

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDIA  
Grado en Ciencias Ambientales

---



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“ESTUDIO DE ALTERNATIVAS  
ECOLÓGICAS  
A LA FERTILIZACIÓN INORGÁNICA  
DE LOS CÍTRICOS.”**

***TRABAJO FINAL DE GRADO***

Autor/a:

**Paloma Jiménez Ribelles**

Tutor:

**Hugo Basilio Merle Farinós**

***GANDÍA, 2021***

# **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS A LA FERTILIZACIÓN INORGÁNICA DE LOS CÍTRICOS**

## **RESUMEN**

La utilización de fertilizantes inorgánicos como práctica habitual en el manejo de los cultivos cítricos ha demostrado tener una gran efectividad en cuanto al rápido crecimiento de los cultivos y producción de frutos. No obstante, el uso abusivo de fertilizantes inorgánicos puede acarrear consecuencias negativas para el medio ambiente.

Una posible solución y un avance hacia una agricultura más sostenible es el uso de alternativas ecológicas como los fertilizantes de origen orgánico. Estos, no solo evitan daños medioambientales y pueden ofrecer la misma o mejor calidad del producto final del cultivo, sino que también ofrecen una segunda vida útil a residuos y productos finales de otros sectores. Subproductos como: estiércol, purines, guano, compost y lodos de depuradora entre otros, podrían aprovecharse evitando la acumulación de residuos en vertederos. A su vez evitarían suelos contaminados con productos químicos que podrían desembocar en impactos ambientales más graves en un futuro.

## **PALABRAS CLAVE**

Alternativas ecológicas, fertilización inorgánica, cítricos, fertilización orgánica, cambio climático

## **ABSTRACT**

The use of inorganic fertilizers or common fertilization practices have been shown to have a great deal of affectivity in terms of the rapid growth of crops and fruit production, however, negative environmental consequences and decreased fruit quality have been demonstrated.

This problem has been solved by providing ecological alternatives, organic fertilizers, these not only prevent environmental damage and offer better quality of the final product of the crop, but also offer a second shelf life to waste and end products from other sectors. Manure, slurry, guano, compost and sewage sludge, among other products, are reused to prevent the accumulation of waste in landfills and soils contaminated with chemicals that will break down into more serious environmental impacts in the future.

## **KEY WORDS**

Organic fertilization, ecological alternatives, inorganic fertilization, citrus, climate change

**Curso:** 2020/2021

**Autor:** Paloma Jiménez Ribelles

**Tutor:** Hugo Basilio Merle Farinós

***GANDÍA, 2021***

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. LA AGRICULTURA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	1
1.2. IMPACTOS DE LA FERTILIZACIÓN INORGÁNICA .....	2
1.3. LA AGRICULTURA ECOLÓGICA Y FERTILIZACIÓN ORGÁNICA.....	3
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>6</b>
4.1. ESTUDIO DE LAS NECESIDADES TEÓRICAS EN MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES DE LOS CÍTRICOS POR HECTÁREA .....	6
4.2. DETERMINACIÓN DE PRÁCTICAS HABITUALES DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA.....	7
4.3. COMPARACIÓN NECESIDADES TEÓRICAS CON LAS PRÁCTICAS .....	7
4.4. ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS DIFERENTES PROCUTOS ECOLÓGICOS ALTERNATIVOS.....	8
4.5. DETERMINACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE LOS PRODUCTOS ALTERNATIVOS Y PRECIOS.....	8
4.6. CÁLCULO DE LA EQUIVALENCIA ENTRE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA Y FERTILIZACIÓN ORGÁNICA. COMPARACIÓN DE COSTES.....	9
4.7. VENTAJAS E INCONVENIENTES .....	10
4.7.1. Análisis de las características de la fertilización inorgánica .....	10
4.7.2. Análisis de las características de la fertilización orgánica .....	10
4.7.3. Comparación entre la fertilización orgánica e inorgánica .....	10
<b>5. RESULTADO Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>11</b>
5.1. ESTUDIO DE LAS NECESIDADES TEÓRICAS EN MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES DE LOS CÍTRICOS POR HECTÁREA .....	11
5.2. DETERMINACIÓN DE PRÁCTICAS HABITUALES DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA.....	16
5.3. COMPARACIÓN NECESIDADES TEÓRICAS CON LAS PRÁCTICAS .....	20
5.4. ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS DIFERENTES PROCUTOS ECOLÓGICOS ALTERNATIVOS.....	20
5.4.1. ESTIERCOL Y PURINES.....	21
5.4.2. GUANO .....	23
5.4.3. HUMUS DE LOMBRIZ.....	25
5.4.4. COMPOST.....	25
5.4.5. LODOS DE DEPURADORA.....	27

<b>5.5. DETERMINACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE LOS PRODUCTOS ALTERNATIVOS Y PRECIOS</b> .....	29
5.5.1. ESTIÉRCOL Y PURINES.....	29
5.5.2. GUANO .....	30
5.5.3. HUMUS DE LOMBRIZ.....	30
5.5.4. COMPOST.....	31
5.5.5. LODOS DE DEPURADORA .....	31
<b>5.6. CÁLCULO DE LA EQUIVALENCIA ENTRE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA Y FERTILIZACIÓN ORGÁNICA. COMPARACIÓN DE COSTES</b> .....	33
<b>5.7. VENTAJAS E INCONVENIENTES</b> .....	36
5.7.1. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA FERTILIZACIÓN INORGÁNICA .....	36
5.7.2. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA .....	37
5.7.3. COMPARACIÓN FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA .....	39
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>41</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>43</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Necesidades teóricas de nutrientes de los cítricos por hectárea. ....	13
<b>Tabla 2.</b> Prácticas habituales de fertilización inorgánica en diferentes plantaciones comerciales de la Comunidad Valenciana.....	18
<b>Tabla 3.</b> Cantidad y precio del estiércol y purines de caballo.....	29
<b>Tabla 4.</b> Cantidad y precio del estiércol y purines de oveja. ....	29
<b>Tabla 5.</b> Cantidad y precio del estiércol de cabra.....	29
<b>Tabla 6.</b> Cantidad y precio del estiércol mixto.....	30
<b>Tabla 7.</b> Cantidad y precio del guano.....	30
<b>Tabla 8.</b> Cantidad y precio del humus de lombriz.....	30
<b>Tabla 9.</b> Cantidad y precio del compost.....	31
<b>Tabla 10.</b> Costes fertilización inorgánica. ....	33
<b>Tabla 11.</b> Costes fertilización orgánica. ....	35
<b>Tabla 12.</b> Comparación fertilización orgánica e inorgánica. ....	35
<b>Tabla 13.</b> Comparación fertilización inorgánica y fertilización orgánica. ....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Índice de Shannon. Abundancia, riqueza específica y diversidad en fincas de manejo ecológico y convencional. ....	2
<b>Figura 2.</b> Evolución del número de operadores y número de controles efectuados en los últimos años .....	3
<b>Figura 3.</b> Efectos de la fertilidad orgánica en la salud de las platas.....	4
<b>Figura 4.</b> Absorción de nutrientes en las diferentes etapas de crecimiento del fruto. ....	15
<b>Figura 5.</b> Producción y composición de los diferentes tipos de estiércol.....	22
<b>Figura 6.</b> Composición del estiércol de diferentes especies de animales en unidades equivalentes a U.G.M.....	22
<b>Figura 7.</b> Conversión de unidades.....	23
<b>Figura 8.</b> Composición química del guano .....	24
<b>Figura 9.</b> Composición química del humus de lombriz. ....	27
<b>Figura 10.</b> Composición de los compost elaborados para evaluar el potencial de los MM y los LDBIO como enmiendas optimizadoras. 2016-2017.....	26
<b>Figura 11.</b> Caracterización química y microbiológica de los compost. 2016-2017.....	26
<b>Figura 12.</b> Nutrientes en los lodos en forma asimilable por las plantas.....	27
<b>Figura 13.</b> Contenido en nutrientes de los lodos.....	28



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. LA AGRICULTURA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

La agricultura es una actividad que se encuentra estrechamente ligada al clima, y, por lo tanto, los cambios que experimente el clima se verán reflejados en la práctica de esta actividad, pudiendo ser, una de las actividades más influenciadas por el cambio climático.

El cambio climático, afectará de forma distinta en diferentes zonas geográficas, afectando a elementos esenciales para la agricultura como, cambios en la temperatura media anual, presencia o ausencia de heladas, temperaturas extremas en los meses de verano, cambios en las precipitaciones y su distribución anual. (Agencia Europea de Medio Ambiente 2015). A su vez estos cambios podrán afectar de manera directa o indirecta en la degradación del suelo, pérdida y/o contaminación de aguas para regadío y procesos de desnitrificación o alteración de la fertilidad de los suelos.

De igual modo que la agricultura es dependiente del clima, como anteriormente se ha apuntado, el clima también depende en parte de las actividades agrarias y de cómo se ejecutan.

En este sentido, el sector agrícola contribuye de manera importante en el efecto invernadero, liberando a la atmosfera grandes cantidades de metano, dióxido de carbono y óxido nítrico. (Agencia Europea de Medio Ambiente 2015). Adicionalmente, un factor que no se debe pasar por alto es el cambio en la superficie del planeta necesario para habilitar los cultivos, alterando de este modo el forzamiento radiactivo.

Los cambios en el clima, pueden afectar al rendimiento de los cultivos, por lo que los agricultores deben buscar formas de asegurar la producción de suministro de alimentos; para ello se benefician de diferentes técnicas, entre ellas, el uso de fertilizantes.

Principalmente, el uso de fertilizantes aporta un crecimiento y desarrollo más rápido de los cultivos obteniéndose mayores cosechas. (Fernández 2013). Además, algunos fertilizantes como los micronutrientes están específicamente diseñados para enriquecer los cultivos con nutrientes esenciales.



## 1.2. IMPACTOS DE LA FERTILIZACIÓN INORGÁNICA

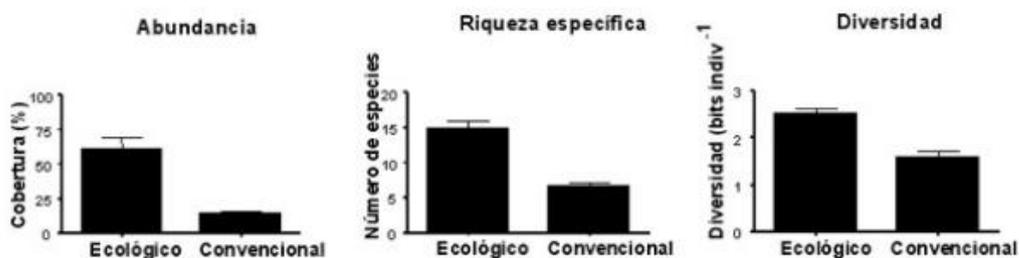
El uso de fertilizantes químicos pueden derivar algunos en problemas (Riechmann, 2003; Laurin et al. 2006) como por ejemplo:

1. La contaminación de las aguas superficiales.
2. Contaminación de los acuíferos.
3. Eutrofización de ríos, lagos y mares, debido al exceso de fosfatos o nitratos que van a parar a ellos y produciendo una alteración de los ecosistemas acuáticos.
4. Desequilibrio del ciclo global de nitrógeno y del fósforo y la lluvia ácida.

También se debe tener en cuenta, que el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos afecta no solo a los cuerpos de agua, si no que tiene consecuencias directas sobre la pérdida de la materia orgánica, junto a pérdida de la fertilidad y contaminación de los suelos. (Laurin et al. 2006). Adicionalmente, en este caso, los productos agrícolas procedentes de estos suelos también podrían estar contaminados.

A parte de las consecuencias directas anteriormente mencionadas, existen una serie de consecuencias indirectas, las cuales se ven reflejadas en la flora y la fauna vinculadas a la zona del suelo contaminado. (Hernández-Rodríguez, Ojeda-Barrios y Díaz 2010). La principal consecuencia relacionada con la biodiversidad es la pérdida de la misma, como se comprueba en estudios realizados en Cataluña, donde se comparan fincas de manejo ecológico con fincas de manejo convencional con uso de fertilizantes químicos. (Figura 1)

Figura 1. Índice de Shannon. Abundancia, riqueza específica y diversidad en fincas de manejo ecológico y convencional.



Fuente: (Sans 2007)



Otros estudios realizados en el centro de Europa también contemplan estos parámetros con resultados similares a los estudios realizados en Cataluña. (Gruber et al., 2000; Rydberg y Milberg, 2000; Hald, 1999)

### 1.3. LA AGRICULTURA ECOLÓGICA Y FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

La agroecología es la ciencia y la aplicación práctica de conceptos y principios ecológicos al estudio, el diseño y la gestión de las interacciones ecológicas en los sistemas agropecuarios (FAO 2009). Esta definición surge ante la necesidad de integrar la agricultura dentro del marco de los ecosistemas. (Carrol et al.,1990). Por tanto, la agricultura ecológica es una herramienta eficaz para el manejo de los cultivos disminuyendo al máximo las perturbaciones en los ecosistemas. (Heras, Fabeiro y Meco 2003)

El objetivo que se persigue con la agroecología es el de imitar, dentro de las limitaciones, el funcionamiento de los ecosistemas en la naturaleza. Por ello la agroecología evita el uso de fertilizantes químicos y los sustituye por fertilizantes orgánicos compatibles con la agroecología. La agricultura ecológica va incrementando año a año la producción y con ello el número de controles y certificaciones que deben realizarse. (Figura 2)

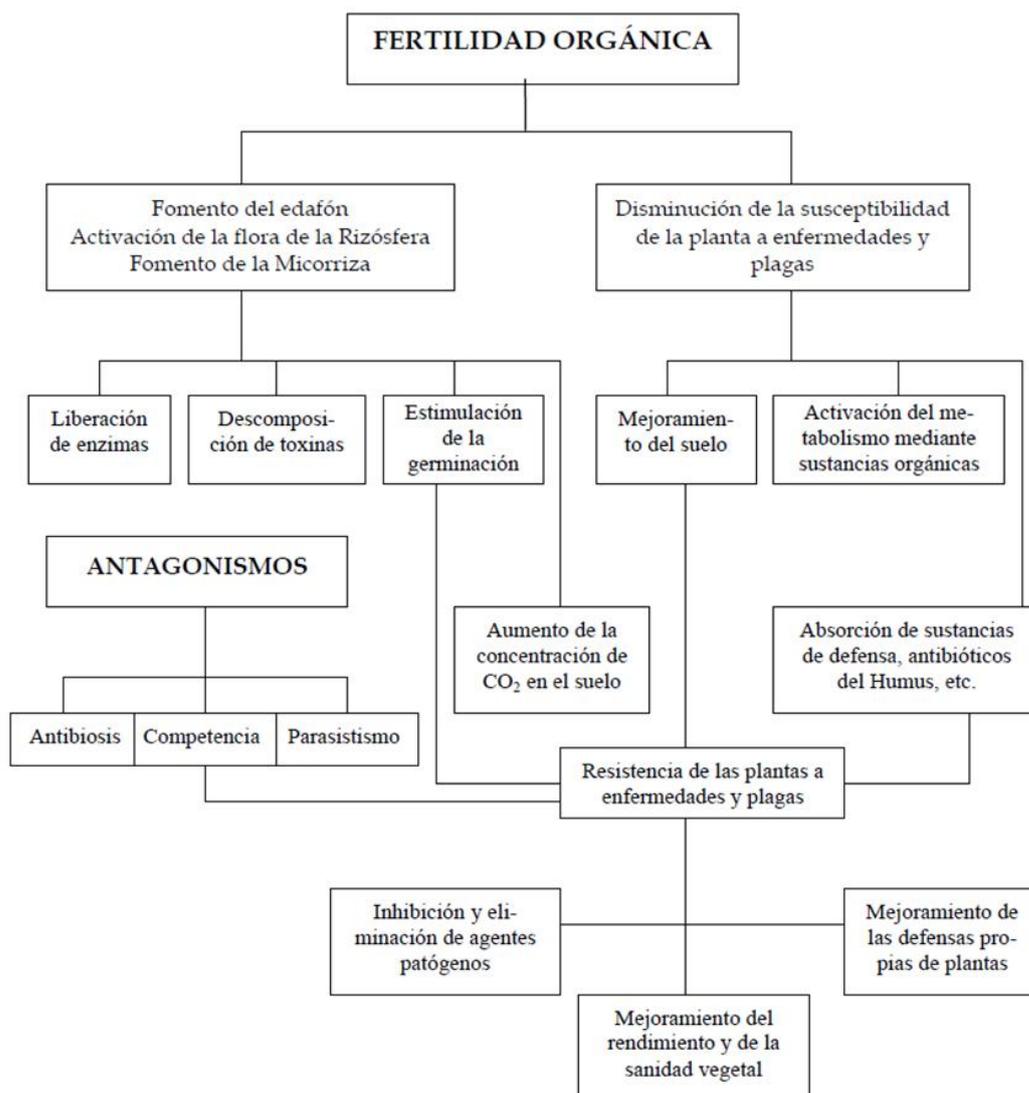
Figura 2. Evolución del número de operadores y número de controles efectuados en los últimos años



. Fuente: informe anual 2018. Programas de Control Oficial del MAPA

Respetando la organización interna de los procesos biológicos, se incrementa la biomasa con el aporte de fertilizantes orgánico y se fomenta la actividad de los microorganismos encargados de la fertilidad del suelo (Figura 3). Teniendo en cuenta tanto la cantidad como la calidad de los nutrientes que se aportan, se desarrolla un manejo ecológico correcto y sostenible de los cultivos. (Kolmans y Vásquez 1996). Los beneficios no solo se reflejan en aumentos de la cosecha sino también en el control de plagas y enfermedades. (Figura 3) («MANUAL-DE-AGRICULTURA-ECOLOGICA.pdf»)

Figura 3. Efectos de la fertilidad orgánica en la salud de las plantas.



Fuente: Kolmans y Vásquez 1996.



## 2. JUSTIFICACIÓN

En el marco actual de cambio climático todos los sectores económicos deben buscar alternativas sostenibles, regenerativas y restaurativas a las prácticas y actividades convencionales, tratando de evitar de este modo, problemas derivados del uso intensivo del territorio y de los recursos. Por este motivo, la agricultura, la cual es una actividad implicada tanto en la emisión de gases de efecto invernadero como en otras alteraciones poco sostenibles del medio, tiene un papel fundamental en la transición hacia la búsqueda de soluciones más respetuosas. Poder sustituir la fertilización inorgánica por una fertilización más ecológica basada en el uso de subproductos tanto agroalimentarios como de las plantas de compostaje y de tratamiento de residuos supondría un paso más hacia una agricultura sostenible. El presente estudio compara las alternativas y aportar información útil para poder orientar esta transición.

## 3. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente estudio es analizar las alternativas ecológicas que podrían sustituir a la fertilización inorgánica en los cultivos de cítricos. Para conseguir el objetivo principal, se plantean los siguientes objetivos secundarios:

- Estudiar las necesidades teóricas en macro y micronutrientes de los cítricos por hectárea (Ha).
- Determinar cuáles son las prácticas habituales de fertilización inorgánica, mediante encuestas a los agricultores.
- Comparar las necesidades teóricas, con las prácticas habituales. Determinar las cantidades medias por hectárea (ha) y evaluar el coste medio por hectárea en fertilización.
- Estudiar la composición química de los diferentes productos alternativos derivados de plantas de compostaje, granjas de animales o subproductos de industrias agroalimentarias.
- Determinar la disponibilidad de estos productos y sus precios.
- Calcular la equivalencia entre la fertilización inorgánica y la fertilización orgánica por hectárea y realizar una comparación de costes.



## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. ESTUDIO DE LAS NECESIDADES TEÓRICAS EN MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES DE LOS CÍTRICOS POR HECTÁREA

Para la elaboración de este proyecto se ha realizado, en primer lugar, una búsqueda de los elementos utilizados para la fertilización de cultivos cítricos, donde encontramos una división de los elementos entre macronutrientes y micronutrientes, así como las funciones que desempeñan en el crecimiento, producción y vida del cultivo y las consecuencias del exceso o déficit de dichos elementos.

Para saber las cantidades utilizadas de cada elemento en los cultivos, se realizó una búsqueda entre diferentes estudios, de las necesidades teóricas calculadas para los cítricos. En este apartado se encontraron cuatro fuentes diferentes:

- Fuente 1. Fertilización de los cítricos en riego a goteo. (Legaz y Primo-Millo, 1988)
- Fuente 2. Establecimiento del cultivo de cítricos en la Granja de la Universidad del Magdalena. (Cantillo 2007)
- Fuente 3. Normas para la fertilización de los agrios. («Normas para la fertilización de los agrios» 1988)
- Fuente 4. Nutrición y fertilización de la naranja. («Nutrición y fertilización de la naranja.pdf» [1998])

En estas fuentes encontramos cantidades para los macronutrientes y micronutrientes expresadas en kilogramo por hectárea (Kg/ha). Las cantidades que no se expresaban en estas unidades se convirtieron para poder compararlas.

Tras la recopilación de la información se calculó el promedio de las cantidades teóricas de cada elemento.



## 4.2. DETERMINACIÓN DE PRÁCTICAS HABITUALES DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA.

Por otra parte, puesto que las necesidades teóricas suelen variar de las prácticas habituales de los agricultores, se ha realizado una serie de encuestas a varios agricultores. En estas encuestas se recopilaban datos como:

- Zona donde se encuentra el cultivo.
- Tamaño en hectáreas del cultivo.
- Cantidad en kilogramos de macronutrientes suministrados por hectárea anualmente.
- Cantidad en kilogramos de micronutrientes suministrados por hectárea anualmente.

Las fuentes o agricultores encuestados han sido los siguientes:

- Fuente 1. Finca Ondara. (Ondara, Alicante) Consulta a agricultor en activo.
- Fuente 2. Finca SAEAS (Picassent, Valencia) Consulta a agricultor en activo.
- Fuente 3. Finca Ribaroja (Ribaroja, Valencia) Consulta agricultor particular
- Fuente 4. Finca Llutxent (Llutxent, Valencia) Consulta agricultor en activo.

Esta información se utilizó posteriormente para calcular las cantidades promedio utilizadas habitualmente por los agricultores de cada elemento o conjunto de elementos, en el caso de los micronutrientes.

## 4.3. COMPARACIÓN NECESIDADES TEÓRICAS CON LAS PRÁCTICAS

Una vez recopilada la información de elementos y cantidades de cada uno en necesidades teóricas según estudios publicados y prácticas habituales de los agricultores.

El siguiente paso ha sido la comparación de los promedios calculados para cada elemento. Para ello se calculó el porcentaje de elementos que emplean los agricultores con respecto a las necesidades teóricas para cada uno de los elementos considerados.



#### **4.4. ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS DIFERENTES PROCUTOS ECOLÓGICOS ALTERNATIVOS**

Para el estudio de la composición química de los productos ecológicos alternativos se ha realizado, en primer lugar, una exploración para saber qué productos orgánicos son los más utilizados en el ámbito de la fertilización orgánica.

Esta búsqueda de información sobre qué productos son los más utilizados se ha realizado entre estudios científicos llevados a cabo en el área de la agricultura orgánica y fabricantes de productos ecológicos disponibles actualmente en el mercado.

Posteriormente, se ha buscado entre ensayos académicos, revistas científicas y libros los nutrientes que componen cada tipo de producto ecológico alternativo y en que cantidades se dispone.

Los productos ecológicos alternativos de los cuales se ha estudiado su composición química son:

- Estiércol y purines
- Guano
- Humus de lombriz
- Compost
- Lodos de depuradora

#### **4.5. DETERMINACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE LOS PRODUCTOS ALTERNATIVOS Y PRECIOS**

En cuanto a la determinación de disponibilidad de los productos alternativos, se ha realizado una búsqueda de estiércol y purines, guano, humus de lombriz, compost y lodos de depuradora, tanto en empresas fabricantes que vendan directamente al público, como comercios donde se pueda disponer de una amplia variedad de productos.

Además del producto en si y su disponibilidad, se ha determinado cantidad y precio con el que el producto se encuentra en el mercado.

Para facilitar su posterior comparación, se ha calculado el precio por kilogramo o litro de cada producto.



#### 4.6. CÁLCULO DE LA EQUIVALENCIA ENTRE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA Y FERTILIZACIÓN ORGÁNICA. COMPARACIÓN DE COSTES.

Para la comparación de los costes entre la fertilización orgánica y la fertilización inorgánica se han tenido en cuenta una serie de factores:

- Productos aplicados en cada fertilización.
- Precio de cada kilogramo de producto.
- Kilogramos por hectárea.
- Número de veces que se fertiliza un cultivo al año.
- Formas de fertilización.

Una vez obtenida esta información, se procede al cálculo de los precios anuales por hectárea.

Los productos que se aplican en cada fertilización se multiplican cada uno por su precio por kilogramo. Una vez obtenido el precio por kilogramo de cada producto y se multiplica por los kilogramos que se aplican a cada hectárea. Este precio final es el gasto total por aplicación en los cultivos y ya se podrían comparar las diferentes opciones, tanto orgánicas como inorgánicas, no obstante, no sería una comparación válida, puesto que cada fertilizante se aplica un número de veces diferentes al año. Una vez multiplicado el precio por las aplicaciones anuales, se obtiene el gasto final de cada opción de fertilización total anual.

Cabe añadir, que al precio final se le tiene que sumar los gastos de aplicación del producto, como el esparcimiento en el caso de los fertilizantes orgánicos.



## 4.7. VENTAJAS E INCONVENIENTES

A lo largo del desarrollo del trabajo se han encontrado una serie de características de cada tipo de fertilizante y la opinión de los agricultores acerca de estas. De este modo, se han dividido todas las características en dos apartados, fertilizantes inorgánicos y fertilizantes orgánicos y se ha realizado un análisis de cada una de ellas.

### 4.7.1. Análisis de las características de la fertilización inorgánica

En el primer apartado, se han analizado las características de la fertilización inorgánica, exponiendo a que factores del cultivo afectan y que importancia les dan los agricultores a cada una de ellas y cuales son más decisivas al decantarse por los abonos químicos o las alternativas ecológicas.

### 4.7.2. Análisis de las características de la fertilización orgánica

En el segundo apartado, se han analizado las características de los fertilizantes orgánicos o fertilizantes alternativos y determinando a cuáles de ellas le dan más valor los agricultores y son decisivas en la elección del abono que se aplicará en el cultivo.

### 4.7.3. Comparación entre la fertilización orgánica e inorgánica

En el tercer apartado, se han organizado las características de ambos fertilizantes según sean beneficiosas o perjudiciales en ámbitos económicos, medioambientales, facilidad de aplicación etc.



## 5. RESULTADO Y DISCUSIÓN

### 5.1. ESTUDIO DE LAS NECESIDADES TEÓRICAS EN MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES DE LOS CÍTRICOS POR HECTÁREA

→ **Fuente 1. Fertilización de los cítricos en riego a goteo.** (Oliver et al. 2007).  
(Legaz y Primo-Millo, 1988)

Este estudio se centra en la optimización de las dosis anuales estándar de los cultivos de árboles cítricos, incrementando, de este modo, la fertilidad natural del suelo consiguiendo un mayor rendimiento y la calidad de los frutos.

Para la determinación de una dosis óptima de abonado estándar, se deben conocer, en primer lugar, las necesidades nutritivas anuales de las plantas.

Estas necesidades se definieron como la cantidad de elementos nutritivos consumidos cada año por la planta durante un ciclo completo, para su desarrollo vegetativo y fructificación.

En la fertilización de los cítricos se han utilizado una serie de elementos fertilizantes, ordenados de mayor a menor cantidad utilizada, se ordenan en: nitrógeno (N), magnesio, potasio (K), fósforo (P) y hierro (Fe). Siento estas cantidades 240, 180, 140, 70 y 1 respectivamente, expresadas en kilogramo por hectárea.

Además, estas cantidades son distribuidas a lo largo del ciclo vegetativo de forma estacional, de este modo se aprovechan al máximo posible los nutrientes. Para los elementos de alta movilidad como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, se administran en concentraciones de 150 mg/L.



→ **Fuente 2. Establecimiento del cultivo de cítricos en la Granja de la Universidad del Magdalena.** (Cantillo 2007)

El estudio realizado en la Universidad de la Magdalena tiene por objetivo determinar las conveniencias técnicas en los cultivos de cítricos, es decir, parámetros como, temperaturas óptimas para el cultivo, pluviometría, humedad, requerimientos físicos del suelo como la profundidad, homogeneidad y capacidad de retención del mismo, requerimientos químicos como la materia orgánica, pH y fertilizantes.

Para la fertilización de los cultivos se emplearon los elementos nitrógeno, fósforo y potasio.

En el caso del potasio y el fósforo se administraron con 150 g de  $P_2O_5$  por cada 200 g de  $K_2O$  depositados a 45 o 55 cm de profundidad.

El nitrógeno por su parte se administra como Urea y  $NH_4NO_3$ .

Las cantidades de nutrientes ordenados de mayor cantidad utilizada a menor cantidad son, nitrógeno, potasio y fósforo. (Cantillo 2007). Las cantidades expresadas en kilogramo por hectárea y ordenadas respectivamente son, 313, 207 y 155.

→ **Fuente 3. Normas para la fertilización de los agrios.** (Legaz y Primo-Millo 1988)

La fertilización junto al riego constituyen dos de los factores limitantes de la productividad de los cultivos, además de ser uno de los principales gastos de los mismos.

Por este motivo, se fijó una normativa de fertilización que economice al máximo el consumo sin repercutir en la productividad de las plantaciones. La normativa para la fertilización de agrios tiene como objetivos: la reducción de los gastos de cultivo, mejorar la calidad de los frutos y disminuir la contaminación en aguas subterráneas

Siguiendo las normas para la fertilización de los agrios, donde se exponen unos valores medios de fertilizantes que se deben aportar en función de la edad de la planta. La cantidad de cada elemento que se debe aportar a un cultivo adulto expresada en kilogramos por hectárea es, 280 kilogramos de nitrógeno, 70 kilogramos de fósforo y 140 kilogramos de potasio.

→ **Fuente 4. Nutrición y fertilización de la naranja.** (Molina 2000)(«Nutrición y fertilización de la naranja.pdf» [1998])

La investigación de la adecuada fertilización de los cultivos de cítricos, enfatiza en la necesidad de descubrir en primer lugar las necesidades y características del suelo de cultivo, estos parámetros están condicionados en gran medida en por la zona del mundo en que se encuentre.

Se deben tener como elementos principales de fertilizantes, el nitrógeno, el fósforo y el potasio, ya que estos intervienen en mayor medida en el rendimiento de las plantas y en la calidad de sus frutos. Hay que tener en cuenta, que el fósforo se administra normalmente en los primeros años de crecimiento vegetativo, puesto que la respuesta de la naranja a este elemento es baja.

Los siguientes elementos a tener en cuenta son el calcio y el magnesio, los cuales deben suministrarse en suelos ácidos, arenosos y en condiciones de desbalance de potasio.

Según esta fuente, las cantidades recomendadas para el nitrógeno expresadas en kilogramo por hectárea son 250 kilogramos, en el caso del fósforo 50 kilogramos y 200 kilogramos de potasio. («Nutrición y fertilización de la naranja.pdf» [1998]). Por otra parte, en el caso de los micronutrientes, 40 kilogramos de magnesio, 50 kilogramos de azufre y 2,4 kilogramos de boro.

La información extraída de las 4 fuentes se encuentra sintetizada en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Necesidades teóricas de nutrientes de los cítricos por hectárea.

Elemento (kg/ha)	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3	Fuente 4	Cantidad Promedio
<b>N</b>	240	313	280	250	270,75
<b>P</b>	70	155	70	50	86,25
<b>K</b>	140	207	140	200	171,75
<b>Ca</b>					
<b>Mg</b>	180			40	110
<b>Fe</b>	1				
<b>S</b>				50	50
<b>B</b>				2,4	2,4



El nitrógeno interviene en la división celular y en la distribución de macronutrientes y micronutrientes como el fósforo, el potasio, el calcio (Ca) y el magnesio (Mg). («Nutrición y fertilización de la naranja.pdf» [1998]). Por tanto, la deficiencia de este nutriente afecta de forma considerable al crecimiento de la planta.

El fósforo por su parte, se muestra en menor cantidad que el nitrógeno en la tabla, variando entre 50 kg/ha a 155 kg/ha, con una cantidad promedio de 86,25 kg/ha. Este elemento se suministra como  $P_2O_5$ .

Los cítricos requieren una baja cantidad de este elemento, utilizándolo para la formación de órganos reproductores, en la fotosíntesis, síntesis de carbohidratos y transferencia de energía en el interior de la planta. Una deficiencia de este elemento, aunque poco probable, puede conllevar una reducción en la floración y cuaje de los frutos. Las deficiencias severas producen cambios en el color de las hojas, piel más gruesa y rugosa en los frutos y las raíces pequeñas y poco ramificadas.

El potasio, en la tabla varía entre una cantidad de 140 kg/ha a 207 kg/ha, dejando una cantidad promedio de 171,75 kg/ha. Este elemento se suministra como  $K_2O$ .

En los cítricos este es un macronutriente importante, puesto que su déficit produce necrosis que empieza en los márgenes, defoliación severa y frutos más pequeños y deformes. De este modo el crecimiento y la producción se ven reducidos.

El magnesio en la tabla varía entre 40 kg/ha y 180 kg/ha, con una cantidad promedio de 110 kg/ha.

Este elemento junto al calcio, aunque se catalogan como micronutrientes son de los más utilizados de forma regular de esta categoría.

El magnesio es un elemento móvil en la planta, («Nutrición y fertilización de la naranja.pdf» [1998]) esto se traduce en que su deficiencia se presentara en primer lugar en las hojas más viejas, es un componente principal de la clorofila, además de interviene en la síntesis de carbohidratos.

Por su parte el calcio es un elemento inmóvil en los tejidos de las plantas, por lo que su tendencia es acumularse en las hojas. Es importante aportar calcio en los cultivos con suelos ácidos y viejos, pero en las fuentes consultadas no se indican las necesidades anuales de este elemento, probablemente disponibles en la mayoría de los suelos de la Comunidad Valenciana.



Entre los elementos catalogados como micronutrientes se encuentran el azufre (S), el boro (B), el hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu).

Estos microelementos se suministran en fertilizantes multimicros en la fase de crecimiento para evitar carencias y cuando se detecten síntomas de déficit en la planta.

En la tabla 1 se muestran los elementos hierro con 1 kg/ha y boro con 2,4 kg/ha. Como se puede observar, las cantidades anuales de macronutrientes y micronutrientes son muy diferentes. (Figura4)

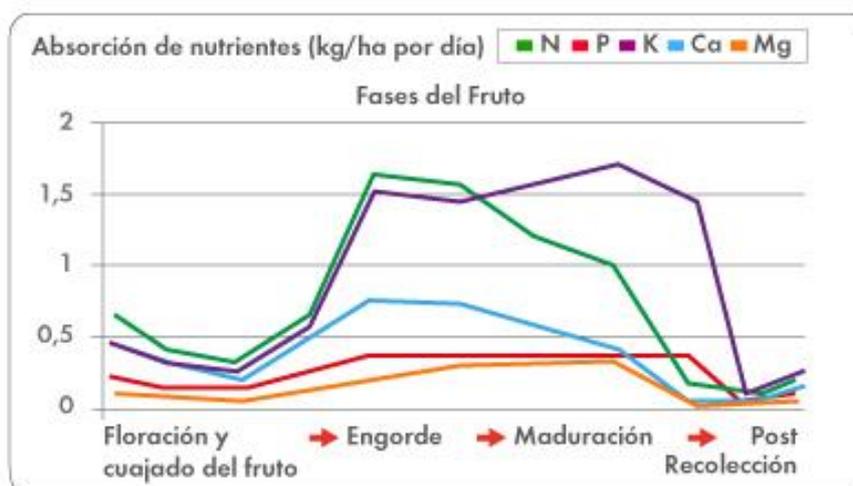


Figura 4. Absorción de nutrientes en las diferentes etapas de crecimiento del fruto.

Fuente: (SQM Specialty Plant Nutrition 2020)



## 5.2. DETERMINACIÓN DE PRÁCTICAS HABITUALES DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA.

→ **Fuente 1. Finca Ondara. (Ondara, Alicante)** Consulta a agricultor en activo.

Una finca de cultivos cítricos con fertilización química, perteneciente a la localidad de Ondara posee una extensión de 132 hanegadas, que equivalen a 11 hectáreas con 5100 árboles.

Se utilizan, en el caso del nitrógeno, 500 gramos por árbol, lo que suma una cantidad total de 2550 kg al año. La cantidad total de 2550 kg dividida entre las 132 hanegadas da como resultado 19,3 kilogramos por hanegada o 19,3 Unidades Fertilizantes (UF) por hanegada (Hg). En las prácticas de abonado esta finca en concreto se fertiliza con la mitad de la cantidad teórica calculada y redondeada. Por lo tanto, el resultado es una cantidad de 9 UF/Hg año, siendo su transformación a kg/hectárea de 108,18 kg/hectárea.

El fósforo (P) se aplica como  $P_2O_5$ , en cantidades de 140 gramos por árbol, con 5100 árboles, nos da una cantidad total de 714 kg a repartir en 132 hanegadas (Hg), es decir, 5,4 kg/Hg. Esta cantidad se divide entre dos y redonda para aplicarla al cultivo, por lo que la nueva cantidad será 2,7 kg/ Hg al año o 2,7 Unidades Fertilizantes (UF)/ Hg al año por 132 hanegadas de extensión da un total de 365 kg, el equivalente en hectáreas es de 33,18 kg/Ha.

El potasio (P) se aplica a los cultivos en forma de  $K_2O$  en cantidades de 300 g por árbol, teniendo como total 1530 kg repartidos en las 132 hanegadas, dividiéndose en 11,6 kg/Hg. Aplicando un 50% de esta cantidad y redondeando da como resultado unos 6,5 Kg/Hg anuales o 6,5 UF/Hg, por lo que la cantidad de kilogramos totales son 860 kg. Estas cantidades calculadas en hectáreas son 78,18 kg/Ha.

En este caso, no se da el abonado con micronutrientes, tan solo con el hierro cuando se observan síntomas de deficiencia de este elemento.



→ **Fuente 2. Finca SAEAS (Picassent, Valencia)** Consulta a agricultor en activo.

En este caso la finca de cultivos cítricos tiene una extensión de 52,9 hanegadas (Hg), que es equivalente a 34,07 hectáreas (ha).

Para su fertilización se ha utilizado, en el caso de los macronutrientes, 183,6 kg/Ha de nitrógeno, 69,6 kg/Ha de fósforo con  $P_2O_5$  y 194,4 kg/Ha de potasio con  $K_2O$ .

En el caso de los micronutrientes, estos son aplicados vía foliar, 40 Litros/Ha de hierro y 6 L/Ha de Siapton. («Productos - Bioestimulantes - Isagro» 2018). El Siapton es un nutriente biológico compuesto por Aminoácidos libres (2,8%), nitrógeno total (2,9%), Materia orgánica (29%), elementos principales como nitrógeno, fosforo y potasio (3,3%), elementos secundarios como azufre, sodio, calcio y magnesio (0,180%), oligoelementos como boro, cobre, hierro y zinc (0,00344%) y extracto húmico (19,2%).

→ **Fuente 3. Finca Ribaroja (Ribaroja, Valencia)** Consulta agricultor particular.

Esta finca cuenta con una extensión de 6 hectáreas (ha).

En la fertilización de esta finca se emplea en primer lugar, los macronutrientes en cantidades anuales, 193 kg/ha de nitrógeno, 57 kg/ha de Fósforo en forma de  $P_2O_5$  y 164 kg/ha de Potasio en forma de  $K_2O$ .

Para los micronutrientes, se aplica una cantidad de 10 kg/ha de hierro, cuando se requiera, puesto que en suelos de las regiones valencianas es habitual encontrar falta de este elemento. También, en la fase de crecimiento activo de la planta se añaden 2 kg/ha de fertilizantes multimicros, en este caso, se utiliza un fertilizante inorgánico con aplicación edáfica, es decir, directamente en el suelo, Fitosan. («Multimicros – FITOSAN S.A.» 2020). Este fertilizante se compone por nitrógeno Total (17% p/p), fósforo (3,2% p/p), azufre (20% p/p), magnesio (1,57% p/p), zinc (1,30% p/p), boro (0,35% p/p) y manganeso (1,70% p/p).



→ **Fuente 4. Finca Llutxent (Llutxent, Valencia)** Consulta agricultor en activo.

El terreno, con una extensión de 22 hectáreas (ha).

Para su fertilización se dispone, en primer lugar, de nitrógeno, cuya cantidad asciende a 155 kg/ha. En segundo lugar, se fertiliza con Fósforo en forma  $P_2O_5$ , en cantidades de 65 kg/ha y por último, en la categoría de macronutrientes, el Potasio en forma  $K_2O$ , en cantidades de 80 kg/ha.

Para los micronutrientes, se aplican cantidades de 15 kg/ha de Hierro. No se aplican más micronutrientes en la edad adulta, solo se han aplicado en la fase de crecimiento de la planta.

En la Tabla 2, se muestran las cantidades reales de fertilizantes inorgánicos expresados en kilogramos de fertilizantes por hectáreas y las cantidades promedio de las cuatro de información.

**Tabla 2.** Prácticas habituales de fertilización inorgánica en diferentes plantaciones comerciales de la Comunidad Valenciana.

Elemento (kg/ha)	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3	Fuente 4	Cantidad Promedio
<b>N</b>	108,18	183,6	193	155	159,95
<b>P</b>	33,18	69,6	57	65	56,20
<b>K</b>	78,18	194,4	164	80	129,15
<b>Fe</b>	0	40	10	15	21,67
<b>Siapton</b>		6			6
<b>Micronutrientes</b>			2		2

En el caso del nitrógeno, las cantidades varían entre 108,18 Kg/ha y 193 Kg/ha, dando como cantidad promedio 159,95 Kg/ha. Siendo este elemento el utilizado en mayor cantidad. Este elemento es esencial en la fertilización de cítricos.

En cuanto a cantidad, le sigue el potasio, variando más que el nitrógeno con cantidades mínimas en la tabla de 78,18 Kg/ha y cantidades máximas de 194,4 Kg/ha, dando como resultado una cantidad promedio de 129,15 Kg/ha.

Siguiendo con los nutrientes esenciales o macronutrientes se encuentra el fósforo, variando entre cantidades como 33,18 Kg/ha y 69,5 Kg/ha, con una cantidad promedio



de 56,2 Kg/ha. La variación de la cantidad de fertilizantes se debe a los criterios de cada agricultor según la cantidad y las necesidades del cultivo en cada momento.

El hierro, no se considera un elemento esencial para los cultivos, no por no ser necesario, sino porque se aplica en pequeñas cantidades en la fase de crecimiento y en caso de déficit del mismo. Los cultivos que se encuentran en la zona de Valencia, suelen tener carencia de dicho elemento.

Por otra parte, la aplicación de otro tipo de micronutrientes se aplica mediante fertilizantes que contienen diferentes elementos en el mismo producto, para ello, en el caso de la fuente 2, se aplica Siapton Nature, el cual es un fertilizante agrícola de la empresa Isagro España, el cual se ajusta al Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes. («Productos - Bioestimulantes - Isagro» 2018). Concretamente, el Siapton Nature es un nutriente que contienen L-aminoácidos de acción fertilizante, el cual contiene, de mayor a menor cantidad respectivamente: Materia Orgánica (29%) , extracto húmico total (19,2%), Elementos principales N, P y K (3,3%), Nitrógeno Total (2,9%), Aminoácidos libres (2,8%), Elementos secundarios, S, Na, Ca y Mg (0,180%) y Oligoelementos, B, Cu, Fe, Zn (0,00344%). Se aplican 6 Kg/Ha de este producto.

Los micronutrientes se pueden aplicar de diversas formas y marcas, en el caso del Siapton se aplican 6 Kg/ha, según otras fuentes se han aplicado fertilizantes multimicros en cantidades de 2 Kg/ha, resultando como cantidad promedio unos 4 Kg/ha de micronutrientes aplicados al cultivo.



### 5.3. COMPARACIÓN NECESIDADES TEÓRICAS CON LAS PRÁCTICAS

Una vez recogida la información sobre las necesidades calculadas teóricamente (Tabla 1) y las prácticas habituales en los cultivos de cítricos (Tabla 2), ubicados cada uno en zonas diferentes y tamaños distintos, abarcando de este modo fuentes variadas para un mejor contraste de la información, se procede a la comparación de ambas tablas informativas.

De forma general se puede afirmar que las necesidades teóricas son más elevadas que las cantidades utilizadas por los agricultores consultados. Esto ocurre al comparar las cantidades promedio para cada uno de los elementos de las diferentes fuentes de información.

Según los agricultores encuestados en el punto de “Determinación de prácticas habituales de fertilización inorgánica.” Esto ocurre debido a que, en los cálculos teóricos de las necesidades de los cultivos, en estos, se tiende a redondear al alza, de este modo, se aseguran de que las plantas fertilizadas no tengan carencias de ningún elemento. Las prácticas habituales, por su parte, se van adaptando según cultivo, suelo, prácticas y según la interpretación de las necesidades de cada agricultor. Las cantidades teóricas y prácticas pueden variar, pero no lo hacen de forma desmesurada, sino que se mantienen dentro de unos rangos. Al comparar las tablas se observa que en general los agricultores fertilizan con entre el 60 y el 75% de las cantidades teóricas para el cultivo.

### 5.4. ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS DIFERENTES PROCUTOS ECOLÓGICOS ALTERNATIVOS

La alternativa a los fertilizantes inorgánicos o fertilizantes químicos son los fertilizantes orgánicos o fertilizantes ecológicos, los cuales fueron definidos en el reglamento de abonos de la Unión Europea como “*material cuya función principal es proporcionar elementos nutrientes a las plantas*”. («FERTILIZANTES» 2003)

Entre los fertilizantes orgánicos podemos encontrar sólidos y líquidos, y diferentes tipos según composición y origen del producto.



#### 5.4.1. ESTIERCOL Y PURINES

Dos de los fertilizantes orgánicos más utilizados en los cultivos son el estiércol y los purines.

El estiércol, por su parte, es un material sólido, compuestos por heces y orines mayoritariamente, también es común que contengan paja, serrín, virutas de madera etc., ya que con estos materiales se hacen las camas para los animales. Además de la parte de excrementos y las camas en ocasiones pueden contener en menor medida productos químicos, restos de alimentos para ganado y agua, en definitiva, todo tipo de materiales que se puedan encontrar en las instalaciones que contengan ganado. (Martinez [1995])

Los purines, son materiales líquidos, se diferencian del estiércol por su composición que se basa en las orinas de los animales y lixiviados del estiércol. Aunque presenta diferencias con el estiércol, se agrupa con este por cuestiones de producción y composición.

La composición del estiércol es muy variada (Figura 5 y 6), ya que en ella influyen varios factores importantes, entre los que destacan:

- Tipo de ganado. La cantidad y calidad de los nutrientes depende en gran medida de la especie de la que provenga el estiércol, además de que varía dentro de la misma especie.
- Alimentación de los animales. La calidad de los alimentos que se suministren al ganado será proporcional a la calidad del estiércol que se producirá. Puesto que no todo el alimento para ganado tiene el mismo objetivo, el estiércol resultante no tendrá la misma composición.
- Condiciones ambientales. Los factores como la temperatura, las temporadas de lluvia o la frecuencia de limpieza de los establos determinan si se compacta el estiércol o no y si contendrán más o menos desperdicios.
- Duración y condiciones de almacenado. Desde la producción hasta la utilización del estiércol, este debe almacenarse, en este periodo se pueden producir pérdidas de nutrientes como el nitrógeno en forma gaseosa, pérdidas de nutrientes por lavado como el fósforo y el potasio y pérdidas de por filtración cuando los líquidos del estiércol se filtran llegando al suelo.

Estiércol	Producción	Materia seca	Materia orgánica	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
	kg	g/kg	g/kg	g/kg	kg	g/kg	kg	g/kg	kg
Purín de ganado vacuno (1)	20.200	95	68	4,4	89	0,9	18	4,2	85
Purín de cerdo (2)	1.600	80	63	7,0	11,2	2,1	3,4	3,3	5,30
Purín de gallina (3)	80	160	115	9,0	0,72	4,1	0,33	3,7	0,30
Gallinaza (3)	40	322	230	12,5	0,50	8,2	0,33	7,5	0,30
Gallinaza (4)	7	560	460	23,0	0,16	9,2	0,06	13,3	0,09
Purín de terneros (5)	2.200	20	15	3,0	6,6	0,6	1,3	2,0	4,4

Fuente: C. E.

- (1) Una vaca adulta en un año.
- (2) Por plaza porcina = 2,2 animales por año.
- (3) Una gallina ponedora por año.
- (4) Una plaza de cebo (broiler) por año.
- (5) Una plaza de ternero en cebo = 2,2 terneros por año.

Figura 5. Producción y composición de los diferentes tipos de estiércol.

Fuente: (Martinez [1995])

Grupo de animales	Equivalentes a U. G. M.		
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Caballos	0,9173	0,7000	0,8850
Vacas de leche	1,0000	1,0000	1,0000
Terneros de menos de medio año o menos de 220 kg	0,3000	0,3000	0,3000
Otros ganados bovinos	0,6000	0,6000	0,6000
Cerdas de cría de más de 50 kg	0,2447	0,3349	0,0920
Cerdos de más de 20 kg	0,1330	0,1820	0,0500
Otros cerdos	0,0532	0,0728	0,0200
Ovejas	0,1500	0,1300	0,1300
Cabras	0,1500	0,1300	0,1300
Gallinas ponedoras (100)	0,9090	1,8363	0,4000
Pollos de carne (100)	0,4546	0,9183	0,2000
Otros pollos (100)	0,1667	0,4000	0,1000
Gansos (100)	0,7778	1,2500	0,4800
Patos (100)	0,7778	1,2500	0,4800
Pavos (100)	0,2000	0,4500	0,1600

Fuente: C. E.

Figura 6. Composición del estiércol de diferentes especies de animales en unidades equivalentes a U.G.M

Fuente: (Martinez [1995])



### **Nitrógeno:**

12 caballos  $\times$  0,9173 Equivalentes N U.G.M./Caballo  $\times$  90 kg de N/U. G. M. = 990,7 kg de N.

### **Fósforo:**

12 caballos  $\times$  0,700 Equivalentes P U.G.M./Caballo  $\times$  18 kg de P/U. G. M. = 151,2 kg de P.

### **Potasio:**

12 caballos  $\times$  0,8850 Equivalentes K U.G.M./Caballo  $\times$  83 kg de K/U. G. M. = 881,5 kg de K.

Figura 7. Conversión de unidades.

Fuente: (Martinez [1995])

#### 5.4.2. GUANO

El guano o guano de isla es una alternativa orgánica a la que acuden un gran número de agricultores para la fertilización de los cultivos. Esta sustancia es una mezcla de excrementos de aves, en mayor medida, además de restos de aves, plumas, huevos y cascaras de estos. Todos estos elementos experimentan una fermentación lenta, permitiendo, de este modo, mantener la mayoría de los componentes iniciales. (Guerrero [1993]). En el caso de las aves de costa, la materia inicial es rica en sales y el proceso de fermentación lenta permite que estas se mantengan, por esto, se considera que es uno de los abonos orgánicos de mejor calidad.

Entre sus beneficios se encuentra la mejora de la textura y estructura de los suelos, incorporación a los suelos de materia orgánica y microorganismos, mejora en el crecimiento de las plantas, además, acorta el periodo vegetativo e incrementa la producción sin deteriorar los suelos. (Proabonos [2008]). El guano de isla contiene, generalmente, un 12% de nitrógeno, un 11% de fósforo y un 2% de potasio (Figura 8).

Su composición química consta de macroelementos como el nitrógeno, fosforo y potasio, así como de elementos secundarios como el calcio, magnesio y el azufre. Y una serie de micronutrientes, cloro, sodio, silicio, hierro, estaño, flúor, yodo, boro, arsénico, cobre, aluminio, titanio, plomo y carbón orgánico.



Contenido	Composición
Nitrógeno	10% - 13%
Fósforo	10% - 12%
Magnesio	0.02%
Potasio	2% - 3%
Calcio	1.5% - 1.6%
Cloro	1.50%
Sodio	1.07%
Silicio	0.36%
Grasas y ceras	1.13%
Cenizas	24.87%

Humedad	20% Máximo
pH	6.5 - 7%
Fierro	0.032%
Estaño	0.024%
Flúor	0.018%
Yodo	0.0053%
Boro	0.00000016%
Arsénico	0.0002%
Cobre	0.0024%
Aluminio	0.0002%
Titanio	0.0002%
Plomo	0.0002%
Carbón orgánico	8.29%

Figura 8. Composición química del guano

Fuente: (María 2011)



### 5.4.3. HUMUS DE LOMBRIZ

El humus se define como el último estado de descomposición de la materia donde se sintetizan nuevos compuestos por biocenosis edáfica. En cuanto al humus de lombriz, es un término que nombra el producto final de la actividad de las lombrices, las cuales transforman química y/o bioquímicamente la materia al pasar por sus intestinos. (Tomati et al., 1987) y con una composición variable (Figura 9).

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL HUMUS DE LOMBRIZ OBTENIDO A PARTIR DE DIFERENTES RESIDUALES EN %.							
RESIDUALES	N	P	K	Ca	Mg	M.O	C/N
Vacuno	1.70	0.62	1.22	10.0	1.53	44.5	15.18
Porcino	1.89	0.50	0.34	10.8	1.46	44.0	13.50
Ovino	1.51	0.64	0.78	4.4	1.37	37.5	14.41
Cachaza	2.67	2.11	0.40	4.0	1.89	68.5	14.88
Pulpa de café	2.01	0.27	2.14	1.9	0.37	53.8	15.52
Plátano	2.50	0.56	3.74	2.3	1.50	65.5	15.20
Contenido Ruminal	1.68	0.62	1.21	9.8	1.58	46.5	16.05
Residuos sólidos	0.90	0.44	3.60	3.6	3.10	26.5	17.08

Figura 9. Composición química del humus de lombriz.

Fuente: (Ramón Cuevas J. [1996])

### 5.4.4. COMPOST

El compost es un producto formado por materia orgánica y nutrientes el cual se obtiene al final de un proceso biológico aerobio que transforma residuos orgánicos biodegradables en un producto final estable que se utiliza como abono orgánico o sustrato para cultivos (Figura 10). Para que esta transformación se produzca de forma correcta el proceso se debe realizar bajo unas condiciones determinadas y controladas de temperatura, humedad y aireación, combinando fases termófilas, con temperaturas superiores a los 45 °C y mesófilas, con temperaturas y humedad medias (López Bellido 2007). La composición química del compost incluye gran cantidad de macro y micronutrientes (Figura 11).

Nombre	Descripción del compost
COPURO	Compost puro: mezcla base más 10Kg de agua al inicio de la elaboración del compost y un promedio de 0,8Kg H <sub>2</sub> O/día durante la etapa de estabilización.
COMMR	Compost con MM: mezcla base más 10Kg de MMR líquido activado al inicio de la elaboración del compost y un promedio de 0,8Kg MMR/día durante la etapa de estabilización. La R significa que el cultivo de MM lleva todos los compuestos citados en la metodología de elaboración, incluyendo la hojarasca del suelo del bosque.
COMMP	Compost con MM placebo: mezcla base más 10Kg de MMP líquido activado aplicado al inicio de la elaboración del compost y un promedio de 0,8Kg MMP/día durante la etapa de estabilización. La P significa que el cultivo de MM lleva todos los compuestos citados en la metodología de elaboración, excepto la hojarasca recolectada del suelo del bosque, para discriminar que el efecto optimizador esté realmente asociado a la incorporación de los microorganismos en el cultivo.
COLDB	Compost con LDBIO: mezcla base más 40Kg de LDBIO, 10Kg de agua al inicio de la elaboración del compost y un promedio de 0,8Kg H <sub>2</sub> O/día durante la etapa de estabilización.
COMMR LDBA	Compost con MM y LDBIO A: mezcla base más 40Kg de LDBIO, 10Kg de MMR líquido activado al inicio de la elaboración del compost y un promedio de 0,8Kg MMR /día durante la etapa de estabilización.
COMMR LDBB	Compost con MM y LDBIO B: Compost puro elaborado con 200Kg de residuos de brosa de café, 200Kg de hojas de banano y 60Kg de chips de madero negro, 40Kg de LDBIO, 10Kg de MMR líquido activado al inicio de la elaboración del compost y un promedio de 0,8Kg MMR/día durante la etapa de estabilización.

Figura 10. Composición de los compost elaborados para evaluar el potencial de los MM y los LDBIO como enmiendas optimizadoras. 2016-2017.

Fuente: (Camacho Céspedes et al. 2018)

Análisis	COPURO	COMMR	COMMP	COLDBIO	COMMR LDBIOA	COMMR LDBIOB
N%	1,75	1,8	1,71	1,85	1,93	1,62
P%	0,24	0,27	0,3	0,29	0,34	0,26
K%	1,38	1,88	1,68	1,77	1,92	1,65
Ca%	1,58	1,66	1,51	1,69	1,53	1,61
Mg%	0,38	0,41	0,39	0,36	0,38	0,39
S%	0,17	0,19	0,19	0,24	0,27	0,22
Fe (mg.Kg-1)	20 772	19 939	37 327	19 077	16 984	18 968
Cu (mg.Kg-1)	48	47	49	58	57	54
Zn (mg.Kg-1)	125	112	100	153	151	133
Mn (mg.Kg-1)	677	634	702	687	640	709
B (mg.Kg-1)	12	12	11	13	10	15
pH	8,2	8,5	8,5	8,3	8,4	8,5
Porcentaje de humedad %	34	29	37	35	41	30
Conductividad Eléctrica CE (mS/cm)	8,3	10,3	8,9	9,9	10,3	8,3
Carbono C (%)	17,9	18,35	16,8	18,93	19,85	16,33
Materia Orgánica MO%	25,60	26,24	24,02	27,07	28,39	23,35
Relación C/N	10,3	10,3	9,8	10,2	10,3	10,1
Estabilidad (mgCO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> SV-1 t-1)	0,288	0,443	0,477	0,421	0,481	0,28
Estabilidad (diagnóstico)	Muy estable	Muy estable				
Madurez %	100	100	93	93	100	100
Madurez (diagnóstico)	Maduro	Maduro	Maduro	Maduro	Maduro	Maduro
Biomasa microbiana (mgC/Kg suelo)	24	55	75	16	30	9
Inocuidad (E. coli NMP/100g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Calidad	Optima	Optima	Optima	Optima	Optima	Optima

Figura 11. Caracterización química y microbiológica de los compost. 2016-2017.

Fuente: (Camacho Céspedes et al. 2018)



#### 5.4.5. LODOS DE DEPURADORA

Los lodos de depuradora se presentan como un residuo acuoso con una amplia variedad de partículas y coloides, aunque también pueden presentar contaminantes orgánicos, metales pesados o sales, las cuales son contaminantes. (Hartman et al. 2003). Estos lodos son generados por los tratamientos físicos y/o químicos o primarios y los tratamientos biológicos o secundarios de las aguas residuales.

En la utilización de lodos como alternativa a los fertilizantes inorgánicos hay que tener en cuenta que la cantidad de lodo que se produce depende según eficiencia de los tratamientos primarios y secundarios de las depuradoras y la carga inicial del agua residual. (Mendoza y Prats 2010). Sin embargo, los lodos de depuradora contienen una alta cantidad de nutrientes por contener materia biodegradable.

El uso de los lodos como fertilizantes orgánicos se muestra como una alternativa válida para la eliminación de lodos de depuradoras.

En cuanto a los nutrientes que contiene estos lodos no se pueden determinar fácilmente puesto que esta condición queda sujeta a diferentes factores, como la composición de las aguas residuales (Figura 12 y 13)

<b>Lodos</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mg/kg)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (mg/kg)</b>	<b>Materia orgánica total (%)</b>	<b>Materia orgánica fácilmente oxidable (%)</b>	<b>Carbono fácilmente oxidable (%)</b>
Lodo 1	6008.46	226.46	31.13	23.97	13.90
Lodo 2	1488.08	64.97	39.32	30.27	17.56
Lodo 3	3319.06	404.03	34.57	26.62	15.44
Lodo 4	2336.58	181.65	42.92	33.05	19.17
Lodo 5	4753.08	245.63	16.81	12.94	7.51
Lodo 6	1195.32	396.27	25.72	19.80	11.49
Lodo 7	2068.64	96.67	20.47	15.77	9.14

Figura 12. Nutrientes en los lodos en forma asimilable por las plantas.

Fuente: Mendoza y Prats 2010



<b>Muestra seca</b>	<b>C (%)</b>	<b>H (%)</b>	<b>O(%)</b>	<b>N (%)</b>	<b>S (%)</b>	<b>C/N</b>	<b>Cl (mg/kg)</b>	<b>F (mg/kg)</b>
Lodo 1	26.62	4.18	17.05	3.33	1.55	7.99	1170	5.1
Lodo 2	37.17	4.46	28.97	1.29	0.35	28.82	510	<0.5
Lodo 3	32.69	3.62	20.85	3.91	1.45	8.35	2440	1.7
Lodo 4	41.59	5.02	21.75	4.84	1.31	8.60	3020	1.5
Lodo 5	30.40	5.13	28.74	5.71	1.58	5.32	3100	1.5
Lodo 6	19.45	4.68	25.33	1.71	0.08	11.37	2200	0.8
Lodo 7	12.32	4.06	4.03	2.13	0.30	5.71	440	1.7

Figura 13. Contenido en nutrientes de los lodos.

Fuente: Mendoza y Prats 2010



## 5.5. DETERMINACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE LOS PRODUCTOS ALTERNATIVOS Y PRECIOS

### 5.5.1. ESTIÉRCOL Y PURINES

#### 5.5.1.1. Estiércol de caballo:

**Tabla 3.** Cantidad y precio del estiércol y purines de caballo.

Estiercol de caballo			
	Cantidad de venta (Litro)	Precio de venta	€/Litro
Estiércol de caballo Hermanos aguado	50	6,99	0,14
Estiércol de caballo 1º Calidad	50	15,87	0,32

#### 5.5.1.2. Estiércol de Oveja.

**Tabla 4.** Cantidad y precio del estiércol y purines de oveja.

Estiercol de oveja			
	Cantidad de venta (Kg)	Precio de venta	€/Kg
Estiércol orgánico de Oveja Biorcamp Premium Pellets	25	27,4	1,1
Estiércol Oveja agriogan molido ecologico	30	17,56	0,6

#### 5.5.1.3. Estiércol Cabra

**Tabla 5.** Cantidad y precio del estiércol de cabra.

Estiercol de cabra			
	Cantidad de venta (Kg)	Precio de venta	€/Kg
Estiércol de cabra	1000	10	0,01



#### 5.5.1.4. Estiércol mixto

**Tabla 6.** Cantidad y precio del estiércol mixto.

<b>Estiércol mixto</b>			
	<b>Cantidad de venta (Kg)</b>	<b>Precio de venta</b>	<b>€/Kg</b>
<b>Estiércol cabra y oveja</b>	1000	50	0,05
<b>Estiércol Horticampo Origen animal</b>	40	3.3	0,08
<b>Estiércol equino y bovino</b>	10	1.9	0,19

#### 5.5.2. GUANO

**Tabla 7.** Cantidad y precio del guano.

<b>GUANO</b>			
	<b>Cantidad de venta (Kg)</b>	<b>Precio de venta</b>	<b>€/Kg</b>
<b>Guano de Tenebrio Inseption Farm</b>	0,5	6	12
<b>Guano Guanaforte</b>	20	93,7	4,7

#### 5.5.3. HUMUS DE LOMBRIZ

**Tabla 8.** Cantidad y precio del humus de lombriz.

<b>HUMUS DE LOMBRIZ</b>			
	<b>Cantidad de venta (Litros)</b>	<b>Precio de venta</b>	<b>€/Litros</b>
<b>Humus de lombriz sólido Horticmapo</b>	40	7,7	0,2
<b>Humus Lombriz Ecocelta</b>	40	16	2,5
<b>Humus de lombriz</b>	10	5.5	0,55



#### 5.5.4. COMPOST

**Tabla 9.** Cantidad y precio del compost.

COMPOST			
	Cantidad de venta (Kg)	Precio de venta	€/Kg
<b>Compost COGERSA</b>	1000	25,38	0,025
<b>Abono orgánico peletizado, Ecocelta</b>	500	115	0,23
<b>Compost 100% vegetal</b>	530	74,25	0,14

#### 5.5.5. LODOS DE DEPURADORA

En cuanto a la comercialización de los lodos de depuradora, no se han encontrado precios publicados.

Esto se debe a que este tipo de fertilizante se somete a una legislación donde se marcan unos requisitos muy estrictos que los lodos deberían cumplir para poder ser utilizados en la agricultura sin riesgo a que contaminen los suelos en los que se aplican.

En la comunidad valenciana el Real Decreto que regula la utilización de los lodos es el Real Decreto 1310/1990.

En el ámbito de la normativa comunitaria, el marco jurídico comunitario de los lodos de depuración se constituye por la Directiva 86/278/CE. Esta directiva regula la utilización de Lodos de Depuradora en el sector agrícola y determina lo siguiente:

- No todos los lodos pueden utilizarse en agricultura.
- Prohíbe la utilización de lodos en suelos en los que la concentración de uno o varios metales supere los límites que fija la propia Directiva.
- Prohíbe el empleo de lodos sin tratar, salvo en los casos de inyección directa o enterramiento en el suelo, si lo autorizan los Estados Miembros (en España no está autorizado).
- La utilización de los lodos en agricultura debe hacerse teniendo en cuenta las



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



necesidades de nutrientes de las plantas.

- Limita los contenidos en metales pesados y exige análisis periódicos de los suelos y de los lodos.
- Exige un control estadístico de los lodos producidos, cantidades dedicadas a fines agronómicos, composición y características de los LD, tipos de tratamiento, y la identificación del destinatario y lugar de aplicación.
- Crea un Comité para la adaptación al progreso técnico y científico, formado por representantes de los estados miembros y presidido por un representante de la Comisión.

(GVA [2020])



## 5.6. CÁLCULO DE LA EQUIVALENCIA ENTRE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA Y FERTILIZACIÓN ORGÁNICA. COMPARACIÓN DE COSTES.

Para comparar los costes entre la utilización de fertilizantes inorgánicos y los fertilizantes orgánicos se han tomado los precios publicados por el ministerio de agricultura, pesca y alimentación en los índices y precios pagados entre enero de 2018 y septiembre de 2020.

### ➤ Fertilización inorgánica:

-Ácido fosfórico: 60,91€ para 100 kg

0,6091€ por 1 kg

-Sulfato potásico: 69,14 para 100 kg

0,6914€ para 1 kg

-Nitrato amónico: 32,60€ para 100kg

0,326€ por 1kg

-Urea: 32,55 € para 100 kg

0,3255 € por 1 kg

Estas aplicaciones de deben realizar anualmente.

**Tabla 10.** Costes fertilización inorgánica.

Producto	Kilogramos utilizados por hectárea	Precio por kilogramo	Precio total (€/ha)
Ácido fosfórico	56	0,6091	34,11
Sulfato potásico	130	0,6914	89,88
Nitrato amónico	160	0,326	52,16
Urea	60	0,3255	19,53
			<b>195,68</b>

Fuente: Precios 2018.(MAPAMA 2018)

➤ **Fertilización orgánica:**

(Cantidades recomendadas por los fabricantes) \*

- **Estiércol y purines:** 0,31€ por 1 kg  
Según la media realizada entre los precios aportados en el apartado 5.5.  
  
La empresa Viveros Barber aconseja aportar 10.000 kg por hectárea.  
  
La aplicación se realiza cada 3 o 4 años.  
  
(Barber 2016)
- **Guano:** 8,35€ por 1 kg  
Precio según la media realizada entre los precios aportados en el apartado 5.5.  
  
Según un ensayo realizado en Monte Buey por Estación Experimental Agropecuaria se necesitan 12.000 kg de guano por hectárea.  
  
(Alladio, Errasquin, Saavedra, Pagnan 2016)
- **Humus de Lombriz:** 1,08€ por 1 kg  
Según la empresa Vermiduero se deben aplicar entre 1.000 y 3.000 kg de humus de lombriz por hectárea.  
  
Se realizan entre 2 y 4 aplicaciones por temporada.  
  
(biotech 2020)
- **Compost:** 0,13€ por 1 kg  
La revista de divulgación científica y medioambiental Compostando ciencia Lab recomienda aplica 8.500 kg por hectárea con aplicación anual.  
  
(Tortosa 2014)

\*Para los cálculos se han tomado las cantidades recomendadas por los fabricantes, de este modo, los precios son más fieles a los del mercado actual.



**Tabla 11.** Costes fertilización orgánica.

Producto	Kilogramos /Litro utilizados por hectárea	Precio por kilogramo	Precio total en 1 aplicación (€)	Aplicaciones anuales	TOTAL (€)
Estiércol y purines	10.000	0,1	3.100	Cada 4 años	775
Guano	12.000	8,35	100.200	1	100.200
Humus de lombriz	3.000	1,08	3.240	4	12.960
Compost	8.500	0,13	1.105	1	1.105

➤ **Comparación:**

**Tabla 12.** Comparación fertilización orgánica e inorgánica.

Fertilización inorgánica. Total gasto anual. (€)	Fertilización orgánica. Total gasto anual (€)	
195,68	775	Estiércol y purines
	10.200	Guano
	12.960	Humus de lombriz
	1.105	Compost

A estos precios se les debe añadir los gastos de esparcir en el terreno de cultivo de los fertilizantes orgánicos, estos precios varían según la empresa distribuidora del producto. Este caso no se da en los fertilizantes inorgánicos, ya que estos se aplican por riego por goteo, minimizando los gastos.



## 5.7. VENTAJAS E INCONVENIENTES

### 5.7.1. ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA FERTILIZACIÓN INORGÁNICA

Uno de los principales factores en el que se centran la mayoría de los agricultores al elegir el tipo de fertilizante es el precio, como se ha demostrado en el apartado anterior, los fertilizantes inorgánicos o químicos tienen la ventaja de tener un precio más reducido, no obstante, hay que tener en cuenta que el precio de este tipo de fertilizantes es inestable, esto se debe al precio inflacionario de las materias primas que se utilizan en su elaboración, materiales como, los combustibles fósiles en el caso del nitrógeno o los materiales de minería en el caso del fósforo y el potasio.

El segundo factor en que interesa a los agricultores es la productividad del fertilizante, puesto que se reflejará en los futuros beneficios que perciba. (Wierer K, J.About 1978) En este caso, los fertilizantes inorgánicos ofrecen a corto plazo un crecimiento rápido y una alta productividad de los cultivos. Este es un factor atrayente para los agricultores, a pesar de esto, se debe analizar, no solo la producción del cultivo a corto plazo, si no la productividad de los suelos a largo plazo. Esta se ve afectada con el tiempo, esto se debe a la pérdida de humus por el aumento de acidez y salinidad que este tipo de fertilizantes genera.

Además, los agricultores tienen en cuenta la forma en la que se vende el producto, en el caso de los fertilizantes químicos estos suelen ser granulados. Esto se debe a que de esta forma se disminuyen las pérdidas de fertilizante y es mejor para las mezclas físicas. Un dato importante a tener en cuenta es que estos productos pueden ser tóxicos en altas dosis.

Una característica de los fertilizantes convencionales que se traduce tanto en términos económicos como en términos medio ambientales son los altos niveles de desperdicio en la absorción de nutrientes. Estos fertilizantes contienen una alta cantidad de nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio, la planta no absorbe todos los que son aplicados, estos se evaporan o se filtran en el suelo.

En cuanto a los factores medioambientales, el uso de los fertilizantes químicos influye de forma negativa en el ecosistema natural del suelo, ya que, aumenta el nivel de acidez y salinidad disminuyendo la cantidad de microorganismos beneficiosos para los cultivos.



Esto también afecta al crecimiento de las raíces, factor que afecta a la resistencia del suelo frente a altas temperaturas, sequías, arrastre de partículas etc. (Wierer K, J.About 1978). Además, contribuye al desarrollo de plantas vulnerables a plagas y enfermedades. La filtración de estas sustancias en el suelo favorece la eutrofización y contaminación de acuíferos. Un uso excesivo de este tipo de fertilizantes a la larga puede llegar a cambiar la composición del suelo.

### 5.7.2. ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

La fertilización orgánica, al igual que la inorgánica, tiene un factor decisivo importante, el coste de su utilización. Este tipo de fertilización es más costosa que la química, tanto por la compra de los productos, estiércol, humus, compost... como por el coste de aplicación de los mismos. (Wierer K, J.About 1978) Sin embargo, el rango de precios en el que oscilan estos materiales es mucho más estable, esto se debe a que su materia prima son los residuos, creando de este modo una economía circular, los desechos de una cadena no se descartan, sino que son el inicio de otra.

Cabe destacar, que la fertilización orgánica recibe subvenciones por parte del gobierno, el cual es un factor económico a tener en cuenta.

Otro factor interesante es la producción y rendimiento que la fertilización orgánica aporta tanto al cultivo, como al suelo. En el uso de estos fertilizantes, esta circunstancia aumenta con el tiempo. Los fertilizantes orgánicos mejoran las propiedades químicas del suelo, el humus y el rendimiento de este. (Wierer K, J.About 1978) Esto se debe a que aporta materia orgánica y flora microbiana la cual favorece el desarrollo de los microorganismos, lo que se traduce en un mejor rendimiento y calidad del suelo y por consiguiente la calidad de los cultivos y sus frutos.

En el caso de la forma en la que se presentan los fertilizantes alternativos, estas son muy variadas dependiendo del tipo de fertilizante, su materia prima y su forma de producción, esto ocasiona pérdidas físicas de producto y se dan problemas en las mezclas físicas. Un dato importante es que, a diferencia de los fertilizantes convencionales, estos no son tóxicos ni en bajas ni en altas dosis.

En términos económicos y medioambientales es interesante destacar que las plantas absorben todo el fertilizante orgánico, es decir, que no hay desperdicio de producto. La



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



planta tiene tiempo para asimilar todos los nutrientes, ya que no son asimilados en primera instancia son almacenados en el suelo, ni se evaporan, ni se filtran.

Los fertilizantes alternativos se aplican por varias razones, una de ellas es por las ventajas medioambientales que ofrecen. Estos forman parte de una economía circular, influyendo mínimamente en el medioambiente y mejorando la salud de los cultivos y el ecosistema del suelo. La textura y estructura del suelo se ve beneficiada por el crecimiento de las raíces, compactándolos y haciéndolos más ligeros y con menor erosión. (Wierer K, J.About 1978) También mejoran la permeabilidad, se airea y tienen mejor drenaje. Un aspecto negativo a destacar es la posible contaminación por metales pesados y sustancias tóxicas.



### 5.7.3. COMPARACIÓN FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA

**Tabla 13.** Comparación fertilización inorgánica y fertilización orgánica.

FERTILIZACIÓN INORGÁNICA		FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Precio reducido	Precio inestable	Precio estable	Precio alto.
Alta productividad del cultivo a corto plazo	Disminuye la productividad a largo plazo	Favorece la economía circular. Evita desperdicios.	Se suma al precio del producto los costes de aplicación de los mismos.
Forma del producto granulada. Menor pérdida de fertilizante.	Productos tóxicos en altas dosis.	Alta productividad a largo plazo.	Baja productividad a corto plazo.
	Alto desperdicio a nivel de nutrientes	No tóxico.	Forma del producto variada. Se producen pérdidas.
	Aumenta la salinidad y acidez del suelo.	No se produce desperdicio a nivel de nutrientes.	Posible contaminación por metales pesados y sustancias tóxicas.
	Afecta negativamente al crecimiento de raíces. Mayor erosión.	Mejora la salud de los cultivos.	
	Aumenta el desarrollo de plantas vulnerables a enfermedades y plagas.	Favorece el crecimiento de raíces y microorganismos beneficiosos.	
	La filtración de nutrientes en el suelo favorece la eutrofización en acuíferos.	Favorece la textura y estructura del suelo.	
	El uso excesivo a largo plazo cambia la composición del suelo.	Menor erosión del terreno.	



FERTILIZACIÓN INORGÁNICA		FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Precio reducido	Precio inestable	Precio estable	Precio alto.
Alta productividad del cultivo a corto plazo	Disminuye la productividad a largo plazo	Favorece la economía circular. Evita desperdicios.	Se suma al precio del producto los costes de aplicación de los mismos.
Forma del producto granulada. Menor pérdida de fertilizante.	Productos tóxicos en altas dosis.	Alta productividad a largo plazo.	Baja productividad a corto plazo.
	Alto desperdicio a nivel de nutrientes	No tóxico.	Forma del producto variada. Se producen pérdidas.
	Aumenta la salinidad y acidez del suelo.	No se produce desperdicio a nivel de nutrientes.	Posible contaminación por metales pesados y sustancias tóxicas.
	Afecta negativamente al crecimiento de raíces. Mayor erosión.	Mejora la salud de los cultivos.	
	Aumenta el desarrollo de plantas vulnerables a enfermedades y plagas.	Favorece el crecimiento de raíces y microorganismos beneficiosos.	
	La filtración de nutrientes en el suelo favorece la eutrofización en acuíferos.	Favorece la estructura y estructura del suelo.	
	El uso excesivo a largo plazo cambia la composición del suelo.	Menor erosión del terreno.	



## 6. CONCLUSIONES

En el presente estudio se han obtenido las cantidades teóricas en macro y micronutrientes en kilogramos por hectárea para el cultivo de los cítricos. Los nutrientes que se precisan en mayor abundancia, es decir, macronutrientes son, el nitrógeno, en una cantidad media de 270,75 kg, el fósforo en una cantidad media teórica de 86,25 kg y el potasio en una cantidad de 171,75 kg.

En cuanto a los nutrientes que se precisan en menor cantidad, micronutrientes, en necesidades teóricas son, El magnesio en 110 Kg, el azufre en 50 kg y el boro en 2,4 kg.

Las prácticas habituales no aplican las cantidades teóricas completas, en parte, debido a que el suelo y los restos de podas y otros componentes del sistema agrícola también supone la incorporación de nutrientes. De esta forma y de manera promediada los agricultores suelen abonar con el 59% de la cantidad de nitrógeno teórica recomendada, es decir, con 159,95 kg por hectárea. En el caso del fósforo, los agricultores abonan con el 65% de la cantidad de fósforo teórica, 56,20 kg. La cantidad de potasio con la que se abona es el 75%, 129,15 kg.

En el caso de los micronutrientes, estos se aplican en caso de enfermedad del cultivo o déficit de alguno de hierro, calcio, magnesio, azufre, boro etc.

Al estudiar los fertilizantes orgánicos observamos que su composición química es muy variada dependiendo del origen y del proceso de producción.

Si debiésemos suministrar por ejemplo la misma cantidad de nitrógeno que se suministra con los fertilizantes inorgánicos, probablemente, esto solo se podría hacer a través de los estiércoles que tienen una relación de cantidad, precio y concentración de macronutrientes válida para el abonado.

También, debido al precio y a su escasa concentración de macronutrientes muchos fertilizantes orgánicos difícilmente pueden utilizarse como sustitutos de la fertilización inorgánica. Así el guano es un fertilizante excesivamente caro para su uso en grandes parcelas. No obstante, es buena opción para complementar la fertilización inorgánica o para pequeños cultivos de autoconsumo. El humus de lombriz, es el que le sigue al



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



guano en precio, además de que es el que más aplicaciones anuales necesita, por lo que su uso puede ser costoso y caro en grandes parcelas. Al igual que el guano, se recomienda como complemento a la fertilización inorgánica o para pequeñas parcelas de autoconsumo.

El compost es una opción efectiva tanto para grandes parcelas como para pequeñas parcelas de autoconsumo. Es una de las alternativas a los fertilizantes químicos más económica, con una alta concentración en nitrógeno y potasio que solo necesita una aplicación anual, lo que facilita su manejo. Las plantas de residuos sólidos urbanos compostan la fracción orgánica de los residuos y los venden para grandes explotaciones. Una última dificultad en el proceso de cambio de inorgánico a orgánico, son los costes de aplicación de los fertilizantes. Los fertilizantes inorgánicos son solubles en agua y se aplican mediante fertiirrigación sin costes añadidos para el agricultor, mientras que la fertilización orgánica necesita de la distribución del producto en la parcela y su posterior incorporación al suelo, lo que encarece considerablemente la labor.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

*8bb2bb0f-16c3-4ccc-a250-85c5c051decb.pdf* [en línea], [sin fecha]. S.l.: s.n. [Consulta: 4 febrero 2021]. Disponible en: <http://agroambient.gva.es/documents/20549779/161513659/15.+Lodos+de+de+puraci%C3%B3n/8bb2bb0f-16c3-4ccc-a250-85c5c051decb>.

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE, 2015. Agencia Europea de Medio Ambiente. [en línea], [Consulta: 29 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/la-agricultura-y-el-cambio-climatico>.

ALLADIO, ERRASQUIN, SAAVEDRA, PAGNAN, R.M., Lisandro, Alejandro, Luis, 2016. Efecto del aporte de nutrientes del guano y compost de gallinas ponedoras sobre el rendimiento del cultivo de maíz. *Agrovoz* [en línea]. [Consulta: 3 febrero 2021]. Disponible en: <http://agrovoz.lavoz.com.ar/agricultura/el-guano-de-gallinas-mejora-hasta-10-los-rindes-de-maiz>.

BARBER, V., 2016. Fertilización en viticultura ecológica. Estiercol: Ventajas, tipos, dosis. *VitiViniCultura.net* [en línea]. [Consulta: 3 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.vitivinicultura.net/estiercol-viticultura.html>.

BIOTECH, N., 2020. Humus de lombriz. 10 cosas importantes que debes saber. [en línea]. [Consulta: 3 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.nostoc.es/humus-de-lombriz-10-cosas-importantes/>.

CAMACHO CÉSPEDES, F., URIBE LORÍO, L., NEWCOMER, Q., MASTERS, K., KINYUA, M., CAMACHO CÉSPEDES, F., URIBE LORÍO, L., NEWCOMER, Q., MASTERS, K. y KINYUA, M., 2018. Bio-optimización del compost con cultivos de microorganismos de montaña (MM) y lodos digeridos de biodigestor (LDBIO). *Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 10, no. 2, pp. 330-341. ISSN 1659-4266. DOI 10.22458/urj.v10i2.2163.

CARROLL, C.R., J.H. VANDERMEER AND P.M. ROSSET. 1990. *Agroecology*. New York: McGraw-Hill. [Consulta: 22 diciembre 2020]



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDÍA

CANTILLO, V.F., 2007. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE CITRICOS EN LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA. , pp. 32.

FERNÁNDEZ, M.E., 2013. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE CULTIVOS POR SECTORES. , pp. 50.

FERTILIZANTES. [en línea], 2003. [Consulta: 22 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/fertilizantes/>.

Fundamentos de Agricultura Ecológica: Realidad Actual y Perspectivas - Google Libros. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 19 octubre 2020]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nBvZMsB7HFwC&oi=fnd&pg=PA13&dq=definicion++agricultura+ecol%C3%B3gica&ots=7m9QzTuBi4&sig=9oKEY5O9IDSe4acVkd\\_PDhd0kOM#v=onepage&q=definicion%20%20agricultura%20ecol%C3%B3gica&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nBvZMsB7HFwC&oi=fnd&pg=PA13&dq=definicion++agricultura+ecol%C3%B3gica&ots=7m9QzTuBi4&sig=9oKEY5O9IDSe4acVkd_PDhd0kOM#v=onepage&q=definicion%20%20agricultura%20ecol%C3%B3gica&f=false).

GALLI, E; TOMATI, U; GRAPPELLI, A. [1983]. Microbial processes related to organic matter breakdown by earthworms and their influence on plant growth. Humus y planta. 2: 391-392.

GUERRERO, J. 1993. Abonos orgánicos. Red de Acción en Agricultura Alternativa-RAAA. Lima, Perú.

HARTMAN M., SVOBODA K., VESELY V., TRNKA O., CHOUR J. (2003). Sewage Sludge Thermal Processing. Chemistry

Listy, 97, 976-982

HERAS, J. de las, FABEIRO, C. y MECO, R., 2003. *Fundamentos de Agricultura Ecológica: Realidad Actual y Perspectivas*. S.I.: Univ de Castilla La Mancha. ISBN 978-84-8427-244-1.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, O.A., OJEDA-BARRIOS, D.L. y DÍAZ, J.C.L., 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. , no. 1, pp. 6.

KOLMANS, E. y VÁSQUEZ, D., 1996. Manual de agricultura ecológica. *Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. MAELA-SIMAS. Nicaragua, pp. 59-222.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUOLA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

- LAURIN, M., LLOSÀ, M., GONZÁLVIZ, V. y PORCUNA, J., 2006. EL PAPEL DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA EN LA DISMINUCIÓN DEL USO DE FERTILIZANTES Y PRODUCTOS FITOSANITARIOS QUÍMICOS. , pp. 11.
- LEGAZ, F. y PRIMO-MILLO, E., 1988. Normas para la fertilización de los agrios. *Serie Fullets Divulgació*, no. 5-88.
- LÓPEZ BELLIDO, L., 2007. Publicaciones fertilizantes. [en línea]. [Consulta: 27 enero 2021]. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/Publicaciones-fertilizantes.aspx>.
- MANUAL-DE-AGRICULTURA-ECOLOGICA.pdf* [en línea], [sin fecha]. S.l.: s.n. [Consulta: 19 octubre 2020]. Disponible en: <http://web.bioquirama.com/pdf/MANUAL-DE-AGRICULTURA-ECOLOGICA.pdf>.
- MAPAMA, ministerio de agricultura, pesca y alimentacion, 2018. ÍNDICES Y PRECIOS PAGADOS AGRARIOS. [en línea]. [Consulta: 3 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/economia/precios-percibidos-pagados-salarios/precios-pagados-por-los-agricultores-y-ganaderos/default.aspx>.
- MARÍA, T., 2011. WINSTON JR. GONZALES 'REÁTE:GUI. , pp. 102.
- MARTINEZ, L.I., 1995. EL ESTIERCOL Y LAS PRACTICAS AGRARIAS RESPETUOSAS CON. , pp. 24.
- MENDOZA, C. y PRATS, H., 2010. Opciones de valorización de lodos de distintas estaciones depuradoras de aguas residuales. , pp. 15.
- MOLINA, E., 2000. Nutrición y fertilización de la naranja. *Informaciones agronómicas*, vol. 40, pp. 5-11.
- Multimicros – FITOSAN S.A. [en línea], 2020. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: <https://fitosansa.com/multimicros/>.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDÍA

Normas para la fertilización de los agrios. [en línea], 1988. [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: [https://www.infoagro.com/citricos/normas\\_fertilizacion\\_agrios.htm](https://www.infoagro.com/citricos/normas_fertilizacion_agrios.htm).

*Nutrición y fertilización de la naranja.pdf* [en línea], [sin fecha]. S.l.: s.n. [Consulta: 18 noviembre 2020]. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-la-hp.nsf/0/D4E5F648629449B0852579A30079AC9D/\\$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20naranja.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-la-hp.nsf/0/D4E5F648629449B0852579A30079AC9D/$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20naranja.pdf).

OLIVER, A.Q., ALCÁNTARA, B.M., MILLO, E.P. y PAREDES, F.L., 2007. Fertilización de los cítricos en riego a goteo (I): N, P y K. *Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos*, no. 389, pp. 380-385.

Productos - Bioestimulantes - Isagro. [en línea], 2018. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.isagro.es/bioestimulantes.html>.

RAMON, CUEVAS. JORGE. 1995. Lombricultura desarrollo y perspectivas para el cultivo del tabaco. La Habana Cuba

RIECHMANN, J. 2003. Cuidar la T(tierra). Políticas agrarias y alimentarias para entrar en el siglo XXI. Icaria Ed., s.a. Barcelona

SANS, F.X., 2007. La diversidad de los agroecosistemas. *Revista Ecosistemas* [en línea], vol. 16, no. 1. [Consulta: 15 octubre 2020]. ISSN 1697-2473. DOI 10.7818/re.2014.16-1.00. Disponible en: <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/137>.

SQM SPECIALTY PLANT NUTRITION, 2020. Naranja. [en línea]. [Consulta: 9 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.sqm-vitas.com/es-pe/nutrici%C3%B3nvegetaldeespecialidad/informaci%C3%B3nporcultivos/naranja.aspx#tabs-2>.

TORTOSA, G., 2014. ¿Qué dosis de composts puedo aplicar en agricultura ecológica? *Compostando Ciencia Lab*. [en línea]. [Consulta: 3 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.compostandociencia.com/2014/06/dosis-composts-en-agricultura-ecologica-html/>.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



WIERER K, J.ABOOT, 1978. Los fertilizantes y su uso. Mercadeo de los fertilizantes.  
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO,  
Roma. , pp. 83.