

# INTERACCIÓN SUELO-PLANTA EN CULTIVOS DE INTERÉS COMERCIAL

Laura Fernández Basalo.

e- mail: laurafernandezb@alumnos.uvigo.es

## Resumen

Trabajo Fin de Grado

Tutores:

- Elena Benito Rueda

- Pedro Pablo Gallego Veiga

Departamento de Biología

Vegetal y Ciencias del Suelo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

En este estudio se llevó a cabo un trabajo experimental para conocer el estado actual de fertilidad y calidad de suelos dedicados a cultivos de interés comercial en Galicia, como son el kiwi y la vid. Para ello se determinaron propiedades físicas, químicas y biológicas en suelos de varias fincas. Se comparó la influencia de dos manejos (convencional y ecológico) en un mismo cultivo (kiwi), y la adecuación de los dos cultivos a su medio físico. Los resultados demuestran la mejor calidad del suelo bajo manejo ecológico frente al convencional y que el clima del área de estudio es adecuado para el desarrollo de los cultivos estudiados.

## INTRODUCCIÓN

La capacidad productiva de un agrosistema viene definida por las características propias de los suelos, el clima y por la correcta adecuación de las técnicas de cultivo a las condiciones medioambientales (Urbano, 2001).

La orientación del manejo de la fertilidad de los agrosistemas ha cambiado a lo largo de los años. La idea de agricultura convencional que tiene como fin principal el maximizar la producción y las ganancias, se basa en el laboreo intensivo, empleo de fertilizantes inorgánicos, monocultivos y control químico de plagas (Martínez- Núñez, 2009). La preocupación en las últimas décadas por el medio ambiente y la salud humana ha derivado en el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles que se preocupan por preservar la biodiversidad y la calidad del suelo, limitando el empleo de productos inorgánicos, tanto fertilizantes como fitosanitarios, y reemplazándolos por sustitutos orgánicos, como por ejemplo el compost (De la Rosa, 2008).

El suelo es un recurso no renovable a escala humana y es clave para el desarrollo de las plantas, ya que les suministra cuatro necesidades básicas: anclaje, agua, nutrientes y oxígeno, por lo que la mejora y conservación de la calidad del suelo es un aspecto clave en el manejo sostenible del mismo. La calidad del suelo puede definirse como *“la capacidad del suelo para funcionar como un sistema vivo, dentro de los límites del ecosistema, y que a su vez sea capaz de mantener la productividad biológica, la calidad ambiental y promover la salud de plantas, animales y seres humanos”* (Doran & Parkin, 1994). Este concepto tiene dos componentes: uno intrínseco asociado a las características del suelo que son más fijas y permanentes y otro dinámico, conocido como salud del suelo, que depende de las características del suelo más fácilmente modificables. La calidad dinámica, que es la que se suele evaluar, se centra en el estudio de los primeros 20-30 cm del suelo en relación al tipo de manejo, y se mide empleando varios indicadores físicos, químicos y biológicos (Imaz & Virto, 2010).

El objetivo general del trabajo es conocer el estado actual de fertilidad y calidad de los suelos dedicados a dos cultivos de gran interés comercial en Galicia como son el kiwi y la vid. Como objetivos específicos se plantearon:

- a) Analizar la adecuación de los dos cultivos al medio físico en el que se desarrollan.
- b) Comparar la fertilidad los suelos de ambos cultivos bajo un sistema de manejo convencional.
- c) Determinar en plantaciones de kiwi el efecto de dos sistemas de manejo (convencional y ecológico) sobre la fertilidad y calidad del suelo.

Los requerimientos edafoclimáticos de los cultivos de kiwi y vid son los siguientes:

La vid (*Vitis vinífera* L.) es un arbusto de gran adaptación climática, aunque las mejores condiciones se dan en climas templados, con alta luminosidad y bajas precipitaciones.

Presenta adaptación a cualquier clase textural de suelo, siendo los suelos profundos y bien drenados los mejor adaptados. El pH óptimo se encuentra entre 5,6 y 7 (Porta *et al.*, 2003).

El kiwi (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C.F. Liang et A. R. Ferguson) es una planta trepadora adaptada a climas de elevada humedad y buena luminosidad aunque no directa. Los mejores suelos son los franco-arenosos con elevados contenidos en materia orgánica, siendo su pH óptimo el comprendido entre 6 y 7 (Martínez- Núñez, 2009).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción de las fincas experimentales

Este trabajo se ha realizado en tres fincas comerciales localizadas en el municipio de Tomiño (Pontevedra). Dos de las fincas están localizadas en la parroquia de Figueiró (41°58'20"N, 8°46'34"W) y se dedican al cultivo de kiwi y vid bajo un manejo convencional. Se encuentran dispuestas de manera contigua sobre pendiente, la de vid está orientada al Sur y la de kiwi orientada al Norte, asociándose a las distintas condiciones de luminosidad que necesitan. Los abonos minerales se aplican mediante fertirrigación, y se encalan para corregir el pH una vez cada tres años.

La finca de kiwi ecológico, que está situada en la parroquia de Goián (41°57'23"N, 8°46'52"W), tiene un sistema de regadío por micro-aspersión, siendo abonada con fosfatos naturales blandos, cloruro y fosfato de potasio y un compost que se produce en la propia finca. También se realiza un encalado cada tres años.

### Muestreo de suelos y métodos analíticos

Las muestras de suelo se recogieron en tres sectores de cada una de las fincas, se secaron al aire y se tamizaron a través de un tamiz de 10 mm para la determinación de la distribución de agregados. Los demás análisis se realizaron sobre la fracción de suelo menor de 2 mm.

Se determinaron las siguientes propiedades físicas: análisis granulométrico para la obtención de la distribución de las partículas minerales del suelo en función de su tamaño (Guitián & Carballas, 1976) y a partir de la misma obtener la clase textural del suelo. La distribución de agregados por tamaños se realizó a través de una columna de tamices de 10, 5, 2, 1, 0,25 y 0,05 mm para así obtener un diámetro medio ponderado (DMP). Se determinó la estabilidad de los macroagregados por el método de tamización en húmedo (Kemper & Rosenau, 1986). Las constantes de humedad del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua útil) se determinaron con el extractor de membrana de Richards (Klute, 1986), cuyo método consiste en aplicar diferentes presiones a muestras de suelo previamente humedecidas por capilaridad y determinar el contenido en humedad de las mismas por desecación a 105°C durante 24 horas. La densidad aparente se obtuvo recogiendo cilindros de 100 cm<sup>3</sup> de suelo en el campo (sin alterar su estructura) y determinando la masa de suelo por secado en estufa a 110 °C hasta peso constante. Con estos datos y los de densidad real se calculó el porcentaje de porosidad total (Guitián & Carballas, 1976). Para la distribución de poros por tamaños se utilizaron las curvas de retención de agua, siguiendo la clasificación propuesta por De Leenheer (1967).

Las propiedades biológicas determinadas fueron: contenido en carbono (C) y nitrógeno (N) total de los suelos para lo cual se empleó un analizador LECO. El carbono asociado a la biomasa microbiana ( $C_{\text{biomasa}}$ ) se determinó usando el método de fumigación-extracción con cloroformo (Vance *et al.*, 1987).

Las propiedades químicas determinadas fueron: pH tanto en agua (pH actual) como KCl (pH potencial), siguiendo el método de Guitián y Carballas (1976). Extracción de las bases de cambio por analizador ICP-

OES siguiendo el método Peech *et al.*, (1947) y determinación de Al de cambio por extracción con KCl 1M y posterior valoración con NaOH 0,01M y así con la suma de las bases y el aluminio obtener la capacidad de intercambio catiónico efectiva de los suelos. La determinación del fósforo asimilable se realizó con el método Olsen (1965) por obtención de color del complejo fosfomolíbico empleando ácido ascórbico como reductor.

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante el programa SPSS (versión 19) para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización climática y balance hídrico del área de estudio.

Para la caracterización climática del área de estudio se usaron los datos medios de precipitación y temperatura registrados durante los últimos 11 años en la estación meteorológica más próxima: As Eiras: 41° 94'N, 8°79', O Rosal (Pontevedra).

El climograma (Figura 1) nos permite concluir que el área de estudio se corresponde con un clima oceánico, con temperaturas suaves a lo largo de todo el año y precipitaciones abundantes, pero irregularmente distribuidas a lo largo del año, muy abundantes en los meses de otoño e invierno y escasas durante el periodo estival. El climograma también nos permite observar que únicamente el mes de julio se corresponde con un mes seco ya que el valor de la precipitación está por debajo de dos veces el valor de temperatura.

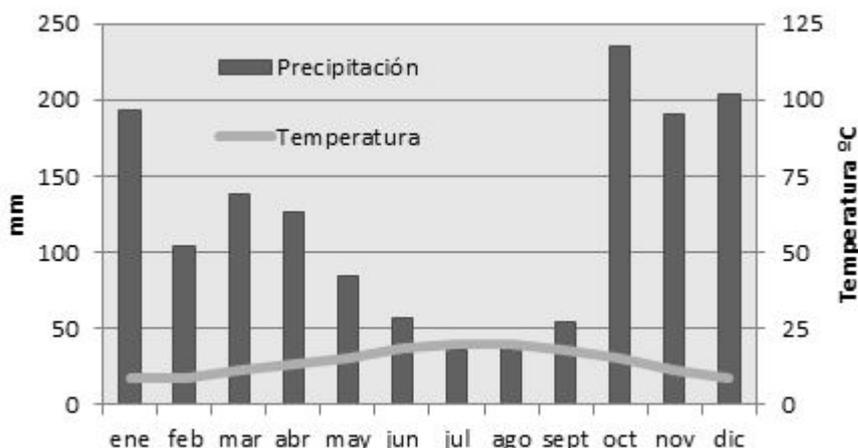
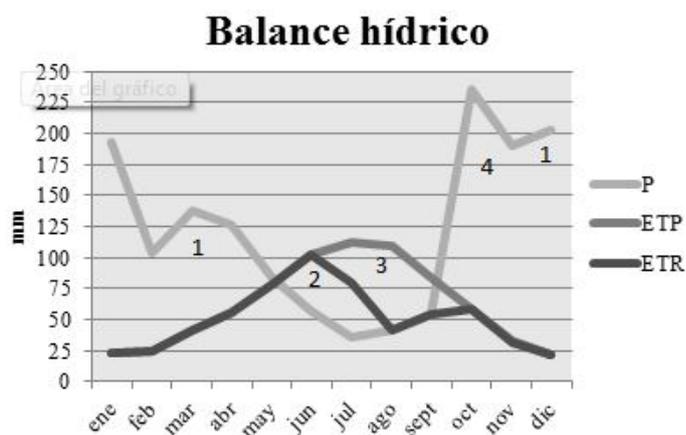


Figura 1. Climograma de la estación meteorológica Eiras-O Rosal (Pontevedra) con valores medios mensuales (periodo 2003-2013).

Por otro lado, el análisis del balance hídrico (Figura 2), que nos permite conocer la disponibilidad de agua en el suelo a lo largo del año, nos indica que la zona 1 (donde la  $P > ETR$ ) es un periodo de exceso hídrico y abarca desde mediados de octubre a mediados de mayo. A partir de aquí entramos en un periodo de déficit hídrico: en una primera fase (zona 2, donde  $ETR > P$  y  $ETP > ETR$ ), los cultivos todavía dispondrían de agua ya que harían uso de la reserva de agua del suelo (desde mediados de mayo a mediados de julio), mientras que durante el periodo 3 de sequía absoluta que abarca desde mediados de julio hasta finales de septiembre (80 días), las plantas ya no dispondrían de agua para su desarrollo. Este sería el periodo en el que sería necesario el riego para asegurar la disponibilidad hídrica de los cultivos.



**Figura 2.** Balance hídrico de los suelos del área de estudio. Valores mensuales medios (periodo 2003-2013). Los números indican los cuatro periodos hídricos diferenciados a lo largo del año. P: precipitación; ETP: evapotranspiración potencial; ETR: evapotranspiración real.

**Fertilidad y calidad física**

Desde el punto de vista físico, el suelo debe de ser un medio que facilite el desarrollo y el crecimiento de las plantas. Debe poseer por tanto una buena aireación, una capacidad de retención hídrica adecuada y un régimen de circulación de agua que posibilite un buen drenaje, pero sin llegar a provocar un lavado excesivo (Saña Vilaseca *et al.*, 1996). Las dos propiedades físicas más determinantes son la textura y la estructura y a partir de ellas se determinan el resto.

En las tres fincas estudiadas, los suelos presentan una textura franco-arenosa (Tablas 1 y 2), con predominio de la fracción arena y una proporción muy baja de arcilla, solo se aprecian diferencias significativas en el porcentaje mayor de arcilla en vid convencional ( $V_{CONV}$ ) frente a kiwi convencional ( $K_{CONV}$ ).

**Tabla 1.** Fracciones granulométricas en las fincas de kiwi ecológico ( $K_{ECO}$ ) y kiwi convencional ( $K_{CONV}$ ) (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	% Arena (2-0,05 mm)	% Limo (0,05-0,002 mm)	% Arcilla ( $< 0,002$ mm)	Clase textural
$K_{ECO}$	72,85 $\pm$ 7,76 a	17,48 $\pm$ 6,41 a	9,67 $\pm$ 1,61 a	Franco-arenosa
$K_{CONV}$	79,69 $\pm$ 4,40 a	13,84 $\pm$ 3,12 a	6,47 $\pm$ 1,36 a	Franco-arenosa

**Tabla 2.** Fracciones granulométricas en las fincas de kiwi y vid convencional ( $K_{CONV}$ ,  $V_{CONV}$ ) (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	% Arena (2-0,05 mm)	% Limo (0,05-0,002 mm)	% Arcilla ( $< 0,002$ mm)	Clase textural
$K_{CONV}$	79,69 $\pm$ 4,40 a	13,84 $\pm$ 3,12 a	6,47 $\pm$ 1,36 a	Franco-arenosa
$V_{CONV}$	70,93 $\pm$ 5,66 a	12,37 $\pm$ 1,13 a	12,89 $\pm$ 2,16 b	Franco-arenosa

Aunque los suelos presentan una misma textura, pueden tener propiedades físicas diferentes, y esto es debido a la distinta ordenación de sus partículas minerales y orgánicas, lo que se corresponde con la estructura del suelo. La agregación es muy débil en todos los casos debido a esa falta de fracción arcilla en los suelos, como se puede apreciar con el bajo valor de diámetro medio ponderado que presentan (Tablas 3 y 4). En cuanto a la estabilidad de estos agregados, son muy estables, asociado a los elevados contenidos en materia orgánica de las fincas, lo que favorece la formación de estructuras “migajosas”, resistentes a la acción del laboreo y el agua (Benito & Díaz-Fierros, 1989).

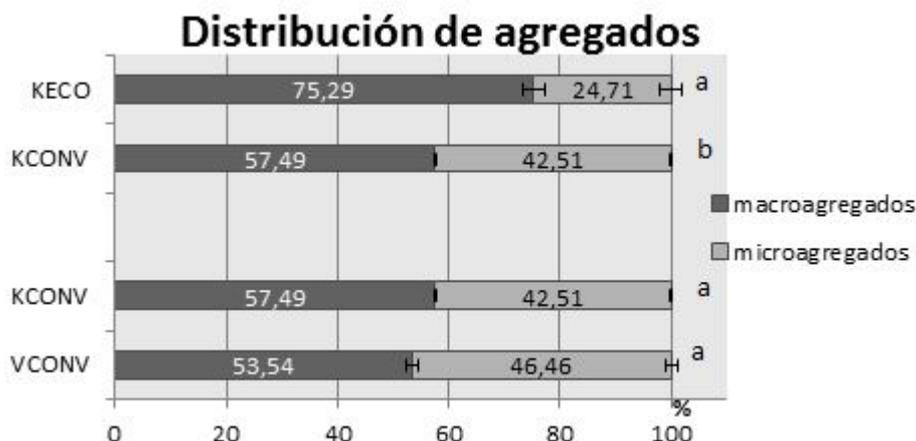
**Tabla 3.** Diámetro medio ponderado (DMP) y % de agregados estables (AE) en las fincas de kiwi ecológico ( $K_{ECO}$ ) y convencional ( $K_{CONV}$ ) (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	DMP (mm)	% AE
$K_{ECO}$	1,57 $\pm$ 0,30 a	97,69 $\pm$ 0,31 a
$K_{CONV}$	0,76 $\pm$ 0,18 b	97,35 $\pm$ 0,59 a

**Tabla 4.** Diámetro medio ponderado (DMP) y % de agregados estables (AE) en las fincas de kiwi y vid convencional ( $K_{CONV}$  y  $V_{CONV}$ ) (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	DMP (mm)	% AE
$K_{CONV}$	0,76 $\pm$ 0,18 a	97,35 $\pm$ 0,59 a
$V_{CONV}$	0,77 $\pm$ 0,10 a	98,25 $\pm$ 0,56 a

No se apreciaron diferencias significativas en la distribución de agregados por tamaños entre las fincas  $K_{CONV}$  y  $V_{CONV}$  (Figura 3). La mejor agregación se ha observado en la finca  $K_{ECO}$ , con un porcentaje de macroagregados significativamente más alto si se compara con la finca de  $K_{CONV}$  (75% frente a 57%) lo que se justificaría por el mayor aporte de materia orgánica al suelo con el sistema orgánico (Brown & Tworkoski, 2004).

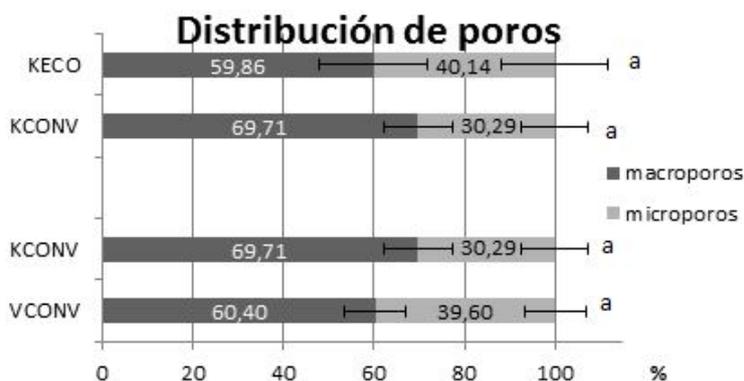


**Figura 3.** Porcentajes de macro y microagregados en cada una de las fincas estudiadas con su desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre manejos ( $K_{ECO}$  y  $K_{CONV}$ ) o entre cultivos ( $K_{CONV}$  y  $V_{CONV}$ ) ( $p < 0,05$ ).

Las otras propiedades físicas derivadas son la densidad aparente, la cual es baja en las tres fincas, en concordancia con la mayoría de los suelos gallegos (Varela *et al.*, 1993); esta baja densidad aparente condiciona una elevada porosidad, la cual es más elevada en la finca de  $K_{CONV}$  que en  $K_{ECO}$  (Tabla 5), pero esta última presenta una distribución más equilibrada de los poros (Figura 4), es decir de los macroporos (60%), que son los responsables de la aireación y drenaje y de los microporos (40%) que retienen el agua necesaria para el desarrollo vegetal.

**Tabla 5.** Valores de densidad real, densidad aparente y porosidad total en las fincas de kiwi con manejo ecológico y convencional (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	Densidad real (g cm <sup>-3</sup> )	Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )	Porosidad %
$K_{ECO}$	2,56 $\pm$ 0,02 a	1,16 $\pm$ 0,06 a	54,61 $\pm$ 2,13 a
$K_{CONV}$	2,54 $\pm$ 0,04 a	0,94 $\pm$ 0,05 b	63,14 $\pm$ 1,97 b



**Figura 4.** Distribución de los poros por tamaños en cada una de las fincas estudiadas con su desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de manejos ( $K_{ECO}$  y  $K_{CONV}$ ) o cultivos ( $K_{CONV}$  y  $V_{CONV}$ ) ( $p < 0,05$ ).

Por otra parte, en relación con su granulometría gruesa, los suelos de las tres fincas presentan una baja capacidad de retención de agua (Tablas 6 y 7), y no se aprecian diferencias significativas entre ellas. Esta baja capacidad de retención de agua ( $< 40\%$ ) no supondrá una limitación importante en el suministro de agua a las plantas en la mayor parte del año, dadas las elevadas precipitaciones existentes en la zona, pero debería considerarse como el limitante físico más importante en estos suelos entre junio y septiembre, cuando el balance hídrico es negativo, siendo la planificación del sistema de riego importante durante el periodo estival.

**Tabla 6.** Capacidad de campo, punto de marchitez y agua útil en las fincas con diferente manejo ( $K_{ECO}$  y  $K_{CONV}$ ) (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	CC % (v/v)	PMP % (v/v)	AU % (v/v)
<b><math>K_{ECO}</math></b>	38,51 $\pm$ 9,05 a	14,05 $\pm$ 2,94 a	24,46 $\pm$ 6,30 a
<b><math>K_{CONV}</math></b>	36,68 $\pm$ 7,07 a	11,35 $\pm$ 2,87 a	25,83 $\pm$ 4,86 a

**Tabla 7.** Capacidad de campo, punto de marchitez y agua útil en las fincas con diferentes cultivos ( $K_{CONV}$  y  $V_{CONV}$ ) (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	CC % (v/v)	PMP % (v/v)	AU % (v/v)
<b><math>K_{CONV}</math></b>	36,68 $\pm$ 7,07 a	11,35 $\pm$ 2,87 a	25,83 $\pm$ 4,86 a
<b><math>V_{CONV}</math></b>	46,13 $\pm$ 4,42 a	16,00 $\pm$ 2,39 a	30,13 $\pm$ 2,04 a

### Fertilidad y calidad biológica

La fertilidad biológica se caracteriza por la magnitud y el estado de la reserva orgánica del suelo, así como por la abundancia y actividad de la biomasa edáfica.

Los suelos de las tres fincas presentan elevados contenidos en materia orgánica, siendo la finca de  $V_{CONV}$  la que presenta el mayor contenido en carbono y, en contra de lo que se podría esperar, es la finca de  $K_{ECO}$  la que presenta el contenido más bajo (Tablas 8 y 9). Estas diferencias pueden explicarse por el uso anterior de las fincas y el tipo de manejo aplicado a cada una de ellas. Las diferencias entre  $K_{ECO}$  y  $K_{CONV}$  se explicarían por el mayor tiempo en que la finca  $K_{ECO}$  lleva dedicada a uso agrícola frente a un uso anterior forestal en la finca  $K_{CONV}$  y por el hecho de que en ésta los restos de las podas que se

realizan a lo largo del ciclo de cultivo se dejan en la superficie del suelo, mientras que en la finca  $K_{ECO}$  se retiran del suelo y se utilizan para la obtención del compost (Martínez- Núñez, 2009; Fernández Lago, 2011). Entre  $V_{CONV}$  y  $K_{CONV}$ , el mayor contenido en carbono en  $V_{CONV}$  se asociaría con el enraizamiento más profundo de la vid y por el recubrimiento herbáceo que se mantiene en la finca entre las hileras durante todo el ciclo del cultivo.

**Tabla 8.** Contenidos en C, N, Cbiomasa, relación C/N y relación Cbiomasa/C en las fincas de kiwi ecológico ( $K_{ECO}$ ) y kiwi convencional ( $K_{CONV}$ ) (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	C/N	Cbiomasa (g kg <sup>-1</sup> )	Cbiomasa/C (%)
$K_{ECO}$	36,54 $\pm$ 07,67 a	3,23 $\pm$ 0,85 a	11 $\pm$ 0,56 a	0,28 $\pm$ 0,06 a	0,80 $\pm$ 0,28 a
$K_{CONV}$	43,47 $\pm$ 14,49 a	2,73 $\pm$ 1,05 a	16 $\pm$ 3,85 b	0,20 $\pm$ 0,03 b	0,49 $\pm$ 0,19 b

**Tabla 9.** Contenidos en C, N, Cbiomasa, relación C/N y relación Cbiomasa/C en las fincas de manejo convencional ( $K_{CONV}$  y  $V_{CONV}$ ) (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	C/N	Cbiomasa (g kg <sup>-1</sup> )	Cbiomasa/C (%)
$K_{CONV}$	43,47 $\pm$ 14,49 a	2,73 $\pm$ 1,05 a	16 $\pm$ 3,85 a	0,20 $\pm$ 0,03 a	0,49 $\pm$ 0,19 a
$V_{CONV}$	66,98 $\pm$ 10,75 a	3,97 $\pm$ 1,03 a	17 $\pm$ 2,30 a	0,19 $\pm$ 0,07 a	0,29 $\pm$ 0,13 a

Sin embargo, más importante que la cantidad, es la velocidad con la que evoluciona la materia orgánica y el equilibrio húmico al que tiende el agrosistema, lo que puede deducirse conociendo la relación C/N de los suelos, la cual se considera óptima en valores en torno a 10-12 (Porta *et al.*, 2003). En la tabla 8 puede verse que la relación C/N es óptima en la finca  $K_{ECO}$  por lo que es la que presenta una materia orgánica mejor humificada y en consecuencia, también una estructura del suelo mucho más desarrollada.

Por otra parte, al comparar el carbono de la biomasa microbiana, se observa que es significativamente mayor en la finca  $K_{ECO}$  que en  $K_{CONV}$ , no observándose diferencias significativas entre  $K_{CONV}$  y  $V_{CONV}$  (Tablas 8 y 9). El monocultivo extensivo, el laboreo convencional y el uso de pesticidas son considerados factores claves que reducen la biodiversidad del suelo (Paoletti, 1999).

### Fertilidad y calidad química

La fertilidad química del suelo es adecuada cuando todos los nutrientes esenciales para las plantas se encuentran en él en forma asimilable y en los niveles óptimos, para que no produzcan problemas de déficit o de toxicidad. Entre los parámetros edáficos que informan sobre diferentes aspectos de la fertilidad química de los suelos hay que destacar, además de la textura, el pH y la capacidad de intercambio catiónico.

Los suelos de las tres fincas tienen un pH ácido. Esta acidez se corrige con técnicas de encalado para aproximar el pH a la neutralidad y facilitar la disponibilidad de nutrientes. En la tabla 11 puede verse como la finca  $V_{CONV}$  es la que presenta el pH agua más bajo, situándose por debajo del recomendado para el cultivo de la vid (5,6- 7,0). En las fincas dedicadas a kiwi,  $K_{ECO}$  se encuentra dentro del rango óptimo, (6- 6,5) mientras que  $K_{CONV}$  presenta un pH por debajo del óptimo (Tablas 10 y 11). La diferencia entre el pH actual y potencial establece mayor riesgo de acidificación en los suelos bajo manejo convencional frente al ecológico. La razón podría explicarse por la técnica de fertirrigación que se aplica en estas fincas, ya que puede provocar el desplazamiento de los cationes básicos del complejo de cambio a la solución del suelo y su posterior lavado. También está reconocido que la aplicación intensiva de fertilizantes inorgánicos nitrogenados acidifica los suelos (Carey *et al.*, 2009; Otero *et al.*, 2010).

**Tabla 10.** pH en agua y en KCl en las fincas de kiwi con diferente manejo ( $K_{ECO}$  y  $K_{CONV}$ ) (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	pH agua	pH KCl	pH agua - pH KCl
$K_{ECO}$	6,07 $\pm$ 0,22 a	5,80 $\pm$ 0,14 a	0,27
$K_{CONV}$	5,64 $\pm$ 0,33 a	5,18 $\pm$ 0,44 b	0,46

**Tabla 11.** pH en agua y en KCl en las fincas con diferentes cultivos ( $K_{CONV}$  y  $V_{CONV}$ ) (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	pH agua	pH KCl	pH agua - pH KCl
$K_{CONV}$	5,64 $\pm$ 0,33 a	5,18 $\pm$ 0,44 a	0,46
$V_{CONV}$	5,03 $\pm$ 0,81 b	4,79 $\pm$ 0,26 b	0,24

Todas las fincas presentan valores bajos de capacidad de intercambio catiónico, debido fundamentalmente a su baja proporción de arcilla. Sin embargo, nuevamente la finca  $K_{ECO}$  presenta una CIC más elevada (15,77  $\text{cmol kg}^{-1}$ ) que las fincas con manejo convencional (11,79 y 11,58  $\text{cmol kg}^{-1}$  respectivamente en  $K_{CONV}$  y  $V_{CONV}$ ), lo que podría explicarse por la mejor calidad de su materia orgánica, con una mayor capacidad para retener nutrientes. El  $\text{Ca}^{2+}$  es el catión mayoritario en el complejo de cambio (Tablas 12 y 13). En todas las fincas está dentro de valores adecuados (Urbano, 2001), no habiendo diferencias significativas entre ellas; el  $\text{Mg}^{2+}$  tiene valores altos (Urbano, 2001) sin diferencias entre tratamientos; el  $\text{K}^+$  presenta valores muy bajos en  $V_{CONV}$  y medios en  $K_{ECO}$  y  $K_{CONV}$ , con diferencias significativas entre  $V_{CONV}$  y  $K_{CONV}$  y por último el  $\text{Na}^+$  presenta valores muy bajos en todas las fincas, especialmente en  $V_{CONV}$  (Urbano, 2001).

**Tabla 12.** Cationes de cambio en los suelos de  $K_{ECO}$  y  $K_{CONV}$  (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )	$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )	$\text{K}^+$ ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )	$\text{Na}^+$ ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )
$K_{ECO}$	12,91 $\pm$ 3,87 a	2,26 $\pm$ 0,52 a	0,40 $\pm$ 0,17 a	0,12 $\pm$ 0,01 a
$K_{CONV}$	7,97 $\pm$ 4,14 a	3,14 $\pm$ 2,28 a	0,32 $\pm$ 0,27 a	0,11 $\pm$ 0,02 a

**Tabla 13.** Cationes de cambio en los suelos con diferentes cultivos ( $K_{CONV}$  y  $V_{CONV}$ ) (media  $\pm$  desviación estándar). Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

	$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )	$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )	$\text{K}^+$ ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )	$\text{Na}^+$ ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )
$K_{CONV}$	7,97 $\pm$ 4,14 a	3,14 $\pm$ 2,28 a	0,32 $\pm$ 0,27 a	0,11 $\pm$ 0,02 a
$V_{CONV}$	9,80 $\pm$ 2,63 a	1,25 $\pm$ 0,15 a	0,05 $\pm$ 0,04 b	0,09 $\pm$ 0,01 b

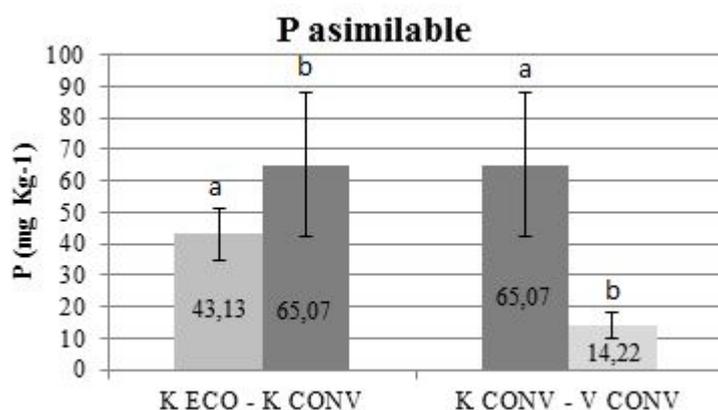
Los cationes intercambiables deben mantenerse dentro de unos límites en el complejo de cambio: el  $\text{Ca}^{2+}$  entre el 60 y 80% de la CIC, el  $\text{Mg}^{2+}$  entre el 10 y 20%, el  $\text{K}^+$  entre el 2 y 6% y el  $\text{Na}^+$  entre el 0 y 3% (Eckert, 1987). La disponibilidad de nutrientes puede considerarse óptima en la finca  $K_{ECO}$ , siendo la relación de cationes la más adecuada (81% de  $\text{Ca}^{2+}$ , 14% de  $\text{Mg}^{2+}$ , 3% de  $\text{K}^+$  y 0,8% de  $\text{Na}^+$ ), mientras que en la finca  $K_{CONV}$  hay un exceso de  $\text{Mg}^{2+}$  (27%) y en  $V_{CONV}$  un exceso de  $\text{Ca}^{2+}$  (85%) y escasez de  $\text{K}^+$  (0,4%).

Además, para una adecuada nutrición vegetal, los diferentes cationes deben encontrarse en determinadas relaciones entre ellos (Eckert, 1987). Los resultados de la tabla 14 muestran unas relaciones Ca/Mg adecuadas en  $K_{ECO}$ , mientras que confirman que en  $K_{CONV}$  hay un exceso de Mg que puede afectar a la absorción del Ca y en  $V_{CONV}$  un exceso de Ca que puede interferir la absorción de Mg. La relación K/Mg indica que hay déficit de K en las fincas convencionales afectando a la absorción de Mg, mostrando nuevamente la finca  $K_{ECO}$  una relación adecuada.

**Tabla 14.** Relaciones Ca/Mg y K/Mg en las fincas estudiadas (media  $\pm$  desviación estándar).

	Ca/Mg	K/Mg
$K_{ECO}$	5,65 $\pm$ 0,37	0,17 $\pm$ 0,06
$K_{CONV}$	2,83 $\pm$ 0,60	0,09 $\pm$ 0,08
$V_{CONV}$	7,78 $\pm$ 1,43	0,04 $\pm$ 0,03

Por último, El P asimilable presenta valores altos en todas las fincas (Figura 5), resultado de la fertilización aplicada, siendo  $K_{CONV}$  la que presenta valores más altos asociados a una fertilización más intensa. El encalado aplicado en las fincas favorece una mayor disponibilidad del P en el suelo, ya que bajo condiciones de acidez, el P puede precipitar en forma de fosfatos y dejar de estar accesible para las plantas (Bastida *et al.*, 2008).



**Figura 5.** Contenido en Fósforo asimilable en las fincas de Kiwi ecológico ( $K_{ECO}$ ), kiwi convencional ( $K_{CONV}$ ) y vid convencional ( $V_{CONV}$ ) con sus desviaciones estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre manejos o entre cultivos ( $p < 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

- El clima del área de estudio puede considerarse adecuado para el desarrollo de los cultivos de kiwi y vid. La principal limitación es la baja disponibilidad hídrica durante el periodo estival, por lo que se considera necesaria una buena planificación del regadío durante este periodo, sobre todo en el caso del cultivo de kiwi.
- Los suelos de las tres fincas se caracterizan por presentar una textura franco-arenosa, una elevada porosidad, y una agregación débil, pero con agregados muy estables, gracias a sus elevados contenidos en materia orgánica. Son suelos ácidos y con una baja CIC, propiedades que se mejoran con la técnica habitual de encalado, favoreciendo la disponibilidad de los diferentes nutrientes.
- La finca  $K_{ECO}$  obtiene los mejores resultados de fertilidad y calidad del suelo, con un mayor contenido en macroagregados que las otras dos fincas, una materia orgánica mejor humificada y una mayor actividad biológica. También presenta una relación adecuada entre los diferentes nutrientes, sin carencias ni déficits, confirmando las mayores ventajas del manejo ecológico frente al convencional. Las fincas convencionales presentan una peor fertilidad química, con déficits y desequilibrios de ciertos nutrientes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bastida, F., Zsolnay, A., Hernández, T., García, C. (2008). Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. *Geoderma*, 147: 159-171.
- Benito, E., Díaz-Fierros, F. (1989). Estudio de los principales factores que intervienen en la estabilidad estructural de los suelos de Galicia. *An. Edafol. Agrobiol.* 48: 229-253.
- Brown, M.W., Tworowski, T. (2004). Pest management benefits of compost mulch in apple orchards. *Agr. Ecosyst. Environ.* 103: 465-472.
- Carey, P., Benge, J., Haynes, R. (2009). Comparison of soil quality and nutrient budgets between organic and conventional kiwifruit orchards. *Agr. Ecosyst. Environ.* 132: 7-15.
- de la Rosa, D. (2008). Evaluación agro-ecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible. Madrid: Mundi-Prensa.
- de Leenheer, L. (1967). *Pédologie*. Gand. 17: 123-152.
- Doran, J.W., Parkin, T.B. (1994). Defining and assessing soil quality. En: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Soil Science Society of America special publication 35: 3-23.
- Eckert, D.J. (1987). Soil test interpretation. Basic cation saturation ratios and sufficiency levels. *Soil testing: sampling, correlation, calibration and interpretation*, SSSA Special publ. 6 (cap. 6): 53-63.
- Fernández Lago, M.C. (2011). Papel das miñocas na dinámica da materia orgánica e nos ciclos de nutrientes en solos de cultivo de kiwi producidos baixo tres sistemas de manexo agrícolas. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad de Vigo.
- Gutián, F., Carballas, T. (1976). Técnicas de análisis de suelos. Santiago de Compostela, Ed. Pico Sacro.
- Imaz, M.J., Virto, I. (2010). Indicadores de calidad del suelo. En: Usón, A., Boixadera, J. y Martín, A. (eds.). *Tecnología de suelos: estudio de casos*. Prensa universitaria de Zaragoza, pp.141-155.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. (1986). Aggregate stability and size distribution. En: A. Klute et al. (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 425-442.
- Klute, A. (1986). *Methods of Soil Analysis, part 1. Physical and mineralogical properties*. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Martínez Núñez, L. (2009). Caracterización del cultivo de kiwi bajo tres sistemas de cultivo (convencional, integrado y ecológico). Tesis de licenciatura, Facultad de Biología. Universidad de Vigo.
- Olsen, S.R., Dean, L.A. (1965). Phosphorus. En: Black, C.A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis, part 2. Chemical and Microbiological properties*. American Society of Agronomy. Madison, WI, pp. 1035-1049.
- Otero, V., Barreal, M.E., Martínez-Núñez L, Gallego P.P. (2010). Nutritional status of kiwifruit using organic versus conventional farming systems. *Acta Hort.* 868: 155-160.
- Paoletti, MG. (1999). The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agr. Ecosyst. Environ.* 74: 137-155.
- Peech, M., Alexander, L.T., Dean, L., Reed, J.F. (1947). *Methods of soil analysis for soil fertility investigations*. U.S. Dep. Agric. Cir. 757: 25
- Porta, J., López Acevedo, M., Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Saña Vilaseca, J., Moré Ramos, J.C., Cohí, A. (1996). *La Gestión de la Fertilidad de los Suelos*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Urbano Terrón, P. (2001). *Tratado de fitotecnia general*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Vance, E.D., Brookes, P.C., Jenkinson, D.S. (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707
- Varela, C., Vázquez, C., González-Sangregorio, M.V., Leirós, M.C., Gil-Sotres, F. (1993). Chemical and physical properties of opencast lignite minesoils. *Soil Sci.* 156: 193-204.