

**UNIVERSIDAD MIGUEL
HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE
ORIHUELA**

Master Universitario Oficial de
Agroecología, Desarrollo Rural y
Agroturismo



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

**Evaluación del efecto de
estrategias de manejo sobre las
características de suelos agrícolas
abandonados en el Campo de
Elche.**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Convocatoria – Año 2018

AUTORA: Fina Urbán Espinosa

DIRECCIÓN: M^a Ángeles Bustamante Muñoz

CODIRECCIÓN: Aurelia Pérez Espinosa





MÁSTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE AGROECOLOGÍA, DESARROLLO RURAL Y AGROTURISMO

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: Evaluación del efecto de estrategias de manejo sobre las características de suelos agrícolas abandonados en el Campo de Elche

Modalidad: Proyecto experimental

Autor: Fina Urbán Espinosa.

Director/es: María de los Ángeles Bustamante Muñoz, Aurelia Pérez Espinosa.

Convocatoria: Julio 2018

Palabras clave: suelos, manejo, abandonados, recuperación, agroecología.

Keywords: soils, management, abandoned, recovery, agroecology.

RESUMEN: El principal objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes estrategias de manejo sobre las características de un suelo agrícola que antes de estos manejos había estado sin cultivar durante 10 años. Se buscaba establecer potenciales opciones de manejo agroecológico sostenible para la recuperación de suelos agrícolas abandonados. El estudio se basó en una completa caracterización de los suelos muestreados, que permitiera evaluar la calidad de los mismos y su potencial recuperación.

ABSTRACT: The main objective of this work was to evaluate the effect of different management strategies on the characteristics of an agricultural soil that before of these managements had been abandoned for 10 years. We pretended establish potential options of agroecologic and sustainable management for the recovery of these abandoned soils. The study was based on the complete characterization of the soils to evaluate their quality and potential recovery.



Dedicatoria.

A José Vicente Urbán y José Antonio Vicente Agulló.

Mis compañeros de empresa. Agricultores emprendedores y a veces casi visionarios,
herederos de una sabiduría que no debe perderse.
Os dedico este trabajo esperando aportar algo a esa sabiduría.

Agradecimientos.

A mis tutoras Marian Bustamante y Aurelia Pérez.

A los compañeros del laboratorio de edafología: Marisol Pina, Encarni Martínez y José Antonio Sánchez.

A los gestores de la tierra, responsables de los diferentes manejos estudiados: mi padre Francisco Urbán, con el suelo arado; mi hermana Cristina y mi hija Sofia, con las opciones de suelo no antrópico y de semillas envueltas en arcilla; mi colega Vicente luna, técnico responsable de Frutas Alhambra SL, con el manejo de brasicas/calabaza ,al que aquí denominamos monocultivo, y mi maestro entusiasta Antonio Ruz, con el suelo manejado como huerto orgánico.

Se dice que los humanos somos enanos a hombros de gigantes. Desde pequeños creemos esa frase asumiendo que los gigantes son los científicos, o los que ostentan el poder, desde una aceptación vertical. Pero hoy día, desde distintas ramas del saber (etnología, antropología, salud, crianza) los propios científicos proponen que los gigantes a cuyos hombros podemos subirnos son todos aquellos hombres y mujeres, reales, cercanos, cotidianos, que han sido y son capaces de transmitir el saber a través de las generaciones. Creo que ellos son la clave para entender cómo se hicieron las cosas y porqué se hicieron, y por tanto entiendo que son el punto de partida para pensar qué cosas se deben hacer igual y cuáles deberíamos modificar. A todos ellos, muchas gracias.



Presentación.

Agroecología no es sólo una forma de cultivar. También es una forma de pensar.

Durante años he trabajado como ingeniera y agricultora en campos de hortalizas de producción convencional, con todo lo que conlleva: herbicidas, fertilizantes y plaguicidas de síntesis, etc . Procedo de familia de agricultores, de cuando la agricultura no tenía dos nombres, de cuando se basaba en la rotación de cultivos y en el aporte de estiércol.

Tanto yo como mis compañeros de producción hemos vivido procesos de todo tipo: agrario, económico, social. Probablemente tuvimos que producir como lo hicimos por el contexto histórico. Pero ya han pasado décadas y hemos de ser capaces de obtener nuevas formas de relación entre los factores de producción que den lugar a resultados diferentes, más adaptados a la realidad actual.

Atentos porque no estoy hablando de producción ecológica o de algo parecido que esté de moda. La agroecología engloba a la producción ecológica porque las técnicas con las que trabaja son las mismas que las ecológicas, pero tiene en cuenta otros aspectos que no son sólo productivos.

La agroecología es una forma de pensar y de actuar que engloba conocimientos y técnicas. Promueve una mayor eficiencia de los recursos de los que disponemos: económicos, sociales y medioambientales. El objetivo de la agroecología es mantener la riqueza y fertilidad tanto del entramado económico como de los usos y valores de la población del medio rural así como del medio ambiente formado por el agrosistema de cada agricultor. Si unimos a cada agrosistema particular el factor cultural (los valores y el saber hacer de cada lugar) tendremos como resultado el territorio.



En el campo de Elche hemos estado haciendo agroecología de alguna manera, aunque sólo parcialmente, al menos mientras transmitíamos el saber de agricultor a agricultor, pero, en las últimas décadas, demasiadas influencias relacionadas con el contexto agroindustrial y financiero nos han alejado de gestionar con eficiencia nuestros recursos económicos y medioambientales.

El manejo del suelo es una de esas tecnologías que afecta mucho a la parte económica, social y medioambiental. Son los suelos que hemos heredado y que ahora nos toca gestionar.

A lo que quiero contribuir con este trabajo es a la revisión de algunas técnicas de manejo del suelo y a la medición objetiva de las características que encontramos en cada suelo según la técnica utilizada.





ÍNDICE

1. Introducción	7
1.1. El suelo como recurso	11
1.1.1. Definición y características.....	13
1.1.2. El suelo en un sistema agroecológico.....	14
1.2. Recuperación de los suelos agrícolas abandonados.....	17
1.2.1. La importancia de la materia orgánica.....	17
1.2.2. Indicadores de calidad del suelo.....	25
1.2.3. Estrategias de manejo.....	27
1.3. Suelos agrícolas del Campo de Elche.....	28
1.3.1. Caracterización edafoclimática.....	28
1.3.2. Suelos agrícolas desde el punto de vista del territorio.....	35
1.3.3. Los nuevos receptores de la tierra.....	39
2. Objetivos y síntesis.....	45
2.1. Qué manejo es mejor para el campo que lleva años sin cultivar.....	45
2.2. Revisión del concepto de campo abandonado en la zona del campo de Elche.....	46
2.3. Síntesis	47
3. Material y métodos	49
3.1. Diseño y desarrollo experimental	49
3.1.1. Suelo arado.....	55
3.1.2. Suelo no antrópico.....	56
3.1.3. Suelo sembrado con semillas envueltas en arcilla.....	57
3.1.4. Suelo con monocultivo de hortalizas convencional.....	59
3.1.5. Suelos con cultivo de huerto ecológico.....	60
3.2. Métodos analíticos	61
3.2.1. Toma y preparación de la muestra	61



3.2.2. <i>Parámetros analíticos</i>	63
3.3. <i>Métodos estadísticos</i>	72
4. Resultados y discusión	73
4.1. <i>Parámetros físicos</i>	73
4.1.1. <i>Densidad aparente</i>	73
4.1.2. <i>Fracción gruesa</i>	75
4.1.3. <i>Estabilidad de agregados</i>	75
4.2. <i>Parámetros físico-químicos</i>	78
4.2.1. <i>pH</i>	78
4.2.2. <i>Conductividad eléctrica</i>	79
4.3. <i>Parámetros químicos</i>	80
4.3.1. <i>Carbonato total equivalente</i>	80
4.3.2. <i>Carbono orgánico oxidable</i>	81
4.3.3. <i>Nitrógeno total Kjeldahl</i>	82
4.2.4. <i>Nitratos</i>	83
4.4. <i>Parámetros biológicos</i>	85
4.4.1. <i>Respiración edáfica</i>	85
4.5. <i>Consideraciones globales</i>	86
5. Conclusiones	89
6. Propuesta para futuras experiencias	91
7. Bibliografía	95



1. Introducción

Cuando alguien nos ofrece un puñado de tierra nos parece que es diferente a cuando la vemos en el lugar de dónde fue extraída. Algo nos dice que una pieza de suelo es mucho más que un puñado de tierra.

En las últimas décadas los ingenieros hemos analizado el suelo tomando muestras aleatorias, mezclando los estratos y enviándolas a analizar. Esperábamos a partir de ellas tomar decisiones sobre el manejo de las parcelas de las que provenían. Se considera un procedimiento válido y objetivo.

Sin embargo, la mayor parte de la información de ese suelo se queda en los estratos. Los resultados de los análisis son relativamente limitados: aconsejan un mayor o menor aporte de ciertos nutrientes, o una mayor o menor fracción de lavado, según la salinidad medida. Apenas esa es la información recibida, suficiente para un enfoque de manejo orientado a aumentar la productividad a corto plazo.

Así, desde la segunda mitad de siglo XX Ingenieros agrícolas y agricultores nos hemos centrado en cultivar produciendo el máximo posible con las limitaciones que nos ofrecía el medio y con poco caso a cómo estaba el suelo.

Las variedades híbridas y el uso de fertilizantes hacen posible cultivar con éxito en casi cualquier suelo que tenga un mínimo de drenaje. Hacíamos lo que ahora llamaríamos agricultura convencional o industrial, aunque no lo sabíamos porque no había otra.

Llegó la década de 1980 y con las ayudas a la producción integrada, aparecieron los “técnicos de ADV” los ingenieros responsables de Asociaciones de Defensa Vegetal que trabajábamos en Cooperativas o en SAT (Sociedades agrarias de transformación) con el objetivo de realizar protección integrada. Se



produjo un movimiento a favor de la lucha biológica en gran parte porque no había más remedio. El sistema intensivista de producción estaba produciendo riesgos económicos: muchas de las plagas de las plantas cultivadas eran ya difíciles de controlar con plaguicidas (trips, mosca blanca etc), debido a su resistencia a los formulados después de décadas de presión sobre las poblaciones de insectos.

Teníamos una fuerte resistencia a cambiar el modelo de producción: suelo desnudo, monocultivo, ausencia de rotaciones. La suelta de insectos depredadores y parásitos llegó a ser, aún lo es ahora, la estrategia de control más económica y eficiente en agricultura convencional, aunque sigue asociada a una estrategia de control basada en plaguicidas de síntesis, que se efectúa sobre todo en los primeros estadios del cultivo, dejando las fases finales para los insectos de suelta.

Este manejo de las plagas, más respetuoso con la fauna auxiliar, surgió de forma paralela a la concentración de la demanda y a sus nuevas exigencias. Los mercados dejaron de ser locales, como había sucedido hasta los años 80. En todos los países de Europa, empezando por Reino Unido la demanda de productos agroalimentarios se fue concentrando en apenas una docena de supermercados, que empezaron a demandar control de trazabilidad a los productores, impulsados por la presión de los consumidores y por la política europea de control de LMR (límites máximos de residuos).

Los controles de trazabilidad son imprescindibles. Hoy día, en la segunda decena del siglo XXI, el 100% de los agricultores que quieran vender sus productos a los supermercados han de tener un certificado de buenas prácticas agrícolas (tipo GlobalGap) que incluye la demostración de que la explotación agrícola cumple con toda la normativa europea y local relacionada con la trazabilidad y la seguridad agroalimentaria. Y en eso estamos ahora los



ingenieros y los agricultores si queremos que lo que ha salido del suelo produzca rentabilidad económica suficiente.

La importancia del suelo sigue relegada a mero sustento cuando lo que preocupa es la planta. En nuestra visión centrada en la planta, nos preocupamos de fertilizar al cultivo para que produzca mucho, no de cuidar la calidad del suelo para que sustente el sistema.

Los profesionales, formados en Producción Integrada desde la Federación de Cooperativas de la Comunidad Valenciana, financiada por la UE, recibieron formación de expertos que hablaban de la importancia del suelo.

Bourguignon, 1990, nos enseñó a hacer agujeros y a observar el suelo y destapó que cada parcela tiene una historia y que se nos olvidaba considerar la parte viva y la edafogénesis para poder ver el suelo en su conjunto.

También conocimos a Altieri, que nos contaba cómo hacer números con un agrosistema no basado en el monocultivo, sino en el policultivo. Cómo repartir los costes y recalcular el rendimiento por superficie y cómo entender que el suelo es una parte viva más de todo el sistema. Se empezaba a oír hablar de agroecología, concepto que entonces se ligaba a sus orígenes basados en el movimiento “campesino a campesino” de Mesoamérica.

Altieri, (1999), hace una crítica de la investigación agrícola basada en el modelo reduccionista, que centra el estudio de las prácticas de uso de la tierra en la productividad de un cultivo dado, desde una perspectiva que enfatiza el problema objetivo que se ha de reducir: falta de nutrientes del suelo y brotes de plagas. Reconoce que este enfoque ha tenido éxito en incrementar el rendimiento en situaciones agroecológicamente favorables. Sin embargo ese enfoque reduccionista limita las opciones agrícolas para las poblaciones rurales. Además, el esfuerzo hacia el objetivo (eliminar deficiencia de nutrientes



y eliminar plagas) produce a menudo consecuencias secundarias no intencionadas que causan daños ecológicos y altos costes sociales.

Por el contrario, la investigación agroecológica abarca un contexto más amplio que incluye variables ecológicas y sociales. Es una visión con base filosófica holística, pero no sólo ofrece un punto de vista y una declaración de intenciones sino que es una ciencia aplicada que se concentra en asuntos puntuales del área de la agricultura. La agroecología estudia y propone sistemas de manejo concretos que abarquen los tres grandes objetivos: productividad económica (renta del agricultor), ecología (medio ambiente) y valores sociales (territorio, cultura, calidad de vida en el medio rural).

Algunos agricultores incorporaron esos conocimientos pasando a producir con planteamientos agroecológicos bajo los sellos de producción orgánica o ecológica, animados por la demanda de consumidores europeos.

Pero la mayoría de las empresas hemos estado trabajando en lo que llamamos producción integrada (aunque apenas era integrada la protección de plagas). Invertimos sobre todo en diseñar estrategias de programación de cultivos que nos permitieran ofrecer un producto concreto durante todo el año a los supermercados. La calidad del recurso suelo seguía sin tener importancia como recurso vivo. Las variedades híbridas, ligadas a los insumos basados en el petróleo y a los nuevos sistemas de manejo basados en la suelta de insectos seguían dando suficientes ingresos económicos.

Mientras tanto tomaban fuerza en el sector agrícola las leyes económicas de King, Petty y Turgot. Las parcelas pequeñas (menores de ½ Ha) dejaron de ser rentables debido a los costes de producción, las ciudades se convirtieron en lugares con más nivel de vida que los campos, y la población se fue yendo del medio rural. Ahora, en la segunda decena del siglo XXI una de las prioridades de la Política Agraria Común para el horizonte temporal de 2020 es el



desarrollo rural: el mantenimiento de la calidad de vida en el medio no urbano para que no se vayan los pocos agricultores que quedan, valorizando su papel como gestores del territorio.

En nuestra zona, como en muchos de los territorios de España, los que quedan haciendo agricultura son las empresas grandes. Son Cooperativas, Sociedades Limitadas o Sociedades Agrarias de Transformación que compran o arriendan las parcelas de mayor tamaño para concentrar su producción y reducir los costes fijos. Las parcelas pequeñas, que en los años 80 eran sustento de economías familiares, se han ido abandonando.

La parcela cultivada durante décadas sigue ahí, ya solo queda el suelo desnudo y la edificación o casa de labor. Todo el pack pasa a las nuevas generaciones, que trabajan en la ciudad. ¿Qué hacer con ese suelo? Yo creo que ahora es el momento de dejar de verlo como un sustrato físico y considerarlo parte valiosa del territorio.

Este estudio analiza, entre otros, la viabilidad de métodos de mejora del suelo basados en la reforestación. Sobre este tema encontramos referencias en Overdyck et al. (2013), y Shannon, (2011), que ensayaron el aumento de la biomasa en situaciones de siembra de especies autóctonas con sistemas especiales de sembrado.

1.1. El suelo como recurso.

El suelo es por sí mismo un sistema: una organización con elementos que entran y salen de él y que están interrelacionados, fruto de esta relación se producen nuevos elementos. Dicho sistema está constituido por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. En ellas encontramos los cuatro componentes básicos del suelo:



1. Material mineral.
2. Material orgánico.
3. Aire.
4. Agua.

La composición de un suelo y la dinámica de cada fase dentro de él, condicionan su funcionalidad, calidad y las funciones concretas que realiza dentro del sistema mayor agroecológico (medioambiente, economía humana, cultura y sociedad)

De este modo, el suelo que es un sistema por sí mismo, aporta cualidades al sistema agroecológico, pasando a constituir dentro de él un recurso, del que se vale el sistema agroecológico para completar numerosas funciones.

El suelo es un recurso vivo. A menudo en el entorno agrícola hablamos de materia orgánica considerándola solamente una materia prima más que entra al sistema suelo.

En nuestra construcción de la realidad obviamos que el suelo tiene materia orgánica porque la produce por sí mismo, como resultado de procesos vivos.

El conjunto vivo está formado por la biomasa vegetal y animal senescente, constituida por restos vegetales y animales en diversos estados de descomposición, junto a los insectos del suelo y a la biomasa microbiana. Todos están asociados a dichos procesos de descomposición, que dan lugar a compuestos minerales y a compuestos orgánicos muy estables (humus).

Los compuestos resultantes de la descomposición se incorporan por medio de las raíces de las plantas al medio terrestre que, junto a la energía del sol, aumenta la biomasa (vegetales y animales). Terminado su ciclo vuelven al medio suelo en forma de biomasa senescente. Es un proceso circular de



energía y materia en el que el balance de ambas es positivo y en el que se pone de manifiesto la importancia de la fase del suelo como recurso vivo del medio ambiente y más concretamente, con la intervención humana (antrópico), su importancia como recurso vivo en el sistema agroecológico (economía + medio ambiente + cultura).

Es un recurso limitadamente renovable. El suelo se forma en un proceso lento. Su tasa de formación es de 2 a 3 cm cada mil años. En ese sentido puede ser considerado un recurso potencialmente renovable, pero sólo en determinadas circunstancias. Las prácticas humanas inadecuadas (sobreeplotación, deforestación, salinización, etc.) hacen que la pérdida de suelo a escala mundial sea elevada y, en muchos casos, irreversible, pasando a convertirse en un recurso no renovable.

1.1.1. Definición y características.

El suelo es un componente esencial del medio ambiente. Es el resultado de la evolución de la superficie de la tierra a partir de un material originario. En un perfil de suelo o corte vertical del terreno se pueden distinguir diferentes capas con disposición horizontal que se denominan horizontes, resultado de las acciones del clima y de los seres vivos sobre la superficie de la tierra a lo largo del tiempo.

El concepto de calidad del suelo ha variado con el tiempo. Desde una perspectiva productivista (década de los 80 y 90) a una perspectiva ambientalista (a partir de la reforma de la PAC de 1992).

Actualmente se considera calidad del suelo: "Capacidad del suelo para promover el crecimiento de las plantas, proteger las vertientes de agua a través de la regulación de la infiltración y prevenir la contaminación, tanto del aire como del agua mediante su poder amortiguador sobre contaminantes



potenciales: agroquímicos, residuos orgánicos y contaminantes industriales”. (Academia Nacional de Ciencias Americana, 1993).

1.1.2. El suelo en un sistema agroecológico.

Según Labrador, (2001), la agroecología es una ciencia globalizadora que estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva agronómica, ecológica y socioeconómica. El propio término hace referencia a un enfoque de la agricultura más ligado al medioambiente, centrado no sólo en la producción (rendimiento de los cultivos) sino en la estabilidad ecológica del propio sistema de producción. La agroecología analiza el llamado agrosistema o sistema agroecológico, que es el sistema agrario analizado desde la óptica de la ecología. Se estudia como un tipo especial de “ecosistema”.

La finalidad de la agroecología es desarrollar agrosistemas con una dependencia mínima de insumos agroquímicos y energéticos en los que las interacciones ecológicas y la sinergia entre los componentes biológicos aporten mecanismos que fomenten la fertilidad del suelo, la productividad y la protección del cultivo.

En el sistema agroecológico el suelo es uno de los recursos más importantes para conseguir esa dependencia mínima ya que por sí mismo es un sistema vivo capaz de producir organismos y componentes que aumentan la fertilidad, productividad y protección del cultivo. Hasta tal punto es así que los agricultores de sistemas agroecológicos centran sus esfuerzos en mejorar la nutrición y la salud del suelo en lugar de invertir recursos en alimentar a la planta puesto que de ésta última ya se ocupa el propio suelo si está bien manejado.

Los manejos del suelo agroecológicos son aquellos procedimientos que están incluidos en reglamento de agricultura ecológica, o en otras normas como la



agricultura biodinámica. Pueden proceder de sistemas de agricultura tradicional o de procesos tecnológicos recientes, siempre que tengan como finalidad la biodiversidad y conservación del suelo, el incremento de las reservas de materia orgánica y la reducción de la pérdida de tierra por erosión. Por consiguiente darán lugar a un aumento de la fertilidad a largo plazo.

Por el contrario en los procedimientos o manejos de la agricultura convencional, industrial o intensivista el suelo permanece desnudo y las estrategias de aportes de materia orgánica, están orientadas a cubrir las necesidades de la planta y no a preservar las reservas del suelo.

Las funciones principales del suelo, como recurso natural, definidas por Blum (1990), se resumen en 6. Se clasifican en ecológicas y no ecológicas. Las principales funciones ecológicas que desempeña un suelo son: hábitat biológico y reservorio genético, producción de biomasa y protección de ecosistemas. Las principales funciones no ecológicas son: sostén de actividades socio-económicas e infraestructuras humanas, fuente de materias primas y conservador del patrimonio cultural, formando parte del paisaje en el que nos desenvolvemos y protegiendo la herencia arqueológica y paleontológica.

A continuación enumeramos las principales funciones del suelo y cómo inciden sobre ella los manejos propios de la agricultura ecológica respecto a los manejos de la intensiva. En todos los casos, excepto en el de uso como lugar de extracción de materias primas, donde el efecto del manejo no afecta a su función, las estrategias propias de la agricultura ecológica potencian el efecto de las funciones del suelo como recurso.

1. Producción de biomasa. El suelo produce más biomasa si la agricultura es ecológica. Si hablamos de eficiencia del producto comercial por unidad de superficie, produce más biomasa la agricultura convencional. Pero si aplicamos



los costes ambientales, esa eficiencia se pierde (si pasamos las kilocalorías necesarias para producir la biomasa (fertilizantes y plaguicidas procedentes de combustibles fósiles)

Podemos ver un aumento claro de la producción de biomasa en la ecológica que se queda en el suelo. Por el uso de cubiertas vegetales y abonos verdes. La consecuencia es un aumento de biomasa vegetal, con su rizosfera asociada y un incremento de fauna en el suelo.

En la intensiva estaría el suelo desnudo, por la acción de laboreo de eliminación y por el uso de herbicidas.

2. Filtrado, amortiguación y transformación de sustancias. El suelo tiene una función mayor de filtrado y amortiguación si la agricultura es ecológica. El aumento de la biomasa contribuye a cerrar los ciclos de energía y de materia. Efecto amortiguador y transformador.

En la intensivista los ciclos se quedan parados y las sustancias-residuo se acumulan. Consecuencias concretas: degradación natural de compuestos orgánicos de síntesis, absorción irreversible de metales etc.

3. Hábitat biológico y reserva genética. El suelo es un hábitat más cargado de reserva genética si la agricultura es ecológica. Uso de variedades autóctonas, rotación, asociación de cultivos y zonas de reserva de flora y fauna: setos vivos. El resultado es un aumento de la diversidad genética.

En la intensivista el diseño se simplifica al cultivo principal, y los caminos de acceso para riego y logística suelen dejarse desnudos.

4. Medio físico. El suelo tiene una función mejor como medio físico, proveedor de bienes y servicios con un manejo agroecológico. La agricultura ecológica



incide sobre el suelo de una determinada área respecto a completarla como sustentadora de bienes y servicios. Sobre todo ayuda a la deposición de residuos de origen urbano e industrial y además no contamina con plaguicidas las zonas humanas cercanas. En la intensivista el diseño se orienta al rendimiento económico y no mira cómo sus tratamientos fitosanitarios merman la calidad de la estructura urbana, residencial o turística que la rodea.

5. *Fuente de materias primas.* Aquí se valora el suelo como fuente de recursos, tales como gravas, turbas etc., planteado como una mina de extracción de materiales. En este caso no hay diferencias respecto al manejo.

6. *Medio histórico.* El suelo actúa como una reserva de información y de cultura.

La agricultura ecológica, recupera la diversidad de manejos tradicionales y los adapta a las nuevas tecnologías agrícolas. Intenta recoger y mantener vivas prácticas que hacen el sistema más resiliente. Su visión es holística y no reduccionista, por lo que es en sí misma una reserva cultural e histórica.

En la intensivista las prácticas agrícolas son reduccionistas. Buscan la simplificación del problema y miran hacia prácticas de reducir el síntoma sin centrarse en la causa. En el proceso se pierde mucha información y conocimiento acumulado.

1.2. Recuperación de los suelos agrícolas abandonados.

1.2.1. La importancia de la materia orgánica.

La materia orgánica en el suelo actúa como agente que propicia los ciclos de materia necesarios para la vida en el suelo, base de la biodiversidad vegetal y animal del agrosistema.



La materia orgánica del suelo (MOS) tiene su origen en los organismos vivos que al morir se van incorporando al suelo, principalmente restos vegetales, también restos de animales y de la biomasa microbiana. Estos restos tan dispares constituyen la “materia orgánica fresca” que bajo la acción de factores edáficos, climáticos y biológicos, serán sometidos a un proceso constante de transformación. Un caso particular son los suelos de cultivo, donde el aporte de residuos orgánicos (estiércoles, compost de restos de cosecha, residuos orgánicos urbanos, etc.) puede convertirse en la principal fuente de materia orgánica para el suelo.

La materia orgánica del suelo, preferentemente la fracción humificada, tiene un efecto decisivo y positivo sobre los parámetros que definen la fertilidad global de los suelos y sobre el desarrollo óptimo de los cultivos, ya que interviene en la configuración de numerosas características físicas, químicas y biológicas de los suelos. Así, el aporte de residuos orgánicos al suelo deriva en la mejora de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

La materia orgánica mejora las condiciones de todos los suelos minerales. Por ejemplo, en los suelos arenosos aumenta su capacidad de retención de agua y nutrientes y en los suelos arcillosos mejora su porosidad y facilita el laboreo.

La disminución del contenido de MO va asociada a una degradación del territorio, por ello la MO constituye uno de los indicadores de calidad de los suelos. Le Villio et al. (2001) sugieren un valor mínimo alrededor de 1,1-1,50% de MO en el suelo para minimizar los riesgos de erosión en suelos naturales, poniendo de manifiesto que, en general, en las zonas agrícolas europeas existe un paulatino descenso de los niveles de MO del suelo.

El valor de la materia orgánica en su rol respecto a la fertilidad, la sostenibilidad y la lucha contra la degradación aumenta en presencia de componentes minerales en el suelo que sean capaces de formar interacciones químicas o



fisicoquímicas con la materia orgánica. Estas interacciones se dan fundamentalmente entre la materia orgánica y las arcillas debido a su pequeño tamaño, formando complejos arcillo –húmicos, que son uniones entre arcillas y materia orgánica del suelo, mediadas por cationes divalentes como Ca y Mg, muy estables, insolubles y que constituyen el primer ladrillo en la construcción de agregados.

La formación de la estructura de un suelo, es decir, la interacción entre partículas minerales y materia orgánica para formar agregados viene controlada por una serie de factores que podemos clasificar en abióticos y bióticos.





Factores abióticos:

- ✓ Dependientes de las características del suelo tales como: cantidad y mineralogía de las arcillas, los cationes intercambiables presentes en el complejo (Ca, Mg Fe y Al flocculan arcillas, mientras que el Na la dispersa); presencia de óxidos de hierro y aluminio; presencia de carbonato cálcico; y la existencia de una textura adecuada (franca), que favorezca la formación de unos agregados bien constituidos y duraderos.
- ✓ Dependientes del clima y régimen de humedad tales como: las características de las lluvias (la energía cinética de las gotas de lluvia puede romper el agregado); la alternancia de los estados de humectación y desecación (con exceso de agua prolongado los cementos arcillosos y húmicos tiende a la dispersión, creando una estructura maciza o continua, mientras que la desecación favorece la fragmentación);

Factores bióticos:

- ✓ Naturales tales como: naturaleza y cantidad de materia orgánica, que se une a las arcillas para formar microagregados (los complejos arcillo-húmicos favorecen mucho la existencia de estructuras estables); actividad biológica que da lugar a la formación de polisacáridos y sustancias “pegajosas” (mucílagos) que unen paquetes de granos de arcilla entre ellos y con granos de arena y limo para formar complejos arcillo-húmicos. Las lombrices de tierra mezclan los materiales del suelo, crean canales, ingieren cantidades ingentes de suelo, que excretan mejor estructurado y enriquecido en microorganismos (bioturbación). La presencia de cultivos aporta restos vegetales al suelo y la presencia de densidad radicular en el suelo contribuye a crear estructuras muy estables.



- ✓ Antrópicos: Término procedente del lexema Antro: Humano. Antrópicos: propios de la acción humana.
- ✓ Prácticas que favorecen de la estructuración tales como: aporte de materia orgánica (disminuye los efectos negativos debidos a la acción del agua, ya que confiere al agregado una baja mojabilidad, minimizando la incidencia negativa del agua sobre el agregado); el drenaje subterráneo, que elimine los excesos de agua; el subsolado de horizontes profundos, el aporte de acondicionantes químicos; la labranza mínima.
- ✓ Prácticas inadecuadas que pueden inducir desestructuración tales como: el riego con agua de mala calidad por su alto contenido en sodio; el laboreo con el suelo excesivamente húmedo, la circulación de maquinaria pesada o el paso de los animales; labrar siempre a la misma profundidad que puede dar lugar a una *suela de labor* (capa compactada por debajo de la profundidad habitual de labor por peso de los aperos de labranza).

Las principales funciones de la MO respecto a las propiedades del suelo se puede resumir en:

Efecto de la materia orgánica en las propiedades físicas del suelo

La presencia de materia orgánica en los suelos mejora y previene la degradación de las principales características físicas de los suelos.

- ✓ Color: en general, el color oscuro del suelo está asociado al contenido de humus. La cantidad de calor absorbido o reflejado por el suelo depende en gran parte de su color. Los suelos ricos en humus se calientan más y mantienen un régimen térmico más estable
- ✓ Cohesión: es la resistencia de sus agregados, resulta de la naturaleza e intensidad de los enlaces que une a sus constituyentes. Aunque la



cohesión. está estrechamente relacionada con el contenido de arcilla, las sustancias húmicas actúan como agente cementante de las arcillas formando macroagregados, favoreciendo en los suelos arcillosos la porosidad, la aireación y la circulación de agua y en los suelos arenosos su estabilidad y capacidad de retención de agua y de nutrientes.

- ✓ Estabilidad estructural: está relacionada con la resistencia que ofrece el suelo frente a la acción degradativa de diversos agentes, fundamentalmente el agua y el viento. La materia orgánica mejora la estabilidad estructural y todos los parámetros relacionada con ella, circulación de agua, del aire, del calor, la penetración de raíces de plantas, etc. Favorece la resistencia del suelo frente a la erosión y al encostramiento.
- ✓ Permeabilidad: la materia orgánica aumenta la permeabilidad del suelo al agua y al aire, debido a su acción positiva sobre la porosidad y sobre la actividad de la fauna edáfica, grietas, galerías, etc.
- ✓ Capacidad de retención de agua: tanto los coloides húmicos como la materia orgánica fresca tienen gran capacidad de absorber agua, reteniendo aproximadamente seis veces su peso en agua. Esto es muy importante en los suelos de naturaleza seca y arenosa donde el agua es un factor limitante para la producción.

Efecto de la materia orgánica en las propiedades químicas del suelo

La materia orgánica mejora propiedades químicas de los suelos por su capacidad de almacenar y ceder nutrientes a las plantas, así como por su efecto amortiguador.

- ✓ Poder amortiguador del suelo: la materia orgánica humificada aumenta el poder tampón del suelo, reduciendo el riesgo de variaciones bruscas del pH. El pH del suelo influye sobre la solubilidad/disponibilidad o



toxicidad de elementos, sobre el desarrollo de vegetales, sobre la vida y actividad microbiana, etc.

- ✓ Capacidad de intercambio catiónico: la materia orgánica posee una capacidad de intercambio catiónico (CIC) muy superior a la de la arcilla, gracias a sus grupos funcionales $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, etc. El poder de retención de macroelementos como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , etc. aumenta con el considerable efecto beneficioso que esto supone para la fertilidad global de los suelos agrícolas. En suelos de zonas semiáridas la CIC está comprendida entre 5-30 meq/100g, siendo las arcillas el responsable principal.
- ✓ Contenido en macronutrientes: la mineralización de la materia orgánica, tanto fresca como humificada libera nutrientes, en particular nitrógeno, que quedan en formas asimilables para la planta.

Algunos procesos enzimáticos, atribuibles a la biomasa del suelo, permiten o facilitan la asimilabilidad de algunos elementos. La materia orgánica al descomponerse libera ácidos orgánicos suaves, que disuelven minerales del suelo y quedan a disposición de la planta.

La unión entre los ácidos húmicos y los aniones fosfato (fosfohumatos) impide la precipitación del fósforo en el suelo, favoreciéndose la fertilidad fosfatada del suelo.

Algunos elementos como Fe y Zn forman complejos o quelatos con las sustancias húmicas, evitando la formación de compuestos insolubles y de fijación a las arcillas, y permitiendo a dichos elementos una mayor libertad de movimientos en el suelo.

Por otra parte, el cobre está tan firmemente encerrado en el humus que es el elemento menos disponible en suelos con alto contenido en materia orgánica.

Efecto de la materia orgánica en las propiedades biológicas del suelo



La materia orgánica, humificada o no, tiene una acción determinante en todos los aspectos relacionados con la dinámica de la vida edáfica.

- ✓ Regula el estado oxido-reductor del medio: los ácidos húmicos regulan el estado oxido-reductor del medio en el que se desarrollan las plantas. Cuando el oxígeno es insuficiente, facilitan la respiración radicular de la planta en forma de humatos.
Indirectamente, al mejorar las propiedades físicas del suelo, se favorece la respiración radicular, la germinación de la semilla, etc.
- ✓ Favorece el intercambio gaseoso: por los efectos positivos que la materia orgánica humificada ejerce sobre las propiedades físicas del suelo, de forma indirecta se favorece la difusión de gases entre la atmósfera interna y externa del suelo.
De ello se beneficia la actividad de la población microbiana aerobia, responsable entre otras acciones de la humificación y mineralización de la materia orgánica, nitrificación y fijación de nitrógeno atmosférico.
- ✓ Asegura la producción de CO₂: en su proceso de descomposición la materia orgánica libera CO₂, acidificando la disolución del suelo y favoreciendo la disolución de compuestos minerales de baja solubilidad, asegurando su disponibilidad para la planta.
- ✓ Secuestro de carbono: los suelos tienen capacidad de almacenar carbono en forma de materia orgánica, que puede permanecer estable durante mucho tiempo.
Esta circunstancia contribuye a disminuir el efecto invernadero o de calentamiento global.
- ✓ Estimula la actividad biológica y el desarrollo vegetal: en los suelos con materia orgánica pueden encontrarse gran variedad de vitaminas, B6, B12, riboflavina, etc., estimulantes del crecimiento vegetal como auxinas, giberelinas, etc., e incluso antibióticos, procedentes de la transformación de restos vegetales y de la actividad microbiana.



Así mismo, las sustancias húmicas, a bajas concentraciones optimizan la rizogénesis, aumentando la permeabilidad de las membranas celulares, el contenido de clorofila, la intensidad de la respiración, etc.

1.2.2. Indicadores de calidad del suelo.

Hay un número importante de parámetros que pueden ser Indicadores de la calidad de un suelo.

Pueden ser visuales, físicos, químicos o biológicos.

1. Respiración del suelo
2. Infiltración.
3. Densidad aparente.
4. Conductividad eléctrica.
5. PH del suelo.
6. Nitratos del suelo.
7. Estabilidad de agregados.
8. Desleimiento del suelo.
9. Lombrices.
10. Materia orgánica del suelo
11. Encostramiento.

Algunos de ellos pueden ser evaluados por un agricultor de forma sencilla:

- *La textura.* Tomando con la mano un puñado de tierra cuando el suelo está a capacidad de campo (tempero). Si se nota esponjosidad y fácil desgranamiento, eso indicaría textura media, en principio buen indicador de drenaje. También se puede mojar e intentar formar un cilindro fino y cerrarlo. Si se puede cerrar como si fuera plastilina es que es muy pesado: posibles problemas de encharcamiento, le falta materia orgánica.
- *La respiración del suelo.* El color del suelo puede dar indicios sobre este índice. Un suelo de color claro puede ser causa de un elevado



índice de respiración, lo que indicaría que está perdiendo su materia orgánica. Un color oscuro, por el contrario, daría idea de presencia de materia orgánica.

- *La capacidad de retención de agua.* Haciendo un agujero en el suelo de unos 120 cm de profundidad pueden verse los horizontes de suelo, la existencia de una suela de cultivo, de horizontes más oscuros (orgánicos), algún horizonte arenoso, pedregoso, lo que daría una idea global de esta capacidad.
- *La población de lombrices.* Coger muestras de un mismo volumen de suelo y realizar un conteo de éstas.

Con las características medibles en campo, el agricultor puede desarrollar una metodología que permita estimar la evolución, a mejor o a peor de un suelo. Por ejemplo es posible apoyarse en el conteo de la población de lombrices y en la apertura de agujeros para observar los horizontes de suelo y tomar nota de la evolución de las franjas.

Las demás determinaciones sobre la calidad de un suelo necesitan de un laboratorio, con el instrumental y las técnicas adecuadas. Contamos para ello con instalaciones privadas, que suelen trabajar para las empresas agrarias, además de los laboratorios de los centros de investigación.

La tendencia desde la comunidad científica y universitaria, influenciada por los estudios agroecológicos Bourguiñon, (1990) , Altieri, (1999) se basa en unir a las determinaciones físico-químicas aquellas que nos den información sobre la vida en el suelo (respiración del suelo, índice de germinación, etc.) Sin embargo, este es un proceso en ciernes ya que en los laboratorios comerciales que dan asistencia a las empresas agrícolas, los análisis de suelo estándar siguen siendo únicamente físico-químicos.



1.2.3. Estrategias de manejo.

Manejamos el suelo para conseguir un determinado objetivo. Tanto es así que la simple observación de un territorio o paisaje agrícola nos informa de qué objetivo persiguen los agricultores o gestores en su uso del territorio.

Un lugar estructurado en grandes parcelas de monocultivo sin vegetación en bordes indica que el fin perseguido es la producción de un vegetal a gran escala.

Un territorio con franjas y mosaicos de biodiversidad vegetal indica que además de producir biomasa comercializable se persiguen otros objetivos asociados.

Labrador y Altieri, (2001) ofrecen una serie de recomendaciones de manejo para optimizar la fertilidad del suelo:

- Prioridad de adecuar el sistema de cultivo elegido de acuerdo a la capacidad agroecológica de producción del suelo.
- Aportes de materia orgánica en forma de estiércol, compost, restos de cosecha, abonos verdes como medio insustituible que afecta a todos los aspectos ligados a la vida microbiana y la salud del vegetal.
- La disminución de la cantidad de abonos minerales, adecuando su aporte a las carencias que pueda presentar el abonado orgánico, a estados de reconversión y a períodos críticos de desequilibrios del cultivo.
- La utilización de abonos verdes que mejoran la actividad metabólica microbiana (por el aporte de materiales ricos en azúcares y en nitrógeno) y actúan sobre la movilización biológica de determinados nutrientes difícilmente alcanzables por la mayor parte de los cultivos y además actúan sobre la agregación del suelo.



- El control riguroso y la disminución de los biocidas empleados por las graves consecuencias que tiene su uso sobre la biodiversidad.
- La gestión adecuada de policultivos, rotaciones y cultivos asociados. Su uso aumenta el ciclado de nutrientes en el suelo.
- La conservación del paisaje agrícola. Aumento de la diversificación de los microclimas locales, mejora y conservación del agua, mantenimiento de diversidad de hábitats y especies.
- Minimización de las pérdidas por erosión, además de las anteriores, con la adopción de medidas puntuales específicas como el no laboreo, laboreo de conservación, disposición de setos vivos e implantación de sistemas agroforestales.

Estos sistemas de manejo se detallan de forma más concreta y adaptada a la producción ecológica en el manual técnico de manejo del suelo de Labrador, 2008.

1.3. Suelos agrícolas del Campo de Elche.

1.3.1. Caracterización edafoclimática.

El Campo de Elche forma parte de la Comarca Agraria Meridional de la provincia de Alicante. Según los datos del INE (2007), la Comarca Meridional tiene una superficie total de 144.606 ha. Administrativamente está compuesta por 30 municipios, siendo los más extensos Orihuela (365,44 km²), Elche (326,07 km²) y Crevillente (104,55 km²).

La comarca tiene una población de 671.014 habitantes (INE 2007), con una densidad de 464 habitantes por kilómetro cuadrado. La población se concentra en Elche (228.348 habitantes), Torrevieja (101.381 hab.) y Orihuela (84.626 hab.).



En la figura 1.1 se presenta la parte de la comarca en la que queda enmarcado el Campo de Elche. Las flechas verdes corresponden a las zonas de dónde hemos tomado las muestras para este trabajo.

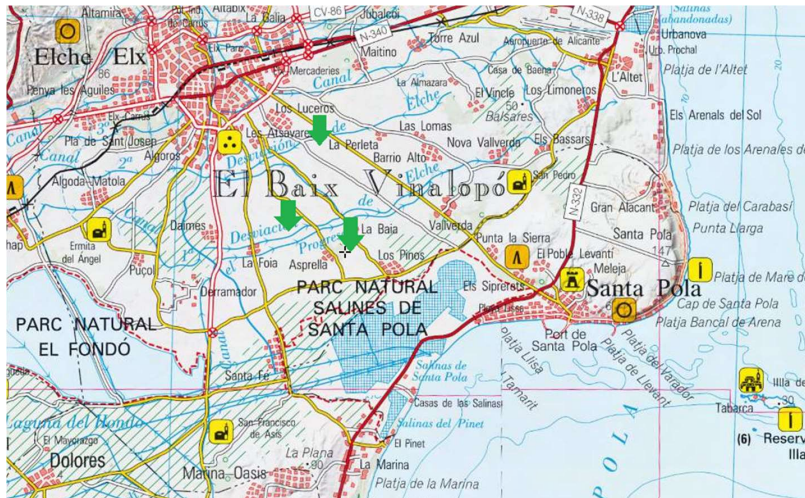


Figura 1.1. Elche y comarcas adyacentes con los puntos de muestreo.

Fuente: Sigpac. MAPA.

Tomando a Fernández et al, (2014), la comarca está situada en el Sur de la provincia, comprendiendo la costa más meridional de Alicante y coincidiendo con los Cabos Roig y Santa Pola. Presenta un relieve suave, con grandes llanuras, solo alteradas por alguna sucesión de pequeñas sierras. En general, se alcanzan altitudes entre 0 y 721 metros, con pendientes medias del 1 al 4%. En esta costa alicantina desembocan los ríos Segura, Seco, Nacimiento y Vinalopó. Este territorio se caracteriza por la existencia de grandes salinas como las de Torrevieja, Braç del Port y La Mata.

Los grupos de suelos más representativos en función de la Taxonomía edafológica del USDA-NRCS son: Calciorthid (67% de superficie) y Torrifluent (32%).



• Calciorthid: son suelos calcáreos y profundos (100-150 cm) con un pH básico. Tienen un contenido bajo en materia orgánica y su textura es franco-arenosa.

• Torrifuvent: son suelos profundos (100-150 cm), con un pH básico. El contenido en materia orgánica de estos suelos varía en función de la frecuencia de inundación y la fuente de sedimentos. Textura franca y franco-arcillosa.

En la figura 1.2. Se presenta el mapa con los tipos de suelo de la comarca. La flecha amarilla representa la zona del Campo de Elche de dónde hemos tomado las muestras de suelo para este trabajo. Se encuentran en el borde entre los suelos Calciorthid y Torrifuvent.

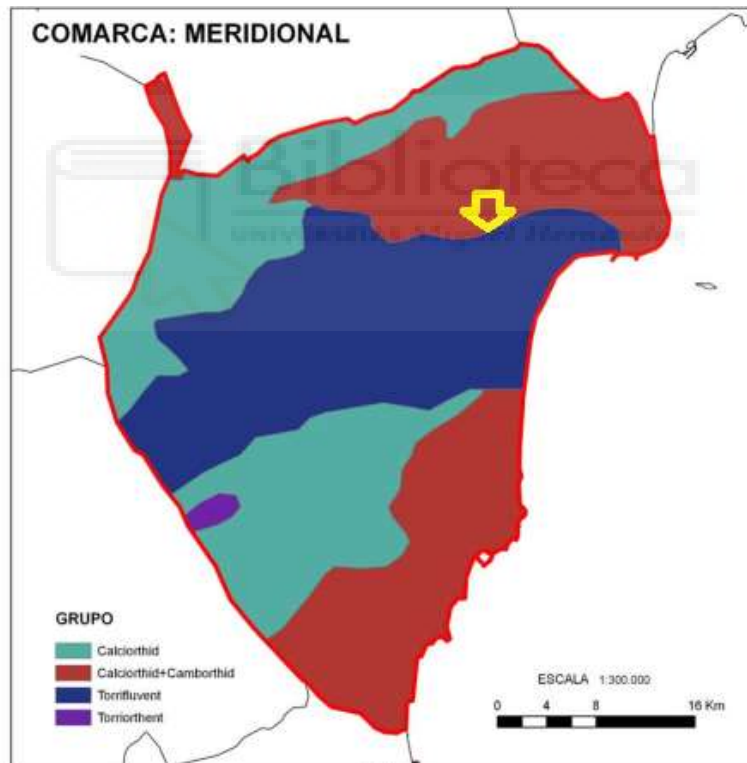


Figura 1.2. Mapa edafológico de la comarca meridional (Alicante). Fuente: Fernández et al, 2014.



Respecto a la climatología, el periodo frío o de heladas (número de meses en los que la temperatura media de las mínimas es inferior a 7 °C) aumenta de 1 a 3 meses de forma paralela a la costa siguiendo el sentido E-O.

El periodo cálido (número de meses con una temperatura media de las máximas superior a 30 °C) varía de 0 a 1 mes en las zonas costeras de Torrevieja y Orihuela, de 2 a 3 meses en zonas del interior (municipios de Orihuela, Albuera, Crevillente y Elche) y de 1 a 2 meses en el resto.

Por su parte, el periodo seco o árido se prolonga durante 7 meses en la mitad sur, 8 meses en la mitad norte, llegando hasta 9 meses en el norte de Elche y Santa Pola. Este último periodo se define como el número de meses con déficit hídrico (diferencia entre la evapotranspiración potencial -ETP- y la real).

Podemos analizar los usos más adecuados del suelo del Campo de Elche, comenzando por calcular el índice edafoclimático de Meigs y el grado de aridez. En nuestro caso lo haremos también de otros puntos de la Península Ibérica de comunidades autónomas distintas con la intención de comparar con nuestra zona de estudio.

Para el análisis del uso del suelo del Campo de Elche, tomamos los datos anuales de precipitación P y evapotranspiración ETP, disponibles en la Agencia Estatal de Meteorología (www.aemet.es). En este caso adjuntamos los datos de otros municipios de España para entender mejor la importancia relativa.



Los datos recogidos aparecen en la tabla 1.1.

CCAA	Lugar	Precipitación anual media (mm/año)	Evapotranspiración, ETP* (mm/año)
Galicia	Ourense	811	800
Extremadura	Cáceres	551	1200
Aragón	Teruel	378	1200
Cataluña	Lleida	342	900
Región de Murcia	Alcantarilla	290	1200
C. Valenciana	Elche	277	1200

Tabla 1.1. Precipitación anual media de Elche y otros municipios, fuente: AEMET. Valores climatológicos normales. Periodo 1981/1986-2010. <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos>

ETP.* (evapotranspiración potencial Penman-Monteith). Elegimos ésta aunque sería más concreta la de ThornWaite. Ministerio Agricultura <http://www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/simpa-serie-corta.aspx>

Para los cálculos y resultados tomamos los datos de la tabla 1.2.

El índice de Meigs es el cociente entre precipitación y evapotranspiración potencial P/ETP . Después de obtenido este, el resultado de aridez viene definido por gradación establecida por la UNESCO. <0.03 hiperárido; 0.03-0.20 (árido); 0.2-0.50 (semiárido).



Lugar	Índice de Meigs (P/ETP)	Grado de Aridez
Ourense	1,01	Ninguno
Cáceres	0,46	Semiárido
Teruel	0,32	Semiárido
Lleida	0,38	Semiárido
Alcantarilla	0,24	Semiárido
Elche	0,23	Semiárido

Tabla 1.2. Índice de Meigs y grado de aridez de Elche y otras poblaciones.

Podemos observar que las localidades de Alcantarilla y Elche están muy cerca de pasar al siguiente grado, nivel: árido.

Una vez clasificado el suelo, según el escenario en que nos encontremos, podemos correlacionar los tipos de suelo con una capacidad de uso, según el Modelo mediterráneo de evaluación de suelos. Es un sistema simplificado de clases de capacidad de uso, tomado del enfoque USDA y adaptado para España y Portugal.

En el caso del suelo del Campo de Elche se obtiene que una vez analizada la evapotranspiración de la zona y clasificado el suelo a partir de sus características, que son en parte consecuencia de dicha evapotranspiración, tenemos suelos con “ninguna o con moderadas limitaciones para ser usados como suelo agrícola intensivo o moderadamente intensivo”.



Es importante tener en cuenta que las mediciones de evapotranspiración se han hecho sobre suelos con una vegetación característica de la zona, no sobre suelos totalmente exentos de vegetación como un suelo labrado.

En un suelo labrado la evapotranspiración es mayor que en el mismo suelo con vegetación.

Probablemente en el suelo labrado el grado de aridez UNESCO sería inferior a 0.20 por lo que pasaría a ser clasificado como suelo árido en lugar de semiárido.

Así, las características agrarias comarca Meridional de Alicante hacen referencia al uso encontrado en la clasificación de suelos.

Según datos del MARM presentados por Fernández et al, 2014, la comarca está marcada por la presencia del río Segura, que la divide en dos determinando la economía preferentemente agrícola de ésta. Este río se canaliza mediante acequias para regar los principales cultivos de la comarca: naranjos, limoneros y almendros. Aunque actualmente la mayor parte del regadío se hace con agua del trasvase Tajo-Segura. Las tierras de cultivo se reparten por todos los municipios aunque en menor proporción en los costeros. En total son tierras de cultivo el 49,7% del territorio comarcal.

Los municipios que más tierras de cultivo presentan son: Orihuela (21.013 ha) y Elche (14.257 ha). El 87% de ellas son de regadío, y algo más de la mitad lo conforman los cultivos leñosos. Entre los cultivos herbáceos destacan las brasicas, col, coliflor, brocoli, que representan el 19,32%, seguidas de la alcachofa (12,08%). El resto de hortalizas alcanza el 24,27%.

Todas estas clasificaciones nos indican que nuestro suelo es bueno para generar vida, para producir biomasa. Ahora bien, ya que el suelo está



gestionado por humanos, para que esta circunstancia se produzca eficientemente y de forma duradera, ha de estar acompañada de otros factores que básicamente son el manejo que los humanos hagamos de él.

Puesto que podemos elegir manejos muy diferentes en un suelo de características iguales, si obtenemos resultados medibles diferentes, podremos atribuir dicha diferencia al manejo. Esa es la base empírica de este trabajo.

1.3.2. Suelos agrícolas desde el punto de vista del territorio.

El territorio es el resultado de la relación entre el humano y el medio que le rodea. Es el sistema de elementos, naturales y artificiales, sobre los que el ser humano desarrolla su actividad vital, y que es modificado por su acción en función de sus necesidades e inquietudes. Por tanto hemos de tener en cuenta el valor que le dan los propietarios y gestores de la tierra a la hora de estudiar el uso que le dan, el manejo que hacen, sobre el suelo agrícola.

1.3.2.1. Contexto socioeconómico del campo de Elche.

Elche (o Elx), es la tercera ciudad más poblada de la Comunidad Valenciana, con un total de 228 675 habitantes. El 83% vive en el casco urbano. El 17% vive en el área rural pero la mayoría de éstos trabaja en la ciudad, su fuente de ingresos no proviene de la actividad agraria.

El sector mayoritario gira en torno a la industria del calzado y ocupa al 78% de la población. El segundo sector en importancia es el comercial y servicios, con una pequeña parte dedicado al turismo, que cuenta con los atractivos de sus costas y una tradición cultural ligada al palmeral.

El sector primario, la agricultura, ocupa apenas al 2% de la población, está basado en minifundios de regadío. La mayoría de las explotaciones son de tipo



familiar, dedicadas a la producción de hortalizas, frutales y viveros. Cada vez más los receptores de la tierra tienden a arrendarla de a empresas agrarias de la zona que concentran la producción. El agua de riego procede del trasvase Tajo-Segura. <http://www.elche.es/datos-socioeconomicos/elche-en-cifras/>

La agricultura del campo de Elche se ha dirigido en los últimos 10 años a la producción de granado de la variedad mollar que es gestionada por la cooperativa Cambayas, empresas tipo SAT y varias SL comercializadoras. En este sector encontramos agricultores de una franja de edad entre los 40 y los 65 años. Debido a la estacionalidad de la producción y al minifundismo propio de la zona, sólo una pequeña parte de los productores de granadas viven exclusivamente de esta actividad. Muchos de ellos delegan el mantenimiento de la finca, tratamientos y recolección en la cooperativa o en la comercializadora, de modo que los granados son un complemento a su renta principal, normalmente en la ciudad, en el sector servicios, calzado y construcción.

Existe otro tipo de agricultor que basa toda su renta en agricultura, ya que produce hortalizas en régimen intensivo con una diversidad de especies y una programación de cultivo que le aporta ingresos todo el año..

La mayoría de estos horticultores son pequeños empresarios individuales, relativamente jóvenes respecto a la media, con edades entre los 35 y los 55 años. Mantienen explotaciones familiares de unas 0.5 has y se dedican a la producción de hortalizas al aire libre y en invernadero. En su finca trabajan normalmente además del agricultor, su mujer y 2 ó 3 peones agrícolas que hacen labores de plantación, mantenimiento y recolección. El agricultor realiza todas las faenas asociadas a cada uno de los procesos: programación de cultivos, plantación, riego y abonado, envasado en campo, transporte y gestión de la empresa. Los productos de sus explotaciones son hortalizas de invierno



(coliflor, brócoli y alcachofa al aire libre; tomate y pimiento en invernadero) y hortalizas de verano (calabacín y berenjena).

El presente trabajo está dirigido a todos los tipos de tenencia de la tierra. A qué hacer con parcelas que no se cultivan durante años.





1.3.2.2. Contexto cultural. Relación con el territorio. Usos y costumbres de “buen labrador”

La cultura de “buen labrador” que reposa en el Campo de Elche proviene de la tradición agrícola basada en el arado de tierras. Desde el pasado, las tierras se labran cuando hay en ellas un descanso entre cultivos. Normalmente se dejaban en barbecho (descanso del suelo los meses de verano o a lo sumo 1 año para almacenar agua y separar la repetición de cultivo). A esa base agrícola tradicional se añadieron en la 2ª mitad del siglo XX los valores de la agricultura industrial basada en los insumos derivados del petróleo, entre ellos los herbicidas, en los que un suelo desnudo era más “sano “ que uno con cubierta vegetal. El resultado ha sido la costumbre implantada en las últimas décadas: la excelencia del agricultor/propietario cuando un bancal no está produciendo consiste en mantener el terreno con un nivel 0 de hierbas adventicias. Esto contradice de pleno la realidad de que la mayor evapotranspiración de un suelo se produce cuando está desnudo.

Nos preguntamos cómo es posible una contradicción tan grande en un área del mundo con un clima mediterráneo seco. Aquí la principal preocupación para mantener la fertilidad de los campos es la escasez de recursos hídricos y la necesidad de mantener hidratado el suelo y el vegetal, por lo que labrar la tierra, tiene sentido que se considere una técnica buena para recoger el agua y que no se pierda por escorrentía . Pero, qué decir de la recogida de materia orgánica?. La fertilidad de un suelo no consiste sólo en la capacidad de retención de agua. Además, hay otras maneras de retener agua aparte de aplicar labores de arado.

Proponemos que la explicación de esta aparente contradicción puede estar en la duración en el tiempo del manejo “descanso del suelo”. En un contexto agrícola perteneciente al pasado, en que la mayor parte de la población vivía



de la agricultura, los campos se labraban y quedaban desnudos sólo entre cultivos, o a lo sumo un par de años.

Los responsables del manejo agrícola consideraban que esta situación era positiva. Aún podemos encontrar en la zona la expresión: “la tierra está en barbecho”, “la tierra está descansando”, “ qué bien producirá la parcela con lo descansada que está”. El problema es que son expresiones que utilizadas hoy día se quedan fuera de su contexto original. Ahora se usan para referirse a parcelas dónde hace más de 10 o 15 años que no se cultiva.

Para la comunidad científica son campos abandonados.

1.3.3. Los nuevos receptores de la tierra.

Según Fernández et al, (2014), el barbecho y otras tierras no ocupadas representan en nuestra comarca el 13,7% de la superficie total. Pero si calculamos el porcentaje respecto a las tierras de cultivo, estas áreas no ocupadas representan el 27,5%. Esto supone que casi 1 de cada 3 has de terreno cultivable está en la actualidad sin cultivar.

Por lo que decíamos en el capítulo anterior, según la costumbre, cuando un agricultor deja de cultivar una parcela o bancal, el mantenimiento que hace de ella es dejarlo labrado, con la tierra desnuda y ni una sola hierba, ni siquiera en los márgenes. La figura 1.3 muestra una imagen de una finca típica agrícola del campo de Elche, con la casa tradicional rodeada de algunos árboles. El resto de la parcela la constituyen bancales labrados y desnudos.



Figura 1.3. Finca del campo de Elche con la tierra sin cultivar desde hace años.

La fotografía aérea corrobora los datos comentados. Si observamos una fotografía aérea del campo de Elche procedente del SIGPAC o de Google earth, solamente de forma visual, ya se aprecia que cerca del 30% de la superficie no está cultivada. (ver fotografías en figuras 3.2, 3.3 y 3.4 del capítulo siguiente). La reflexión más significativa es que si consideramos la foto en un momento concreto podemos pensar que están descansando para el siguiente cultivo pero si seguimos la búsqueda en Google earth mirando imágenes de tiempo anterior, veremos que esos bancales llevan labrados sin cultivar más de 10 o 15 años, por tanto no están descansando.

Esta situación es la que se encuentran los nuevos receptores de la tierra, que no son agricultores, son hijos o nietos de agricultor que trabajan en la ciudad. Reciben una cantidad de Has en blanco que hace años que no se cultivan y la adoptan con ciertas cargas culturales, entre ellas la de que si no se cultiva ha de estar labrada y sin hierbas. No hacerlo supone traicionar los valores familiares y contradecir al resto de propietarios locales.



Los nuevos receptores de la tierra tienen entre 30 y 50 años, una formación media o superior en estudios que normalmente no tienen que ver con el medio rural. Aunque entienden el valor que reciben en cuanto a qué manejo es el correcto cuando el suelo no está cultivado, están influenciados por la información que llegan de los medios de comunicación y las redes sociales sobre la necesidad de conservar el suelo para detener la desertificación y el cambio climático. Con las premisas de las que parten, se preguntan qué hacer con la tierra recibida para que reciba una gestión adecuada y responsable. Las opciones más comunes que encontramos en nuestra zona son:

- Opción 1. Venderla para que otros construyan casas de fin de semana. La mayoría de las parcelas agrícolas no se puede vender para ese uso porque son menores de 1 Ha, superficie mínima que marca la legislación para edificar en zona rústica.
- Opción 2. Arrendarla para que algún agricultor, SAT(Sociedad Agraria de Transformación) o SL(Sociedad Limitada) la cultive asociada a otras parcelas limítrofes formando una finca mayor que sea rentable . Esta una opción factible si la superficie es al menos de 0.5 Has. Aunque en realidad esta opción solo es posible en la zona Sur Oeste del Campo de Elche, donde todas las parcelas tienen instalada agua de riego a presión por sistema de contadores, proveniente del Trasvase Tajo-Segura. En el resto del municipio es inviable para los empresarios agrícolas arrendar tierras para aglutinarlas ya que no tienen dotación de agua por contadores.

En todo caso el ingreso que el nuevo receptor obtendría es el correspondiente al valor de arrendamientos rústicos de la zona: aproximadamente 600 €/año por Ha. La mayoría de los receptores han recibido una media de 0.5Has, por tanto tomar esta decisión les supone unos ingresos de 300 €/año. Es una cantidad ridícula para un asalariado



de la ciudad que cobra una media de 1200 €/mes. La mayoría de los dueños aceptan esta opción no tanto por los escasos ingresos que supone sino por lo que dejan de pagar. Se ahorran los costes de mantener la parcela cuidada ya que de ello se ocupará la persona que la ha arrendado.

- Opción 3. Seguir haciendo el manejo tradicional: labrarla 2 ó 3 veces/año justo después de las dos o tres lluvias habituales para que nunca nazca vegetación. El coste de realizar esta operación es aproximadamente de 30 €/hora. Se necesitan 3 h para 0.5Has, dos veces al año= 180€/año. La opción de mantener el suelo en blanco suele llevar aparejada el uso de 2 tratamientos anuales de herbicida en márgenes, también para que no nazca vegetación o para eliminar la que germina con la lluvia: 60€/año. Total, mantenimiento de bancal para que no tenga vegetación: 240 €/año. Si se deja así durante años se considerará cuidado por la comunidad local, pero se considera abandonado desde el punto de vista científico (agroecología y agronomía).
- Opción 4. No hacer nada. No antrópica. Saldrán hierbas, caracoles y se considerará abandonado, desde todos los puntos de vista. Riesgo de denuncias por parte de los vecinos y de la multa consecuente desde el SEPRONA. Esta opción se está extendiendo entre el mosaico de tierras, sobre todo en las parcelas de las zonas sin contadores (sin posibilidad de riego, y por tanto sin valor para arrendar).
- Opción 5. Dejar que salgan hierbas y segar. Es un sistema con un coste de tractor similar al de labrar (los mismos pases de tractor, pero en lugar de voltear y triturar la tierra para que no germine nada, se pasa con una segadora dejando las hierbas nacidas a 15 cm de altura y depositando la



biomasa segada en el propio bancale). Este sistema no se utiliza hoy día debido como decíamos a la cultura de “buen labrador”, que entiende que un bancale no cultivado ha de estar labrado y en blanco.

- Opción 6. Sistemas novedosos de revegetación dirigida, como el desarrollado en Japón por el ingeniero y filósofo Nasunobu Fukuoka, basado en la siembra de semillas multiespecíficas conservadas en bolas de arcilla.





2. Objetivos y síntesis.

2.1. Qué manejo es mejor para el campo que lleva años sin cultivar.

El objetivo del presente trabajo es ofrecer respuestas a la pregunta de qué hacer con un campo que recibimos de nuestros antepasados si no nos vamos a dedicar a la agricultura y queremos dejarlo en las mejores condiciones para las generaciones posteriores. Intentaremos además establecer con qué manejo el suelo conservaría su calidad mientras somos nosotros sus responsables.

Desde el enfoque agroecológico, las decisiones que tomamos sobre la tierra son parte de un sistema con tres dimensiones: económica, medioambiental y social. Uno de los pilares de la sostenibilidad de la dimensión medioambiental de un agrosistema es la sostenibilidad del recurso suelo. Como se ve, estamos hablando de agricultura de conservación o manejo de conservación.

Para ello analizaremos el estado de los suelos muestreados: la evolución de su calidad con el paso de las décadas en función del manejo que hayan recibido. Una vez analizada su calidad pretendemos sacar conclusiones de qué manejo es el que ha mantenido o mejorado su fertilidad en aras de seguir siendo un recurso valioso para las generaciones futuras.

Si revisamos la bibliografía relacionada obtendremos las siguientes conclusiones, que son las premisas de que partimos, dijéramos nuestra hipótesis, que comprobaremos al analizar los diferentes suelos.

Las consecuencias para el suelo de dejar durante décadas la tierra labrada sin cubierta vegetal son:



- Evapotranspiración elevada. Mayor que en cualquier otro sistema de manejo.
- Balance negativo del flujo de Materia orgánica. No entra nada y va saliendo con el tiempo .
- Erosión del suelo. Pérdida progresiva del suelo por efectos de la erosión hídrica y eólica.
- Reducción de la biodiversidad. Casi total eliminación. Al no haber cubierta vegetal, no se acercan insectos, ni aves y la microflora bajo el suelo es mínima.
- Desertificación. Consecuencia a largo plazo que se genera a partir de todas las anteriores.

2.2. Revisión del concepto de campo abandonado en la zona del campo de Elche.

En este estudio hablamos de un suelo abandonado desde el punto de vista de su uso. Por supuesto que no lo está desde una visión administrativa o de propiedad. Los suelos a los que nos referimos tienen un dueño, unas escrituras de propiedad, un pago de impuestos locales, derechos de riego de las comunidades de regantes y están sujetos a la legislación relativa a la tenencia y mantenimiento de propiedades rústicas.

Decimos que están abandonados desde el punto de vista de su uso cuando llevan más de 10 años sin cultivar. Sin cultivar quiere decir que, o bien no se han tocado en 10 años, por lo que ha aparecido una sucesión de vegetación (suelos no antrópicos), o bien se refiere a suelos que han permanecido desnudos durante ese tiempo porque las parcelas han sido labradas cada vez



que llovía para impedir cualquier germinación, dando como resultado barbechos sin ningún tipo de vegetación durante ese periodo.

2.3. Síntesis

El trabajo intenta averiguar qué nivel de calidad del suelo obtenemos con las diferentes tecnologías de manejo disponibles, que serán abordadas en el capítulo 1.1.3. Estrategias de manejo.

Contaremos con cinco estrategias diferentes. Por tanto se tomarán muestras de 5 suelos que han recibido cada uno una de estas estrategias resumidas en:

1. Suelo no antrópico. NA
2. Siembra de semillas envueltas en arcilla, técnica de Nengo Dango. ND
3. Suelo arado sin plantar. A
4. Monocultivo de hortalizas. MC
5. Huerto ecológico/orgánico. HO

En resumen, el trabajo consiste en valorar aspectos objetivos de las características de diferentes suelos elegidos como representantes de las opciones de manejo enumeradas arriba y descritas en el apartado anterior.



3. Material y métodos

3.1. Diseño y desarrollo experimental

Para la realización de este estudio se tomaron muestras de suelos del Campo de Elche que hubieran estado más de 10 años sin cultivo y que recibieron después de ese periodo de abandono diferentes tipos de manejo. En las muestras se han analizado en el laboratorio diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos que pueden aportar información sobre sus características como suelo agrícola. A partir de los datos resultantes se han establecido conclusiones sobre la relación entre el manejo recibido y las características de calidad de dicho suelo desde el punto de vista de la fertilidad, de su valor como recurso del sistema agroecológico.

Las muestras se han tomado de fincas de varias partidas rurales del campo de Elche: Asprillas, y Atzabares alto. Contamos con la información sobre el manejo que tomamos junto a la muestra, aportada por los propietarios o responsables actuales de cada parcela.

En la tabla 3.1 se enumeran las muestras recogidas, con el código que se le ha asignado y un resumen del manejo recibido, así como datos relacionados con su localización dentro del Campo de Elche y el nombre de la persona que ha realizado el manejo de cada parcela.



código manejo	Descripción manejo	Coordenadas sigpac	Gestor de la parcela	Nombre de la partida rural
NA	Suelo no antrópico	X: 704.283,10 Y: 4.232.861,08	Cristina Urbán Espinosa	Asprella (zona media)
ND	Semillas envueltas (nendo dango)	X: 704.283,10 Y: 4.232.861,08	Sofía Ordóñez Urbán	Asprella (zona media)
A	Suelo arado	X: 704.283,10 Y: 4.232.861,08	Francisco Urbán Sempere	Asprella (zona media)
MC	Monocultivo	X: 705.168,81 Y: 4.231.921,17	Vicente Luna Pérez (Frutas Alhambra SL)	Asprella (zona baja)
HO	Huerto orgánico	X: 704.474,48 Y: 4.236.596,99	Antonio Ruz Lucena	Atzabares Alto

Tabla 3.1. Tipos de suelo estudiados. Registro de manejo, localización y gestión.

Como se observa en la tabla 3.1 tenemos 5 parcelas, cada una de ellas con un sistema de manejo diferente. Todos los casos corresponden a pedanías del Sur del Campo de Elche, son de textura similar, de franco arcillosa a franco arcillo-limosa.

La localización de las parcelas aparece en la figura 3.1., donde se aprecia detalle del Campo de Elche con sus pedanías y su posición respecto a la comarca meridional descrita en el apartado de introducción 1.3.1. En las pedanías de Asprella y Alzabares aparecen 3 flechas marcadas en verde que corresponden a la posición de las 5 parcelas muestreadas. Se observa que todas las parcelas se encuentran en la pieza de la comarca definida como suelo Calciorthid: suelos calcáreos y profundos con un pH básico, un contenido bajo en materia orgánica y su textura es franco-arcillosa.



Figura 3.1. Localización de las parcelas en las pedanías. Fuente: Sigpac. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

En las siguientes figuras 3.2, 3.3 y 3.4 detallamos la parcela de muestras dentro de cada flecha verde marcada en la figura 3.1.

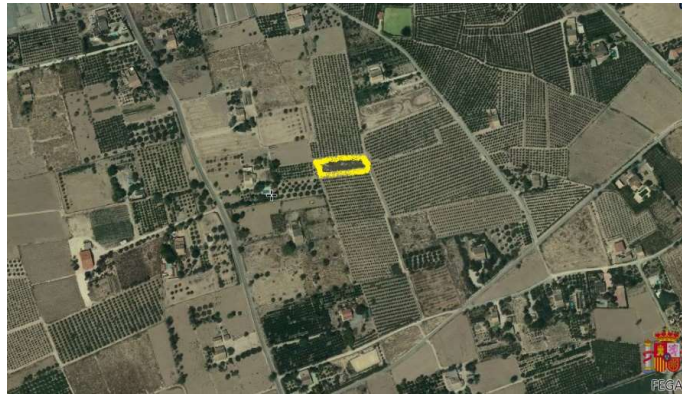


Figura 3.2. Localización de las parcelas NA, ND, A. Asprella, zona alta.

Fuente: Sigpac. MAPA.



Figura 3.3. Localización de la parcela MC. Asprellas, zona baja.

Fuente: Sigpac. MAPA.



Figura 3.4. Localización de la parcela HO. Atzabares alto.

Fuente: Sigpac. MAPA.

Es importante considerar que el periodo en que cada suelo muestreado ha estado con el manejo actual es diferente, como puede verse en la tabla 3.2, que indica los últimos manejos recibidos por cada uno y la distancia de estos respecto a la fase en que podemos considerar que fueron suelos abandonados.

Tabla 3.2. Duración de cada manejo y distancia de éste al periodo de suelo abandonado.

Código de manejo	Descripción del manejo	Periodo	2001-02	2003-04	2005-06	2007-08	2009-10	2011-12	2013-14	2015-16	2017-18
		Anterior a 2001									
NA	Suelo no antrópico	10 años arado sin cultivo. Cultivos anteriores: Almendro.	Arado sin cultivo. (Suelo desnudo)							Sin actuación	
ND	Semillas envueltas (nendo dango)	"								Siembra de Nendo Dango	
A	Suelo arado	"								Se sigue arando	
MC	Monocultivo	13 años arado sin cultivo. Cultivos anteriores: Almendro, hortalizas.								Monocultivo	
HO	Huerto orgánico	10 años arado sin cultivo. Cultivos anteriores: Cítricos.								Huerto ecológico	



3.1.1. Suelo arado.

Este manejo consiste en labrar la tierra cada vez que llueve para que no salgan hierbas adventicias. El tipo de arado que se utiliza es la fresadora o el cultivador. Es una labor poco profunda que suele producir una suela de labor a unos 30 cm de profundidad. Este sistema de dejar la tierra en blanco es muy utilizado en la zona cuando se decide que el bancal no se planta. Suele llevar aparejado el uso de herbicidas de contacto en los márgenes de la parcela.

En la figura 3.5 observamos el estado de la parcela en diferentes épocas del año. La parte que indica el mes de enero se ve de un color más oscuro porque acababa de labrarse (la tierra estaba en condiciones de tempero), mientras que la fotografía de octubre se hizo después del verano, cuando aún no habían caído las lluvias del otoño.



Figura 3.5. Suelo con el manejo de arado.



3.1.2. Suelo no antrópico.

Este manejo consiste en no realizar ningún manejo (ninguna actividad humana) en una parcela concreta. En la figura 3.6 apreciamos diversas fases por las que ha pasado esta parcela. La fotografía de la izquierda muestra la parcela después del verano y antes de las lluvias, con la biomasa que se produjo en la primavera de 2017 una vez seca durante la época estival de ausencia de precipitaciones. La fotografía de la derecha muestra adventicias germinadas durante el otoño de 2017.



Figura 3.6. Manejo no antrópico.



3.1.3. Suelo sembrado con semillas envueltas en arcilla.

Este manejo se basa en la técnica de revegetación de “nendo-dango”, recuperada por Fukuoka, ingeniero y filósofo japonés con experiencias exitosas en varias zonas del planeta y con gran influencia en asociaciones internacionales y redes sociales agrarias de agricultura de conservación.

Según Fukuoka, 2015, la técnica de envolver semillas autóctonas de especies autóctonas en bolas de arcilla es una manera de aumentar las probabilidades de que una siembra superficial acabe germinando y estableciéndose en el suelo. La teoría se basa en que la semilla solamente se hincha e inicia el proceso de germinación cuando la lluvia caída es suficientemente intensa como para hacer que se humedezca completamente la esfera de arcilla. Esto aumenta la probabilidad de que una vez hinchada, el suelo esté lo bastante húmedo como para que la primera fase de instalación de la plántula se complete. Si la semilla cayera desnuda al suelo sin pasar este filtro de mínimo de pluviometría, el porcentaje de plantas instaladas es del orden de 100 veces menor que con el nendo dango.

En la figura 3.7 observamos el estado de la parcela sembrada con nendo dango, el nivel de vegetación y una muestra de las observaciones realizadas sobre aumento de la biodiversidad.

En la figura 3.8 se ilustra la manera de preparar las bolas de nendo dango y el resultado final listo para ser sembrado.



Figura 3.7. Suelo sembrado con nendo dango.



Figura 3.8. Formación de bolas de arcilla a partir de semillas, agua, compost y tierra arcillosa (estructura de “nendo dango”).



3.1.4. Suelo con monocultivo de hortalizas convencional.

Esta parcela sigue el manejo convencional de producción de hortalizas de la zona. Realiza de una a dos plantaciones de brasicas en invierno y una tercera de calabazas en verano. Este programa se repite cada año desde hace más de 5 por lo que a nivel de criterios de rotación o asociación de cultivos podemos considerarlo un monocultivo. La gestión del suelo se basa en la adición de fertilizantes de síntesis y el aporte bianual de estiércol de oveja sin compostar. Todas las aplicaciones son registradas con un sistema de trazabilidad basado en el protocolo de calidad de GlobalGap. El manejo del suelo se completa con 3 pases de arado cada medio año, los primeros más profundos con subsolador o arado de discos, seguidos de cultivador, hasta acabar con un pase de fresadora.

En la figura 3.9 podemos ver el estado de la parcela en la época en la que fueron tomadas las muestras. El suelo se riega por goteo. Cerca de la zona de humedad que mantiene el acolchado pudimos encontrar una población media de lombrices de tierra.



Figura 3.9. Suelo manejado con producción convencional de hortalizas.



3.1.5. Suelos con cultivo de huerto ecológico.

Esta parcela se maneja conforme a las prácticas de agroecología, basando la fertilización en el estado del suelo y no tanto en las necesidades de la planta. El gestor de ésta realiza asociación y rotación de cultivos, contando con más de 9 especies diferentes de plantas a la vez, de más 4 familias de hortalizas. La gestión del suelo se basa en el aporte de restos de cultivo y hojas de jardín compostadas, con una frecuencia de 3 veces al año y aportes de 4 kg/m². Después de cada aporte realiza una labor muy superficial de mezclado de la capa nueva, favorece la oxigenación y con ello efectúa una perturbación que activa la vida en el suelo.

En la figura 3.10 ilustra el estado del suelo durante la toma de muestras y la importante cantidad de lombrices que se encontraban al cavar.



Figura 3.10. Huerto orgánico.



3.2. Métodos analíticos

3.2.1. Toma y preparación de la muestra

Como se ha visto en el apartado anterior hemos partido de 5 parcelas, cada una de ellas con un sistema de manejo diferente. De cada una de las parcelas se seleccionaron al azar 9 puntos de muestreo, de los cuales se tomaron muestras que posteriormente se integraron en 3 muestras representativas de cada parcela, dando lugar a 15 muestras básicas. Para reducir el error de laboratorio, en cada muestra se analizaron todos los parámetros por triplicado.

Para realizar este ensayo se realizaron dos tipos de muestreos:

- 1.- Para análisis especiales, tales como densidad aparente, se tomaron muestras de suelo no alteradas, obtenidas normalmente con un instrumental especializado (en este caso equipo toma muestras dotado de cilindro metálico para la toma de muestras de suelo inalteradas). Estas muestras se conservan en su estado natural y se envían al laboratorio lo antes posible sin perturbar dicho estado.



Figura 3.11. Detalle de la toma de muestras no alterada.

2.- Para el resto de parámetros, se realizó el muestreo en cada una de las parcelas de estudio en los primeros 25 cm de profundidad, mediante un equipo toma muestras de la marca *Eijkelkamp*. Cada muestra integrada fue llevada al laboratorio, donde se subdividió en dos fracciones: una se guardó a 4°C para la determinación de la respiración edáfica y el resto se secó al aire para posteriormente ser tamizadas con un tamiz de 2 mm de luz, excepto una fracción destinada a la determinación de estabilidad de agregados, y envasadas en bolsas herméticas debidamente etiquetadas para su manejo y posterior análisis.

Para el global de las determinaciones se ha seguido la metodología de análisis de suelos e interpretación de Marañés et al, 1994.



3.2.2. Parámetros analíticos

3.2.2.1 Densidad aparente.

La densidad aparente (ρ_a) de un suelo es la relación que existe entre la masa del sólido y el volumen total ocupado por el sólido y por el espacio poroso. La masa del sólido se determina pesando una muestra seca a 105°C , y el volumen total se deduce del cilindro utilizado para la toma de muestras. (Marañés et al,1994).

En la figura 3.12 se ilustra la fase de pesada después del secado de la muestra.



Figura 3.12. Densidad aparente. Fase final de pesada.



3.2.2.2. Elementos gruesos o fracción gruesa.

El porcentaje de elementos gruesos, con un tamaño superior a 2 mm \varnothing , se calcula pesando una cantidad de suelo bruto y pesando la fracción que queda encima del tamiz. El porcentaje de tierra fina, con un tamaño inferior a 2 mm \varnothing , se calcula restando 100 menos el porcentaje de elementos gruesos.

En la figura 3.13 puede verse la fase de secado y la de cribado.



Fig 3.13. Muestras iniciales y proceso de separación fracción fina/gruesa.

Después de separar la fracción fina y gruesa se pesa la fracción gruesa, se registran los datos y se destruye. Con la fracción fina de cada una de las muestras realizaremos todas las demás determinaciones (apartados 3.2.3 a 3.2.9).



Durante la realización de esta determinación se observan otras características cualitativas como la coloración de la muestra y la existencia de vegetales en descomposición. La figura 3.14 capta la diferencia entre las muestras de la parcela con manejo HO (huerto orgánico) con otras como la de suelo A (arado). En la primera el suelo tiene una coloración más oscura y contiene residuos de materia orgánica en descomposición.



Figura 3.14. fracción gruesa. Suelo arado y suelo huerto orgánico.



3.2.2.3. Estabilidad de agregados.

La estabilidad de agregados es una medida de la vulnerabilidad de los agregados del suelo frente a fuerzas externas destructivas. (Hillel, 1982). Esta determinación mide los agregados que resisten a las fuerzas del agua, llamados agregados estables al agua (AEA). Cuanto menor sea el porcentaje de estos agregados, mayor es el riesgo de formación de costras y de sellado superficial, procesos que impiden la infiltración del agua e incrementan la erosión. El método consiste en la utilización de un sistema de filtro húmedo con agitación. En una primera fase la muestra se agita con agua y en una segunda fase con Metabisulfito sódico. El vaso resultante es secado en estufa a 105°C y después pesado, de modo que se obtiene por diferencia el porcentaje de agregados estables al agua.

En la figura 3.15 podemos ver el sistema de filtrado en húmedo con agitación.



Figura 3.15. Punto de inicio en aparato wet-sieving y poso que queda después del agitado.

Durante el proceso de medición se observó como la muestra de manejo HO (huerto orgánico) retenía más materia en el poso, dejando muy poca tierra



arrastrada, en comparación con otros manejos como el A (arado). En la figura 3.16 se muestra este efecto a nivel visual. Los vasos que recogen la tierra arrastrada en la muestra A están en primer plano y en segundo plano los del manejo HO.



Fig 3.16. Vasos que se mandan a estufa y resultado después de evaporar.

3.2.2.4. pH y CE

La determinación del pH de un suelo se basa en la medida de la diferencia de potencial existente entre un electrodo de vidrio y el electrodo de referencia calomelanos sumergidos en una misma disolución. Esta diferencia de potencial es función lineal de la actividad de los iones hidrógeno presentes en la muestra problema a una temperatura dada. En un suelo tamizado a 2 mm, la medida del pH actual se realiza en la suspensión suelo-agua desionizada con una relación de 1:2,5 (p/v) (M.A.P.A., 1994). En las figuras 3.17 a 3.19 se muestra el proceso de pesado, agitado, filtrado y medición,



Fig 3.17. Pesado de muestras para la adición de agua y agitado.

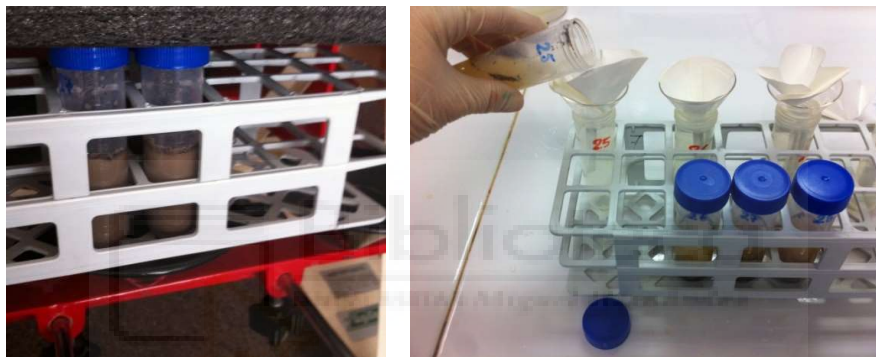


Figura 3.18. Resultado del agitado y posterior filtrado.



Figura 3.19. Medición de CE y de pH.



El proceso para la conductividad eléctrica es similar. La conductividad eléctrica de un extracto acuoso es la aptitud que presenta éste para transmitir la corriente eléctrica. La conductividad depende de la actividad e iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida. Para medir la conductividad se hace uso de un puente de Wheatstone y una célula de conductividad apropiada, comparando a la misma temperatura, la resistencia eléctrica de la muestra y la de una disolución estándar de cloruro potásico. En un suelo tamizado a 2 mm, la medida de la CE se realiza en el extracto acuoso, obtenido por filtración de la suspensión suelo-agua desionizada con una relación 1:5 (p/v), previa agitación de la muestra durante 1 hora (MAPA, 1994).

3.2.2.5. Carbonatos (*Carbonato cálcico equivalente*)

Este método se basa en la determinación gasométrica del dióxido de carbono desprendido por la acción del ácido clorhídrico sobre los carbonatos del suelo. Se utiliza un calcímetro Bernard, que permite la determinación volumétrica en condiciones atmosféricas. Se realizan determinaciones análogas con carbonato cálcico puro, relacionando así los volúmenes de dióxido de carbono desprendidos por el carbonato cálcico y por el suelo (MAPA, 1994). En la figura 3.20 observamos detalle de la medición en el calcímetro.



Figura 3.20. Medición en calcímetro.



3.2.2.6. Carbono orgánico oxidable.

La determinación de la materia orgánica fácilmente oxidable se basa en la utilización de dicromato potásico en medio sulfúrico como oxidante valorando el exceso de éste con sulfato ferroso amónico (sal de Mohr), utilizando ferroína como indicador (Yeomans y Bremner, 1989). El carbono orgánico oxidable se determina por diferencia entre el dicromato total y el exceso valorado con la sal de Mohr.

En la figura 3.21 vemos detalle de la pesada y elaboración de reactivos.

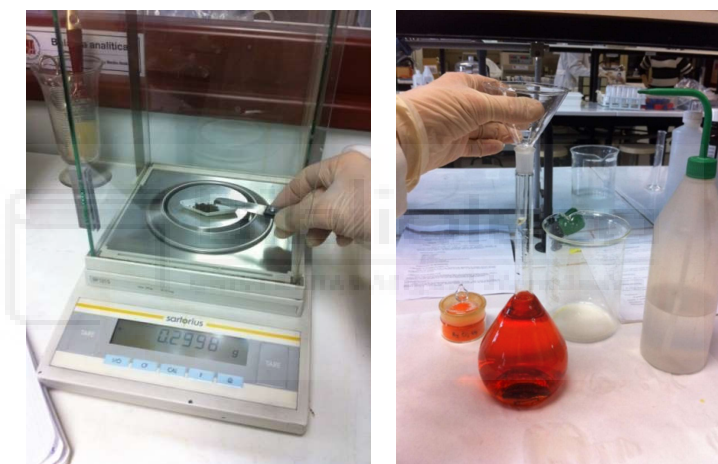


Figura 3.21. Pesada de muestras en balanza analítica. Preparación paralela de reactivos (en este caso, dicromato potásico).



3.2.2.7. Nitrógeno Kjeldahl

Se utiliza el método Kjeldahl para la determinar el nitrógeno orgánico y el que se presenta en forma mineral como amonio conjuntamente. Este método se basa en una digestión, por vía húmeda en medio sulfúrico de la muestra, para mineralizar el nitrógeno orgánico a forma amónica. Posteriormente se realiza la destilación del amoniaco en medio alcalino, recogándose el destilado en una mezcla de ácido bórico indicador, valorándose a continuación con ácido clorhídrico de normalidad conocida (Bremner y Britenbeck, 1983).

3.2.2.8. Nitratos.

Para la determinación de nitratos en el suelo se utilizó el método propuesto por Sempere et al. (1993). Este método utiliza la segunda derivada del espectro ultravioleta, donde a través de un barrido desde 190 a 280 nm de una disolución procedente de la extracción del suelo con una disolución saturada de sulfato de calcio, se puede analizar los contenidos de nitratos por comparación con una recta de calibrado adecuada. Este tipo de análisis permite eliminar la interferencia debida a la presencia de materia orgánica en el extracto del suelo.

3.2.2.9. Respiración edáfica.

La respiración del suelo o microbiana se define como el consumo de O_2 o el desprendimiento de CO_2 producido por bacterias, hongos, algas y protozoos, e incluye el intercambio de gas del metabolismo aeróbico y anaeróbico (Anderson, 1982). Este método se basa en la incubación de muestras de suelo en recipientes herméticos a $25^\circ C$. El CO_2 producido, es absorbido en una disolución de hidróxido sódico y posteriormente, cuantificado por valoración con ácido clorhídrico, tras la precipitación del carbonato con cloruro de bario (Stotzki, 1965).



3.3. Métodos estadísticos.

El tratamiento estadístico aplicado a los datos obtenidos se basó en la realización de un análisis estadístico ANOVA para estudiar las posibles diferencias entre los manejos para cada uno de los suelos estudiados. La prueba Tukey-b se utilizó como prueba post-hoc para evaluar las diferencias entre las medias específicas, mostrándose en los resultados mediante el empleo de letras para una probabilidad del 95% ($P < 0,05$), para cada una de las asociaciones analizadas individualmente.

El análisis de este modelo ANOVA nos indica si los valores medios de, por ejemplo el pH, cambian en función de los manejos que ha recibido el suelo, que en este caso son nuestras variables. El resultado del modelo arroja un código de significación. Cuando el código tiene un asterisco o más, indica que los valores de pH cambian en función del manejo y que además esa diferencia es significativa (estadísticamente significativa). Tanto la significación del ANOVA como las letras del contraste las hemos representado en una única figura (gráfico de barras) dentro del apartado de cada parámetro.



4. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se van a presentar atendiendo a su naturaleza, con el objetivo de dar una mayor significación a los datos y enfatizar los diferentes puntos de vista desde los que se puede analizar el estado de un suelo. Así, se han dividido las determinaciones realizadas en cuatro grupos: las referidas a parámetros físicos, físico-químicos, químicos y biológicos.

4.1. Parámetros físicos

4.1.1. Densidad aparente

En la Figura 4.1 se muestran los valores de la densidad aparente para los diferentes suelos caracterizados. Aquí el valor de F-Anova indica que los tres primeros tratamientos NA (no antrópico), ND (nengo-dango) y A (arado) tienen un efecto estadísticamente similar.

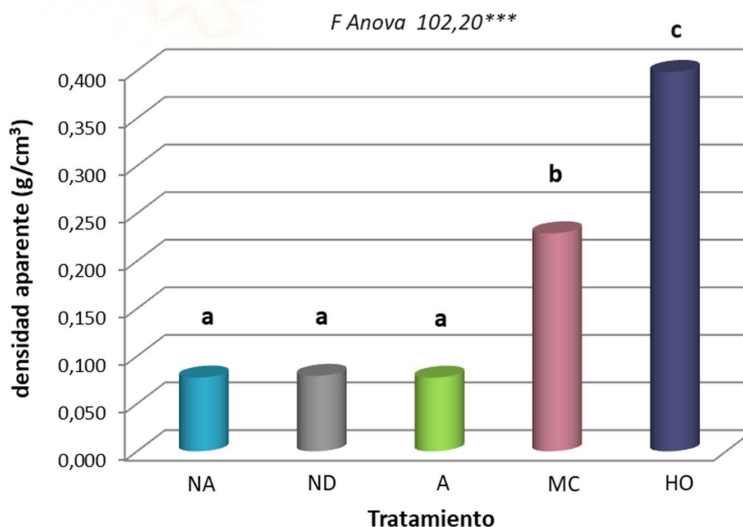


Figura 4.1. Valores de la densidad aparente (g/cm³) en los suelos estudiados.



Los que tienen un efecto mayor sobre la densidad aparente son los dos últimos: MC (Monocultivo) y HO (Huerto Orgánico). Es decir, los datos indican que estos dos manejos provocan un aumento sobre dicho parámetro. Aunque el resultado es en principio negativo, ya que un aumento de la densidad indica posibles problemas de oxigenación y drenaje, por diversas consideraciones pensamos que se debe ignorar esta conclusión.

Por un lado este resultado se puede justificar ya que las muestras recogidas en los tres primeros manejos se tomaron en condiciones de suelo seco, mientras que en estas dos últimas la toma se hizo en condiciones de suelo húmedo, de riego inmediato, situación en la que el suelo aparece más apretado, por lo que el análisis de su densidad muestra un resultado alterado.

Por otro lado, la consideración de que este no es un indicio negativo está avalada también si vemos el resultado de estos dos manejos en el contexto del ensayo, vistos los resultados del resto de los parámetros, ya que en ellos (estabilidad de agregados, carbono orgánico oxidable) se observa que estos dos últimos manejos (MC y HO) son precisamente los que más contribuyen a oxigenar el suelo por lo que no pueden ser causantes de una compactación que pudiera dar lugar a un aumento de la densidad.



4.1.2. Fracción gruesa

En la Figura 4.2 se muestra el porcentaje de fracción gruesa en los suelos analizados. En este parámetro el análisis estadístico muestra que las diferencias no son significativas (ns). Por tanto, no podemos establecer una relación entre el manejo de cada suelo y el porcentaje de fracción gruesa del mismo. Este resultado tiene su explicación, ya que indica que los suelos son similares a nivel edafológico, al ser de la misma zona agraria.

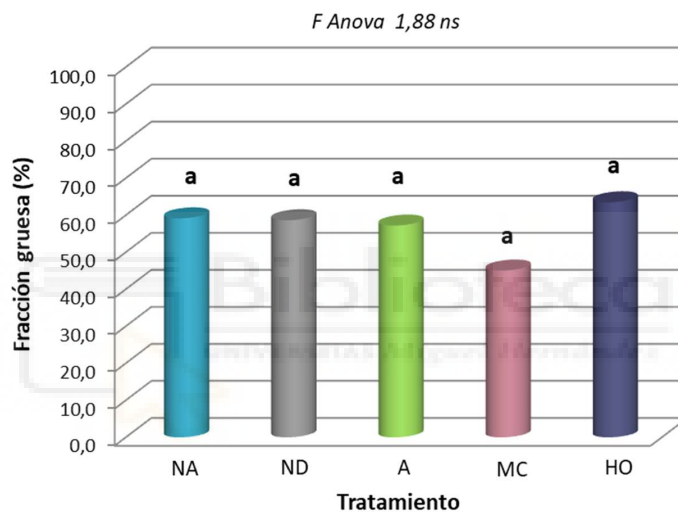


Figura 4.2. Valores de la fracción gruesa (%) en los suelos estudiados.

4.1.3. Estabilidad de agregados

En la Figura 4.3 se muestran los resultados respecto al porcentaje de estabilidad de agregados del suelo. Aquí el valor de F-Anova indica que los tres primeros tratamientos NA (no antrópico), ND (nengo-dango) y A (arado) tienen un efecto estadísticamente similar y relativamente bajo ya que su fracción estable apenas está entre el 20 y el 30%.



La fracción estable es una medida de la estabilidad de los agregados del suelo. Es una manera de calcular la vulnerabilidad de los agregados del suelo frente a fuerzas externas destructivas (Hillel, 1982). Una elevada estabilidad de agregados indica facilidad de movimiento del agua y del aire dentro del suelo (los agregados aumentan la cantidad de espacio de poros grandes). Esto mejora el ambiente físico para el desarrollo radicular y para el hábitat de los microorganismos del suelo. Además facilita el almacenaje de agua en el suelo a la vez que le confiere resistencia a la erosión hídrica ya que el porcentaje de agregados estables al agua, indica la cantidad que resiste la perturbación provocada por agua que fluye.

La materia orgánica es uno de los principales agentes que favorece la formación de agregados. Forma interacciones físico-químicas con las arcillas del suelo dando lugar a complejos de arcilla y materia húmica (a nivel microscópico) que dan como resultado los agregados que notamos al tocar la tierra. La materia orgánica confiere al agregado una baja mojabilidad, lo que reduce la incidencia del agua sobre éste, y por tanto es un factor que reduce el riesgo de erosión.

Los que tienen un efecto mayor sobre la fracción estable son los dos últimos MC (Monocultivo) y HO (Huerto Orgánico). Es decir, los datos indican que estos dos manejos provocan un aumento sobre la fracción estable y que es similar en ellos, alcanzando fracciones muy elevadas, cercanas al 90%.

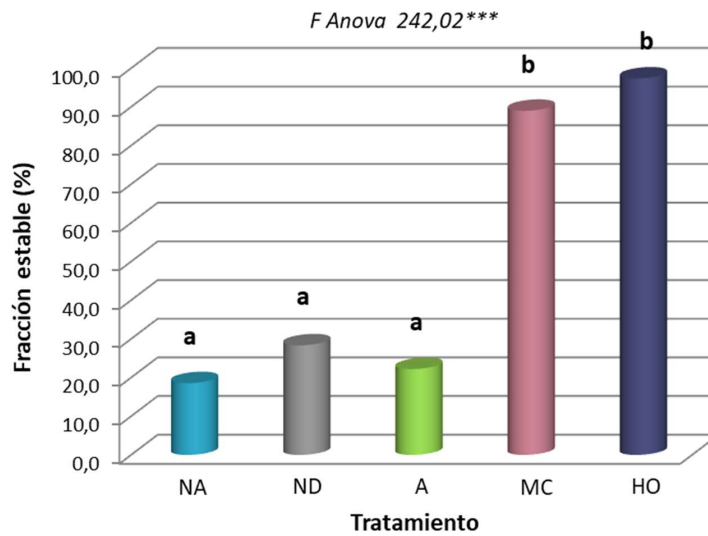


Figura 4.3. Valores de la fracción estable de agregados (%) en los suelos estudiados.

El hecho de que los dos manejos MC y HO tengan un efecto mayor sobre la fracción estable, está relacionado con su mayor contenido en Materia Orgánica, que procede de la adición de ésta desde fuera del sistema. Su elevado contenido en Materia orgánica se observa más adelante en el apartado correspondiente 4.3.2 (determinación de carbono orgánico oxidable).

El menor efecto sobre la fracción estable de los tres primeros tratamientos podría explicarse por la degradación de la vegetación natural a causa de la agricultura y sin adición paralela de materia orgánica. Está relacionado con el bajo contenido en materia orgánica observada en estos tratamientos en el apartado 4.3.2. El empobrecimiento en materia orgánica provoca un deterioro de la estructura que es negativo para la calidad del suelo ya que puede originar una disminución de la permeabilidad de éste frente al agua.



4.2. Parámetros físico-químicos

4.1.1. pH

El pH o reacción del suelo es la medida de la acidez o alcalinidad del mismo. Afecta entre otros, a la disponibilidad (solubilidad) de nutrientes y a la actividad microbiana que interviene en la dinámica de la materia orgánica en el suelo. Valores de pH entre 6,6 y 7,3 son favorables para la actividad microbiana y contribuyen a la disponibilidad de N, S y P en el suelo.

Para este parámetro el valor de F-Anova indica que los tres primeros tratamientos NA (no antrópico), ND (nengo-dango) y A (arado) tienen un efecto estadísticamente similar y relativamente alto, con pH superior a 8 (Fig. 4.4). El efecto es relativamente más bajo en los suelos con manejo MC y HO, con valores medios de pH inferiores a 8. Aunque aparecen diferencias significativas, los valores son muy altos, pero son característicos de los suelos de la zona. Los valores altos de pH indican riesgo de baja disponibilidad de los nutrientes N, S y P, tanto para la raíz como para la actividad microbiana. En todos los casos el pH alto puede estar más fuertemente relacionado con el contenido en carbonatos que con el manejo, debido al efecto tampón de los suelos calizos, como puede observarse en la determinación de éstos en el apartado 4.3.1

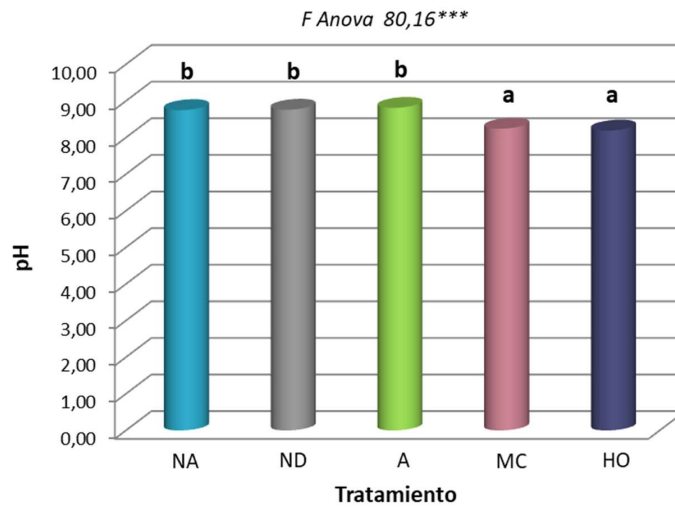


Figura 4.4. Valores del pH en los suelos estudiados.

4.1.2. Conductividad eléctrica

En la figura 4.5 se muestran los valores de la conductividad eléctrica en los suelos caracterizados. Aquí el valor de F-Anova indica que los cuatro primeros tratamientos NA (no antrópico), ND (nengo- dango), A (arado) y MC (monocultivo) tienen un efecto estadísticamente similar y relativamente bajo, con conductividades inferiores a 0,60 dS/m. El efecto es mayor en el caso del manejo HO (Huerto Orgánico), que se explicaría por elevados aportes de nutrientes orgánicos que acaban mineralizándose y liberando sales a la solución del suelo. En todo caso hablamos de conductividades relativamente bajas, inferiores a 1,5 dS/cm.

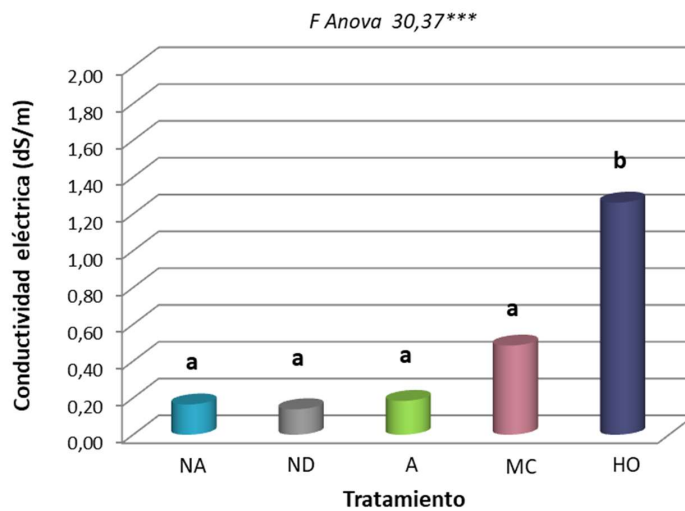


Figura 4.5. Valores de la conductividad eléctrica (dS/m) en los suelos estudiados.

4.3. Parámetros químicos

4.3.1. Carbonato total equivalente

En la Figura 4.6 se muestran los contenidos del carbonato total equivalente (%) en los suelos estudiados. En el caso del carbonato total equivalente, el valor de F-Anova indica que los tres primeros tratamientos NA (no antrópico), ND (nengo-dango) y A (arado) tienen un efecto estadísticamente similar y relativamente alto, con porcentajes superiores al 50%. El efecto es relativamente más bajo en los suelos con manejo MC (monocultivo) y aún más bajos con el manejo HO (huerto orgánicos). Tal como ya se comentó en el pH, los suelos de esta zona se caracterizan por ser calizos, con altos contenidos en carbonatos, lo cual se traduce en un pH alcalino. Sin embargo, el efecto de los tratamientos MC y HO muestran una reducción en su contenido, traducido también en un ligero descenso del pH.

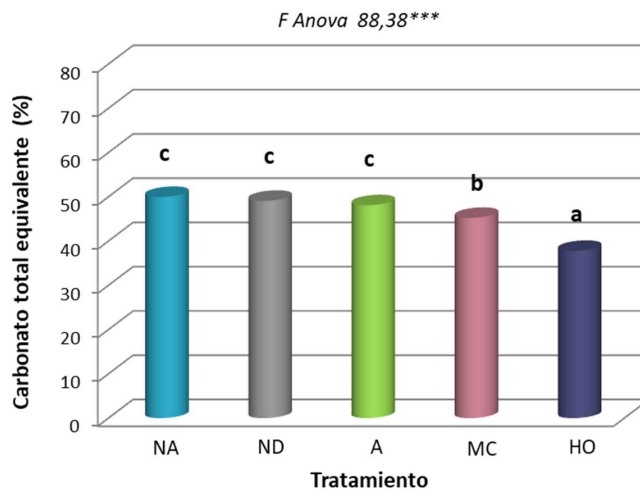


Figura 4.6. Contenidos de carbonato total equivalente (%) en los suelos estudiados.

4.3.2. Carbono orgánico oxidable

El carbono orgánico oxidable indica el porcentaje de materia orgánica de un suelo. En la Figura 4.7 se muestran los contenidos de carbono orgánico oxidable en los suelos caracterizados. Se observa que los tres primeros suelos son muy pobres en materia orgánica mientras que el correspondiente al MC (monocultivo) es muy superior, sin embargo no llega 1.5%, nivel de materia orgánica que se considera mínimo para tener una fracción estable. Sin embargo, el suelo con manejo HO (huerto orgánico) alcanza niveles del 4% de materia orgánica, casi como un suelo natural, lo que muestra la alta calidad de este suelo, que también se reflejará en otros parámetros químicos, a nivel de nutrientes, así como biológicos, como la respiración edáfica.

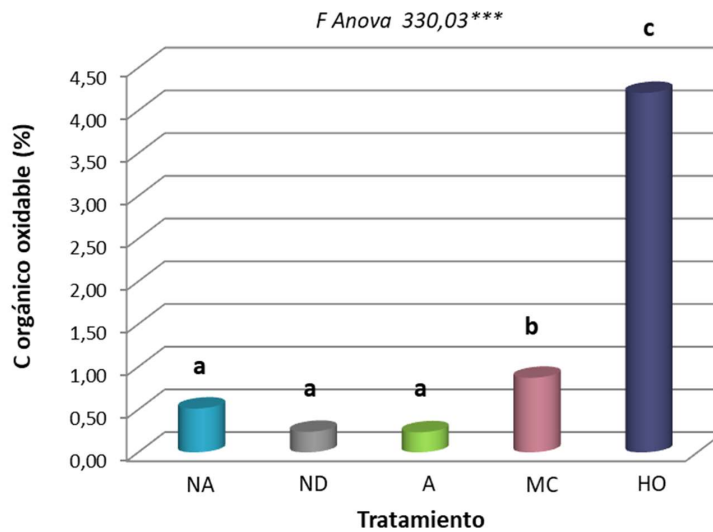


Figura 4.7. Contenidos de carbono orgánico oxidable (%) en los suelos estudiados.

4.3.3. Nitrógeno total Kjeldahl

El nitrógeno Kjeldahl mide el nitrógeno contenido en el suelo en forma orgánica y amónica. Es un nitrógeno poco móvil que está relacionado con el estatus orgánico del suelo. En las tablas de evaluación de la calidad de suelos encontramos que valores de nitrógeno total Kjeldahl inferiores a 0,1% indican un contenido bajo en materia orgánica en el suelo, mientras que valores superiores a 0,4, como es el caso del suelo HO, indican un contenido en materia orgánica como muy alto.

El análisis estadístico indica que los cuatro primeros tratamientos NA (no antrópico), ND (nengo dango), A (arado) y MC (monocultivo) tienen un efecto estadísticamente similar y relativamente bajo, con medias inferiores a 0,10, por tanto indican un contenido bajo en nitrógeno total Kjeldahl (Fig. 4.8). Sin embargo, los contenidos son significativamente más altos en el caso del



manejo HO (Huerto Orgánico), que se explicaría por elevados aportes de materia orgánica, de hecho su contenido se acerca a los máximos de las tablas de clasificación de evaluación de suelos, semejante a los suelos naturales (suelos de bosque húmedo). Los valores están en consonancia con la determinación anterior del carbono orgánico oxidable.

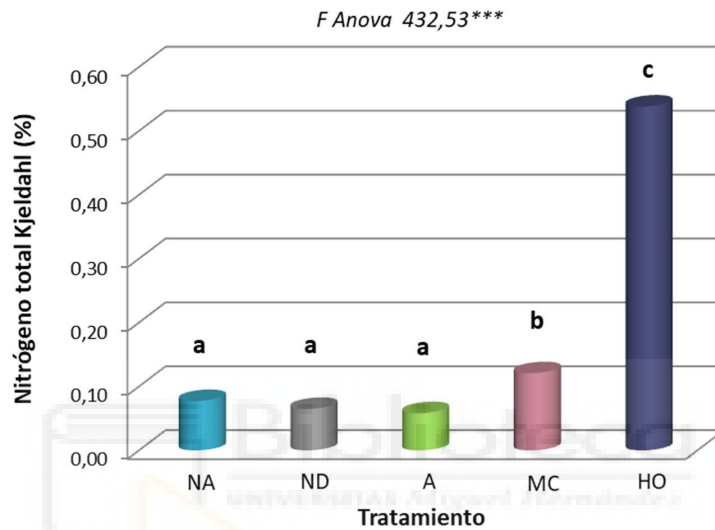


Figura 4.8. Contenidos de nitrógeno total Kjeldahl (%) en los suelos estudiados.

4.2.4. Nitratos

En la Figura 4.9 se muestran los contenidos de nitratos en los suelos caracterizados. Cabe destacar que el nitrógeno total Kjeldahl, que indica el contenido en nitrógeno poco móvil (en forma orgánica y amónica) sea también bajo en el manejo MC (Monocultivo). Este hecho contrasta con el elevado contenido en nitratos (forma inorgánica y disponible), lo que indicaría una procedencia diferente a la de la mineralización de la materia orgánica, es decir,



es indicativo de un aporte extra procedente de fertilizantes inorgánicos. Sempere et al, 1993.

También los niveles son altos en el caso del manejo HO (Huerto orgánico), pero en este caso, contrastando los valores con los del Nitrógeno Kjeldahl podemos afirmar que el elevado índice de nitratos procede en exclusiva de la descomposición de la materia orgánica aportada, ya que el suelo tiene un elevadísimo stock de nitrógeno en forma orgánica y amoniacal que los microorganismos del suelo van transformando en nítrico durante el proceso de mineralización y humificación.

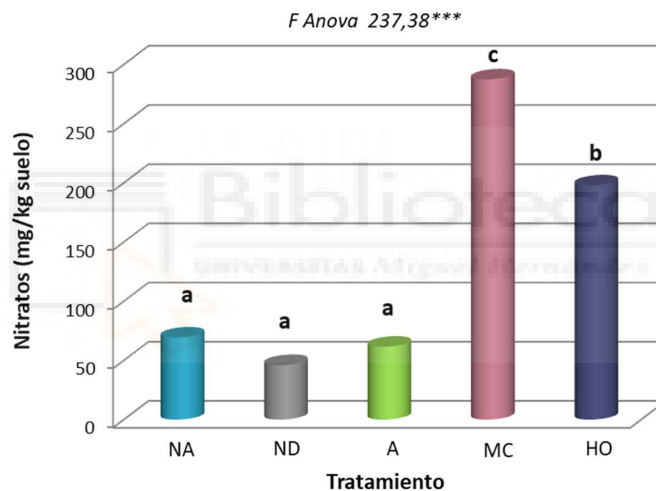


Figura 4.9. Contenidos de nitratos (mg/kg) en los suelos estudiados.



4.4. Parámetros biológicos.

4.4.1. Respiración edáfica

La degradación de la materia orgánica es característica de todos los microorganismos heterótrofos y la evolución de este proceso, medido mediante la respiración del suelo, se utiliza para indicar el estado biológico de los suelos (Nannipieri et al., 1990). La medida del desprendimiento de CO₂ se usa para evaluar la biomasa microbiana del suelo que realmente es activa (West et al., 1988).

En la Figura 4.10 se muestran los valores de respiración edáfica en los suelos analizados. El análisis estadístico indica que los tres primeros tratamientos NA (no antrópico), ND (nengo-dango) y A (arado) tienen un efecto estadísticamente similar y relativamente bajo, con índices de respiración edáfica muy por debajo a los obtenidos para el suelo MC y sobre todo, para el manejo de huerto ecológico, donde claramente se ve la actividad de los microorganismos, indicativa de una buena calidad del suelo a todos los niveles, tal y como se ha mostrado en parámetros anteriores.

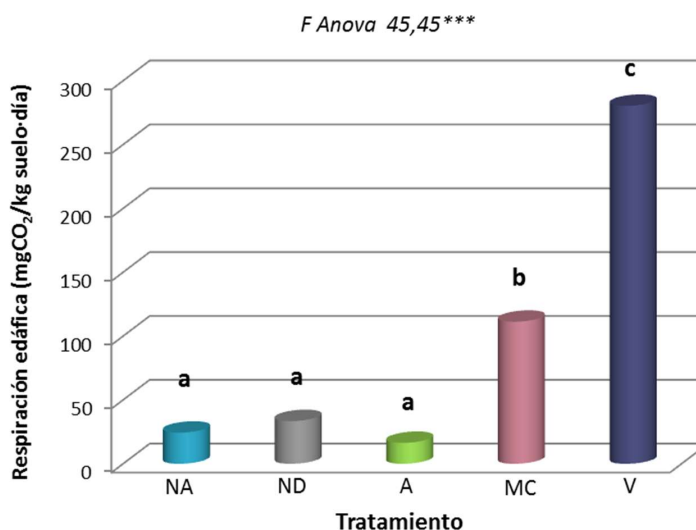


Figura 4.10. Valores de la respiración edáfica (mg CO₂/kg·día) en los suelos estudiados.

4.5. Consideraciones globales.

En este trabajo han resultado niveles de calidad del suelo similares en la parcela que ha permanecido desnuda (A), respecto a las parcelas con suelo no antrópico (NA) y nengo dango (ND). Sin embargo, es un hecho contrastado por otros autores, consensuado por la comunidad científica, que un suelo con cubierta vegetal mejora o mantiene la fertilidad del suelo porque conserva o aumenta sus recursos (recurso agua: menor evapotranspiración; recurso materia orgánica: mayor contenido; recurso vegetal y animal: mayor biodiversidad).

La explicación de que aquí no se hayan medido diferencias significativas se debe muy probablemente a la poca duración de ambos tratamientos NA y ND, ya que el efecto de estos manejos durante solo 2 años en un suelo que lleva más de 10 años desnudo es probablemente insuficiente para detectar cambios.



En cuanto al manejo concreto del sistema de revegetación nengo dango (ND), la explicación de no haber encontrado diferencias tendría además asociado otro factor, el climatológico.

Nuestros resultados aquí contrastan con los ensayos de Overdyck et al, 2013, que encontraron un aumento significativo de la biomasa después de sembrar especies autóctonas en bolas de arcilla o nengo dango. Pero coinciden con los resultados de Shannon, 2011, que no encontró diferencias significativas con el testigo.

La razón de esto podría estar en la climatología, y más concretamente en la pluviometría, factor clave para la evolución de las estructuras de arcilla de Nengo Dango, ya que en Overdyck los ensayos se realizaron en un área de Nueva Zelanda, con pluviometrías medias de 900 mm anuales mientras que Shannon lo ensayó en el sudeste de California, zona con clima mediterráneo y pluviometrías inferiores a 380 mm anuales, similares a nuestras condiciones.



5. Conclusiones

De los resultados obtenidos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los manejos NA (no antrópico), ND (nengo-dango) y A (arado) no han mostrado un efecto significativo en la mejora de la calidad del suelo a corto plazo, indicando que el labrado o no del suelo no tiene ninguna implicación a nivel del mantenimiento de su calidad.
- Los tratamientos NA (no antrópico) y ND (nendo-dango), que sólo se venían haciendo durante 2 años, podemos decir que no existe un efecto en la mejora del suelo a corto plazo, aunque proponemos que se continúe ensayando para ver los efectos a largo plazo.
- El manejo MC (Monocultivo) ha mostrado un incremento en el contenido en nitratos y en la estabilidad de agregados, lo que indica que el suelo tiene buenas propiedades físicas pero exceso de nitrógeno disponible, seguramente como consecuencia de las aplicaciones de fertilizantes inorgánicos.
- Sin embargo, el manejo MC no incrementó mucho los contenidos de materia orgánica del suelo, aunque su efecto fue más positivo, reflejado también en la respiración edáfica, que el de los manejos NA, ND y A.
- El manejo de huerto ecológico (HO) ha mostrado los efectos más positivos sobre la calidad del suelo a todos los niveles, especialmente químico y biológico, lo cual demuestra que un manejo sostenible tiene un efecto positivo y claramente cuantificable en todos los niveles de estudio de la calidad del suelo.



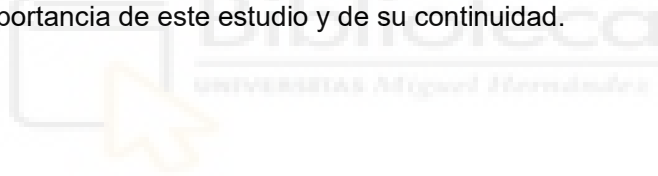
La respuesta, por tanto, a la pregunta de los nuevos receptores de estas pequeñas parcelas de suelo, desde el punto de vista de conservar o mejorar la fertilidad es:

La mejor opción consiste en cultivarlo o arrendarlo para que se maneje con técnicas de agricultura ecológica.

La segunda opción por orden de preferencia, arrendarlo para que otros realicen monocultivo, aunque sea convencional y siempre que aporten materia orgánica.

Empatada con la segunda, ya que su efecto sobre la fertilidad es similar, es la decisión de no arrendarlo pero mantenerlo con vegetación espontánea o resemebrada, usando la técnica de segar al menos 1 vez/año (en este estudio no se ha podido comparar pero por supuesto que el resemebrado incluiría especies arbustivas y arbóreas).

Por último, la peor opción, que sin embargo es la más frecuente hoy día, es la de manejarla con arado para impedir que salga vegetación. De ahí la importancia de este estudio y de su continuidad.





6. Propuesta para futuras experiencias.

Otras consideraciones a tener en cuenta para futuras experiencias:

Para el suelo NA (no antrópico), la propuesta de continuar el ensayo a largo plazo afectaría positivamente si se incorpora en el manejo alguna perturbación en el sistema, como por ejemplo un proceso de siega después de la primavera, dejando la biomasa en el suelo a modo de cubierta vegetal para el verano.

Además, si se decidiera plantar árboles o arbustos autóctonos, podrían regarse en los primeros estadios de desarrollo, basándonos en prácticas de xerojardinería y para este caso convendría realizar dos siegas anuales, una en Mayo y otra en el centro del invierno.

En ambos casos se estarían realizando perturbaciones que lo convertirían en un suelo antrópico. Como explican Labrador y Altieri 2001, el sistema necesita de la existencia de perturbaciones para volver a estadios de la sucesión de mayor producción de biomasa. Esto reactivaría el establecimiento de materia orgánica, mejoraría la estabilidad de agregados, y a la larga la calidad del suelo.

Sin embargo, para el suelo con el manejo ND (nengo dango), que basa la mejora edáfica en la germinación de especies que aumenten la biomasa vegetal, la propuesta de continuar a largo plazo tiene menos peso.

Se ha visto que no sólo no hay diferencias con el manejo de no arado sino que, por ahora resulta difícil proponer una versión que mejore con el tiempo, debido a que el éxito del nengo dango es muy dependiente de la pluviometría. Aquí es necesaria una mayor revisión bibliográfica para averiguar posibles líneas de investigación abiertas que supongan variaciones del método nengo dango menos dependientes de este factor.



Por otro lado las determinaciones en el caso del manejo MC (Monocultivo) muestran un efecto elevado en el contenido en nitratos y en la estabilidad de agregados, lo que indica que el suelo tiene buenas propiedades físicas pero exceso de nitrógeno disponible. Seguramente el exceso de N es consecuencia de las aplicaciones de fertilizantes inorgánicos. En todo caso las propiedades físicas son positivas para la fertilidad del suelo.

Tiene no obstante un nivel de materia orgánica bajo que, aunque es significativamente mayor que el del suelo labrado, no llega al 1.5%, nivel necesario para tener una fracción orgánica estable. Supone riesgo de perder porcentaje de materia orgánica a causa de la mineralización si no se reponen los contenidos.

El parámetro biológico aquí considerado, la respiración edáfica, indica en el monocultivo un nivel de microorganismos mayor que en el suelo labrado. Hay mayor diferencia entre ellos cuando medimos la respiración que al tomar el contenido en materia orgánica, lo que podría estar causado por una buena estructura del suelo a debido a que se esté realizando un adecuado laboreo. Cabría sobre todo revisar el aporte de fertilizantes nitrogenados y mantener la reposición de las enmiendas de materia orgánica.

Por todo lo anterior, considero importante que se sigan realizando este tipo de experiencias propuestas para que queden nítidamente diferenciadas las consecuencias de cada manejo en la fertilidad de nuestros suelos al cabo de muchos años.

Por otro lado, como todo estudio que afecta a las costumbres es necesario que se produzca divulgación y comunicación con los agricultores. Que el conocimiento no quede en la universidad.



Quiero animar a otros compañeros a que continúen revisando la diferencia de fertilidad encontrada en suelos de distintos manejos, a ser posible con más años de repetición. También necesitamos más estudios de costes de las diferentes opciones para los dueños de las tierras.

Y no se nos pueden olvidar los estudios de tipo etnológico ya que conviene poner en entredicho la costumbre de dejar la tierra desnuda. Esto es necesario al mismo tiempo que ofrecemos técnicas alternativas que representen costes similares a la labranza actual, pero cuyo resultado final sea la revegetación.





7. Bibliografía

ALTIERI, Miguel Ángel. (1999). Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Ed. Nordan-Comunidad. ISBN 9974-42-052-0.

BREMNER, J.M. y BREINTENBECK, G.A., 1983. A simple method for determination of ammonium in semimicro-kjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 14: 905-913.

BOURGUIGNON, Claude.(1990) .El suelo, la tierra y los campos. Ed vida sana. ISBN 8487714005. Francia

BLUM, W.E.H, 1990. The challenge of soil protection in Europe. Envir. Conserv. 17, 72-74.

FERNÁNDEZ, Jesús; CURT, María Dolores et al. (2014) Caracterización de las comarcas agrarias de España. Tomo 5, provincia de Alicante. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. ISBN 978-84-491-1164-2. España

FUKUOKA, Masanobu. (2015) Sembrando en el desierto. Ed. Red de permacultura del Sudesde Ibérico. ISBN 978-84-940264-4-7. Págs rev.: 104-197. España

HILLEL, D. Introduction to soil physics. 2nd ed. Academic press, San Diego, CA. Págs 3-10. USA

LABRADOR, Juana; ALTIERI, Miguel Ángel .(2001). Agroecología y desarrollo. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de Agrosistemas mediterráneos. Mundiprensa/UEX.566pp. rev: 28-32.



LABRADOR, Juana. (2008) Manual técnico de manejo del suelo en los sistemas de producción ecológica. Sociedad Española de agricultura ecológica. Págs rev.: 21-29.

MARAÑÉS, A.; SÁNCHEZ, J.A.; DE HARO, S.; SÁNCHEZ, S.T. y LOZANO, F.J. 1994. Análisis de suelos. Metodología e interpretación. Ed. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Almería.

MINISTERIO de Agricultura Pesca y Alimentación. 1994. Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Ed: Secretaría General Técnica. M.A.P.A. Madrid.

OVERDYCK, Elisabeth; CLARKSON, Bruce; LAUGHLIN, Daniel; GEMMILL, Chrissen. (2013). Testing broadcast seeding methods to restore urban forests in the presence of seed predators. Restoration ecology. Society for Ecological Restoration. New Zealand.

SEMPERE, A.; OLIVER, J. y RAMOS, C. 1993. Simple determination of nitrate in soils by second-derivate spectroscopy. J. Soil Sci., 44: 633-639.

SHANNON, Lucas. (2011) Seed ball experiment, Final report. Puente Hills Landfill Native Habitat Preservation Authority. California.

STOTZKI, G., 1965. "Microbial respiration" pp. 1550-1572. In: C.A. Black et al. (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

WALKER, L.R.(2005). Margalef y la sucesión ecológica. Rev. Ecosistemas 14(1): 66-78.

YEOMANS, J. y BREMNER, J.M., 1989. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 19: 1467-1476.