra. Se pasa un rodillo para disgregar los terrones y se tamiza a 2 mm de luz, despreciándose la fracción gruesa y reservando la de menor tamaño para los análisis.

III.2.6 Análisis de suelos

Granulometría de los suelos:

Se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Gee y Bauder (1986), usando hexametafosfato sódico como agente dispersante. Las fracciones de arena gruesa (2.0,2mm) y fina (0,2mm-50μ) se determinaron por tamizado en húmedo y posterior pesada. Las fracciones de limo (50μ- 2 μ) y arcilla (<2 μ) se determinaron por las lecturas obtenidas con un hidrómetro de Bouyoucos.

pH y CE:

Medido directamente en el extracto de pasta saturada y en extracto acuoso 1:5.

Materia orgánica (Métodos Oficiales):

Por el método clásico de Walkley y Black (1934) para la determinación del carbono orgánico de los suelos: oxidación con dicromato en medio sulfúrico y valoración por retroceso con sal de Mohr. El valor de carbono orgánico se transformó en el de materia orgánica multiplicando por 1,724.

Extracto Húmico Total (E.H.T.) (Métodos Oficiales):

Extracción de la muestra con pirofosfato sódico 0,1 M, hidróxido sódico 0,1 N y valoración del carbono orgánico del extracto por oxidación con dicromato en medio sulfúrico.

Ácidos húmicos (A.H.) (Métodos Oficiales):

Precipitación del extracto húmico a pH 1, redisolución del precipitado en medio básico y valoración del carbono orgánico del mismo.

Nitrógeno Total. (Métodos Oficiales):

Por digestión de la muestra con H_2SO_4 y catalizador de Se y K_2SO_4 hasta una temperatura de 330ºC, determinándose en el extracto resultante el N en forma amoniacal proveniente del N orgánico más el de forma amoniacal inicial de la muestra. El N en formas de nitrato y nitrito no es posible determinarlo de este modo ya que estos compuestos se oxidan en las condiciones del método y se pierden en forma de óxidos gaseosos de nitrógeno.

Determinación del fósforo disponible.

La determinación del fósforo disponible en el suelo se realizó de acuerdo con el método Olsen y col. (1954): extracción del fósforo con disolución de $NaHCO_3$ 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 color azul formado fue medido frente a curvas de patrón a 880 nm.

Determinación de potasio.

En matraz erlenmeyer de 250 ml se introducen 5,000 g de suelo seco al aire pasado a través de tamiz de 2 mm de malla. En otra alícuota se determina la humedad a 100-105ºC durante la noche.

Al matraz erlenmeyer se agregan 50 ml de solución extractora de acetato amónico 1N a pH 7. Se agita la mezcla durante treinta minutos y se filtra.

Se hace la medida fotométrica directamente sobre el extracto obtenido si la concentración en potasio del mismo está comprendida dentro del intervalo de máxima exactitud del fotómetro empleado. En caso contrario, se hará la dilución o diluciones convenientes utilizando como diluyente la propia solución extractora. No es aconsejable tomar alícuotas muy pequeñas para esta dilución, ya que se ha comprobado que es una causa de error

considerable. Se sugiere que el tamaño de la alícuota no sea nunca inferior a 5 ml.

La lectura fotométrica obtenida se interpola en la gráfica patrón, expresando el resultado final como porcentaje de potasio referido a suelo seco a 100-105ºC.

III.2.7 Tratamiento estadístico de los resultados.

El método estadístico empleado para el tratamiento de los datos fue un programa informático de análisis de grupos de medidas. Se realizó un análisis de la varianza para campos de datos (A.V.F.T). Las medias de los resultados de las distintas variables se distinguieron por la comparación múltiple basada en el método de Tukey.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

IV.1. Rendimiento y calidad de la semilla.

IV.1.1. Rendimiento.

Lógicamente, todo cuanto se afirmará en los apartados siguientes (relativos al estado nutricional, extracción de nutrientes y desarrollo del cultivo) ha de estar corroborado por una producción de semillas satisfactoria, puesto que de lo contrario, no tendría sentido utilizar los composts de vinaza, en primer lugar, o preocuparse por el efecto residual que producen. De ahí que en primer lugar se pase a comentar los resultados obtenidos en producción de aquenios.

Puede observarse como las producciones obtenidas con los tratamientos con composts fueron superiores a las obtenidas con los tratamientos blanco y mineral.

La mayor producción de aquenios correspondió al tratamiento OA (Figura IV.1), con una cantidad próxima a los 3.000 kg ha^{-1}, cantidad aceptable, puesto que para este cultivar, en regadío, se han llegado a obtener producciones de 4.000 kg ha^{-1} en un suelo arcillo-arenoso de Alcalá del Río (Sevilla), con una fertilización de fondo de 500 kg de 0-24-12 y 500 kg de urea en cobertera (RAEA, 1990).

Hay que tener en cuenta que el cultivo no se ha desarrollado en condiciones de regadío y que los riegos efectuados durante el desarrollo del cultivo han sido puntuales (Tabla III.6).

Massey (1971) obtiene producciones de 2.200 y 2.400 kg ha^{-1} con fertilizaciones de 56 y 112 Kg/Ha de N en forma de Nitrato sódico respectivamente. Las producciones obtenidas con los composts OU y DA fueron comparables a las de este ensayo con estas dosis citadas de N. En el mismo ensayo los tratamientos blanco rindieron producciones comparables a las obtenidas en el presente estudio con el tratamiento B.

En el ensayo de Massey se pone de manifiesto la importancia de la nutrición nitrogenada en la producción de girasol.

En el presente ensayo puede también comprobarse como el efecto residual de los nutrientes de los composts se pone de manifiesto en las mayores producciones, especialmente en el caso del tratamiento OA

En el caso de este producto se obtuvieron las menores producciones en los cultivos ensayados en años anteriores (Madejón y col. 1995 a y b; Tabla IV.1). La velocidad de mineralización del N orgánico de este producto es mucho menor en relación a la de los otros dos composts ensayados. La constante de velocidad de mineralización de nitrógeno de cada uno de los composts calculada a partir de un ensayo de incubación fue 0,042, 0,007 y 0,064 para OU, OA y DA respectivamente. Con estas constantes se corresponden unos tiempos de mineralización medios (tiempo en el que se mineraliza la mitad de nitrógeno potencialmente mineralizable) de 116, 693 y 76 días para los composts OU, OA y DA respectivamente (Cabrera y col. 1995). La efectividad del compost OA se pone de manifiesto a plazos más largos. Este es el caso del presente ensayo en el que la última aplicación de composts se hizo 14 meses antes de la siembra del girasol.

Sin embargo los efectos de los composts OU y DA se detectan ya claramente en los cultivos anteriores, como puede observarse en los resultados de producción de los cultivos ensayados anteriormente (Tabla IV.1).

Expresando en porcentaje el aumento de producción de aquenios de los tratamientos con composts de vinaza con respecto a los tratamientos blanco y mineral se obtiene que:

En el caso del tratamiento con el compost OA se incrementó la producción un 103,3% con respecto al tratamiento B y un 91,4% con respecto al FM.

En el caso del tratamiento con el compost OU se incrementó la producción un 40,5% con respecto al tratamiento B y un 32,3% con respecto al FM.

En cuanto al tratamiento DA se incrementó la producción un 48,4% con respecto al tratamiento B y un 39,7% con respecto al FM.

Tabla IV.1. Rendimientos de cosecha obtenidos para los cultivos anteriores (maíz y remolacha).

Tratamiento	Maíz kg ha^{-1}	Remolacha kg ha^{-1}
TB	5.884	17.150
TOU	6.965	63.280
TOA	6.200	38.980
TDA	9.235	53.200
TFM	7.130	55.330

IV.1.2.Peso y calidad de semilla.

El peso de 1000 aquenios resultó significativamente más alto para los tratamientos con composts de vinaza (Tabla IV.2) en relación a los tratamientos B y FM. Los adecuados aportes de nutrientes por parte de los productos ensayados dieron lugar a un llenado satisfactorio de las semillas, como era de esperar por la nutrición adecuada que recibieron las plantas, tras los análisis realizados durante su desarrollo.

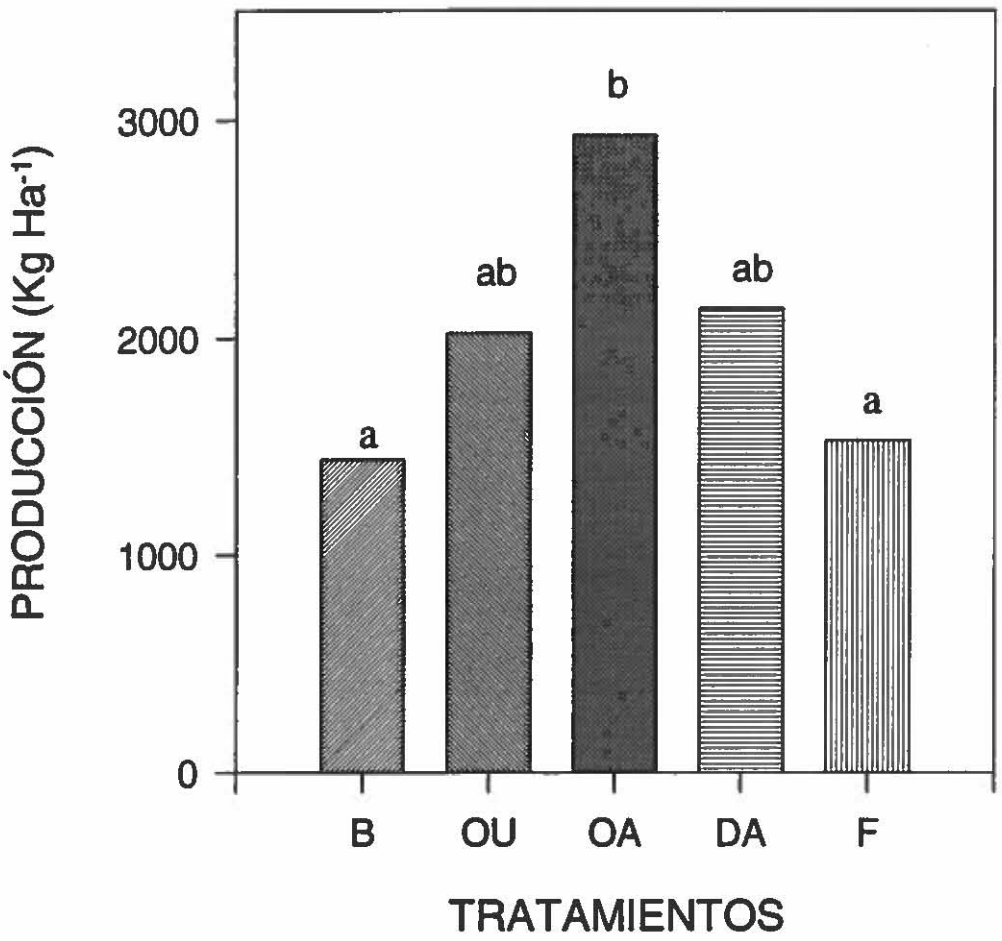

Figura IV.1 Producción de aquenios de girasol para los distintos tratamientos (kg ha^{-1})

Estos tamaños de semilla resultaron superiores a los obtenidos por Massey (1971) en el ensayo de fertilización de girasol antes citado con dosis de 56-112 kg ha^{-1} de N en forma de Nitrato sódico.

Este es un nuevo dato que nos indica la eficacia residual de los composts con respecto a los abonados minerales.

IV.1.3. Riqueza grasa.

La calidad del aceite representa en términos económicos un 80% del valor de las pipas (Alba y Llanos, 1990). En este sentido resulta imprescindible comprobar que el efecto residual de los composts se pone también de manifiesto en este aspecto.

Tras los análisis de riqueza grasa, se observa que el mayor contenido graso lo presenta el tratamiento blanco (Tabla IV.3). Esto se debe al menor tamaño de las semillas y a la menor producción obtenida con respecto al resto de los tratamientos en especial en relación a los tratamientos con composts.

En general la riqueza grasa de las pipas de todos los tratamientos ensayados pueden considerarse satisfactoria para esta variedad en las condiciones en las que se ha llevado a cabo la experiencia.

No ha sido posible hacer un análisis estadístico de los datos debido a que los resultados han sido obtenidos como medias de dos muestras para cada tratamiento. Estos análisis de calidad fueron facilitados por el Instituto de la Grasa y Derivados.

Tabla IV.2. Peso de 1000 aquenios obtenidos en el ensayo. Valores medios expresados en gramos (aquenios con un 10% de humedad).

Tratamiento	Peso de 1000 aquenios
TB	50,5 a
TOU	74,2 b
TOA	80,1 b
TDA	73,4 b
TFM	46,8 a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Tabla IV.3. Riqueza grasa del aceite de las semillas para los distintos tratamientos.

Tratamiento	Riqueza grasa media (%)
TB	50,7
TOU	45,2
TOA	46,6
TDA	47,6
TFM	47,7

IV.2. Estado nutricional del cultivo.

IV.2.1. Concentración de nutrientes en plántulas en el estado de tres pares de hojas.

Nitrógeno.

Es importante la disponibilidad de este nutriente para el cultivo ya que es considerado como uno de los elementos decisivos en su desarrollo, sobre todo en las primeras etapas del crecimiento vegetativo (Alba y Llanos, 1990).

En la tabla IV.4 se muestran las concentraciones de N en las plántulas completas (parte aérea) de girasol. Puede observarse que no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos para este nutriente. El posible efecto residual de los composts en esta primera etapa no conlleva consecuencias en la nutrición nitrogenada.

En general estos valores de N (Tabla IV.4) se encuentran ligeramente por debajo de los esperados en esta fase de desarrollo (3,8%, Robinson, 1970) aunque no se ha detectado un retraso del crecimiento y desarrollo de la planta.

En las tablas IV.5 y IV.6 se indican las concentraciones de N en las distintas fracciones de las plántulas de girasol estudiadas (limbo y tallo y peciolo respectivamente) y tampoco se observan diferencias significativas entre los tratamientos. Cabe resaltar que la concentración de N del limbo es aproximadamente dos veces superior a la de los peciolos y tallos, tal y como se puede considerar normal en este cultivo (Guerrero, 1992).

Fósforo.

El P tiene un papel importante en la síntesis y transporte de glúcidos y en el metabolismo de los lípidos. La insuficiencia de este nutriente conlleva problemas en la formación y llenado de semillas (Guerrero, 1992).

No se observan (Tabla IV.4, IV.5 y IV.6) diferencias significativas entre los tratamientos para este nutriente en ninguna de las partes analizadas, a

pesar de que los aportes de los tratamientos con composts fueron inferiores a los realizados con la fertilización mineral (Tablas III.4 y III.5)

Nátera (1995), encuentra valores entre 0,30-0,35% para esta fase de crecimiento. Los valores que se dan en este ensayo resultaron sensiblemente inferiores a los de Nátera (1995).

Potasio.

El K tiene un papel muy importante en la actividad normal de las hojas, aunque la concentración es mayor en el tallo que en las hojas. Se trata de un nutriente necesario, junto con el P, para la formación y transporte de los glúcidos (Guerrero, 1992).

El girasol es un gran consumidor de K, teniendo, por otra parte, una gran capacidad de extracción de las formas poco solubles del suelo. Hasta la floración absorbe un 75% de la cantidad total necesaria (Gachón, 1972).

Como en el caso del N y P, la época de crecimiento inicial es crítica para la nutrición potásica del girasol, puesto que su carencia en esta fase afectaría negativamente a la planta y no se podría corregir posteriormente. En este sentido, los composts de vinaza pueden resultar muy eficaces para este cultivo, especialmente en suelos pobres, dada su riqueza en K.

En la tabla.IV.4 se muestran las concentraciones de K en las plántulas de girasol. Las concentraciones de K en las plantas de los cinco tratamientos ensayados fueron generalmente similares entre sí.

El efecto residual de los composts de vinaza no se hace patente en el estado de plántula en los contenidos de este nutriente, incluso se puede hablar de un "consumo de lujo" ya que la concentración esperada para K sería del orden del 4,9% (Robinson, 1970), por la elevada disponibilidad de K en el suelo (Tabla III.2)

Calcio, Magnesio y Sodio.

Robinson (1970), para plantas aún más jóvenes que las del presente ensayo, que lógicamente deben presentar una mayor concentración de nutrientes, encontró una concentración del 1,62%. Resulta evidente que las plántulas de girasol poseen concentraciones de Ca normales en cualquiera de los tratamientos ensayados con diferencias que no resultan estadísticamente significativas entre los mismos. Estas concentraciones adecuadas en este nutriente en las plántulas analizadas no son debidas al efecto de los tratamientos ya que el suelo en el que se ha llevado a cabo el ensayo es un suelo calcáreo con niveles altos de Ca.

En el caso del Mg, las concentraciones encontradas tampoco difieren significativamente entre los tratamientos ensayados (Tabla IV.4). Estos valores resultaron ligeramente inferiores a los encontrados por Nátera (1995) en plántulas de girasol (0,70%).

Es importante estudiar los contenidos de Na en las plántulas debido a los considerables contenidos de este elemento en los composts ensayados (Tabla III.2) y cuyo exceso podría acarrear problemas en el cultivo. Los valores encontrados en las plántulas de girasol del presente ensayo (Tabla IV.4) resultaron superiores a los publicados por Nátera (1995). Sin embargo no se detectaron diferencias significativas en Na con respecto al tratamiento blanco y al fertilizante mineral, por lo que los altos contenidos en este elemento, no parecen estar provocados por la fertilización sucesiva con los composts de vinaza.

Tabla IV.4. Análisis de plántulas de girasol (tres pares de hojas). Valores medios de macronutrientes en materia seca. Plantas completas, parte aérea.

Tratamientos	N	P	K	Na	Ca	Mg
	%	%	%	%	%	%
TB	3,34a	0,17a	6,36a	0,39a	1.45a	0,58a
TOU	3,30a	0,17a	6,19a	0,31a	1,37a	0,57a
TOA	3,30a	0,18a	6,54a	0,36a	1,51a	0,55a
TDA	3,59a	0,19a	6,64a	0,39a	1,48a	0,58a
TFM	3,46a	0,17a	5,82a	0,36a	1,45a	0,55a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Tabla IV.5. Análisis de plántulas de girasol (tres pares de hojas). Valores medios de macronutrientes en materia seca. Limbos.

Tratamientos	N	P	K	Na	Ca	Mg
	%	%	%	%	%	%
TB	4,18a	0,18a	5,51a	0,35a	1,53a	0,51a
TOU	4,25a	0,20a	5,63a	0,37a	1,71a	0,53a
TOA	4,24a	0,20a	5,49a	0,40a	1,64a	0,55a
TDA	4,28a	0,20a	5,50a	0,39a	1,51a	0,54a
TFM	4,29a	0,19a	5,62a	0,40a	1,85a	0,58a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Tabla IV.6. Análisis de plántulas de girasol (tres pares de hojas). Valores medios de macronutrientes en materia seca. Peciolo y tallo.

Tratamientos	N	P	K	Na	Ca	Mg
	%	%	%	%	%	%
TB	1,85a	0,15a	7,50a	0,35a	0,99a	0,63a
TOU	1,86a	0,13a	7,50a	0,37a	0,87a	0,62a
TOA	1,76a	0,14a	7,64a	0,33a	0,97a	0,61a
TDA	1,78a	0,13a	7,50a	0,39a	0,85a	0,61a
TFM	1,79a	0,15a	7,80a	0,31a	0,89a	0,59a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Tabla IV.7. Análisis de plántulas de girasol (tres pares de hojas). Valores medios de micronutrientes en materia seca. Plantas completas, parte aérea.

Tratamientos	Fe	Mn	Cu	Zn	B	B/Ca
	$mg\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	
TB	131,0a	30,8a	25,3a	71,5ab	31,2a	$2,15\ 10^{-3}$
TOU	128,5a	29,0a	27,5a	81,8 b	29,8a	$2,18\ 10^{-3}$
TOA	139,5a	28,5a	26,5a	73,3ab	30,2a	$2,00\ 10^{-3}$
TDA	131,0a	31,0a	35,3a	76,5ab	31,4a	$2,12\ 10^{-3}$
TFM	130,0a	33,8a	23,8a	54,0a	29,5a	$2,03\ 10^{-3}$

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Hierro y Cobre.

Según Alba y Llanos, (1990), es extraño encontrar síntomas visibles de deficiencia en estos microelementos en girasol.

En este caso, la concentración de Fe (Tabla IV.7) resultó inferior a los 400 mg kg^{-1} encontrados por Robinson (1970) para plántulas de 6 cm de altura e inferiores a las encontradas por Nátera (1995) (200 mg kg^{-1}) en plántulas de desarrollo similar al del ensayo. En cualquier caso no existen diferencias significativas entre los tratamientos ensayados.

Las concentraciones de Cu son claramente suficientes para cubrir las necesidades de las plantas ya que superan el valor de 20 mg kg^{-1} publicado como adecuado (Robinson, 1970) Estas concentraciones no difieren significativamente entre los distintos tratamientos ensayados (Tabla IV.7)

Manganeso y Cinc.

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para Mn. Los valores encontrados en las plantas muestreadas (30-34 mg kg^{-1}) (Tabla IV.7) fueron ligeramente inferiores a los encontrados por Robinson, (1970) (35-40 mg kg^{-1}). Sin embargo estas diferencias no parecen lo suficientemente acusadas como para hablar de una deficiencia en este micronutriente.

En cuanto al Zn se observan diferencias (Tabla IV.7) para los valores obtenidos con los distintos tratamientos ensayados. Los tratamientos con composts e incluso el blanco son superiores a los obtenidos en las plantas de las parcelas con abono mineral. Sin embargo, sólo el tratamiento con el compost OU difiere significativamente del tratamiento FM. El hecho de que los compuestos orgánicos movilicen micronutrientes del suelo para ponerlos a disposición de las plantas es un fenómeno constatado por diversos autores en trabajos de fertilización con productos de este tipo (Parsa y Wallance, 1979; Gallardo-Lara y col., 1984 a y b).

Boro.

El B es un nutriente especialmente importante para el girasol, debido a que tanto niveles deficitarios como excesivos pueden ocasionar una acusada reducción de cosecha. Los efectos más sobresalientes que provoca la falta y exceso de B en las plantas y que justifican sobradamente la reducción de la cosecha, pueden resumirse en los siguientes puntos:

La falta de B detiene el crecimiento vegetativo, provocándose la muerte de la yema terminal (hecho señalado por numerosos autores). Los daños provocados repercuten de manera especial en la formación y desarrollo de la flor, pudiendo no formarse en absoluto o sufrir deformaciones con esterilidad de las flores producidas. Por otra parte, la falta de B impide la fecundación, por inhibir la germinación del polen. Finalmente, también inhibe el desarrollo de los escasos frutos que se forman.

En cuanto a la toxicidad, el principal síntoma es la necrosis de las hojas, que se caen, incidiendo por tanto también negativamente en la cosecha, ya que las hojas son las sintetizadoras de todas las sustancias (lípidos, glúcidos, proteínas) que finalmente se van acumulando en los frutos.

Si la concentración de B en la planta está por debajo de 30 mg kg^{-1} pueden aparecer problemas de carencia. Si la relación B/Ca es menor de 1,30 10^{-3} se agudiza la deficiencia (Alba y Llanos, 1990).

En el caso de las plántulas de 10 cm de altura (tres pares de hojas), la tabla IV.7 muestra que las concentraciones de B son sólo ligeramente inferiores de 34 mg kg^{-1} citado por Alba y Llanos (1990) como óptimo y no resultaron por debajo del valor citado anteriormente (30 mg kg^{-1}) para que aparezcan problemas de deficiencia.

No se detectan diferencias entre los cinco tratamientos ensayados. Los niveles de este nutriente en el suelo son los adecuados para el desarrollo del cultivo a pesar de los altos contenidos en Ca del suelo.

El buen estado general de las plántulas parece también deducirse del valor de las relaciones B/Ca superior al valor citado anteriormente ($1,30\ 10^{-3}$) y similar al encontrado por Robinson (1970) ($2,35\ 10^{-3}$) en plántulas de diversas variedades de girasol de unos 6 cm de altura.

Tabla IV.8. Análisis de plántulas de girasol (tres pares de hojas). Valores medios de micronutrientes en materia seca. Limbos

Tratamientos	Fe	Mn	Cu	Zn	B/Ca	B
	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}		mg kg^{-1}
TB	91,5a	32,8a	27,3a	48,8a	$2,29\ 10^{-3}$	35,1a
TOU	97,0a	35,0ab	27,8a	55,0a	$2,13\ 10^{-3}$	36,5a
TOA	128,0a	34,3ab	27,5a	57,5a	$2,27\ 10^{-3}$	37,2a
TDA	102,5a	32,3a	27,8a	52,0a	$2,31\ 10^{-3}$	34,9a
TFM	110,5a	40,0 b	27,8a	54,0a	$1,78\ 10^{-3}$	32,7a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Tabla IV.9. Análisis de plántulas de girasol (tres pares de hojas). Valores medios de micronutrientes en materia seca. Peciolo y tallo.

Tratamientos	Fe	Mn	Cu	Zn
	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}
TB	105,0a	21,7a	17,8a	71,5a
TOU	93,8a	18,5a	15,8a	82,0a
TOA	105,8a	18,5a	21,0a	79,5a
TDA	107,3a	20,0a	19,5a	66,5a
TFM	107,5a	20,0a	17,5a	66,5a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

IV.2.2. Concentración de nutrientes en el estado de plantas maduras

Macronutrientes:

En las tablas IV.10, IV.11 y IV.12 se recogen las concentraciones medias de N, P, K, Na, Ca y Mg en limbos, tallos y capítulos de las plantas maduras (plantas analizadas 83 días después de la siembra y con unos 120-130 cm de altura).

En el caso del N, a nivel de limbo se encuentran diferencias significativas deteniéndose las mayores concentraciones en las plantas de los tratamientos con composts en relación a los tratamientos blanco y mineral

Para las plantas del TOA estas concentraciones fueron estadísticamente superiores a las del tratamiento FM. En el caso de este producto se obtuvieron las menores producciones en los cultivos ensayados en años anteriores como se ha indicado en los resultados de producción por las razones expuestas anteriormente y relacionadas con la velocidad de mineralización del nitrógeno de los diferentes productos ensayados.

En cuanto al P las concentraciones encontradas en las distintas fracciones de las plantas maduras resultaron en general satisfactorias y no parece notarse la deficiencia detectada en el estado de plántula (Tabla IV.10). Los valores en limbo se hallan entre 0,21-0,33%. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y estas concentraciones fueron comparables a las obtenidas por Nátera (1995). Sin embargo el contenido correspondiente al tratamiento OA resultó superior al del resto de los tratamientos. La dispersión de los resultados de las muestras de las plantas escogidas impidió que estas diferencias se mostraran de forma estadística.

En los contenidos de P en el capítulo (Tabla IV.12) sí se detectan estas diferencias para el tratamiento OA, mostrando las plantas de este tratamiento una mayor concentración en este nutriente.

Las concentraciones de K en las plantas del tratamiento blanco resultaron estadísticamente superiores a las de los tratamientos OU, OA y FM. Este hecho se debe a un fenómeno de dilución ya que como se comprobará en siguientes apartados la masa foliar correspondiente a los tratamientos con composts resultó superior a la obtenida con el tratamiento B (Tabla IV.17).

En el caso del Ca y Mg (Tabla IV.10) se comprueba que las concentraciones obtenidas resultan suficientes para cubrir las necesidades de la planta, sobre todo a nivel de limbo (parte con mayor actividad fisiológica). En general las concentraciones obtenidas en las plantas ensayadas superaron a las encontradas por Nátera (1995), 3,5% y 0,6% para el Ca y Mg respectivamente.

En el Mg existen diferencias significativas entre los tratamientos, dándose las mayores concentraciones en las plantas de los tratamientos B y FM tanto a nivel de limbo como de capítulo (Tablas IV.10 y IV.12).

No parece tratarse de un problema de deficiencia de este elemento, sino como se comentaba en la concentración de K a un fenómeno de dilución.

En cuanto a las concentraciones de Na continúan siendo altas en relación a los resultados obtenidos por Nátera (1995). Sin embargo, y como se decía en el apartado de análisis de plántulas estas altas concentraciones de Na no se pueden achacar a los aportes de este elemento por parte de los composts ya que tampoco en el caso de las plantas maduras existieron diferencias significativas con respecto a los tratamientos B y FM.

Tabla IV.10. Análisis de plantas maduras de girasol Valores medios de macronutrientes en materia seca. Limbos

Tratamientos.	N	P	K	Na	Ca	Mg
	%	%	%	%	%	%
TB	3,11ab	0,22a	4,20 b	0,57a	3,43a	0,76 b
TOU	3,35ab	0,21a	3,48a	0,40a	3,85a	0,63a
TOA	3,51 b	0,33a	3,51a	0,48a	3,65a	0,61a
TDA	3,27ab	0,21a	3,68ab	0,52a	3,00a	0,67ab
TFM	3,00a	0,21a	3,54a	0,57a	3,44a	0,74 b

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Tabla IV.11. Análisis de plantas maduras de girasol Valores medios de macronutrientes en materia seca. Tallo y peciolo.

Tratamientos.	N	P	K	Na	Ca	Mg
	%	%	%	%	%	%
TB	0,32a	0,065a	3,17a	0,35a	0,66a	0,26a
TOU	0,37a	0,066a	3,73a	0,28a	0,81a	0,25a
TOA	0,37a	0,070a	3,70a	0,27a	0,79a	0,23a
TDA	0,41a	0,077a	3,45a	0,38a	0,74a	0,26a
TFM	0,39a	0,066a	3,06a	0,37a	0,72a	0,28a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Tabla IV.12. Análisis de plantas maduras de girasol. Valores medios de macronutrientes en materia seca. Capitulo.

Tratamientos.	N	P	K	Na	Ca	Mg
	%	%	%	%	%	%
TB	1,77a	0,31ab	1,68a	0,21a	0,69a	0,26 b
TOU	1,75a	0,30ab	1,60a	0,15a	0,75a	0,19a
TOA	1,85a	0,33 b	1,74a	0,15a	0,75a	0,19a
TDA	1,72a	0,29a	1,74a	0,17a	0,73a	0,21a
TFM	1,82a	0,29a	1,63a	0,20a	0,70a	0,23ab

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Tabla IV.13. Análisis de plantas maduras de girasol. Valores medios de micronutrientes en materia seca. Limbo.

Tratamientos	Fe	Mn	Cu	Zn	B/Ca	B
	$mg\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$		$mg\ kg^{-1}$
TB	97,7a	39,5a	47,2a	30,a	$2,67\ 10^{-3}$	91,70a
TOU	115,3a	69,1 b	50,4a	30,1a	$2,40\ 10^{-3}$	92,36a
TOA	109,1a	65,9 b	50,0a	26,4a	$2,50\ 10^{-3}$	91,35a
TDA	117,8a	64,1 b	53,0a	34,6a	$3,00\ 10^{-3}$	89,65a
TFM	124,0a	53,1ab	42,9a	23,1a	$2,14\ 10^{-3}$	73,50a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Tabla IV.14. Análisis de plantas maduras de girasol. Valores medios de micronutrientes en materia seca. Tallo y peciolo.

Tratamientos	Fe	Mn	Cu	Zn
	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}
TB	30,0a	14,0a	5,6a	20,6ab
TOU	36,4a	17,0a	7,1a	22,4ab
TOA	27,1a	16,8a	6,8a	19,6ab
TDA	30,8a	16,4a	7,6a	27,5 b
TFM	26,9a	17,5a	9,0a	10,5a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Tabla IV.15 Análisis de plantas maduras de girasol. Valores medios de micronutrientes en materia seca. Capitulo.

Tratamientos	Fe	Mn	Cu	Zn	B/Ca	B
	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}		mg kg^{-1}
TB	30,5a	14,1a	18,6a	24,5ab	7,59 10^{-3}	52,4a
TOU	31.9a	20,0 b	17,6a	24,3ab	7,60 10^{-3}	57,0a
TOA	28,8a	20,0 b	18,1a	25,0ab	6,76 10^{-3}	50,7a
TDA	28,4a	15,7ab	16,4a	27,3 b	5,78 10^{-3}	42,2a
TFM	29,0a	15,6ab	15,6a	19,3a	5,79 10^{-3}	41,9a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Micronutrientes.

En las tablas IV.13, IV.14 y IV.15 se recogen las concentraciones medias de los micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu y B en los capítulos, limbos, peciolos y tallos de las plantas maduras de girasol (plantas de unos dos meses y medio y 120-130 cm de altura), en función de los tratamientos seguidos.

En el caso del nutriente Fe, las concentraciones más altas corresponden al limbo (parte con mayor actividad fisiológica). Estos valores se pueden considerar adecuados (Nátera, 1995) y no difirieron significativamente entre los tratamientos.

Para el Cu, también destacan los valores adecuados obtenidos en las diferentes fracciones (Robinson, 1970). Los niveles alcanzados por las plantas, en todos los tratamientos, pueden considerarse adecuados a sus necesidades y tampoco difirieron significativamente entre los tratamientos.

De los micronutrientes Mn y Zn, interesaba examinar en especial el Mn, puesto que según se comentó al tratar las plántulas de 3 pares de hojas, el girasol es un cultivo que extrae grandes cantidades de Mn (Alba y Llanos, 1990). En aquella fase de crecimiento se registraron niveles próximos a los 35 mg kg^{-1}, que se consideraron ligeramente bajos para este estado (tres pares de hojas).

En el caso de las plantas ya maduras, se alcanzaron concentraciones de Mn superiores a los 40 mg kg^{-1} en el limbo (Tabla IV.13.), que se pueden suponer suficientes para su normal desarrollo. Aunque en el caso del girasol se han llegado a detectar concentraciones de Mn superiores a los 5000 mg kg^{-1}, con efectos negativos sobre la cosecha (Mengel y Kirkby, 1987), según estos mismos autores el nivel crítico para la mayoría de los cultivos oscila

entre 10 y 20 mg kg^{-1} en hoja madura, valor claramente superado en este ensayo. A nivel de tallo y peciolo y capítulo, sin embargo, las concentraciones de Mn son comparativamente más bajas, aunque tal vez sean valores que deban ser considerados suficientes para el normal desarrollo del cultivo, porque no se tienen referencias bibliográficas exactas en estas partes de las plantas de girasol.

Para el Mn sí se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, tanto a nivel de limbo como de capítulo, resultando las mayores concentraciones en las plantas de los tratamientos con composts. Como se comentaba en el apartado de plántula los productos orgánicos facilitan la movilidad de micronutrientes. Así en el estado de plántula se detectaron concentraciones de Zn superiores el las plantas de los tratamientos con composts. En el estado de planta madura se observan estas diferencias en el Mn.

En el caso del Zn se alcanzaron concentraciones adecuadas para el cultivo, en todos los tratamientos, corroborando el hecho de que son muy poco frecuentes las carencias de este elemento en girasol (Alba y Llanos, 1990).

Respecto al micronutriente B, ya se indicó que es un nutriente especialmente importante para el girasol, debido a que tanto niveles deficitarios como excesivos pueden ocasionar una acusada reducción de la cosecha.

En la tablas IV.13 y IV.15 se comprueba que las concentraciones de B a nivel de limbo y capítulo superan claramente el valor de 34 mg kg^{-1} citado por Alba y Llanos (1990), y se alcanzan concentraciones de B extremadamente altas (limbo) o altas (capítulo). No se analizó la fracción tallo

+ peciolo ya que no representa un valor considerable respecto a la que se a la que se encuentra en el limbo y el capítulo.

En cuanto a la relación B/Ca de la fracción sintetizadora más activa, esto es el limbo, se comprueba que los valores obtenidos son netamente superiores al valor crítico proporcionado por Alba y Llanos (1990), $1,3\ 10^{-3}$.

V.2.2 Extracción de nutrientes

En la tabla IV.16 se indican las extracciones de N, P, K, B y Na realizadas por las diferentes fracciones de las plantas maduras de girasol analizadas.

Estos nutrientes (N; P; K) han sido considerados por su importancia en los cultivos en general y se analiza también el Na por los aportes que realizan los composts de vinaza y la posible influencia negativa de este elemento en los cultivos si las extracciones por parte de las plantas de los tratamientos con los composts resultan superiores a las obtenidas con los tratamientos B y FM. El caso del B ha sido estudiado por su importancia particular en el cultivo de girasol.

Las extracciones se han calculado con las plantas en estado maduro. Puede considerarse que en este momento de desarrollo la planta contiene aproximadamente las máximas cantidades de nutrientes totales y no extraerá cantidades importantes de nutrientes desde el suelo.

Cuando se considera la extracción de nutrientes efectuada por el cultivo destaca que las extracciones correspondientes a los tratamientos con composts fueron en general más altas, con diferencias estadísticamente

significativas en la mayoría de los casos ($P<0,05$), en relación con los tratamientos B y FM (Tabla IV.16).

En la fracción tallo no se observan diferencias significativas entre los tratamientos en el caso del N, sin embargo, en las fracciones limbo y capítulo se observan las mayores extracciones para los tratamientos con composts en relación a los tratamientos B y FM. En el caso del tratamiento OA es estadísticamente superior a los tratamientos B y FM. De nuevo se pone de manifiesto la mayor disponibilidad de este nutriente para las plantas de los tratamientos con este producto debido a la menor velocidad de mineralización de N orgánico del mismo.

En cuanto al P cabe destacar que en general las extracciones efectuadas por las plantas de los tratamientos con los composts de vinaza resultaron superiores a las plantas del tratamiento blanco y en menor medida a las del tratamiento con abono mineral. En las plantas del tratamiento con el compost OA estas diferencias fueron significativas como en el caso del N. El mayor desarrollo de las plantas de este tratamiento aumenta las extracciones de todos los nutrientes.

Estas extracciones altas de P en el caso de los tratamientos con composts ponen de manifiesto que no han existido deficiencias con respecto al abonado mineral a pesar de los bajos contenidos en P de los composts ensayados. Algunos trabajos anteriores han apuntado la posibilidad de que ciertos productos orgánicos y en particular la vinaza movilicen el P del suelo para ponerlo a disposición de las plantas (López, 1992). En este ensayo puede corroborarse que a pesar de los menores aportes de P efectuados a través de la aplicación de los composts, se produjeron extracciones de este nutriente, comparables e incluso superiores a las que se dieron con las plantas del tratamiento mineral.

Tabla IV.16 Extracciones efectuadas por diversas fracciones de plantas maduras de girasol. Valores medios por planta, sobre la base del peso medio seco de cada fracción en cada uno de los tratamientos.

Fracción	Tratamiento	N kg ha^{-1}	P kg ha^{-1}	K kg ha^{-1}	B kg ha^{-1}	Na kg ha^{-1}
Limbo	TB	14,6 a	1,02a	19,5a	0,037a	2,76a
	TOU	37,7ab	1,81ab	29,1a	0,077a	3,62a
	TOA	43,6b	2,12b	34,2a	0,072a	5,43a
	TDA	35,7ab	1,65ab	28,0a	0,077a	4,17a
	TFM	27,3a	1,18ab	20,6a	0,037a	3,98a
Tallo	TB	4,10a	0,79a	37,2a	-	4,33a
	TOU	9,53a	2,29b	99,3b	-	7,17a
	TOA	10,60a	1,99ab	104b	-	6,93a
	TDA	8,59a	1,65ab	69,9ab	-	7,48a
	TFM	6,77a	1,26ab	51,1ab	-	6,05a
Capitulo	TB	33,3a	5,83a	32,0a	0,021a	5.36a
	TOU	63,5ab	10,0ab	48,8ab	0,049a	6,85a
	TOA	66,4 b	11,8b	62,4b	0,043a	7,48a
	TDA	48,9ab	6,53ab	47,2ab	0,040a	4,57a
	TFM	34,3a	5,67a	30,7a	0,020a	5,12a
Total	TB	62,0 a	7,67a	88,7a	0,058a	12,5a
	TOU	111 b	14,1b	177b	0,126a	17,6a
	TOA	122 b	15,9b	201b	0,112a	19,8a
	TDA	94ab	9,83ab	145ab	0,126a	16,2a
	TFM	68,4a	8,11ab	103ab	0,057a	15,1a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

En el K puede comprobarse que, en general, las extracciones efectuadas por el girasol en el caso de los tratamientos con composts de vinaza resultaron notables especialmente en las plantas de los tratamientos con los composts OA y OU, cuyos valores fueron estadísticamente superiores a los obtenidos con el tratamiento blanco. En el caso del tratamiento compost DA las extracciones de K realizadas por los cultivos anteriores (maíz y remolacha) y los menores aportes realizados (Tabla III.4 y Tabla III.5) redujeron la disponibilidad de este nutriente para las plantas de girasol en los tratamientos con este compost.

En cuanto a las extracciones de Na fueron superiores a las obtenidas por Nátera (1995). Sin embargo, y como se decía en el apartado de análisis de plántulas y plantas maduras estas altas extracciones de Na no se pueden atribuir a los aportes de este elemento por parte de los composts. No existieron diferencias significativas con respecto a los tratamientos B y FM, como en el caso del resto de los nutrientes analizados.

También en el caso del B las extracciones por parte de las plantas de los tratamientos con composts resultaron satisfactorias y se pone de nuevo de manifiesto la disponibilidad de este nutriente bajo las condiciones de ensayo.

En general, tras el estudio de las extracciones totales de las plantas de los diferentes tratamientos ensayados se puede observar el efecto residual en cuanto a la eficacia fertilizante sobre todo a nivel de N, P y K (elementos indispensables para la nutrición del cultivo) de los composts de vinaza en relación a los tratamientos B y FM.

IV.3 Desarrollo del cultivo

IV.3.1 Altura de las plantas

La tabla IV.17 muestra los valores medios de la altura de las plantas, para cada uno de los tratamientos ensayados.

En la primera medida, treinta y cuatro días después de la siembra, se observó que los tratamientos con composts de vinaza y mineral resultaron superiores a los valores obtenidos con el blanco. Sin embargo, sólo resultó significativamente diferente del TB la altura de las plantas del TOA, lo cual indica un mejor desarrollo en las plántulas de este tratamiento.

En medidas posteriores, a lo largo del desarrollo de la planta, se vio que seguía produciéndose una diferencia entre los tratamientos con composts de vinaza y fertilizante mineral. Sin embargo, estas diferencias no resultaron significativas en ninguno de los momentos de medida.

IV.3.2. Peso de plantas.

A los 34 días después de la siembra no se observaron diferencias significativas en los pesos de las plantas completas (parte aérea) como se puede observar en la Tabla IV.18.

Cuando se examinan las plantas ya maduras (Tabla IV.18) no existen diferencias significativas en las fracciones de capítulo y tallo ($P<0,05$) a pesar de las notables diferencias numéricas. Esto es debido a la dispersión de los pesos de las plantas muestreadas.

En cuanto al peso de los limbos (Tabla IV.18), los tratamientos mineral y con composts resultaron superiores al desarrollo foliar del tratamiento blanco, aunque de nuevo tan solo el tratamiento OA difiere significativamente del mismo. Las plantas de este tratamiento presentaron en general, un desarrollo superior a las del resto de los tratamientos ensayados.

Tabla IV.17 Valores medios de altura de planta (cm) en distintas fases de su desarrollo en función de los tratamientos ensayados

Tratamiento	Días después de la siembra		
	34	55	70
TB	9,31a	49,4a	93,8a
TOU	10,3ab	60,0a	106 a
TOA	11,8 b	58,8a	113 a
TDA	10,2ab	50,0a	96,5a
TFM	10,0ab	53,8a	105 a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Tabla IV.18. Peso de plántulas en el estado de tres pares de hojas (34 días desde la siembra) y de las fracciones capítulo, limbo, tallo y total de plantas maduras (día 83), en función de los tratamientos ensayados. Valores medios en peso fresco expresados en gramos.

Tratamiento	Día 34	Día 83			
		Capitulo	Limbo	Tallo	Total
TB	7,00a	114a	42,2a	164a	321a
TOU	9,33a	228a	74,1ab	268a	570ab
TOA	9,55a	243a	84,2 b	302a	629 b
TDA	9,45a	179a	67,1ab	191a	437ab
TFM	10,3a	150a	50,1ab	163a	363a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

IV.4. Estado final del suelo tras el cultivo.

IV.4.1 Efectos en el pH y la CE.

En la tabla IV.19 se muestran las CE en extracto de pasta saturada y del extracto 1:5 así como el pH del suelo de las parcelas de los tratamientos ensayados.

La elevada concentración en sales confiere a los composts un alto valor de este parámetro (Tabla III.2). Si los composts se aplican en climas semi-áridos el lavado de sales es limitado y se produce un riesgo importante de salinización que podría provocar una aceleración de los procesos de degradación del suelo (Bernal y col., 1992).

Los valores de CE en el extracto de pasta saturada y en el extracto acuoso, obtenidos con los tratamientos con composts, aunque superiores no resultaron estadísticamente diferentes a los obtenidos con el tratamiento blanco, por lo que no queda claro si se ha producido un aumento de la salinidad por la adición de composts de vinaza durante dos años de aplicación y tras el periodo de evaluación del efecto residual.

La CE de los suelos tratados con los composts de vinaza fueron comparables e incluso inferiores a los obtenidos por otros autores tras la aplicación de composts de RSU (Díaz -Marcote,1994) o lodos de depuradora (Díaz-Burgos,1990), en suelos de condicionas similares a las del presente ensayo.

En lo que se refiere al pH, en general, en los suelos donde se aplican composts estabilizados, se produce un aumento del pH de los mismos.

Esta circunstancia no se observa en la presente experiencia en la que no se observan diferencias significativas entre los suelos de los distintos tratamientos.

Otros autores (Murillo y col., 1989a) tampoco observaron modificaciones debido a que el pH del suelo utilizado tenía un valor inicial alto 8,1-8,2, como es el caso del suelo en el que se ha llevado a cabo la presente experiencia (Tabla III.1).

Tabla IV.19 Valores de CE en el extracto de pasta saturada y en el extracto 1:5 y valores de pH en el extracto 1:5 para los suelos de la diferentes parcelas en función de los tratamientos ensayados.

Tratamientos	CE (Ext.pasta) dS cm^{-2}	CE (1:5) dS cm^{-2}	pH (1:5)
B	1,85ab	0,17a	7,88a
OU	1,80ab	0,20ab	8,04a
OA	2,26 b	0,26ab	8,11a
DA	2,35 b	0,24ab	7,98a
FM	1,53a	0,18a	7,83a

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

IV.4.2. Efectos en el contenido en materia orgánica, extracto húmico total y ácidos húmicos

La materia orgánica del suelo es un conjunto de compuestos orgánicos que proceden de los restos de tejidos de plantas y en menor medida de animales, sus productos de descomposición parcial y la biomasa del suelo, todo ello en un sistema de transformación dinámica.

Con este concepto, la materia orgánica del suelo puede dividirse para su estudio más racional en tres grupos generales:

-La materia orgánica viva vegetal o animal que engloba a la totalidad de la biomasa activa del suelo.

-Los tejidos originales y sus equivalentes en las primeras etapas de descomposición (materia orgánica fresca). El tejido original incluye los aportes, descompuestos en mayor o menor grado, que de forma constante se producen en el suelo.

-El humus: Las sustancias coloidales (sustancias húmicas) que constituyen los productos más resistentes a la degradación. Más del 50% del carbono forma parte de estas estructuras que son las que proporcionan al suelo las características más relevantes de la materia orgánica.

Las sustancias húmicas, dependiendo del grado de estabilidad y de las propiedades químicas estructurales se dividen en tres grupos principales: huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. De entre ellos, los ácido húmicos y fúlvicos tienen mayor interés.

En el presente ensayo la aplicación de composts de vinaza ha elevado el contenido de materia orgánica del suelo. Sin embargó tan sólo resultó estadísticamente superior en las parcelas tratadas con el compost OA. En las parcelas fertilizadas mineralmente se ha mantenido el nivel inicial, como en las parcelas del tratamiento B (Tabla IV.20). De acuerdo con Moyano y col., (1990) y Hayes y col., (1994), el contenido en materia orgánica en los suelos minerales se mantiene constante debido a un equilibrio dinámico entre la mineralización y la adición de materia orgánica.

En la misma tabla se representan las cantidades de materia orgánica humificada. Se ha diferenciado entre el extracto total extraído (EHT) y las fracciones que precipitan en medio ácido (pH:1, fracción de ácidos húmicos, AH) y las no precipitables (ácidos fúlvicos, AF). Estos se han calculado por diferencia entre el extracto húmico total y la fracción de ácidos húmicos.

Tabla IV.20 Valores de MO, EHT y AH para los suelos de la diferentes parcelas en función de los tratamientos ensayados.

Tratamientos	MO (%)	EHT (%)	AH (%)	AF(%)
B	0,74a	0,11a	0,08a	0,03a
OU	0,86ab	0,20 b	0,14 bc	0,06 b
OA	0,95 b	0,22 b	0,18 c	0,04ab
DA	0,85ab	0,20 b	0,14 bc	0,06 b
FM	0,74a	0,13a	0.09ab	0,04ab

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

Se observa que la aplicación de composts de vinaza ha producido un aumento del extracto húmico total y de los ácidos húmicos en relación a los tratamientos mineral y control. El máximo incremento se ha producido con la aplicación del composts OA que representa un 140% y un 108% sobre los valores de ácidos húmicos que se obtuvieron en el tratamiento control y en los suelos abonados mineralmente respectivamente.

En cuanto a los ácidos fúlvicos el aumento resultó mayor en las parcelas tratadas con los composts DA y OU. Cabe destacar que estos aumentos están relacionados con los altos contenidos en ácidos fúlvicos de estos dos composts (Cabrera y col., 1995).

IV.4.3. Efectos en el contenido de N-Kjeldahl y de P y K disponibles

El efecto en el suelo de los distintos tratamientos respecto a las concentraciones de nitrógeno total, y fósforo y potasio asimilables se muestra en la Tabla IV.21 Incluso tras el año del efecto residual en el que no se han añadido estos nutrientes, las concentraciones de N y K siguen siendo más altas en el caso de los tratamientos con composts.

Estas diferencias se ponen de manifiesto en los nutrientes N y K. La riqueza de los composts en estos elementos se vuelve a notar en las reservas del suelo.

En el caso del fósforo es el tratamiento FM el que origina un mayor nivel de P disponible en el suelo debido a los mayores aportes de P realizados con este tratamiento (Tablas III.4 y III.5) De cualquier forma hay que señalar que no se han detectado deficiencias en las plantas tratadas, ni en el caso del maíz y remolacha sembradas en años anteriores (Madejón y col., 1995 a y b) ni en el girasol como ha quedado expuesto en la presente memoria.

Para todos los tratamientos los niveles de P-Olsen en el suelo pueden considerarse en general altos.

En resumen se puede decir que el efecto residual fertilizante en N, P y K tras dos años de cultivo es importante en las parcelas tratadas con composts, sobre todo en el compost OA cuya lenta velocidad de mineralización de N orgánico pone este nutriente a disposición de la planta en períodos más largos.

En experimentos del mismo tipo llevados a cabo en invernadero o campo se han observado efectos residuales e importantes de compost de RSU. sobre los mismos elementos aunque, estos efectos han resultado

menos significativos que los del presente ensayo (Gallardo y col., 1979, Hernando y col.,1989, Murillo y col., 1989 b, Díaz-Marcote, 1994).

Tabla IV.21 Valores de N-Kjeldalh, P-Olsen y K disponible para los suelos de la diferentes parcelas en función de los tratamientos ensayados

Tratamientos	N-Kjeldalh mg kg^{-1}	P-Olsen mg kg^{-1}	K-disp mg kg^{-1}
B	798 a	13,7a	191a
OU	1092 b	15,4a	295bc
OA	1145 b	16,7a	305c
DA	1018ab	16,0a	257bc
FM	913a	22,8b	247b

*Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren significativamente (P<0,05).

V. CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

En relación al rendimiento y calidad del cultivo:

La incorporación al suelo de composts de vinaza en dosis moderadas (20-60 t ha^{-1}) tiene importantes efectos residuales sobre el rendimiento del cultivo de girasol.

Estos efectos fueron más acusados en el caso del compost de orujillo de aceituna con vinaza (OA) cuya baja velocidad de mineralización de N orgánico provocó una buena disposición de este nutriente para la planta dos años después de la primera aplicación al suelo del producto. Con este compost se obtuvo una producción muy superior a la obtenida con una fertilización previa con abonos minerales.

Para los composts de orujo de uva (OU) y desmotado de algodón (DA) la producción obtenida resultó superior a la obtenida con el fertilizante mineral, aunque estas diferencias no resultaron tan notables como en el caso del composts OA. Los efectos de estos composts se ponen de manifiesto en plazos más cortos por la mayor velocidad de mineralización del N orgánico de los mismos, obteniéndose producciones superiores en los cultivos anteriores.

En cuanto al tamaño de los aquenios de los girasoles también se comprobó un efecto residual positivo de los tratamientos con compost de vinaza en relación a los tratamientos mineral y blanco.

Ninguno de los tratamientos modificó la riqueza grasa de las semillas que resultó en todos los casos próximo al 50%, valor considerado aceptable para este cultivo en las condiciones de estudio.

En relación al estado nutricional del cultivo:

En el estado de tres pares de hojas el efecto residual de los composts no influyó en el contenido nutricional de las plántulas en relación a las de los tratamientos mineral y blanco.

Los tratamientos con composts de vinaza no incrementaron las concentraciones de Na de las plántulas que fueron altos en general para todos los tratamientos ensayados incluido el tratamiento blanco.

En todos los tratamientos se superó el valor crítico de $1,3\ 10^{-3}$ admitido para la relación B/Ca.

En las plantas maduras el efecto residual de los composts originó diferencias entre los tratamientos. Estas diferencias resultaron especialmente notables para el N y el P que fueron mayores en el caso de las plantas del tratamiento OA en relación a las plantas del tratamiento mineral.

Para el resto de los macronutrientes las concentraciones más altas se obtuvieron en las plantas del tratamiento blanco debido a que el desarrollo de las mismas resultó inferior al de las plantas de los tratamientos con composts por lo que se produjo esta mayor concentración de nutrientes.

Las concentraciones de Na en plantas maduras fueron similares entre sí y tampoco fueron superiores, las correspondientes a los composts, a las obtenidas en las plantas de los tratamientos mineral y blanco.

Las extracciones de todos los nutrientes fueron superiores en las plantas tratadas con composts de orujillo de aceituna (por un mayor desarrollo y mayores contenidos en nutrientes). Las plantas en las que se estudió el efecto residual de los composts de vinaza extrajeron más cantidad de K y N que las plantas del tratamiento mineral. Las extracciones de P realizadas por las plantas de los tratamientos con composts fueron comparables e incluso superiores en el caso del compost OA a las cantidades

extraídas por las plantas del tratamiento mineral, a pesar de los menores aportes de P realizados con los composts.

En ralación al desarrollo del cultivo:

El efecto residual de los composts de vinaza no se vio reflejado en la altura de las plantas en ninguno de los muestreos realizados, excepto en el estado de tres pares de hojas en el que las plántulas del tratamiento con compost de orujillo de aceituna resultaron con un mejor desarrollo en cuanto a su altura.

En cuanto al peso de las plántulas no se produjeron diferencias significativas entre los tratamientos. En el caso de las plantas ya maduras se observó un mayor desarrollo de las plantas de los tratamientos con compost, especialmente las del tratamiento OA que resultaron significativamente superiores a las de los tratamientos mineral y blanco.

En relación a las propiedades químicas del suelo:

La conductividad eléctrica del suelo no se modificó por la aplicación sucesiva de composts y tras el año de evaluación del efecto residual. A pesar del alto contenido en sales de los composts de vinaza no se corren riesgos de salinización cuando se aplican en las dosis moderadas utilizadas en el presente estudio.

El pH del suelo no se vio alterado por la aplicación de composts, como es normal en suelos de pH básico.

La materia orgánica se incrementó en las parcelas tratadas con composts de vinaza, obteniéndose aumentos significativos en las parcelas tratadas con el compost OA en relación a las correspondientes a la fertilización mineral.

En cuanto al extracto húmico total resultó significativamente superior en las parcelas en las que se aplicaron los composts de vinaza. En los casos de los composts OU y DA aumentaron en mayor medida la fracción de acidos fúlvicos del suelo y en el caso del composts OA este aumento fue más significativo en la fracción de acidos húmicos.

Los contenidos en N-kjeldalh y K-disponible aumentaron en las parcelas en las que se aplicaron los composts en relación a las de los tratamientos blanco y mineral. Los aportes de estos dos nutrientes realizados por los composts de vinaza se manifiestan en el suelo, incluso después del año en el que se cultivó girasol para evaluar el efecto residual.

Los contenidos en P-disponible en las parcelas tratadas con composts son menores que los de los suelos tratados con el fertilizante mineral. Los aportes de P que realizan los composts fueron suficientes para la nutrición de las plantas pero no para elevar la concentración de P en el suelo.

VI. BIBLIOGRAFÍA

VI. BIBLIOGRAFIA

Alba Ordóñez, A. y Llanos Company, M. (1990). El cultivo del Girasol. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

Bengston, G.W. y Cornette, J.J. (1973). Disposal of composted municipal waste in a plantation of young slash pine. Effects on soil and trees. J. Environ.Qual., 2 pp 441-444.

Bernal M.P., Roig A., Madrid R. y Navarro A.F. (1992). Salinity risks on calcareous soils following pig slurry applications. Soil Use Manage. 8:125-130.

Cabrera, F. y Personal del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. Sevilla. CSIC. (1985). Influencia de a percolación de vinazas en el terreno sobre la composición de aguas subterráneas y del suelo. Informe para una industria de la provincia de Sevilla.

Cabrera, F.; Moreno, F.; Nacci, S. y De Arambarri, P. (1987). Utilization of wastes from olive and sugar beet processing industries in fertirrigation. Book of Proceedings, 4th International CIEC Symposium: Braunshweig, 475-483.

Cabrera, F; Díaz, M.J.; López, R.; Madejón, E. y Murillo, J.M. (1995). Mejora de la vinaza de remolacha para su uso agrícola. Informe para una industria privada

Columela, L.J.M. De los trabajos de campo. Edición a cargo de Antonio Holgado Redondo **(1988).** Ministerio de Agricultura Pesca Y Alimentación.

Costa, F.; García, C.; Hernández, T. y Polo, A. (1991). "Residuos Orgánicos Urbanos. Manejo y Utilización". Ed. CSIC. Murcia. 181p.

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

Díaz Burgos, M.A. (1990). Compostaje de lodos residuales: Aplicación agronómica y criterios de madurez. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.

Díaz Marcote, I. (1994). Aprovechamiento del compost de los resíduos sólidos urbanos: Estudio de su capacidad fertilizante y del efecto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Tesis Doctoral. Universidad politécnica de Madrid.

Díaz, M.; Madejón, E.; López, R.; Cabrera, F. y Fernández, M. (1993). Nitrificación en el proceso de co-compostaje de la vinaza de remolacha. IX Nac. Cong. de Química de la ANQUE. Sevilla, Vol II, 167-172.

Díaz, M.; Madejón, E.; López, R.; Cabrera, F. y Ron M.D. (1995)a. Chemical Characterization of three compost of (sugarbeet) vinasse with other

agroindustrial residues. Book of Proc. Cong. of Science of composting. Bolonia, Italia. En prensa

Díaz, M.; Madejón, E.; López, R.; Cabrera, F. y Ron M.D. (1995)b. Co-composting process of (sugarbeet) vinasse with grape marc. Book of Proc. Cong. of Science of composting. Bolonia, Italia. En prensa

Duggan, J. (1973). Utilization of municipal resuse compost. I Field scale compost demonstration. Compost. Sci., 14, pp 24-25.

Duggan, J. y Wiles, C. (1976). Effects of municipal compost and nitrogen fertilizer on select soils and plants. Compost. Sci., 17, pp 24-31.

Gachón (1972). Citado por Guerrero (1992).

Gallardo-Lara, F.; Azcón, M.; Gómez, M. y Esteban, E. (1979). Poder fertilizante de un compost de basura urbana. I. Capacidad de suministro de macronutrientes. An. Edafol. Agrobiol. 38: 1747-1764.

Gallardo-Lara, F.; Robles, J.; Esteban, E.; Azcón, M. y Nogales, R. (1984)a. Poder fertilizante de un compost de basura urbana.II. Efecto directo y residual sobre la asimilabilidad de Fe y Zn. I Cong. Nac. de la Ciencia del Suelo. Vol. 1, 393-404. Madrid.

Gallardo-Lara, F.; Robles, J.; Gómez, M. y Esteban, E. (1984)b. Poder fertilizante de un compost de basura urbana. IV. Efecto directo y residual

sobre la asimilabilidad de Boro y Cobre. VIth Int. Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition. Vol, 1, 215-222. Montpellier.

Gallardo-Lara, F. y Nogales, R. (1987). Effect of application of town refuse compost on the soil-plant system: a review. Biological Wates. 19, 35-62.

García Buendia, A.J. y 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.

Gee, G.W. y Bauder, J.W. (1986). Particle Size Analysis. En Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy 9 (2ª ed.) ASA.

Guerrero, A. (1992) Cultivos Herbáceos Extensivos. Ed. Mundi-Prensa. Madrid

Hayes T.M., Clapp C.E., Du Bois M.M., Hayes M.H. y Dowdy R.H. (1994). Characterization of humic acids isolated from an agricultural soil. In: Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health. Proc. 6th Int. Meeting of the IHSS. Monopoli, Bari, 1992. (De.) Senesi N., Miano T.M. Elsevier Applied Science. Amsterdam. pp. 299-304.

Henin, S.; Grass, R. y Monnier, G. (1972). El perfil cultural. Ed. Masson Co. Paris. 342p.

Hernando S. (1987). Aprovechamiento de residuos sólidos urbanos como fuente de materia orgánica y sus efectos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma. Madrid.

Hernando S., Díaz-Burgos M.A. y Polo A. (1989). Efecto de diversos residuos urbanos sobre el rendimiento y contenido mineral de plantas de rye-grass y lechuga. An. Edafol. Agrobiol. 48:357-364.

Hortensine, C. y Rothwell, D. (1968). Garbage compost as a source of plant nutrients for oats and radishes. Compost. Sci. 9 pp 23-25

Huret, F. (1985). Valorisation agricole des composts d'origine urbaine. P.H.M.-Revue Horticole, 262, 25-32.

Kershaw, M.A. (1968). Composting. A general rewiew. Process Biochemistry 3 (5).pg 53-56.

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

López, R.; Cabrera, F.; Moreno, S; Esenarro, G. y Llorente, M.M. (1992). Efecto de la fertilización con vinaza concentrada sobre la producción y estado nutricional de ryegrass. III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pamplona. pp 220-225.

López, R.; Cabrera, F. y Murillo, J.M. (1993). Effect of beet vinasse on radish seeding emergence and fresh weigth production. Acta Horticulture, 335, 115-119.

M.A.P.A. (1986). "Métodos Oficiales de Análisis 2, Vol. III. Madrid.

Madejón, E.; Díaz, J.; López, R.; Murillo, J.M. y Cabrera, F. (1993). Fertlización de ryegrass con composts de vinaza y otros subproductos agroindustriales. (1993). IX Nac. Cong. de Química de la ANQUE. Sevilla, Vol II, 162-177.

Madejón, E.; Díaz, J.; López, R.; Murillo, J.M. y Cabrera, F. (1994). Cotton fertilization with ten vinasse composts. Book of Proc., 8th International CIEC Symposium. Salamanca.

Madejón, E.; Díaz, J.; López, R.; Murillo, J.M. y Cabrera, F. (1995)a. Corn fertilization with three vinasse composts. Fresenius Environ. Bull. 4 (4).

Madejón, E.; Díaz, J.; López, R.; Murillo, J.M. y Cabrera, F. (1995)b. Sugarbeet fertilization with three vinasse composts. Book of Proc. Cong. of Science of composting. Bolonia, Italia. En prensa

Mengel, K. y Kirkby, E.A. (1982). Principies of plant nutrition. International Potash Institute. Bern. Switzerland.

Massey, J.H. (1971) Effects of nitrogen rates and plant spacing on sunflower seed yields and other characteristics. Agron. J. 63, 137-138.

Moyano A., Gallardo J.F. y Santa-Regina I. (1990). Humic fractions and their nitrogen content in semiarid soils of the Duero Basin, Spain. Arid Soil Res. Rehabil. 5:47-54.

M.O.P.T.M.A. (1994). Medio ambiente en España 92. Madrid.

Murillo, J.M.; Hernández, J.M.; Barroso, M. y Gómez, E. (1989). Succesive applications of composed municipal refuse. II. Effect on selected plant characteristics. Agricoltura Mediterranea, 119, 236-245.

Murillo, J.M.; Cabrera, F. y López, R. (1993). Influencia de vinaza de remolacha, concentrada y despotasificada, sobre la emergencia, producción de biomasa y contenido en nutrientes de ryegrass. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. Vol. 8 (1). 37-48.

Murphy, J. and Riley, J.P. (1962). A modified singlesolution method for determination of phosphate in natural waters. Ana. Chim. Acta 27, 31-36.

Nátera, A. (1995). Respuesta Nutricional del Girasol (C.V. Hysum 33) a la aplicación de vinaza concentrada de remolacha. Proyecto Fin de Carrera E.U.I.T.A. Universidad de Sevilla.

Nogales R.; Gallardo-Lara, F y Delgado, M. (1982). Aspectos Físico-Químicos y Microbiológicos del Compostaje de Basuras Urbanas. Anales de Edafología y Agrobiología. Vol. 41. 1159-1174.

Nogales, R.; Esteban, E.; Sánchez-Raya, A.J. y Baca, M.T. (1990). Availability of nutrients from three sugarcane bagasse composts to sunflower. Book of proceedings 10th World Fertilizer Congress of CIEC: 93. Nicosia.

Nogales, R.; Ortega, E.; Gallardo-Lara, F. y Delgado, M. (1984). Influencia de la aplicación de un compost de basura urbana sobre la porosidad del suelo. Agrochimica Vol. XXVIII. n. 2-3. 192-201.

Parsa, A.A. y Wallace, A. (1979). Organic solid wasted from urban environment as iron sources for sorghum. Plant and Soil, 53, 455-461.

Pinta, M. (1971). Spectométrie d´Absortion Atomique. Vol. 2, O.R.S.T.O.M. Masson et cie. París.

Pinta, M. y miembros del comité Inter-Institutos para el estudio de técnicas analíticas de diagnóstico foliar. (1969). Méthodos de référence pour la détérmination des éléments mineraux dans les végétaux: N, P, K, Na, Ca, Mg. Oleagineaux, 24, 497-504.

Pinta, M. y Miembros del comité Inter-Institutos para el estudio de técnicas analíticas de diagnóstico foliar. (1973). Méthodos de référence pour la détérmination des éléments mineraux dans les végétaux. Oleagineaux, 2, 87-92.

Olsen, S.R.; Cole, C.V.; Watanabe, F.S. and Dean, L.A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939.

Poincelot, R.P. (1986). Toward a more sustainable agriculture. AVI Publishing Company. Westport.

R.A.E.A. (Red Andaluza de Experimentación Agraria). (1990). Variedades de Girasol, Campaña 88/89. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, P.A.O. Suministros gráficos, S.A. Sevilla.

Richards, L.A. (Ed.), **(1954).** Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agric. Hand. nº 60, U.S.D.A., Govt. Printing Office. Washington, D.C.

Robinson , R.G. (1970). Sunflower date of planting and chemical composition at varous growth stages. Agron. J. 62, 665-666.

Saña, J. y Soliva, M. (1987). El compostatge, precès, sistemes i aplicacions. Quaderns d ecología aplicada. Servei del Medi Ambient. Diputaciò de Barcelona.

Stevenson, F.J. (1985). Cycles of soil. Carbon, nitrogen, phosphorus, sulphur, micronutrients. 380 p. John Wiley &Sons, New York.

Van Assche, C. y Uyttebroeck, P. (1982). Demand, supply and application possibilities of domestic waste compost in agriculture and horticulture. Agric. Wastes, 4, 203-212.

Walkley, A. y Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil. Sci. 37, 29-38.

Watanable , F.S. y Olsen, S.R. (1965). test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO3 extracts from soil. Soil. Sci. Soc. Proc. 677-678.

Weigan, E. y Kirchgessener, M. (1980). Protein and energy value of vinasse for pigs. Anim. Feed Sci. and Technol. 5, 221-231.

Zucconi, F.; Forte, M.; Monaco, A. y de Bertoldi M. (1981). Biological evaluation of compost maturity. Biocycle. 22. 54-57.

Zuconni, F. y de Bertoldi, M. (1987). Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. En "Compost: Production, Quality and Use". Ed. De Bertoldi M. et al. Elsevier Applied Science Publisher. London. 276-295.