



MEMORIA FINAL

EXPEDIENTE FEADER 2022/015B
FORMATO LIBRE

NOVOS APROVEITAMENTOS DE EMENDAS OBTIDAS DE RESIDUOS PORCINOS E FORESTAIS PARA A MELLORA DA CALIDADE DOS SOLOS



Proxectos de Grupos Operativos da AEI

MEMORIA FINAL EN FORMATO LIBRE

- **EXPEDIENTE:** FEADER 2022/015B
- **TÍTULO PROYECTO:** Novos aproveitamentos de emendas obtidas de residuos porcinos e forestais para a mellora da calidade dos solos.
- **ENTIDADES PARTICIPANTES:**
 - o Seica Seo S.L (representante do GO)
 - o Ana María Pérez Fidalgo
 - o Universidade de Santiago de Compostela
 - o Universidade de Vigo
 - o CMCMA Serra de Meda-Vences
- **ORZAMENTO SUBENCIONABLE:** 179.935,82 €
- **AXUDA CONCEDIDA:** 179.935,82 €
- **AUTORES:** Adolfo López Fabal
Ana María Pérez Fidalgo
Iván Martínez Lorenzo
Juan Carlos Nóvoa Muñoz
María Flora Alonso Vega

ÍNDICE

Actividade 1: ELABORACIÓN DO COMPOST	3
1.1 Obtención de orzamentos e adecuación da zona de traballo	3
1.2 Busca e contratación de persoal para as brigadas de traballo.....	9
1.3 Preparación de biomasa vexetal (traballos de silvicultura e recollida de restos vexetais)	9
1.4 Acopio de biomasa e traslado a zona de traballo	11
1.5 Acopio e traslado a zona de traballo de dexeccións gandeiras.....	11
1.6 Analíticas iniciais das dexeccións gandeiras e da biomasa forestal para a súa caracterización	13
1.7 Deseño das diferentes mesturas de biomasa vexetal e dexeccións gandeiras a someter a compostaxe	15
1.8 Seguimento e mantemento do proceso de compostaxe.....	16
1.9 Analíticas do produto final compostado	19
1.9.1 Caracterización como produto fertilizante: abono ou emenda	20
1.9.2 Avaliación do comportamento agronómico logo da aplicación ao solo	23
1.9.3 Caracterización como substrato de cultivo	25
Actividade 2: ENSAIO DOS COMPOST EN PARCELAS DE CULTIVO	27
2.1 Elección das parcelas agrícolas para os ensaios en cultivos de vide, oliveira e pistacho	27
2.2 Toma de mostras de solos en parcelas de ensaios (situación control).....	28
2.3 Caracterización química de mostras de solos de parcelas de ensaios	28
2.4 Aplicación de diferentes doses do produto compostado nas parcelas de ensaio	34
2.5 Toma de mostras de solo nas parcelas de ensaio tras a aplicación do produto compostado a tempo 0(t0).....	36
2.6 Análises químicos de solos nas parcelas de ensaio tras o tempo 0	37
2.7 Toma de mostras de solo nas parcelas de ensaio tras a aplicación do produto compostado a tempo 6 meses.....	42
2.8 Análises químicos de solos nas parcelas de ensaio tras o tempo 6 meses (t6)	43
2.9 Avaliación das melloras produtivas en cultivo leñosos tras a aplicación do produto compostado	48
2.10 Avaliación das modificacións de fertilidade do solo tras a aplicación do produto compostados.....	49
Actividade 3: ENSAIO DOS COMPOST NA RESTAURACIÓN DE SOLOS	56
3.1 Selección de localizacións e delimitación de parcelas	56
3.2 Aplicacións dos composts.....	57
3.3 Seguimento da implantación da vexetación e da erosión.....	60
Actividade 4: DIVULGACIÓN	66
4.1 Posta en marcha do plan de divulgación	66
4.2 Difusión do proxecto anualidade 2022	66
4.3 Difusión do proxecto anualidade 2023	67
4.4 Difusión do proxecto anualidade 2024	70

Actividade 1: ELABORACIÓN DO COMPOST

1.1 Obtención de orzamentos e adecuación da zona de traballo

Para a realización do compós, contamos cunha fosa-balsa de formigón armado con capacidade para uns 30 m³, situada na propiedade da CMVMC Serra de Meda – Vences. Esta fosa provén dunha antiga mina de volframio e, debido ao longo período de desuso, require melloras para o novo uso que se lle pretende dar.



Figura 1.1.1. Estado inicial da balsa de formigón

Inicialmente, estaba previsto que as tarefas de acondicionamento da balsa se realizaran con persoal propio, arrendando a maquinaria necesaria e mercando o material en empresas locais. Non obstante, as intensas precipitacións de finais de 2022 e principios de 2023 impediron o inicio das actuacións segundo o programa do proxecto. Por iso, optouse por contratar empresas da zona para levar a cabo todos os traballos necesarios, o que garantiu a finalización das tarefas dentro do prazo establecido. Solicítanse orzamentos a tres empresas e, unha vez contratados os servizos, procedeu-se á súa execución.

Traballos de mellora na balsa: proceso e execución

O proxecto de acondicionamento da balsa da mina comeza coa limpeza da zona de acceso á mesma, eliminando calquera obstáculo que impida un acceso adecuado. Posteriormente, procédese ao retirado da tela e dos pilares metálicos do peche orixinal que rodeaba a balsa, liberando a estrutura para as seguintes intervencións.

Unha das primeiras etapas consiste na tala das árbores e o desbroce da maleza na zona circundante, asegurando un terreo limpo e seguro para o traballo. A continuación, realízase o transporte, estendido e compactación de zahorra natural na rampla de acceso e nas áreas adxacentes á balsa, garantindo a estabilidade do chan.

Para o acondicionamento da propia balsa, lévanse a cabo varias accións clave. Primeiro, procédese á limpeza interior e á retirada de sedimentos acumulados ao longo do tempo. Co fin de reforzar a estrutura,

execútase o apuntalamiento das estruturas existentes, así como o selado de gretas e o enfoscado das paredes da balsa para evitar futuras filtracións.

En canto á xestión de lixiviados, realiza-se a apertura dunha zanja onde se instala un colector perforado de drenaxe que se encargará de canalizar adecuadamente os líquidos. Para optimizar o drenaxe, tamén se realiza a nivelación da solera co uso de morteiro, creándose así unha pendente adecuada.

Un paso importante no acondicionamento é a compartimentación interior da balsa mediante a colocación de bloques de formigón de 20 Cm, garantindo unha estrutura estable e resistente. Ao mesmo tempo, lévase a cabo o recrecido do muro perimetral cunha segunda fila de bloques de formigón.

Finalmente, procédese á colocación do soporte para o tapado da balsa e á instalación dun depósito destinado á recollida de lixiviados, completando así todo o proceso de mellora e garantindo un correcto funcionamento da instalación.

Táboa 1.1.1. Tarefas realizadas na balsa de formigón

Limpeza da zona de acceso a balsa

Retirada da tela e pilares metálicos do cerramento orixinal balsa mina.

Tala de árbores e desbroce de maleza.

Transporte, estendido e compactación de zahorra natural na rampla de acceso e terreo aledaño á balsa.

Acondicionamento da balsa

Limpeza interior e retirada de sedimentos.

Apuntalamiento estruturas, selado de gretas e enfoscado.

Apertura de zanja e instalación de colector perforado de drenaxe de lixiviados.

Nivelación para a formación de pendente con morteiro en solera.

Compartimentación interior con bloque de formigón 20 Cm.

Recrecido de muro perimetral con bloque de formigón.

Colocación de soporte e tapado da balsa.

Colocación de depósito para a recollida de lixiviados.



Figura 1.1.2. Retirada de tela e pilares metálicos, tala e de desbroce de maleza



Figura 1.1.3. Compactación de zahorra na rampla de acceso



Figura 1.1.4. Limpeza interior e retirada de sedimentos



Figura 1.1.5. Apuntalamiento estructuras, selado de gretas e enfoscado



Figura 1.1.6. Apertura de zanja e instalación de colector perforado de drenaxe de lixiviados.



Figura 1.1.7. Nivelación para a formación de pendiente con morteiro en solera.



Figura 1.1.8. Compartimentación interior con bloque de formigón 20 cm.



Figura 1.1.9. Recrecio de muro perimetral con bloque de formigón.



Figura 1.1.10. Colocación de soporte para tapado da balsa

Figura 1.1.11. Tapado da balsa





Figura 1.1.12. Colocación de depósito para a recollida de lixiviados.

1.2 Busca e contratación de persoal para as brigadas de traballo

Debido aos continuos retrasos en todas as anualidades ocasionados polas condicións climatolóxicas, optouse pola contratación de servizos tecnolóxicos externos en lugar da incorporación de persoal propio para a realización das distintas tarefas. Este enfoque permitiu levar a cabo as actividades programadas nun tempo menor, asegurando así o cumprimento dos obxectivos dentro dos prazos establecidos.

As modificacións realizadas foron solicitadas e aprobadas pola Axencia Galega de Calidade Alimentaria (AGACAL) en tempo e forma, o que garante a transparencia e a adecuación do proceso.

1.3 Preparación de biomasa vexetal (traballos de silvicultura e recollida de restos vexetais)

O proceso de preparación da biomasa vexetal comeza coa roza da vexetación, que se realiza empregando maquinaria específica segundo o tipo de cobertura: rozadoira de martelos en zonas con piñeiros novos e rozadoira de cadeas en áreas dominadas por xestas. A trituración ten como obxectivo reducir o tamaño da biomasa e facilitar a súa manipulación.

Unha vez triturada, procédese á selección do material en función do tipo de biomasa e do granulado obtido. Desta forma, obtéñense diferentes tipos de biomasa, cada un con características propias como o

tamaño das partículas e a súa porosidade, elementos fundamentais para estruturar correctamente o material na compostaxe. Identificáronse dúas zonas principais de recollida:

- **Zona 1:** Vexetación dominada por piñeiros novos, rozada con martelos.
- **Zona 2:** Vexetación dominada por xestas, rozada con cadeas.

Este paso permite preparar biomasa diferenciada, adaptada para a creación de mesturas específicas nos ensaios de compost.



Figura 1.3.1. Trituración de biomasa



Figura 1.3.2. Selección, recollida e carga do material vexetal

1.4 Acopio de biomasa e traslado a zona de traballo

A recollida da biomasa triturada realizouse manualmente mediante técnicas de rastrelado en superficie, co obxectivo de garantir unha selección eficiente e minimizar as perdas. O material seleccionado cargouse de forma manual e foi transportado mediante tractores basculantes ata a zona de compostaxe.

Unha vez na zona de compostaxe, a biomasa descargouse e clasificouse segundo as súas características. Este proceso asegura unha integración adecuada do material nas distintas mesturas previstas para os ensaios.

A planificación inicial prevía realizar a trituración e o acopio na propia zona de compostaxe. Non obstante, aproveitouse a circunstancia da reconversión de varias parcelas para realizar a trituración directamente no lugar de orixe. Este axuste permitiu executar a tarefa de preparación da biomasa antes do acopio, sen alterar o programa global e mellorando a eficiencia operativa.



Figura 1.4.1. Descarga e clasificación da biomasa na zona de compostaxe

1.5 Acopio e traslado a zona de traballo de dexeccións gandeiras

Detallamos a continuación as operacións realizadas para o acopio e traslado das dexeccións gandeiras, concretamente xurros de porcino e a súa fracción sólida, dende as granxas ata a zona de compostaxe. As operacións leváronse a cabo en coordinación co xestor ambiental da granxa, propietarios e outros axentes implicados no transporte.

Métodos de Acopio e Transporte

O proceso de acopio e traslado dos residuos gandeiros realizouse mediante dúas metodoloxías principais:

1. Uso de Cisterna de Xurro:

- o Para o transporte do xurro, empregouse un camión cisterna cunha capacidade de **16.000 litros**. Este vehículo encargouse de realizar o **cheo** directamente na granxa porcina, recollendo o xurro desde a fosa de almacenamento. Unha vez completado o proceso de cheo, foi trasladado á zona de compostaxe.

2. Depósitos Plásticos:

- o Ademais do transporte mediante a cisterna, tamén se utilizou unha solución alternativa mediante o uso de **4 depósitos plásticos**, cada un cunha capacidade de **1 m³**. Estes depósitos enchéronse directamente desde a cisterna de xurro. A operación consistiu en bombear o xurro desde a fosa ata a cisterna e, posteriormente, distribuílo nos depósitos. Estes foron transportados á zona de compostaxe utilizando un camión cunha capacidade de **3.500 kg**.
- o Para esta operación, realizouse contacto e coordinación co propietario da granxa, que non é o mesmo que para o transporte mediante o camión cisterna.

o

Fracción Sólida do Xurro

Ademais do xurro líquido, tamén se manexou a **fracción sólida**, que é o residuo que queda despois de separarlle a parte líquida ao xurro. Esta fracción sólida require un tratamento diferente e, para o seu transporte, coordinouse co departamento de xestión ambiental da granxa.

- O transporte desta fracción sólida realizouse empregando un camión **basculante de 16 toneladas**. Este vehículo permitiu un manexo eficiente e seguro dos residuos sólidos ata a súa chegada á zona de compostaxe.

•

Conclusión

As operacións de acopio e traslado do xurro, tanto en forma líquida como sólida, realizáronse de maneira eficaz mediante o uso de vehículos especializados, en coordinación cos xestores ambientais da granxa e os propietarios. A correcta coordinación e a utilización de diferentes métodos de transporte permitiron un manexo axeitado das dexeccións gandeiras ata destino.



Figura 1.5.1. Transporte do xurro mediante Camión Cisterna.



Figura 1.5.2. Transporte do xurro porcino mediante depósitos plásticos



Figura 1.5.3. Transporte da fracción sólida do xurro

1.6 Analíticas iniciais das dexeccións gandeiras e da biomasa forestal para a súa caracterización

Para a compostaxe se escolleron 2 tipos de biomasa procedente de roza forestal (Figura 1.6.1): recollidas en dúas zonas distintas en canto á vexetación dominante e a maquinaria usada para o seu triturado:

- Vexetación consistente principalmente en piñeiros novos que foi rozada con rozadoira de martelos
- Vexetación formada sobre todo por xestas e que foi rozada con rozadoira de cadeas.



Figura 1.6.1. Os dous tipos de biomasa utilizados: piñeiro rozado con rozadoira de martelos (esquerda) e xesta rozada con rozadoira de cadeas (dereita)

A toma de mostras dos materiais se fixo no momento da selección. No laboratorio se mediu a súa densidade en húmido e o contido en humidade por secado en estufa a 105 °C ata peso constante. Tamén a súa capacidade de retención de auga en previsión da proporción de xurro que podían admitir, para o que se mergullou o material fresco auga, se deixou drenar e se secou na estufa.

Táboa 1.6.1. Características físicas das dúas biomásas forestais escollidas para a compostaxe

	Piñeiro	Xesta
Densidade en húmido (t/m ³)	296.68	159.95
Humidade (% m/m)	53.26	38.62
Retención de auga máxima (% m/m)	67.5	55.6
Diferenza (% m/m)	14.3	17.0

A retención de auga máxima dos materiais é bastante boa, pero a capacidade de reter xurro para logo compostar depende do contido e humidade de partida, que xa é alta. De feito a biomasa de xesta ten menos capacidade de reter auga que a de piñeiro pero ao ter menor humidade no momento da toma de mostras tería máis capacidade de reter xurro. Polo tanto calquera perda de humidade durante o proceso de recollida e acopio ata facer as mesturas para compostar sería favorable.

Do xurro e da fracción sólida se tomaron mostras no momento de realizar as mesturas. Se lles mediu a humidade por secado a 105 °C ata peso constante. Una alícuota de xurro foi conxelado e liofilizado para as análises, mentres que a fracción sólida se mantivo en neveira ata a súa análise. Se determinou o contido de C e N totais nun autoanализador LECO TruSpec. Os nitratos e amonios foron extraídos mediante una solución de KCl 2M en relación 1:50 (peso seco:volume de KCl) que se axitou durante 1 hora, se centrifugou a 5000 rpm durante 30' y se filtrou, para logo facer a determinación mediante colorimetría segundo Sawicki & Scaringelli (1971) y Keeney & Nelson (1982) respectivamente. Para a determinación dos elementos totais (P, K, Ca, Mg, Na, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb e Zn) oxidouse a mostra con 2 mL e H₂O₂ para a continuación facer unha dixestión ácida en HNO₃ concentrado asistida por microondas (Labstation ETHOS 900) segundo o método EPA3051A; o dixerido foi analizado mediante espectrometría de masas con plasma acoplado indutivamente (ICP-MS).

Dos resultados da composición sobre materia seca destaca un alto contido do xurro en N, cunha importante compoñente amoniacal (>50%), e tamén bastante bos de P, K e Ca. Entre os metais pesados destaca un alto contido de Cu e Zn, especialmente deste último, o que era esperable pola presenza no alimento dos porcos. Pola súa parte a fracción sólida resultou máis pobre, sobre todo en N e nos elementos máis solubles que se retiran maioritariamente na fracción líquida, como son o Na, K; mentres que proporcionalmente non se empobreceu tanto en P, menos soluble, e foi máis rica en Ca, que é pouco soluble e non marcha na fracción líquida. Tamén o Cu e o Zn se viron moi reducidos, o que indica que no xurro están principalmente en formas solubles que se separan na fracción líquida.

A materia seca do xurro foi moi baixa, o que implica unha forte dilución dos seus compoñentes e unha composición moi pobre en fresco, moi superada pola da fracción sólida en todos os elementos. Isto significa que o xurro vai aportar poucos nutrientes por m³, importante inconveniente de cara á composición dos compost, que resultarán pobres, porque a cantidade de xurro que se pode engadir está limitada pola capacidade de retención de auga da biomasa e canto máis concentrado sexa máis nutrientes se engaden e pode ter o compost.

Táboa 1.6.2. Composición do xurro da fracción sólida de xurro utilizadas na compostaxe, expresada sobre peso seco e húmido

	Sobre materia seca		Sobre peso fresco	
	Xurro	Fracción sólida	Xurro	Fracción sólida
Materia seca (%)	1.44	43.3		
N (g/kg)	107.1	19.4	0.154	0.842
C (g/kg)	363.6	441.9	0.524	19.131
N-NO ₃ (g/kg)	0.04	0.04	0.001	0.015
N-NH ₄ (g/kg)	60.10	3.98	0.866	1.721
P (g/kg)	37.96	16.15	0.547	6.993
Ca (g/kg)	25.81	31.84	0.372	13.783
Mg (g/kg)	14.55	2.28	0.210	0.987
Na (g/kg)	25.22	0.71	0.363	0.309
K (g/kg)	67.00	2.65	0.966	1.148
Cd (mg/kg)	1.63	0.04	0.024	0.019
Cr (mg/kg)	11.24	3.92	0.162	1.698
Cu (mg/kg)	192.42	29.41	2.773	12.730
Hg (mg/kg)	0.11	0.00	0.002	0.001
Ni (mg/kg)	7.36	2.14	0.106	0.926
Pb (mg/kg)	1.19	1.04	0.017	0.449
Zn (mg/kg)	1227.3	202.0	17.690	87.441

1.7 Deseño das diferentes mesturas de biomasa vexetal e dexeccións gandeiras a someter a compostaxe

Xa no mes de maio se deseñaron as catro mesturas a compostar (Tarefa 1.7), combinando as dúas biomásas distintas con xurro e introducindo a fracción sólida como factor diferencial. Inicialmente estaba previsto facer catro mesturas de compostaxe combinando dúas biomásas e dúas doses de xurro. Sen embargo, das probas previas de laboratorio se derivou que a cantidade de xurro líquido que podían reter as biomásas era pequena, quizais insuficiente para unha boa compostaxe e sobre todo para obter un compost con nutrientes como para ser usado como fertilizante. Deste xeito non tiña sentido pensar nunha dose máis baixa ca outra, porque xa a máis elevada posible semellaba escasa. Por elo se optou por usar o xurro líquido na cantidade máxima que puidera reter o material e introducir a fracción sólida do xurro, procedente dunha separación sólido-líquido, como factor diferencial que aportara nutrientes extra e ademais mellorara a capacidade de retención de xurro líquido da mestura. Polo tanto as catro combinacións deseñadas foron:

- Biomasa de pino + fracción sólida de xurro + xurro líquido
- Biomasa de xesta + fracción sólida de xurro + xurro líquido
- Biomasa de pino + xurro líquido
- Biomasa de xesta + xurro líquido

En xuño se fixeron as mesturas cunha pala mixta que coa pala frontal cargaba a biomasa e a fracción sólida nos compartimentos da fosa e co cazo de escavación facía a mestura (Figura 1.7.1). Se cuantificou aproximadamente a cantidade de cada compoñente na mestura por volume. Cando se incorporou a fracción sólida se fixo aproximadamente nunha proporción 1:1 en volume respecto da biomasa. Foise engadindo o xurro progresivamente a medida que se remexían as mesturas, buscando a maior cantidade retida. Como a

4ª combinación que levaba só biomasa de xesta drenaba moi rápido sen darlle tempo a mollarse se tapou durante 1 día o desaugadoiro. O volume final das mesturas foi de 9-12 m³.



Figura 1.7.1. Elaboración das mesturas e inicio da compostaxe

1.8 Seguimento e mantemento do proceso de compostaxe

A posta do ensaio de compostaxe se fixo o 30 xuño de 2023, a partir de cando se fixo o seguimento do proceso, que durou ata mediados de outubro, cando se considerou que rematara a compostaxe e se lle deu ao material un tempo adicional de maduración final. Deste xeito a compostaxe se fixo durante o verán, con tempo cálido e seco, ata setembro onde empezaron as choivas (Figura 1.8.1). Xa a finais de outubro baixou a temperatura ambiente e houbo choivas importantes.

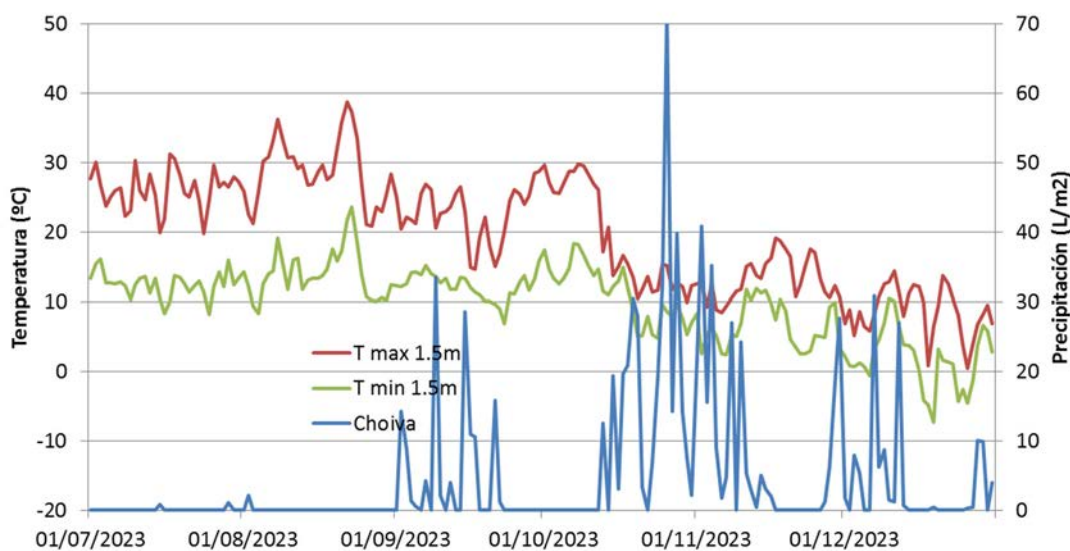


Figura 1.8.1. Valores de precipitación (L/m²), temperatura máxima e mínima diarias na estación meteorolóxica de Riós (Meteogalicia) durante o período do ensaio

Trala posta en marcha da compostaxe se fixo o seu seguimento (Tarefa 1.8) con periodicidade semanal durante o primeiro mes, que logo se foi alongando progresivamente a, dúas e tres semanas, de xeito que se fixeron 8 mostraxes nos 3.5 meses de compostaxe. En cada visita se controlou a temperatura de cada pila para avaliar a intensidade do proceso e a súa evolución no tempo, tomando valores en varios puntos e a catro profundidades (15, 30, 45 e 60 Cm). Logo se facía o volteo e mestura de toda a masa cunha retroescavadora e se facía unha estimación do volume actual de cada pila. Finalmente se tomaban mostraxes

do produto homoxeneizado que se levaban ao laboratorio. Alí se medía a humidade, para determinar se estaba no rango axeitado para a actividade biolóxica; e se analizaba o contido en carbono, nitróxeno (autoanalisador LECO TruSpec) e cinzas (por calcinación a 450 °C) para facer o seguimento da descomposición e estabilización do material.

Durante todo o proceso se procurou manter a humidade no rango desexable e evitar limitacións por exceso ou por defecto. En caso de humidade baixa se prevía regar as pilas con xurro, que se mantivo dispoñible na zona de traballo almacenado en depósitos. Pero non fixo falla porque se engadiu bastante xurro ao principio e a perda de humidade dos materiais dentro da fosa foi lenta (Figura 1.6.4), a pesares de que case non choveu. Cando empezaron as choivas frecuentes en setembro para evitar o mollado excesivo das pilas que as arrefriara e parara o proceso se tapou a fosa cunha cuberta de lona (Figura 1.8.2) que deixaba ventilación e se retiraba para cada volteo.



Figura 1.8.2. Fosa tapada durante a época de choivas

Ao longo da compostaxe a humidade se mantivo alta durante todo o tempo de compostaxe (Figura 1.8.3), concretamente por riba do 50 % que se considera necesario para non limitar a actividade dos microorganismos. No arranque do proceso foi bastante elevada, mesmo por riba do 70 % nas pilas 2 e 3, que pode ser excesiva para a boa marcha da actividade biolóxica por falta de osíxeno, e se debe a ter engadido a maior cantidade de xurro posible segundo a retención dos materiais. Logo houbo un descenso continuado durante 2 meses que coincidiron con xullo e agosto, no que case non choveu, pero xa en setembro volve subir pola choiva ata o entorno do 60 % e se estabiliza trala cubrición da fosa.

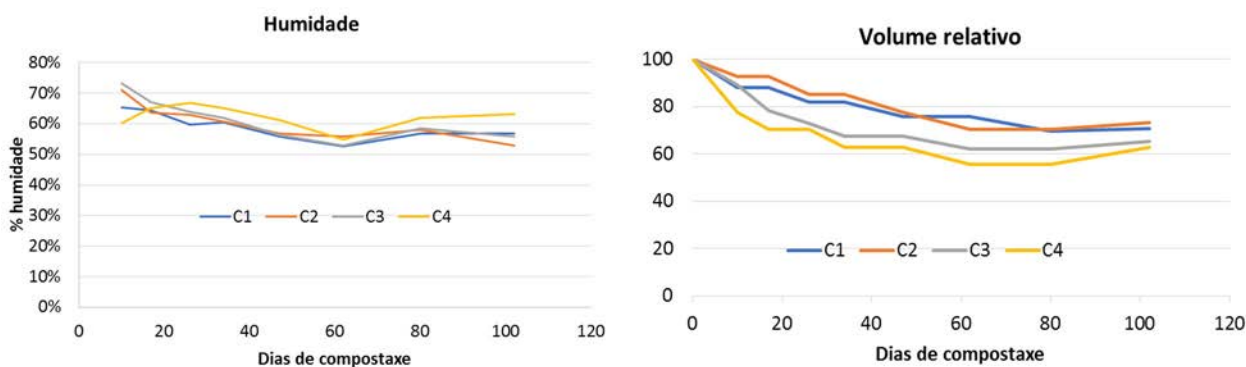


Figura 1.8.3. Evolución do volume das pilas en compostaxe (esquerda) e do contido de cinzas dos materiais (dereita)

As pilas de materiais reduciron o seu volume nun 30-40 % (Figura 1.8.3), principalmente pola degradación da materia orgánica, oxidada polos microorganismos, que da lugar á redución da masa e a emisión de CO₂. Ademais, esa degradación da materia orgánica xunto co efecto físico do remexido fan que os materiais se fraccionen mais, se fagan cachos máis pequenos e se reduza a súa porosidade, compactándose a masa. Isto

último debeu pasar máis nas pilas sen fracción sólida (compost 3 e 4) nos que se ve que o volume baixou máis rápido nas primeiras semanas.

A redución da materia orgánica por descomposición das fraccións menos resistentes queda de manifesto vendo a evolución ascendente do contido de cinzas (Figura 1.8.4), que pasan de supoñer o 20-30 % dos materiais ao 30-40 %, e permite calcular (Paredes et al., 2000) que se perdeu o 25-35 % da materia orgánica durante o proceso, que é unha proporción moderada, pero de acordo co tipo de biomasa utilizado, bastante leñosa. Tamén se manifesta a descomposición da materia orgánica na redución da relación C/N pola perda de C cara a atmosfera. A evolución da relación C/N se considera un bo indicativo da marcha da compostaxe e a estabilización en valores baixos (<20) un signo da fin da compostaxe. Nas pilas 1, 2 e 3 a evolución da relación C/N (Figura 1.8.3) seguiu o patrón esperado, descendendo constantemente ata o entorno de 20. Non así a da pila 4, que empezou con valores xa altos, maiores que o resto e se mantivo alta durante todo o tempo, sen traza clara de diminución.

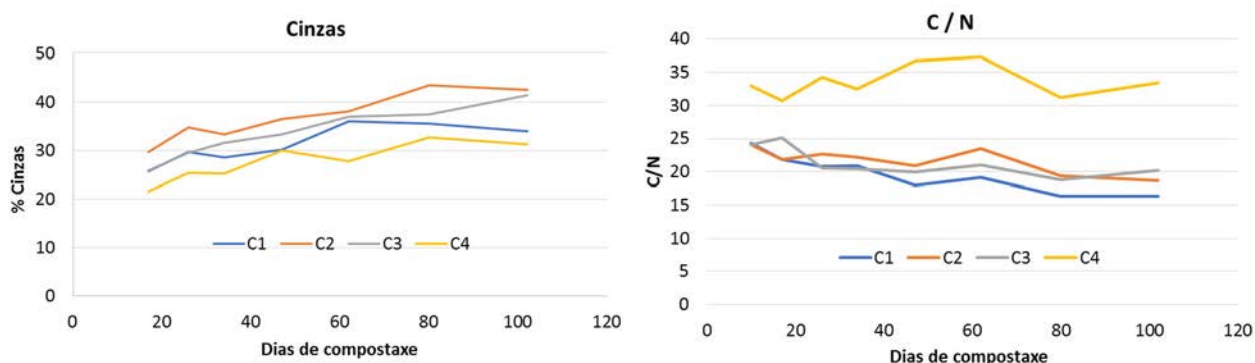


Figura 1.8.4. Evolución do contido de cinzas (esquerda) e da relación carbono/nitróxeno (dereita) das mesturas durante a compostaxe.

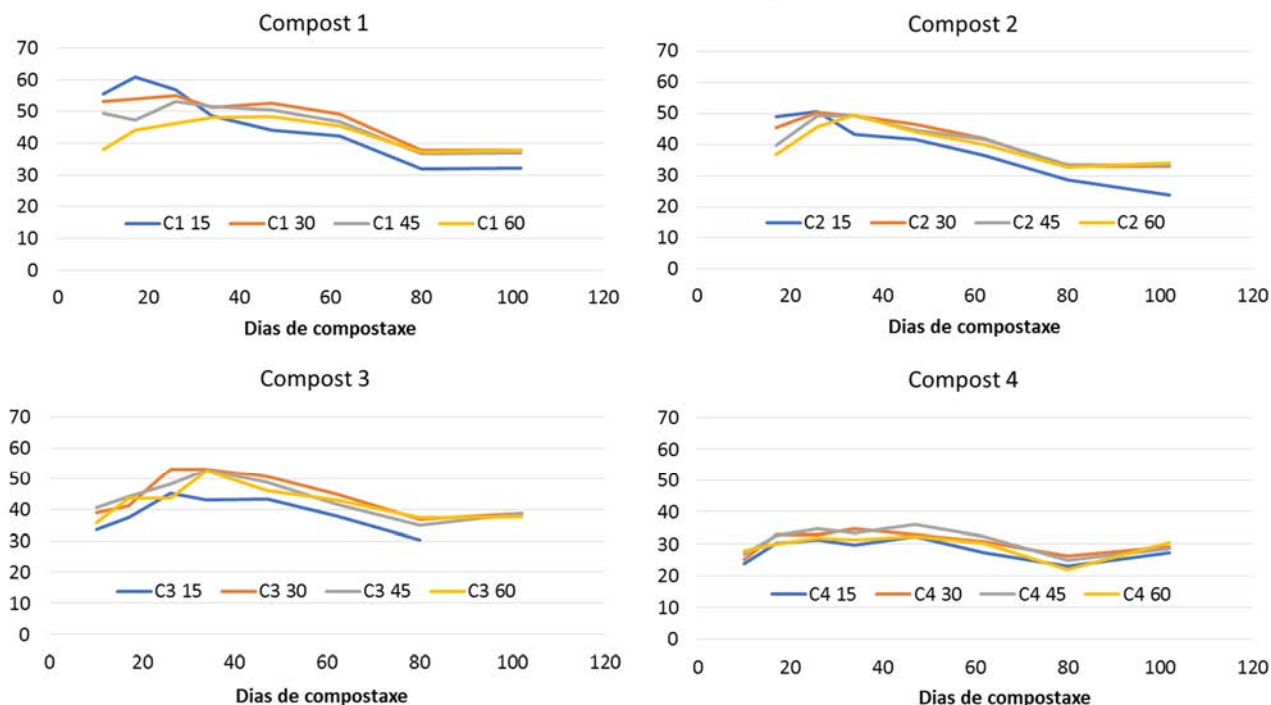


Figura 1.8.5. Evolución da temperatura das 4 pilas a 15, 30, 45 e 60 cm de profundidade.

A evolución da temperatura dos materiais a 4 profundidades (Figura 1.8.5) mostra que en todas houbo unha fase inicial de ascenso de temperatura, se acada un máximo que se mantén durante certo tempo e logo empeza a arrefriar. Nalgún caso coma na pila 3 parece que o ascenso de temperatura se retrasa algo respecto ao inicio do proceso, e iso pode ter sido debido a un exceso de humidade inicial (Figura 18.4) polo

abundante mollado con xurro e a capacidade de retención do material. As pilas 1, 2 e 3 chegaron a ter unha fase termófila ($>50\text{ }^{\circ}\text{C}$), que é característica da compostaxe e resulta necesaria para unha correcta estabilización e hixienización dos materiais. Pola contra a pila 4 se mantivo sempre en temperaturas mesófilas en todos os puntos, o que xunto coa evolución da relación C/N parece indicar que tivo un proceso de compostaxe pouco intenso, debido a que contiña o tipo de biomasa forestal máis dura e que retiña menos xurro, e na que non se engadiu fracción sólida do xurro.

A mediados do mes de outubro, coa baixada de temperatura das pilas deuse por finalizado o proceso de compostaxe, coincidindo tamén coa baixada da temperatura ambiente e a aparición de precipitacións intensas (Figura 1.8.1). Se deixou entón de remexer os compost e se lle deu aos materiais un tempo de maduración final nas propias fosas, xa cubertas para evitar a entrada masiva de auga de choiva. En decembro os materiais se peneiraron cunha malla de 1 Cm (Figura 1.8.6) e almacenaron en big-bags na propia fosa tapada. Xa no mes de xaneiro se sacaron mostras para a súa caracterización de laboratorio.



Figura 1.8.6. Peneirado dos compost (esquerda) e almacenamento en big-bags (dereita).

1.9 Analíticas do produto final compostado

A analítica dos compost e o estudio do seu valor agronómico, se empezou coa medida d estabilidade e a madurez dos compost, que permiten comprobar a correcta finalización do proceso. A estabilidade se mediu mediante o test de autoquencemento segundo a UNE-EN_16087-2 (2012), onde os materiais se introducen en vasos Dewar (termos) e se mide a evolución da temperatura respecto da ambiente; o incremento de temperatura no compost reflexa a intensidade da actividade biolóxica, e se traduce nunha escala Rotegrade. Un compost ben feito será bioloxicamente estable e dará un aumento de temperatura pequeno. Os catro compost deron lugar a incrementos de temperatura mínimos, o que denota a boa estabilidade dos materiais e a correcta finalización do proceso.

A madurez se avaliou por un bioensaio de xerminación de sementes de berro en placa, segundo a norma UNE-EN_16086-2 (2012), onde se avalía o número de sementes xerminadas e a lonxitude da raíz nos compost respecto a un control de turba, o que se resume no índice de vitalidade Munoo-Liisa. Os resultados para os catro compost (Táboa 1.9.1) mostran un grao de xerminación elevado en todos eles e un crecemento das raíces un pouco inferior ao da turba, o que pode estar condicionado por un tamaño de partícula groso, que da lugar a un peor contacto coa semente e as raíces novas que emiten. En calquera caso resultou un índice de vitalidade Munoo-Liisa que indica una madurez suficiente. O compost 4 foi o que sorprendentemente deu a mellor resposta.



Figura 1.9.1. Test de autoquecemento (esquerda) e bioensaio de xerminación de sementes (dereita) para avaliar respectivamente a estabilidade e madurez dos compost.

Táboa 1.9.1. Resultados do bioensaio de xerminación para avaliar a madurez dos compost

	Turba	Compost 1	Compost 2	Compost 3	Compost 4
AGR (%)	93.33	93.33	93.33	90.00	100.00
CVG	8.75	8.75	8.75	15.71	0
ARLP (cm)	4.90	4.11	3.48	3.72	4.56
CVR	12.10	11.61	44.04	31.81	47.71
RI (%)	100.00	83.96	71.04	75.90	93.12
MLV (%)	100.35	84.09	71.76	73.08	99.77

AGR: Grao de xerminación medio. CVG: Coeficiente de variación para o grao de xerminación. ARLP: Lonxitude media das raíces por planta. CVG: Coeficiente de variación para a lonxitude das raíces. RI: Índice de lonxitude das raíces. MLV: Índice de vitalidade Munoo-Liisa.

Como o tamaño de 1 Cm polo que se peneiraron os compost no momento da recollida pode resultar algo grosso para a venda e uso dos materiais, xa no laboratorio se fixo outro a 0.5 Cm para ter un material máis fino, analizando os compost con esas dúas granulometrías. Para os compost 1 e 2 o 68% do material bruto (< 1 Cm) pasou polo tamiz de 0.5 cm, mentres que nos compost 3 e 4 pasou só o 55 % indicando a influencia da inclusión da fracción sólida do xurro e do mesmo proceso de compostaxe por riba do tipo de biomasa forestal utilizada.

1.9.1 Caracterización como produto fertilizante: abono ou emenda

Para avaliar as posibilidades de uso dos materiais no solo como material fertilizante, sexa abono ou emenda, se empezou facendo unha caracterización de laboratorio tendo en conta os requirimentos do RD 506/2013, que regula a posta no mercado destes materiais. Dentro dos tipos de produtos definidos o Anexo I desta norma, pola súa natureza e forma de obtención estes compost poderían optar a entrar na categoría de “abono orgánico” en calquera dos tipos de produtos sólidos do grupo 2 excepto o 2.2.1; e tamén como “emenda orgánica” do grupo 6 dos tipos (Táboa 1.9.1.1): “emenda orgánica húmica de orixe animal ou vexetal”(tipo 6.01b), “emenda orgánica compost” (tipo 6.02) ou “emenda orgánica compost de esterco” (tipo 6.04)

Táboa 1.9.1.1. Características que marca o RD 506/2013 para os tipos de emenda orgánica nos que se podería inscribir os compost obtidos segundo a súa natureza e forma de obtención.

N.º	Denominación del tipo	Informaciones sobre la forma de obtención y los componentes esenciales	Contenido mínimo y máximo (porcentaje en masa) Otros requisitos	Otras informaciones sobre la denominación del tipo o del etiquetado	Contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse. Formas y solubilidad de los nutrientes Otros criterios
1	2	3	4	5	6
01b	Enmienda orgánica húmica de origen animal o vegetal..	Producto de origen animal o vegetal.	Materia orgánica total 25 %. Extracto húmico total (ácidos húmicos + ácidos fúlvicos) 5 %. Ácidos húmicos 3 %. Humedad máxima 40 %. C/N < 20 %.	pH. Conductividad eléctrica. Relación C/N. Humedad mínima y máxima.	Materia orgánica total. C orgánico. Ácidos húmicos. Nitrógeno orgánico (si supera el 1 %). P ₂ O ₅ total (si supera el 1 %). K ₂ O total (si supera el 1 %).
04	Enmienda orgánica Compost de estiércol.	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase termofílica), exclusivamente de estiércol, bajo condiciones controladas	– Materia orgánica total: 35%. – Humedad máxima: 40%. – C/N < 20. No podrá contener impurezas ni inertes de ningún tipo tales como: piedras, gravas, metales, vidrios o plásticos.	– pH. – Conductividad eléctrica. – Relación C/N. – Humedad mínima y máxima. – Tratamiento o proceso de elaboración, según la descripción indicada en la columna 3	– Materia orgánica total. – C orgánico. – N total (si supera el 1%). – N orgánico (si supera el 1%). – N amoniacal (si supera el 1%). – P ₂ O ₅ total (si supera el 1%). – K ₂ O total (si supera el 1%). – Ácidos húmicos. – Granulometría.
02	Enmienda orgánica Compost.	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase termofílica), bajo condiciones controladas, de materiales orgánicos biodegradables del anexo IV, recogidos separadamente	– Materia orgánica total: 35%. – Humedad máxima: 40%. – C/N < 20. Las piedras y gravas eventualmente presentes de diámetro superior a 5 mm, no superarán el 2%. Las impurezas (metales, vidrios y plásticos) eventualmente presentes de diámetro superior a 2 mm, no superarán el 1,5%. El 90% de las partículas pasarán por la malla de 25 mm.	– pH. – Conductividad eléctrica. – Relación C/N. – Humedad mínima y máxima. – Materias primas utilizadas. – Tratamiento o proceso de elaboración, según la descripción indicada en la columna 3	– Materia orgánica total. – C orgánico. – N total (si supera el 1%). – N orgánico (si supera el 1%). – N amoniacal (si supera el 1%). – P ₂ O ₅ total (si supera el 1%). – K ₂ O total (si supera el 1%). – Ácidos húmicos. – Granulometría.

Se determinou a humidade por secado a 105 °C ata peso constante. O pH e a condutividade eléctrica se mediron nun extracto en auga 1:5 v/v. Os contidos de C e N totais se cuantificaron nun autoanalisador LECO TruSpec. Os nitratos e amonios foron extraídos mediante una solución de KCl 2M en relación 1:50 (peso seco:volume de KCl) que se axitou durante 1 hora, se centrifugou a 5000 rpm durante 30' y se filtrou, para logo facer a determinación mediante colorimetría segundo Sawicki & Scaringelli (1971) e Keeney & Nelson (1982) respectivamente. Para a determinación dos elementos totais (P, K, Ca, Mg, Na, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb e Zn) oxidouse a mostra con 2 mL e H₂O₂ para a continuación facer unha dixestión ácida en HNO₃ concentrado asistida por microondas (Labstation ETHOS 900) segundo o método EPA3051A; o dixerido foi analizado mediante espectrometría de masas con plasma acoplado indutivamente (ICP-MS). O contido de microorganismos (*E. coli* e *Salmonella* sp.) se determinou seguindo a metodoloxía do número máis probable (NMP).

Os resultados das análises se sintetizan na Táboa 1.9.1.2. Nela destaca que para un mesmo material as diferenzas debidas ao distinto grosor non foron importantes para ningún parámetro, polo que a selección do tamaño final de comercialización se debería a criterios de aspecto e facilidade de manexo ou de rendemento do material ao peneirar.

Destaca a primeira vista a elevada humidade dos materiais, sempre superior ao 60 %, debido ás intensas choivas no período invernal, que acabaron por mollar os compost a pesares da cubrición da fosa. Este valor supera amplamente o 40 % permitido para estes materiais orgánicos polo RD 506/2013 que regula a súa posta no mercado. Este é un problema salvable, evitando máis eficientemente que os materiais se mollen e/ou por aireación posterior ata reducir o contido de auga.

O pH dos materiais foi en xeral neutro, con valores no rango 7-7.5, excepto no compost 3 que resultou algo ácido. Esta diferenza pode ter sido inducida por certo grao de anoxia durante a compostaxe, que daría lugar a fermentacións anaerobias nalgúns zonas da pila, as cales resultan acidificantes. A pila 3 foi unha das que tipo o maior contido de humidade ao inicio do proceso (Figura 1.8.3) e sufriu certo retraso no seu quecemento (Figura 1.8.5), quizais pola escaseza de osíxeno.

Táboa 1.9.1.2. Caracterización química dos catro compost obtidos con dous grosores: humidade, pH, condutividade eléctrica (CE) e composición da materia seca

	Compost 1		Compost 2		Compost 3		Compost 4	
	< 1 cm	< 0.5 cm	< 1 cm	< 0.5 cm	< 1 cm	< 0.5 cm	< 1 cm	< 0.5 cm
Humidade ()	0.66	0.67	0.62	0.64	0.66	0.68	0.68	0.69
pH	7.24	7.32	7.51	7.33	6.21	6.27	7.05	7.22
CE (µS/cm)	306	356	271	289	294	307	165	167
MO (% s.m.s.)	59.3	60.0	56.6	55.3	64.2	62.0	64.0	67.1
N (% s.m.s.)	1.99	1.98	1.59	1.78	1.68	1.67	1.14	1.19
C (% s.m.s.)	34.42	33.91	32.44	33.62	36.34	35.38	38.50	38.59
C/N	17.33	17.15	20.46	18.92	21.59	21.22	33.66	32.49
N-NO ₃ (mg/kg m.s.)	204.4	193.6	76.9	77.3	219.9	226.8	21.8	20.4
N-NH ₄ (mg/kg m.s.)	135.2	128.2	128.4	129.4	163.2	143.2	124.2	132.7
P (g/kg m.s.)	19.67	18.72	13.61	14.43	1.66	1.68	1.45	1.59
Ca (g/kg m.s.)	39.83	40.54	28.81	30.48	5.56	5.67	8.16	8.59
Mg (g/kg m.s.)	3.37	3.58	2.86	2.88	1.70	1.77	1.51	1.54
Na (g/kg m.s.)	1.00	1.00	0.89	0.95	0.81	0.79	0.70	0.73
K (g/kg m.s.)	3.56	3.47	3.70	3.80	3.73	3.73	3.21	3.32
Cd (mg/kg m.s.)	1.96	1.60	2.50	0.47	0.10	0.04	1.92	2.25
Cr (mg/kg m.s.)	26.41	26.22	35.69	30.15	27.83	28.89	47.35	39.81
Cu (mg/kg m.s.)	42.67	41.63	31.59	39.28	19.45	17.95	14.10	16.84
Hg (mg/kg m.s.)	0.23	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02
Ni (mg/kg m.s.)	7.93	7.46	8.50	8.08	8.48	8.44	5.96	5.81
Pb (mg/kg m.s.)	4.27	3.69	4.47	5.02	4.86	4.97	4.08	4.26
Zn (mg/kg m.s.)	271.7	284.1	204.6	232.3	79.4	72.9	61.2	79.8

MO = materia orgánica; m.s. = materia seca; CE = condutividade eléctrica

Pola súa parte a condutividade eléctrica (CE) que avalía de forma rápida o contido de sales foi moderada, como corresponde a un material con limitado contido de elementos solubles. Este parámetro non vai se condicionante para ningún uso agronómico.

Un contido de humidade alto tamén reduce os valores da composición química cando se refiren a produto fresco, de xeito que cando o material se seca tamén se enriquece. Na táboa 1.9.1 os resultados das análises químicas se refiren a peso seco para evitar esta variabilidade ligada ao contido de humidade.

O nivel de materia orgánica é bastante alto, por riba sempre do 55 % da materia seca. O valor no produto final dependerá do contido de humidade. Coa alta humidade que tiñan os compost o contido de materia orgánica baixaría do 20 %, insuficiente para cumprir os requirimentos de calquera dos tipos de emenda considerados (Táboa 1.9.1.1). Sen embargo xa acadando o máximo do 40 % de humidade que poden ter o contido de materia orgánica se acercaría ao 35 %, cumprindo sobradamente os requirimentos do tipo 6.01b (emenda orgánica húmica) e mesmo o 35 % que se require nos tipos de compost.

Pola súa banda a relación C/N ronda o valor 20 para os compost 2 e 3, máis baixa para o 1 e claramente máis alta para o 3. Un valor menor de 20 se require para todos os tipos de emenda considerados, mentres que para os de abono orgánico se require valores por debaixo de 15 ou mesmo de 10. Polo tanto este

parámetro pode resultar limitante para a inclusión dos produtos como abonos; e para emenda so o compost 1 cumpriría con seguridade o requirimento, os compost 2 e 3 poden cumprilo, mellor no peneirado mais fino, e xa o compost 4 quedaría claramente excluído.

Pola súa banda o contido de nutrientes resultou baixo, debido á escasa materia seca do xurro e ao reducido contido de nutrientes da fracción sólida. O N está entre o 1 e o 2 % da materia seca e foi fundamentalmente orgánico, xa que o N en formas inorgánicas (nitrato e amonio) non chega a 0.5 g/kg m.s.. Que o 80 % do N total sexa N orgánico é un requirimento para os produtos fertilizantes orgánicos, que neste caso se cumpre ben. O contido de P é moito máis alto nos compost 1 e 2 que no 3 e 4, xa que fundamentalmente procedía da fracción sólida (Táboa 1.6.2), e o de K é baixo en todos os casos. Polo tanto tampouco por este criterio se podería pensar en comercializar os compost dentro da categoría de abonos, aínda que sendo emendas tamén aportan certa cantidade de nutrientes.

Dentro dos metais pesados os contidos resultan moderadamente baixos. O Cu e o Zn, que eran os máis elevados nas materias primas, son tamén os mais altos nos composts, sobre todo no 1 e 2 pola presenza de fracción sólida, que aportaba una cantidade importante por peso fresco. Así o Zn dos compost 1 e 2 supera o límite de 200 mg/kg m.s. establecidos para el na clase A, a máis esixente; mentres que o Cu non o supera en ningún caso. Polo tanto os compost 3 e 4 cumprirían os requirimentos da clase A, mentres que os 1 e 2 terían a clasificación de B por exceso de Zn.

Por outra banda no compost 4 resulta limitante para a súa posta no mercado a presenza excesiva de microorganismos (*E. coli*), debido á insuficiente temperatura acadada na compostaxe, xa que os outros tres compost si resultaron suficientemente hixienizados.

1.9.2 Avaliación do comportamento agronómico logo da aplicación ao solo

Como compoñentes orgánicos os compost, logo da aplicación ao solo, evolucionan pola actividade biolóxica do solo mineralizando a materia orgánica, que en parte se humifica e en parte libera nutrientes dispoñibles para o cultivo. Cada material orgánico, segundo a súa orixe e composición, ten un comportamento diferente que compre coñecer para manexalo axeitadamente. Este estudio do comportamento dos materiais como fonte de materia orgánica para o solo e aporte de nutrientes aos cultivos se fixo mediante 2 ensaios paralelos de mineralización: un para a medir velocidade de mineralización da materia orgánica e outro a liberación de N dispoñible para as plantas. En ambos casos se aplicaron doses de 50 g de cada composts fresco por kg de solo seco, con 3 repeticións por compost e un control de solo sen adición de compost, dando 15 unidades en cada un dos ensaios, os cales se incubaron a 25 °C durante máis de 200 días (Figura 1.9.2.1).

O ensaio para medir a actividade biolóxica e a mineralización da materia orgánica se fixo en recipientes permanentemente pechados onde se localizou o solo emendado, un recipiente con auga para manter a humidade e outro recipiente cunha solución de NaOH que capturaba o CO₂ emitido polos microorganismos. Cada certo tempo se cambiaba a solución de NaOH e se valoraba cunha solución de H₂SO₄ logo de precipitar os carbonatos con BaCl (Hernández e García, 2003) e se calculaba o C emitido como CO₂ nese tempo. O período de mostraxe variou dente 1 día ao inicio ata 1 mes ao final segundo se ía reducindo a actividade biolóxica e a liberación de CO₂.

O ensaio de incubación para a medida da mineralización do N se fixo en recipientes pechados que se ventilaban periodicamente para que a falta de osíxeno non dera lugar a perdas de N por desnitrificación. Cada certo tempo se remexía o solo e se tomaba unha mostra na que da que se extraían os nitratos e amonios cunha solución de KCl e logo se cuantificaban mediante colorimetría segundo Sawicki & Scaringelli (1971) e Keeney & Nelson (1982) respectivamente. O período entre mostraxes variou dende 1 semana ao principio ata 1 mes ao final.



Figura 1.9.2.1. Esquerda: cámara de incubación contendo os ensaios de mineralización da materia orgánica (abaixo) e do nitróxeno (arriba). Dereita: detalle dun recipiente usado para medir a mineralización da materia orgánica aberto mostrando os recipientes de auga e sosa.

En la figura 1.9.2.2 se muestran los resultados obtenidos na medición da mineralización da materia orgánica do compost (xa restado o correspondente ao solo) coas taxas diarias e os valores acumulados. A mineralización foi algo mais intensa no 1º mes, con valores do entorno de 8 mgC/kg solo.día, logo foi baixando de intensidade ata estabilizarse entorno a 3 mgC/kg solo.día, taxa que se mantiña ao final do ensaio, 230 días despois de empezalo. Isto é indicativo de materias estables con dinámica no solo a longo prazo. Os compost 3 e 4 foron se mineralizaron máis intensamente que os 1 e 2 no principio deste ensaio, o que indica diferente comportamento debido á presenza ou non de fracción sólida de xurro, e quizais se xustifique por terse estabilizado menos estes compost durante o período de compostaxe.

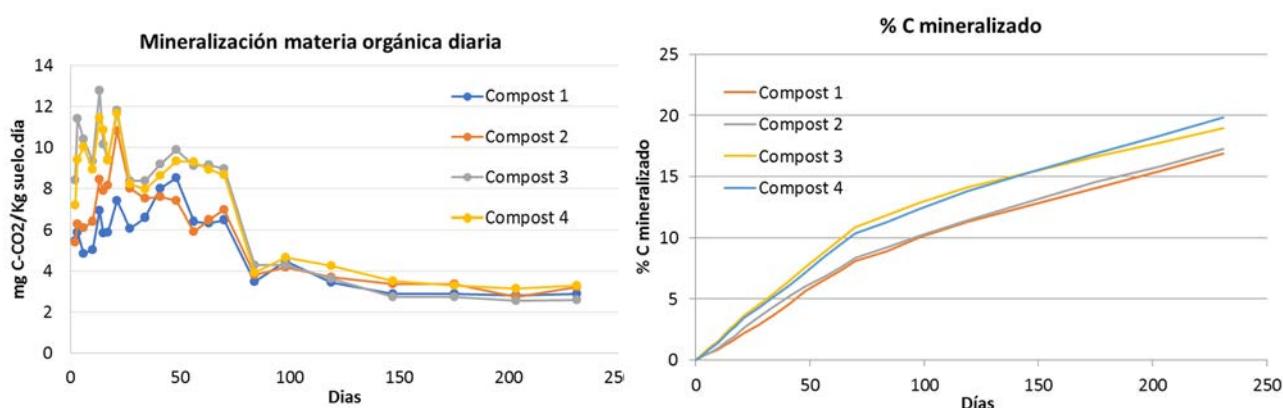


Figura 1.9.2.2. Mineralización da materia orgánica dos compost: taxa diaria (esquerda) e cantidade acumulada respecto da cantidade aplicada (dereita).

Atendendo aos valores acumulados de C emitido (Figura 1.9.2.2. dereita) se observa que nos case 6 meses de ensaio se mineralizou o 15-20 % do C, cos valores máis altos para os compost 3 e 4 e os máis baixos para o 1 e 2. Isto é indicativo dunha emenda orgánica cunha fracción importante de materia orgánica resistente que vai quedar no solo a medio-longo prazo aumentando o nivel de humus, mellorando o nivel do solo. Pola contra a liberación dos nutrientes que contén será lenta e estendida no tempo.

Con respecto á incubación do N no solo se detectaron sobre todo nitratos (Figura 1.9.2.3) que foron medrando continuamente durante todo o tempo do ensaio; mentres que o contido de N amoniacal foi moito menor e diminuíndo co tempo ata practicamente desaparecer. Isto indica unhas condicións favorables para a mineralización do N no solo. Sen embargo se observa unha evolución moi paralela entre os solos emendados e non emendados, o que xa indica un pobre aporte por parte dos compost.

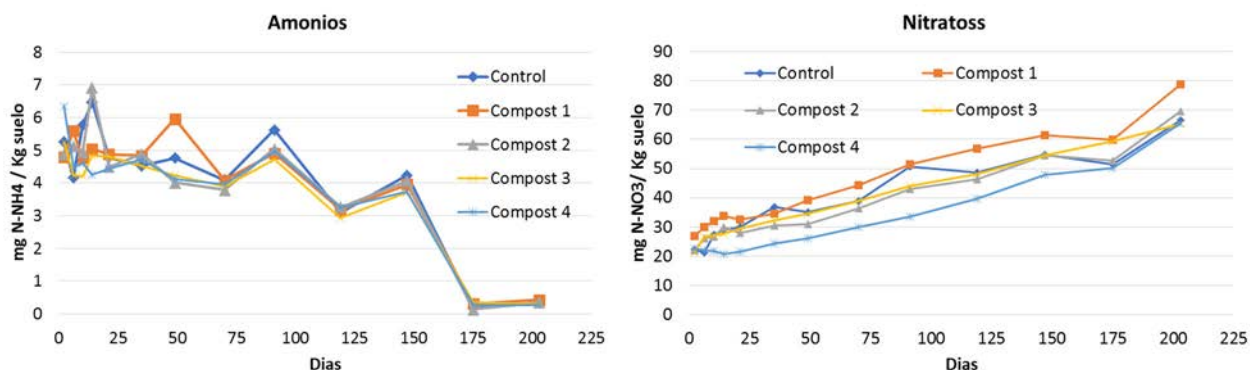


Figura 1.9.2.3. Contido de N mineral (nitratos e amonios) no solo con e sen compost ao longo do ensaio de incubación.

Atendendo á mineralización do N do compost, obtida por suma de todo o N mineral no solo emendado en comparación co solo non emendado (Figura 1.9.2.4) se observa que para todos os materiais houbo unha pequena liberación inicial, seguida dunha fase de inmovilización dende a semana 1 ata a 13, e que finalmente se revirte cara o final o ensaio. En calquera caso o aporte de nitróxeno mineral dispoñible para as plantas foi moi pequeno, non chegando a 15 mg/kg solo, indicando un efecto fertilizante a curto prazo moi pobre. Isto se debe á pobreza en N dos compost e a unha relación C/N algo alta, de xeito que cando os microorganismos degradan a materia orgánica dos compost non atopan N suficiente e lles fai falla tomalo do solo, inmovilizándoo temporalmente. Desta maneira o compost 4, coa relación C/N máis alta, é o que manifesta maior inmovilización temporal, e o compost 1, máis rico en N e con relación C/N máis baixa o que máis N libera sen practicamente mostrar inmovilización.

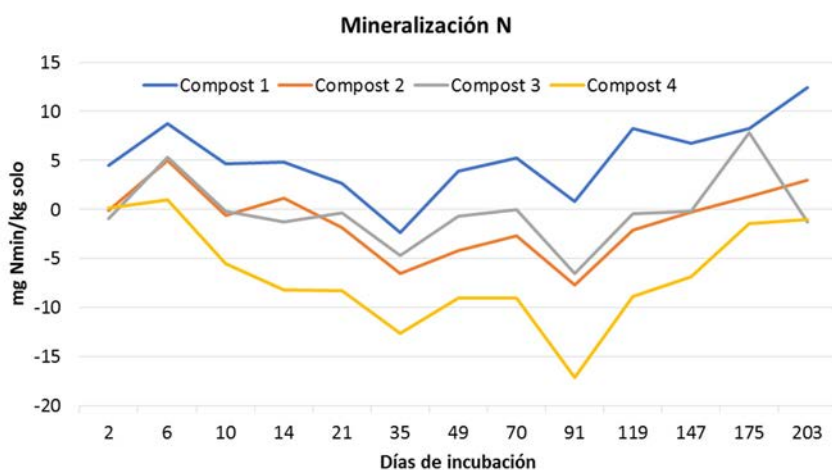


Figura 1.9.2.4. Mineralización do N dos compost ao longo do ensaio de incubación: contido de N mineral nos solos abonados con compost respecto do non abonado.

1.9.3 Caracterización como substrato de cultivo

Adicionalmente se avaliaron os materiais para uso como substrato de cultivo en contedor, tarefa que non estaba prevista inicialmente pero se considerou de interese xa que a valorización como substrato de cultivo supón maior valor engadido que o uso como emenda.

Para uso en contenedor son importantes as características físicas relacionadas coa retención de humidade e o equilibrio aire auga. Por iso se mediu a capacidade de retención de humidade en caixa de area segundo a UNE-EN_13041 (2012). Tamén se analizou o contido en nutrientes solubles en auga segundo a UNE-EN_13652 (2002).

Todos os compost presentaron elevada porosidade (85-90 %), sen diferenzas sensibles debidas ao peneirado, e con diferenzas moi pequenas polo tipo de biomasa, que fixo que os compost 2 e 4 tiveran algo máis de porosidade. Os composts 1 e 3 presentaron boa aireación, no rango 10-20 % recomendada; moderada cantidade de auga facilmente dispoñible, entorno ao 15 %, e moita reserva de auga dificilmente dispoñible, sobre o 40 %. Pola conta os composts 2 e 4 presentaron moi alta aireación, por riba do 30 %; e moi escasa fracción de auga facilmente dispoñible, entorno ao 10 %. Nas características físicas semella que o tipo de biomasa utilizado é o factor diferencial que permanece logo da compostaxe.

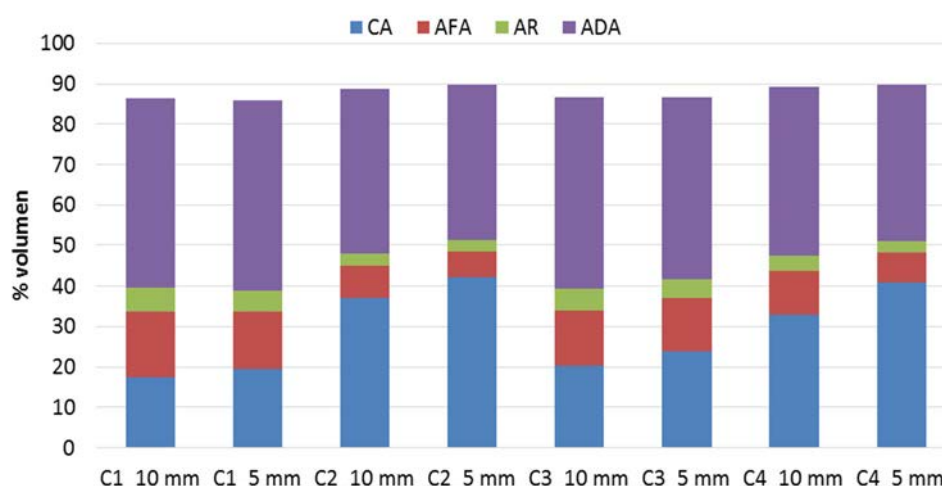


Figura 1.9.3.1. Características de retención de auga dos compost (CA = capacidade de aireación; AFA = auga facilmente asimilable; AR = auga de reserva; ADA = auga dificilmente asimilable).

Táboa 1.9.3.1. Contido de elementos solubles (mg/L substrato) nos compost en comparación co nivel proposto (ADAS) para substratos para pebeteiros.

	Compost 1		Compost 2		Compost 3		Compost 4		ADAS
	< 1 cm	< 0.5 cm	< 1 cm	< 0.5 cm	< 1 cm	< 0.5 cm	< 1 cm	< 0.5 cm	
N-NH4	0.29	0.36	0.68	1.96	5.32	5.04	4.57	4.63	21-50
N-NO3	81.46	87.60	21.39	20.53	35.15	42.86	0.12	0.37	16-25
P	0.39	0.45	0.27	0.37	0.22	0.39	0.12	0.22	19-28
K	283.6	240.4	238.6	130.7	267.1	209.1	218.0	109.4	51-250
Mg	10.76	3.09	4.23	0.32	9.53	2.02	3.51	0.77	11-15
Ca	12.33	4.21	6.08	1.34	13.79	3.60	6.09	3.73	
Na	108.7	105.0	106.0	62.2	103.1	94.2	98.0	54.3	

O contido de elementos minerais non resulta moi limitante nos substratos xa que pode ser modificado co abonado. En relación ao contido recomendados para substrato para sementar en semilleiro (Táboa 1.9.3.1) foron axeitados os contidos de K en tódolos casos, os de N mineral só no compost 1 e os de Mg na fracción máis fina dos compost 1 e 3, mentres no resto foron escasos, nomeadamente o contido de P, sendo o compost 4 o máis pobre.

Actividade 2: ENSAIO DOS COMPOST EN PARCELAS DE CULTIVO

2.1 Elección das parcelas agrícolas para os ensaios en cultivos de vide, oliveira e pistacho

A busca das parcelas agrícolas para os ensaios de aplicación de produto compostado se iniciaron tras unha primeira xuntanza entre as partes implicadas nesta tarefa (SEICA, AMPF e a UVIGO) no derradeiro trimestre de 2022. Daquela de avaliaron as características mínimas que deberían requirir as parcelas para levar adiante os estudos de aplicación do produto compostado. Posteriormente, tras varias saídas ó campo para avaliar sobre o terreo as diferentes posibilidades, se seleccionaron tres parcelas (unha de cada cultivo) cuxas imaxes se presentan na Figura 2.1.



Figura 2.1. Fotografías das parcelas de cultivo de viñedo (arriba), oliveira (centro) e pistacho (abaixo) seleccionadas para os ensaios con produto compostado.

A parcela de viñedo corresponde a unha plantación de 10 anos, cunha superficie aproximada de 0.32 ha e un marco e plantación de 1x2.5. A parcela está localizada no Concello de Monterrei nas seguintes coordenadas: 41°56'34.56"N e 7°29'3.19"O. A parcela de oliveira se sitúa no entorno da localidade de Vences (Concello de Monterrei) nas seguintes coordenadas xeográficas: 41°59'12.08"N e 7°27'48.85"O. A parcela, cunha superficie aproximada de 0.21 ha, presenta unha plantación de oliveira de 5 anos de antigüidade que se distribúe nun marco de plantación de 4x4. Pola súa banda, a parcela seleccionada de cultivo de pistacho atópase entre as localidades de Vilamaior e Castrelo do Val, no Concello de último nome, estando bordeada por unha das súas beiras polo Regueiro Gondulfes (coordenadas 41°58'47.47"N e

7°25'4.70"O). Trátase dunha finca dunhas 4.75 ha, onde árbores de pistacho foron plantados en 2020 nun marco de plantación de 6x6.

2.2 Toma de mostras de solos en parcelas de ensaios (situación control)

Unha vez decididas as parcelas de viñedo, oliveira e pistacho onde realizar os experimentos de adición de produto compostado, procedeuse a coller mostras de solo nestas parcelas para determinar as súas características físico-químicas xerais e algunhas específicas relativas ao estao de fertilidade das mesmas (ver punto 1.7 da memoria do proxecto) .

No caso da parcela de viñedo, se seleccionaron dúas filas de vides onde posteriormente se van desenvolver os experimentos coa adición de produto compostado (Figura 2.2). Nesta zona da parcela se recolleron 6 mostras compostas de solo coa axuda dunha sonda Edelman na zona da liña de vides, 3 mostras correspondentes a capa de 0-20 cm de profundidade e outras 3 correspondentes a capa de 20-40 cm. Cada unha desas 6 mostras compostas resultan da mestura de 10 mostras de solo recollidas en distintos puntos das dúas liñas de vide. Isto permite obter unha mostras representativas que reúnen a heteroxeneidade do solo en toda a zona na que posteriormente se engadirá o produto compostado.

Na parcela de oliveira, as mostras de solo tamén se tomaron cunha sonda Edelman e ás mesmas profundidades que no caso do viñedo (0-20 e 20-40 cm). Neste caso, as mostras de solo compostas de cada profundidade resultan de 12 submostras recollidas preto do pe de diferentes individuos de oliveira que presenta a parcela (Figura 2.2), tamén coa finalidade de ter unha serie de mostras que sexan representativas da variabilidade da parcela.

Na parcela de cultivo de pistacho tamén se obtiveron 6 mostras compostas, 3 por cada profundidade indicada nos cultivos previos, resultado da mestura de 10 submostras recollidas ao longo da parcela (Figura 2.2). Neste caso, e debido a unha recente aplicación de emendas e fertilizante na proximidade dos individuos de pistacho, as diferentes submostras foron tomadas (tamén cunha sonda Edelman) a uns 2 metros de distancia do pe das árbores. Durante a toma de mostras da parcela de pistacho se puido observar que o solo presentaba un alto grado de saturación en auga, feito que estendeu o tempo de secado das mostras.



Figura 2.2. Fotografías da recollida de mostras de solo (situación control) nas diferentes parcelas de cultivo: viñedo (esquerda), oliveira (centro) e pistacho (dereita).

2.3 Caracterización química de mostras de solos de parcelas de ensaios

A caracterización físico-química das mostras de solos das parcelas de ensaios se fixo de acordo co apartado 1.7 do anexo V da memoria de solicitude, na que se mesturaba unha caracterización básica e outra complementaria. A continuación se describen, de xeito resumido, os principais resultados destas caracterizacións dos solos das parcelas de ensaio.

En canto a distribución granulométrica (Táboa 2.3.1), feita nunha das mostras de cada profundidade e para cultivo seguindo a metodoloxía descrita por Gee e Bauder (1986), os resultados amosan algunhas diferencias en canto ao tipo de cultivo aínda que non en relación á profundidade da mostra, indicando unha

certa homoxeneidade que esta propiedade soe ter na capa arable dos solos de cultivo. No caso da parcela de pistacho, a fracción dominante é a de limo fino con valores por riba do 34%, mentres que nas parcelas de oliveira e viñedo é a area fina a fracción máis abundante con niveis que varían entre o 33 e o 35%. A fracción de area grosa é a menos abundante en todas as parcelas (rango 7-15%), mentres que a de arxila varía entre o 15 e o 22% con valores algo máis elevados na parcela de pistacho.

Táboa 2.3.1. Distribución granulométrica das mostras de solos das parcelas de ensaio

Cultivo	Prof (cm)	Area grosa	Area Fina	Limo grosso	Limo fino	Arxila
----- % -----						
Pistacho	0-20	13.9	15.4	15.2	34.5	21.0
	20-40	13.8	15.5	14.3	34.9	21.5
Oliveira	0-20	14.9	32.7	17.4	18.6	16.4
	20-40	12.9	34.2	17.1	19.2	16.6
Viñedo	0-20	7.9	35.1	19.9	22.1	15.0
	20-40	7.4	33.6	21.5	21.6	15.8

Este tipo de distribución granulométrica, na que tenden a dominar as fraccións finas de limo e area, sería consistente coa natureza do material de partida dos solos nas diferentes zonas de cultivo que maioritariamente consisten en sedimentos aluviais (pistachos), e unha mestura de sedimentos xistos e filitas no caso das parcelas de viñedo e oliveira.

Os valores de areas totais (grosas + finas) nas parcelas de estudo son algo menores que a porcentaxe media do 61-62 % que da Sánchez (1995) para solos de cultivo da comarca de Verín, aínda que supera a media dos niveis de limos totais que ese estudo reflicte (25-26 %). En canto as arxilas, os valores medios que Sánchez da para solos derivados de xistos, sedimentos e filitas (lousas) van dende 13 ata 16%, presentando os solos de estudo niveis algo maiores. No caso dos solos de viñedo, as porcentaxes medios de area total e arxila son algo menores cos obtidos por Fernández-Calviño et al. (2008) en solos de viñedo da comarca de Monterrei que son de 46 e 17%, namentres que os de limo total son lixeiramente maiores.

A pesares das diferenzas apreciadas nas diferentes fraccións granulométricas dos solos destinados os tres cultivos ensaiados, a textura é en todos os casos de tipo franca, unicamente no caso da capa máis superficial da parcela de pistacho (0-20 cm) a textura está moi cerca de poder ser catalogada coma franco-limosa.

En relación á reacción do solo, realizado seguindo a Guitián e Carballas (1976), os valores da acidez actual (pH medido en auga destilada) son moi semellantes entre os diferentes tipos de cultivo e nas dúas profundidades cun rango de variación entre 5.0 e 5.4 (Táboa 2.3.2). Algo moi similar ocorre coa acidez potencial (pH medido en disolución salina, KCl), onde os valores varían entre 3.9 e 4.3 con escasas diferenzas entre os tipos de cultivo e as profundidades avaliadas. A diferenza de entorno a 1 unidade de pH entre a acidez potencial e a actual é indicativa da presenza nestes solos dun certo nivel de acidez intercambiable. Os valores de pH en auga dos solos de viñedo son algo baixos respecto do intervalo considerado óptimo para o seu crecemento (5.6-6.8), aínda que se trata dun cultivo bastante resistente a acidez. Proba disto é que a media do pH en auga de solos de viñedo da D.O. Monterrei é de 4.9 (Fernández-Calviño et al., 2009). No caso dos solos de oliveira, os valores de pH nos solos deste proxecto son claramente inferiores aos que Álvarez et al. (2007) publica en solos de oliveira do sur de España nos que o rango de pH en auga é de 6.0-6.9 e os de pH en disolución salina (KCl) van de 4.7 a 5.5. Esta diferenza, sen dúbida, obedece a uns diferentes materiais de partida que leva a uns niveis de acidez moito menores que nos solo obxecto do presente estudo. En todo caso, a superficie de cultivo destinada á oliveira en Galicia segue a medrar nos últimos anos a pesares de que a maior parte dos solos nos que se asentaron son de natureza ácida. No caso da parcela de cultivo de pistacho, os valores de pH son menores que o que se consideran o rango óptimo para o seu desenvolvemento (7.5-8.5, Koukoulakis et al., 2013), aínda que Couceiro (2017) considera que a árbore de pistacho pode crecer perfectamente en solos lixeiramente ácidos coma os

analizados. En termos xerais, estes valores de pH tamén son bastante semellantes aos que proporciona Sánchez (1995) para solos de cultivo do sector centro-sur da provincia de Ourense, para onde se acadan valores medios de 5.1-5.2 para o pH en auga e 4.1-4.2 para pH en KCl.

Os niveis de C e N totais nos solos das diferentes parcelas tamén presentan un estreito marxe de variación tanto entre os tipos de cultivo que manteñen coma en profundidade, con medias variando entre 12 e 17 g kg⁻¹ no caso do C e 0.6-0.9 g kg⁻¹ para o N (Táboa 2.3.2). A ausencia de carbonatos nestes solos permite considerar que o C total analizado coma unha estimación axeitada do C orgánico. En canto os niveis de materia orgánica, estes se pode estimar aplicando o factor de Van Bemmelen (1.724), polo que os valores irían entre 20.7 e 29.3 g kg⁻¹. Estes valores de materia orgánica son máis baixos que os que Sánchez (1995) atopa en solos de cultivo da comarca de Verín e que varían entre 36 e 50 g kg⁻¹. En todo caso, os solos da parcela de viñado presentan uns valores de materia orgánica que se atopan dentro do intervalo de 10-20 g kg⁻¹ que Renyer (2012) considera para solos cun moderado contido de materia orgánica, así coma dentro do rango de 3-55 g kg⁻¹ de C orgánico total que publicaron Fernández-Calviño et al. (2009) para solos de viñado da D.O. Monterrei. No caso dos solos da parcela de oliveira, e atendendo ó estudo de Fernández-Ondoño et al. (2005), os niveis de materia orgánica poderían considerarse coma baixos (entre 7.5 e 20 g kg⁻¹), aínda que outros estudos indican un correcto desenvolvemento da oliveira en solos con contidos de C orgánico total entre 10 e 40 g kg⁻¹ (Álvarez et al., 2007) marxe no que se atopan os solos da parcela do presente proxecto. En canto os niveis de N total, estes están algo por baixo do intervalo de 1.6-2.2 g kg⁻¹ que presenta Sánchez (1995) en solos de cultivo da comarca de Verín, aínda que no caso dos solos da parcela de viñado o N se asemella bastante os valores que da este autor para o cultivo da vide (1.1-1.3 g kg⁻¹) ou o rango obtido por Fernández-Calviño et al. (2009) en solos de viñado da D.O. Monterrei. En calquera caso, hai que ter en conta que un valor de N por baixo de 1.0 g kg⁻¹ é considerado coma baixo por Fregoni (1998), sendo alto cando supera os 3 g kg⁻¹. Para os solos da parcela de oliveira, os niveis de N poden ser considerados baixos (entre 0.5 e 1.0 g kg⁻¹) segundo Fernández-Ondoño et al. (2005), aínda que Álvarez et al. (2007) atopa un intervalo de N total en solos de oliveira entre 0.8 e 2.4 g kg⁻¹.

Táboa 2.3.2. Valores medios e desviación estándar de algunhas propiedades químicas dos solos das parcelas de ensaio

Cultivo	Prof (cm)	pH auga	pH KCl	----- g kg ⁻¹ -----		
Pistacho	0-20	5.4	4.3	15.6 ± 0.2	0.8 ± 0.2	19 ± 4
	20-40	5.2	4.0	14.5 ± 1.6	0.9 ± 0.2	16 ± 3
Oliveira	0-20	5.1	4.1	17.4 ± 1.5	0.9 ± 0.1	19 ± 2
	20-40	5.0	3.9	14.3 ± 0.2	0.8 ± 0.0	18 ± 1
Viñado	0-20	5.0	3.9	12.3 ± 0.2	0.6 ± 0.0	19 ± 0
	20-40	5.0	3.9	13.1 ± 0.1	0.8 ± 0.1	17 ± 2

A relación C/N, indicativa do grado de descomposición da materia orgánica do solo, presenta un estreito rango de valores nas mostras de solos estudadas variando entre 16 e 19, sen case diferenzas entre as parcelas destinadas a cada tipo de cultivo e a profundidade de solo avaliada (Táboa 2.3.2). Estes niveis da ratio C/N son algo maiores que os presentados en solos de viñedos da DO. Monterrei ou en solos de oliveira do sur de España que amosan medias de 13 a 16 (Álvarez et al., 2007; Fernández-Calviño et al., 2009), aínda que no caso dos solos da parcela de viñado a relación C/N se atopa dentro do rango de 10-20 que Crespy (2002) considera idóneo para o desenvolvemento deste cultivo.

No relativo aos parámetros do complexo de intercambio catiónico, determinados seguindo os métodos propostos por Sumner e Miller (1996) no caso dos catións básicos intercambiáveis e Lin e Coleman (1960) para o Al intercambiável, as medias para cada un destes catións se amosa na Táboa 2.3.3. Pódese apreciar na táboa referenciada que a secuencia de abundancia dos catións básicos intercambiáveis é Ca > Mg ≥ K >

Na cos valores máis elevados nos solos da parcela de pistacho e os máis baixos no caso dos solos de viñedo. En canto a capa de solo, normalmente os niveis de catións básicos intercambiáveis é algo maior na capa de 0-20 cm que na de 20-40 cm, posiblemente resultado dun contido en materia orgánica algo maior e do manexo da fertilizacións química propia das necesidades de cada cultivo e do propio agricultor.

Táboa 2.3.3. Valores medios de catións básicos intercambiáveis (Na, K, Ca e Mg), Al intercambiável, capacidade de intercambio catiónico efectiva e P dispoñible

Cultivo	Prof (cm)	Na	K	Ca	Mg	Al	CICe	P
		cmol _c kg ⁻¹					mg kg ⁻¹	
Pistacho	0-20	0.11	0.60	1.54	0.61	0.46	3.3	27.8
	20-40	0.11	0.38	1.13	0.46	1.00	3.1	24.7
Oliveira	0-20	0.08	0.23	1.18	0.46	0.56	2.5	25.2
	20-40	0.09	0.21	0.63	0.28	0.80	2.0	26.9
Viñedo	0-20	0.08	0.28	0.85	0.28	0.86	2.4	48.5
	20-40	0.08	0.21	1.18	0.25	0.75	2.5	61.8

En xeral, os valores de Ca intercambiável se atopan no intervalo de medias (0.84-1.35 cmol_c kg⁻¹) que da Sánchez (1995) para solos de cultivo do centro-sur da provincia de Ourense, mentres que no caso do Mg intercambiável os valores obtidos nas parcelas de ensaio (0.25-0.61 cmol_c kg⁻¹) superan o rango que nese estudo se presenta para esta zona xeográfica (0.16-0.24 cmol_c kg⁻¹). Os niveis algo maiores de K intercambiável na parcela de pistacho pode obedecer a unha maior aplicación de fertilizantes potásicos nestes solos avida conta da alta necesidade deste nutriente que necesita a árbore (Hosseinifard et al., 2010). No caso dos solos da parcela de viñedo, o predominio do Ca coma principal catión básico intercambiável coincide co habitualmente observado nos solos de viñedo de Galicia (Rodríguez-Lovelle et al., 1991; Fernández-Calviño et al., 2008; Gómez-Armesto et al., 2015), aínda que neste caso os niveis de Ca intercambiável son algo menores que a media en viñedos da D.O. Monterrei (Fernández-Calviño et al., 2009) onde acadan os 2.4 cmol_c kg⁻¹. Os niveis de Mg e K intercambiáveis nos solos da parcela de viñedo son tamén algo inferiores ao estudo antes citado da D.O. Monterrei (0.49 e 0.64 cmol_c kg⁻¹ para Mg e K, respectivamente), namentres que os de Na intercambiável son moi semellantes (0.09 cmol_c kg⁻¹).

Para os solos de oliveira, os niveis de K intercambiáveis son moito menores que os rangos que presentan estudos feitos no sur de España ou en Grecia onde este parámetro varía entre 0.5 e 6 cmol_c kg⁻¹. Esta notable diferenza pode atribuírse á aportación de fertilizantes potásicos e a unha maior riqueza en K dos materiais de partida dos solos. De feito, segundo Fernández-Ondoño et al. (2005), os niveis de K intercambiável nos solos da parcela de oliveira sería catalogados coma baixos ao estar no intervalo entre 0.19 e 0.37 cmol_c kg⁻¹. Tamén en relación co K intercambiável, os niveis deste catión nos solos de pistacho dista amplamente de valores que se poden obter na bibliografía científica que poden variar entre 1 e 15 cmol_c kg⁻¹ (Hosseinifard et al., 2010; Koukoulakis et al., 2013). Novamente, o manexo da fertilización e a natureza do materia de partida dos solos que integran cada un deste estudos poder ser determinante desa discrepancia de valores.

Os niveis de Al intercambiável, que nos solos das parcelas de estudo varían entre 0.5 e 1 cmol_c kg⁻¹ (Táboa 2.3.3) presentan un intervalo de variación moi semellante ao que publican Sánchez (1995) para solos de cultivo do sector sur da provincia de Ourense (0.7-1.0 cmol_c kg⁻¹). Isto indica que os solos de cultivo das parcelas de ensaio empregadas no presente estudo conteñen un significativo nivel de acidez intercambiável en forma de Al. En xeral este valores de Al intercambiável soen ser algo maiores nas capas de 20-40 que 0-20 cm a excepción dos solos da parcela de viñedo onde apanas hai diferenzas entre as dúas profundidades. Os niveis de Al intercambiável neses solo de viñedo (en torno a 0.8 cmol_c kg⁻¹) son moi semellantes aos que aporta Sánchez (1995) en solos de viñedo, pero claramente superiores aos que Fernández-Calviño et al. (2009) indica para solos de viñedo da D.O. Monterrei onde a media deste parámetro é de 0.4 cmol_c kg⁻¹. Neste sentido, cumpre salientar que niveis de Al intercambiável por riba do 0.5-0.6 cmol_c kg⁻¹ poden

carrexar problemas de toxicidade ou alterar o funcionamento do sistema radicular das plantas de vide (Fregoni, 1998; Delás, 2000).

A capacidade de intercambio catiónica efectiva (CICe), estimada como a suma de catións básicos e Al intercambiáveis, presentan valores medios relativamente baixos ($<3.3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Táboa 2.3.3), propios dos solos de cultivo que se asentán sobre materiais ácidos que non son obxecto dunha fertilización intensiva. De feito, os valores obtidos nas parcelas de ensaio están moi por baixo da media que Sánchez da para solos de cultivo do sector centro-sur da provincia de Ourense ($13\text{-}14 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), se ben no caso dos solos de viñado eses valores de CICe se asemellan moito a media de $4.0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ publicado por Fernández-Calviño et al. (2009) en mostras de viñedos da D.O. Monterrei. Para as oliveiras, os valores de CICe tamén se aloxan bastante dos resultados doutros estudos onde este parámetro pode variar entre 10 e $30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Álvarez et al., 2007), aínda que este tipo de comparativas entre diferentes zonas xeográficas e solos procedentes de diferentes materiais de partida hai que tomalas con cautela.

Xa fora dos parámetros do complexo de intercambio catiónico, na Táboa 2.3.3 tamén se presentan os valores medios de P dispoñible obtidos mediante a aplicación do método Bray-II (Bray e Kurtz, 1945). Este valores de P dispoñible, cun rango entre 24.7 e 61.8 mg kg^{-1} supera amplamente os niveis medios que proporciona Sánchez (1995) para as capas arables de solos de cultivo da provincia de Ourense ($39\text{-}43 \text{ mg kg}^{-1}$), especialmente no caso dos solos de viñado. Son, efectivamente estes solos da parcela de viñado os que presentan as medias máis altas de P asimilable que sobrepasan eses valores de referencia do estudo de Sánchez (1995), namentres que nos solos das parcelas de pistacho e oliveira os valores de P asimilable non son so inferiores aos do viñado, se non tamén os do estudo comentado da provincia de Ourense. No caso dos solos da parcela de oliveira, con valores medios de P asimilable entre 25 e 27 mg kg^{-1} , estes serían catalogados segundo Fernández-Ondoño et al. (2005) coma solo cuns niveis moi baixos de P xa que son menores de 66 mg kg^{-1} . Non obstante, no seu estudo de solos de oliveira en Córdoba, Álvarez et al. (2007) presentan valores de P extraíble entre 2 e 18 mg kg^{-1} , un rango máis comparable o da parcela de ensaio analizada no presente traballo. Pola súa banda, os niveis de P asimilable dos solos da parcela de pistacho se enmarcan no intervalo de valores que Koukoulakis et al. (2013) aporta para solos deste cultivo en Grecia e que varían entre 4 e 50 mg kg^{-1} . Coma se comentou previamente, estas comparativas deben ser tomadas con precaución xa que os niveis de P asimilable son altamente dependentes da metodoloxía de extracción e das características de solo (coma pH, presenza de carbonatos de Ca, oxihidróxidos de Fe e Al) que modifican substancialmente tanto a dispoñibilidade de P como a súa extractabilidade.

Os niveis dalgúns micronutrientes esenciais para o crecemento dos cultivos como o caso de Fe, Mn, Zn e Cu, foron obtidos mediante a aplicación dunha disolución de $\text{Na}_2\text{-EDTA} + \text{NH}_4\text{Ac}$ a pH 4.65 seguindo o método de Lakanen e Ervio (1971). Os resultados desta extracción se presentan na Táboa 2.3.4. Como é de esperar, o oligoelemento máis abundante é o Fe que amosa valores entre 64 e 96 mg kg^{-1} , sendo algo maiores nos solos da parcela de oliveira que nos de viñado e pistacho onde os niveis de Fe biodispoñible (Fe_{ed}) é moi semellante entre ambos cultivos. En todo caso, os niveis de Fe_{ed} nos solos da parcela de pistacho están por riba dos valores críticos para este cultivo dado por Koukoulakis (1995) e que irían entre 4 e 25 mg kg^{-1} . As diferenzas de Fe_{ed} entre as diferentes capas de solo analizadas ($0\text{-}20$ e $20\text{-}40 \text{ cm}$) é pouco relevante, so superando o 10% no caso da parcela de viñado. Nos solos analizados, os valores de Fe_{ed} son algo menores do rango de variación que presenta Sánchez (1995) para solos da comarca de Verín (onde se sitúan as parcelas de ensaio) e que varían entre 120 e 150 mg kg^{-1} . Tamén cabe dicir que nos solos de viñado, os valores de Fe_{ed} son algo máis baixos que os que Sánchez (1995) amosa no seu estudo ($82\text{-}87 \text{ mg kg}^{-1}$). Pola súa banda, o Mn é o segundo oligoelemento biodispoñible en orde de abundancia, con valores que destacan polo seu elevado nivel nos solos da parcela de pistacho onde varían entre 55 e 72 mg kg^{-1} , algo por riba dos que Sánchez (1995) presenta en solos de cultivo do sector centro-sur da provincia de Ourense (entre 38 e 55 mg kg^{-1}) e tamén superiores ao rango crítico que para este nutriente propón Koukoulakis (1995) en cultivos de pistacho ($15\text{-}25 \text{ mg kg}^{-1}$). Pola contra, nos solos das parcelas de viñado e oliveira os valores de Mn_{ed} son moito menores en non chegan aos 10 mg kg^{-1} (Táboa 2.3.4). Neste caso, os solos da parcela de viñado seleccionada para o ensaio de adición do produto compostado amosan uns niveis de Mn_{ed} moito máis baixos que o intervalo entre $65\text{-}75 \text{ mg kg}^{-1}$ que da Sánchez para solos con este tipo de cultivo.

Táboa 2.3.4. Valores medios de oligoelementos extraíbles (biodisponíbles) en EDTA- Na_2 , e contido total de catións básicos

Cultivo	Prof (cm)	Fe_{ed}	Mn_{ed}	Zn_{ed}	Cu_{ed}	K_T	Ca_T	Mg_T
		----- mg kg^{-1} -----				----- g kg^{-1} -----		
Pistacho	0-20	70	72	1.2	2.0	13.2	<12	19.4
	20-40	76	55	1.0	2.0	13.3	<12	19.1
Oliveira	0-20	94	8.9	0.8	25.5	7.2	<12	9.6
	20-40	96	7.1	0.7	21.3	7.1	<12	9.9
Viñedo	0-20	64	8.6	1.7	7.1	7.3	<12	11.1
	20-40	75	8.2	2.1	8.1	8.2	<12	11.2

O terceiro oligoelemento extraíble en abundancia é o Cu, con niveis moi variables dependendo do tipo de cultivo, indo dende valores de apenas 2 mg kg^{-1} nos solos da parcela de pistacho, ate un rango de 21 a 25 mg kg^{-1} no caso dos solos de oliveira, namentres que os dos solos de viñedo quedan entre 7 e 8 mg kg^{-1} (Táboa 2.3.4). Todos estes valores son algo maiores que o nivel de 1.2 mg kg^{-1} que da Sánchez (1995) para solos de cultivo no sector centro-sur da provincia de Ourense. Aínda así, o Cu_{ed} nos solos da parcela de viñedo é moi inferior ao que Fernández-Calviño et al. (2008) da para solos de viñedo da D.O Monterrei cunha media de 43 mg kg^{-1} . No caso dos solos da parcela de pistacho, os niveis de Cu_{ed} están lixeiramente por riba dos valores que Koukoulakis (1995) considera coma rango crítico para este cultivo ($1.0\text{-}2.5 \text{ mg kg}^{-1}$). En relación coa profundidade da mostra de solo, non hai unha tendencia clara entre os diferentes cultivos, con valores moi semellantes entre profundidades para pistacho e viñedo, e algo superior na capa máis profunda no pistacho.

O Zn extraíble (Zn_{ed}) é o oligoelemento biodisponíble que amosa un intervalo de valores máis baixo, entre 0.7 e 2.1 mg kg^{-1} , sendo un pouco máis alto nos solos da parcela de viñedo que de oliveira e pistacho (Táboa 2.3.4). Estes valores de Zn_{ed} son máis baixos para a media que se presenta para solos de cultivo do sector centro-sur da provincia de Ourense no estudo de Sánchez (1995) que vai entre 2.0 e 2.6 mg kg^{-1} , coma no caso dos solos de viñedo incluídos neste estudo que amosan unha marxe de variación de entre 3.6 e 4.0 mg kg^{-1} . No caso dos solos da parcela de pistacho, os valores de Zn_{ed} están dentro do rango que Koukoulakis (1995) considera coma crítico para este oligonutriente e que vai entre 1.0 e 2.5 mg kg^{-1} .

No que atinxe aos niveis de Ca, Mg e K totais, os valores medios se amosan na Táboa 2.3.4. Como se pode apreciar, os solos da parcela de pistacho son os que presentan os valores medios máis elevados de Mg e K totais, con 19 e 13 g kg^{-1} , respectivamente. Nos outros dous cultivos, viñedo e oliveira, tanto K coma Ca varían entre 7 e 11 g kg^{-1} . En ningún dos cultivos os niveis totais de Mg e K se diferencian entre as dúas capas de solo analizadas, indicando unha notable homoxeneidade deses 40 cm de solo no que se refire á distribución destes nutrientes. Os valores medios algo máis elevados nos solos da parcela de pistacho que nos solos do resto de cultivos (oliveira e viñedo) podería explicarse por presentar, de xeito natural, uns niveis naturais máis elevados destes dous nutrientes coma resultados dun material de partida do solo máis rico en K e Mg. Outra posibilidade é que eses valores de K e Mg procedan dunha fertilización inorgánica máis intensa no cultivo do pistacho derivado do propio requirimento da árbore para o seu crecemento. En todo caso, tampouco se debe descartar que a razón sexa unha mesturanza destas dúas explicacións propostas. En relación aos resultados de Ca total, chama a atención que os niveis analizados son inferiores aos límites de detección da técnica analítica de determinación de Ca, de aí eses valores inferiores a 12 g kg^{-1} . Posiblemente, isto sexa consecuencia de algún tipo de interferencia na medida de c no extractos feito do solo, xa que é de esperar que os niveis de Ca total foran superiores ou da mesma orde que os de Mg. En todo caso, tendo en conta os valores de pH en auga destes solos, podería dicirse que non se trata en ningún caso (sexa viñedo, oliveira ou pistacho) de parcelas cun contidos de Ca total moi altos.

2.4 Aplicación de diferentes doses do produto compostado nas parcelas de ensaio

Esta actividade foi desenvolvida en diferentes etapas. A primeira delas foi establecer a cantidade de produto compostado que hai que engadir a cada cultivo en base ás súas características coma o marco de plantación, os requirimentos nutricionais (baseado na necesidade de N e os datos obtidos na bibliografía para cada cultivo), cantidade de produto compostado e as súas características físico-químicas (contido en humidade, densidade aparente, niveis de N total, etc). Ademais de dous tratamentos de aporte de produto compostado, en adiante denominados dose alta (A) e dose baixa (B), nos ensaios tamén foron considerados como tratamentos un control (C) na que ao solo non se lle engadiu ningún tipo de emenda orgánica ou mineral, e un tratamento de fertilización inorgánica tradicional con base de N-P-K 15:15:15 (F). As cantidades de produto compostado engadidos tamén foron dimensionadas tendo en conta factores coma a superficie da parcela obxecto do ensaio o xeito de aporte do produto (a pé de planta ou por subparcela), tendo en conta ademais as posibilidades de manexo do solo das propias parcelas unha vez feito o aporte do produto compostado. Na Táboa 2.4.1 se presentan, segundo o tipo de cultivo, as doses de produto compostado engadido por unidade de superficie, tanto en volume coma en masa fresca ou seca dese produto compostado e do fertilizante (F).

Unha vez coñecidas as cantidades de produto compostado a engadir para cada cultivo e tratamento, o segundo paso nesta actividade foi deseñar o ensaio de campo nas parcelas seleccionadas en cada tipo de cultivo. Todas as actividades relacionadas coa posta en marcha dos ensaios de campo co produto compostado foron realizadas entre o 4 e o 6 de marzo de 2024.

No caso do cultivo de pistacho, o deseño experimental do ensaio de campo consistiu na selección de 24 árbores de pistacho distribuídos ao longo dunha ringleira situada na beira da parcela, espazo que foi previamente fresado para retirar a vexetación adventicia existente nese momento. Cada un destas 24 árbores se situaba no centro dunha subparcela cadrada de 3 m de lado (9 m²), aplicando os tratamentos de dose alta de produto compostado (A), dose baixa de produto compostado (B) e fertilización mineral 15:15:15 (F) a 6 subparcelas. As outras seis subparcelas, correspondentes ás restantes seis árbores, foron consideradas coma control (C) sen adición de fertilizantes mineral ou produto compostado. As cantidades de produto compostado, sexa dose alta ou baixa, e fertilizante mineral se presentan na Táboa 2.4.1.

Táboa 2.4.1. Requerimentos de N dos cultivos, características básicas da plantación e doses de produto compostado a aplicar en cada tratamento.

Parámetro	Unidade	Cultivo		
		Pistacho	Oliveira	Viñedo
Dose N	kg ha ⁻¹	30	75	35
Marco plantación	m	6 x 5.5	4 x 4	2.5 x 1
Nº de plantas		303	625	4000
Dose alta (A)*	m ³	0.231	0.279	0.102
	fresco (kg)	129	156	57
	seco (kg)	43	52	19
Dose baixa (B)*	m ³	0.101	0.123	0.045
	fresco (kg)	57	69	25
	seco (kg)	19	23	8
N-P-K (15:15:15)*	kg	0.660	0.800	0.292

* volume/masa de produto compostado ou masa de fertilizante engadido por planta (pistacho e oliveira) ou por subparcela (viñedo)

Unha vez depositado en cada subparcela a cantidade correspondente de produto compostado, este se distribuíu a man por toda a subparcela de 9 m². No caso do tratamento F, a cantidade de fertilizante mineral se botou a man esporexendo o mesmo de forma homoxénea por toda a superficie. Logo das adicións de produto compostado ou fertilizante, todas as subparcelas foron sometidas a unha labra mecánica superficial coa finalidade de mesturar o material engadido (orgánico ou mineral) coa capa superficial do solo. O aparello de labra foi axeitado para poder mesturar os 20 cm superficiais do solo. Na Figura 2.4.1 se amosa unha selección de fotografías que describe a posta en marcha do ensaio na parcela de pistacho.

Na parcela de oliveira, o deseño do ensaio de campo foi moi semellante ao do pistacho. Así, tras seleccionar 24 árbores de semellante desenvolvemento vexetativo e distribuídos por toda a parcela, se estableceron en torno a cada un deles unha subparcela cadrada de 3 m de lado (9 m²). Despois dun fresado inicial para eliminar a vexetación adventicia existente, cada un dos tratamentos (A, B, F e C) foi feito para seis árbores distribuídos aleatoriamente pola parcela. As cantidades de produto compostado, sexa dose alta ou baixa, e fertilizante mineral se presentan na Táboa 2.4.1. A secuencia de accións durante a posta en marcha do ensaio de campo na parcela de oliveira foi igual que a descrita previamente para o pistacho, deposición das cantidades de produto compostado ou fertilizante en cada subparcela, esporexemento manual do produto e mestura superficial (20 cm) mediante medios mecánicos. Algunhas imaxes desta actividade se amosa na Figura 2.4.2.



Figura 2.4.1. Etapas no desenvolvemento do ensaio na parcela de pistacho. Preparación previa da parcela (arriba á esquerda), deposición e esporexemento do produto compostado (arriba á dereita), aporte de fertilizante mineral (abaixo á esquerda), e estado das subparcelas despois da labra superficial (abaixo á dereita).

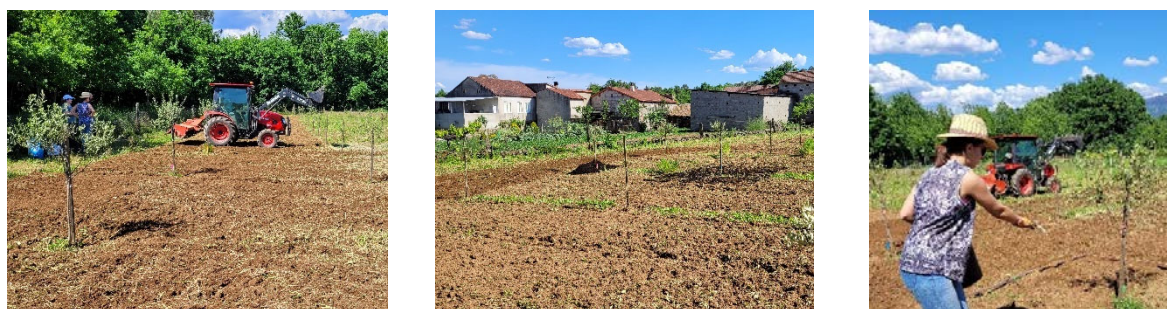


Figura 2.4.2. Fotografías do inicio do ensaio na parcela de oliveira. Preparación previa da parcela (esquerda), deposición e esporexemento do produto compostado (centro) e aporte do fertilizante mineral (esquerda).

No caso da parcela de viñedo, o deseño do ensaio de campo se fixo cunha estratexia diferente. En cada unha das dúas filas de vides seleccionadas se dispuxeron oito subparcelas de 5 m de longo e 1 m de ancho (0.5 m a cada lado da ringleira de vides), resultando en dezaseis subparcelas de 5 m² con cinco cepas cada unha e separadas unha doutra por unha distancia de 1 m. Os tratamentos obxecto de ensaio, doses alta e baixa de produto compostado (A e B), fertilizante mineral N-P-K 15:15:15 (F) e control (C) foron aplicados cadanseu a 4 subparcelas distribuídas aleatoriamente entre as dúas filas de vides. As cantidades de produto compostado, sexa dose alta ou baixa, e fertilizante mineral se presentan na Táboa 2.4.1. Antes da aplicación dos tratamentos, se fixo un fresado inicial para eliminar a vexetación adventicia existente nos corredores entre filas de cepas. O espazo entre cepas estaba bastante limpo debido á labra previa feita polos xestores da finca. Posteriormente, se repartiron as doses de produto compostado polas diferentes subparcelas así como o aporte manual do material obxecto do tratamento F. Despois, o produto compostado foi espaxado a man por cada subparcela, seguido por unha mestura superficial do solo (20 cm de profundidade) mediante medios mecánicos. Dado que os medios mecánicos non poden actuar nos espazos entre cepa e cepa, neses se fixo a mestura de solo superficial e material compostado (ou fertilizante) a man. Algunhas imaxes desta actividade se amosa na Figura 2.4.3.



Figura 2.4.3. Selección de imaxes da posta en marcha do ensaio na parcela de viñedo. Preparación previa da parcela (arriba á esquerda), deposición e espaxamento do produto compostado (arriba á dereita e abaixo á esquerda) e labranza a man na zona entre vides (abaixo á dereita).

2.5 Toma de mostras de solo nas parcelas de ensaio tras a aplicación do produto compostado a tempo 0(t0)

A toma de mostras de solo nas parcelas de ensaio a tempo 0, é dicir, xusto tras a aplicación de produto compostado ou fertilizante mineral descrito no apartado anterior desta memoria, foi realizado entre os días 5 e 6 de marzo de 2024. A estratexia de toma de mostras de solo veuse modificado parcialmente do que se indicaba na memoria. Así, a toma de mostras nas parcelas de ensaio unha vez aplicado o material

compostado ou o fertilizante mineral se limitou a capa máis superficial (0-20 cm), xa que a aplicación deste material foi mesturado co solo a unha profundidade de 20 cm, polo que é de esperar que a influencia destes aportes nas propiedades do solo por baixo deses 20 cm sexa practicamente nula. Pola contra, o número de subparcelas de ensaio de cada tratamento e cultivo se ampliou dende as 12 inicialmente previstas ate 16 no caso do viñedo, e se duplicaron (24) no caso das parcelas de pistacho e oliveira. Coa ampliación do número de subparcelas, trátase de que os resultados obtidos fosen máis consistentes e representativos dos cambios que puideran ter lugar nas propiedades químicas dos solos relacionadas coa fertilidade. Finalmente, en vez de coller unha única mostra de solo composta por cada profundidade e tratamento, se colleu unha mostra composta por cada subparcela e tratamento, pasando de 24 a 64 mostras de solo. Esta ampliación na intensificación da mostraxe de solo tivo como obxectivo fortalecer a representatividade da mostraxe de solos en cada parcela, e poder visualizar de xeito máis consistente os cambios que se produzan nas súas propiedades químicas relacionadas coa fertilidade por efecto dos tratamentos aplicados.

No caso da parcela de pistacho, a mostraxe a tempo 0 consistiu na recollida de 5 submostras de solo de 0-20 cm de profundidade cunha sonda Edelman en cada unha das subparcelas xeradas en torno ás 24 árbores de pistacho (6 por cada tratamento) que estiveron sometidas ó ensaio. As 5 submostras de cada subparcela foron mesturadas nunha mostra composta, embolsada e convenientemente etiquetada. Na parcela de oliveira a mostraxe a tempo 0 seguiu a mesma pauta que a anteriormente descrita para o pistacho. Se recolleron 5 submostras de solo (0-20 cm) en cada subparcela ao redor de cada árbore, que posteriormente foron mesturadas para obter unha mostra composta, embolsadas e etiquetadas. Ao igual que no caso da parcela de pistacho, isto supuxo obter 24 mostras de solo, 6 por cada tratamento avaliado (dose alta e baixa de produto compostado, fertilización mineral N-P-K e control). Na parcela de viñedo, a mostraxe a tempo 0 consistiu na toma de 5 submostras de solo de 0 a 20 cm de profundidade na zona da liña de vides de cada unha das subparcelas nas que está dividido o ensaio de campo. Como en casos previos, para a toma de mostra de solo empregouse unha sonda Edelman. As cinco submostras de cada subparcela se mesturaron nunha única mostra de solo composta, que se embolsou e se etiquetou para o seu axeitado manexo no laboratorio. No caso da parcela de viñedo, o número de mostras de solo obtidas foi de 16.

Todas as mostras de solo, unha vez recollidas no campo, foron levadas aos laboratorio da Área de Edafoloxía e Química Agrícola da Facultade de Ciencias e no Instituto de Agroecoloxía e Alimentación, ambos no Campus de Ourense (Universidade de Vigo) onde se procedeu á determinación de parámetros químicos básicos relacionado coa fertilidade do solo.

2.6 Análises químicos de solos nas parcelas de ensaio tras o tempo 0

Antes de proceder a realización da caracterización físico-química das mostras de solo a tempo 0, as mostras de solo recibidas no laboratorio foron secadas ao aire durante 15 días. Posteriormente, as mostras foron peneiradas por unha malla de 2 mm para obter a fracción terra fina, a cal é a destinada para as diferentes análises que xa se describiron no apartado 2.3 desta memoria: pH (auga e disolución salina), contidos totais de C e N, parámetros do complexo de intercambio catiónico (suma de catións básicos e CICE) e oligoelementos biodisponíbles (Fe, Mn, Cu e Zn).

A continuación se describen os valores dos diferentes parámetros analizados nas mostras a tempo 0 para cada tipo de cultivo e como estes varían cos tratamentos que se ensaiaron: control (C), fertilización mineral N-P-K 15:15:15 (F), e doses alta e baixa de produto compostado (A e B, respectivamente).

En canto a reacción do solo, os valores medios de pH en auga (pH_w) nos solos da parcela de viñedo varían entre 4.85 e 5.25 sen que se aprecien diferenzas estatisticamente significativas entre os diferentes tratamentos (Figura 2.6.1). No caso dos solos da parcela de oliveira, os valores medios de pH_w van dende 4.47 ate 5.12, e so os das subparcelas tratadas con fertilizante mineral (F) amosan uns valores significativamente máis baixos que para o resto de tratamentos para os que non diferenzas neste parámetro. Para os solos da parcela de pistacho, os valores de pH_w aumentan dende 4.86 ate 5.33 conforme pasamos do tratamento control á fertilización mineral e logo as doses alta e baixa de produto compostado. Neste caso, os solos das subparcelas tratadas co produto compostado presentaron valores de pH_w significativamente maiores que o control ou a fertilizada con N-P-K (Figura 2.6.1). En relación a acidez potencial (o pH medido en disolución salina, pH_h), os valores medios nos diferentes cultivos tenden a ser

algo máis elevados nos solos emendados co produto compostado (tratamentos A e B) que nas mostras control ou fertilizadas con N-P-K (F). Así, nos solos de viñedo e de oliveira os valores medios de pH_k amosan un rango moi semellante variando entre 3.9 e 4.2 (Figura 2.6.1), sendo algo maiores no caso dos solos da parcela de pistacho nos van de 4.1 a 4.5. A nivel estatístico, namentres que nos solos da parcela de viñedo nos hai diferenzas no pH_k segundo o tratamento realizado, si as hai para os solos das parcelas de oliveira (entre os solos control ou fertilizados con N-P-K e os solos emendados coa dose baixa) e pistacho (entre os solos control ou fertilizados con N-P-K e os solos emendados coa dose alta).

Os niveis medios de C orgánico total amosan un incremento nas mostras de solo das subparcelas tratadas con produto compostado (A e B) respecto do control (C) e das fertilizadas con N-P-K (F) en todos os cultivos ensaiados, aínda que en ningún caso o tratamento foi un factor de variación estatisticamente significativo para o C (Figura 2.6.2). Así, no caso da parcela de viñedo, os niveis medios de C orgánico van dende 11.5 e 12.4 g kg⁻¹ no caso das subparcelas F e C, ate os 13.7 e 14.2 g kg⁻¹ das subparcelas con tratamento A e B. Cabe sinalar que, a pesares de que a dose de produto compostado do tratamento A é o dobre do tratamento B, isto non se reflicte nos niveis medios de C orgánico total aínda que sempre é algo máis alto no A que no B.

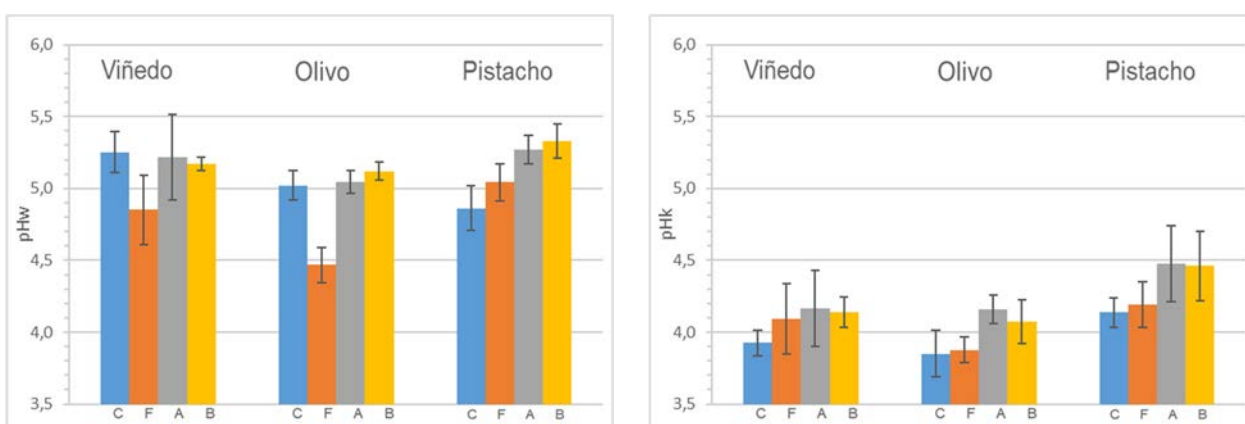


Figura 2.6.1. Valor medio e desviación estándar dos valores de pH en auga (pH_w) e en disolución salina (pH_k) dos solos de diferentes cultivos segundo o tratamento sometido (C, control; F, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

Algo similar ocorre para o C orgánico nos cultivos de oliveira e pistacho, de xeito que no caso da oliveira os valores de C nas subparcelas emendadas con produto compostado van entre 21.6 e 24.2 g kg⁻¹ fronte a 18.6-19.0 g kg⁻¹ nos tratamentos C e F. Para o pistacho, as medias de C van dende 18.0 a 21.1 g kg⁻¹ nos tratamentos B e A, respectivamente, ata 17.7 e 18.2 g kg⁻¹ nos tratamentos C e F.

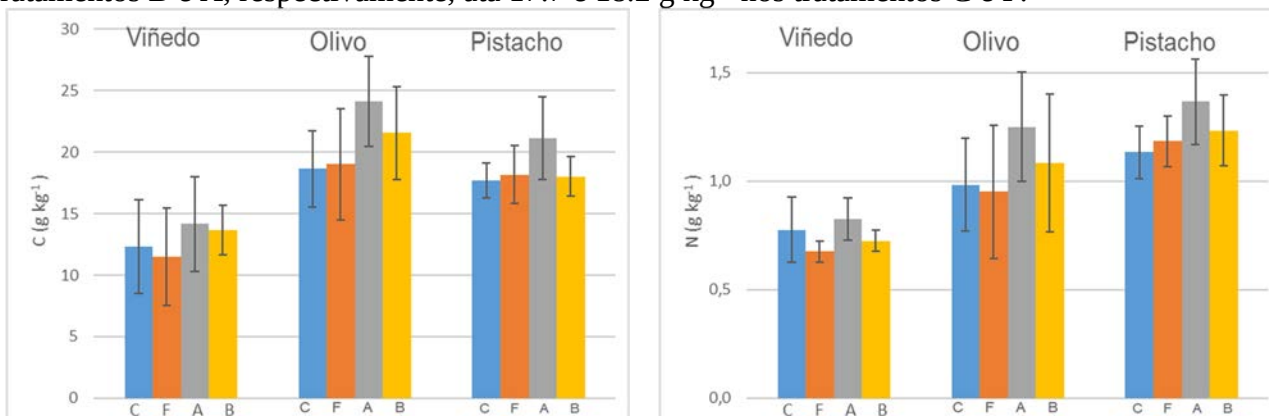


Figura 2.6.2. Valor medio e desviación estándar dos valores de C orgánico total e N total dos solos de diferentes cultivos segundo o tratamento sometido (C, control; F, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

Para o N total pasa algo semellante ao anteriormente descrito para o C orgánico. Neste caso, os valores medios de N total non amosan diferenzas significativas entre os diferentes tratamentos avaliados en ningún dos tres cultivo estudados, variando entre 0.7-0.8, 1.0-1.3 e 1.1-1.4 g kg⁻¹ para viñedo, oliveira e pistacho respectivamente (Figura 2.6.2). Tamén, como ocorre co C orgánico total, os solos emendados coas doses máis alta de produto compostado tenden a amosar niveis algo maiores de N total que aqueles que reciben a dose baixa tanto en viñedo coma en oliveira e pistacho, aínda que en ningún caso estas diferenzas son estatisticamente significativas.

A relación C/N, que se pode interpretar coma unha estimación do grao de humificación da materia orgánica dos solos, presenta un estreito marxe de variación nas subparcelas do pistacho (rango 14.7-15.7) onde se acadan os valores máis baixos dos cultivo estudados. No caso do viñedo, a relación C/N é algo maior e varía entre 15.4-18.3, mentres que para a oliveira o intervalo de valores medios é 19.2-20.6.

A escasas diferenzas nos niveis de C e N totais entre os diferentes tratamentos ensaiados nos tres cultivos estudados pode ser atribuído á ausencia de tempo para que as reacción químicas de descomposición do produto compostado poidan ir liberando ó solo o C e N suficiente para que se podan dar diferenzas entre os tratamentos A e B co control.

Os niveis medios de P dispoñible se presentan na Táboa 6.2.1. En xeral, os diferentes tratamentos realizados nos tres cultivos resultan en incrementos nos niveis medios de P dispoñible pero con comportamentos diferenciais en cada un dos propios cultivos. No caso das mostras de solo do viñedo, as parcelas con tratamentos A e B amosan uns niveis algo maiores de P dispoñible que as mostras control (96-102 mg kg⁻¹ fronte a 87 mg kg⁻¹), aínda que estas diferenzas non son estatisticamente significativas. Ademais, non era de esperar que o aporte de N-P-K resultase nunha diminución dos niveis de P dispoñible comparado coas mostras control. A ampla variabilidade dos resultados, como se pode evidenciar dos valores da desviación estándar, poderían explicar o motivo destes resultados nos solos da parcela de viñedo.

Táboa 2.6.1. Niveis medios e desviación estándar de P dispoñible (en mg kg⁻¹) nos diferentes cultivos a tempo 0 segundo os tratamentos aplicados (C, control; F, fertilizante N-P-K; A, dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

Tratamento	Cultivo		
	Viñedo	Oliveira	Pistacho
Control (C)	87.2 ± 21.5	52.1 ± 6.3	28.1 ± 6.6
N-P-K (F)	41.5 ± 40.5	76.4 ± 17.8	28.4 ± 5.9
Dose alta (A)	102.0 ± 33.9	78.3 ± 5.0	40.3 ± 10.0
Dose baixa (B)	95.8 ± 8.2	69.2 ± 14.9	29.6 ± 6.8

Pola súa banda, os niveis medios de P dispoñible nos solos da parcela de oliveira si amosan diferenzas estatisticamente significativas en relación ao tratamento aplicado, con valores algo máis altos nos tratamentos F e A (en torno os 76-78 mg kg⁻¹) respecto dos tratamentos control e da dose baixa de produto compostado (Táboa 2.6.1). As mostras de solo da parcela de pistacho son as que presentan os valores máis baixos de P dispoñible (intervalo 28-40 mg kg⁻¹), sendo as mostras do tratamento A as que manifestan un valor algo máis elevado co resto aínda que a significación estatística desta diferenza é feble.

No que atinxe aos parámetros do complexo de intercambio catiónico, a variación dos niveis de catións básicos intercambiáveis (Na, K, Ca e Mg) se presenta na Figura 2.6.3. En canto ao Na intercambiável (Na_{ex}), os valores medios son baixos e relativamente semellantes nos solos procedentes dos tres cultivos ensaiados, cun intervalo de variación estreito, entre 0.1 e 0.3 cmol_c kg⁻¹. En xeral, nos tres cultivos os niveis de Na_{ex} é moi semellante entre os tratamentos control e F (N-P-K), para aumentar significativamente cando se trata das subparcelas emendadas co produto compostado, tanto coa dose alta (A) como coa baixa (B), especialmente no caso dos cultivos de oliveira e pistacho onde estas diferenzas son estatisticamente significativas. Non obstante, nin nas mostras de solo das parcelas de pistacho nin as de oliveira se observaron diferenzas significativas nos niveis de Na_{ex} entre os dous tratamentos con produto compostado.

Para o K intercambiable (Kex), con valores algo maiores que para Naex, os resultados amosan unha tendencia relativamente semellante a antes descrita para o Na. Así, os valores medios de Kex para os diferentes cultivos varían entre 0.3 e 0.7 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, sendo algo máis baixos na parcela de viñedo e algo maiores na de pistacho (Figura 2.6.3). En canto ó efecto do tratamento ensaiado, se observan diferenzas dependendo do tipo de cultivo. Así, no caso das mostras de solo da parcela de viñedo, as mostras resultantes dos tratamentos A e B presentan valores algo máis altos de Kex que os tratamento C e F aínda que as diferenzas non son estatisticamente significativas. No caso da oliveira, o tratamento si supón un factor de variación estatisticamente significativo para o Kex, sendo as mostras das subparcelas sometidas aos tratamentos A e B as que evidencian valores algo máis elevados de Kex que as do control e F, pero sen diferenzas entre as diferentes dose de produto compostado. Para a parcela de pistacho, o tratamento tamén introduce diferenzas significativas nos niveis de Kex pero de forma máis feble que no caso da oliveira. Novamente, aínda que as mostras procedentes das subparcelas tratadas co produto compostado son as que amosan os niveis máis elevados de Kex, apenas hai diferenzas entre as dúas doses ensaiadas (Figura 2.6.3). No relativo ao Ca intercambiable (Caex), os valores que se observaron nas mostras de solos das diferentes parcelas de cultivo varían entre 0.8 e 2.8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, con niveis relativamente semellantes nos cultivos de viñedo e oliveira e algo maiores nas mostras de solo do cultivo de pistacho (Figura 2.6.3). De modo xenérico, parece apreciarse unha tendencia a que os niveis medios de Caex vaian aumentando dende os tratamentos C e F cara aqueles nos que se aplica o produto compostado. En calquera caso, o tratamento ensaiado so supón diferenzas estatisticamente significativas nos niveis de Caex no cultivo de oliveira onde as principais diferenzas se dan entre as mostras control e as mostras das subparcelas emendadas coa dose baixa de produto compostado que, neste cultivo, resulta en niveis de Caex algo maiores que a dose alta (2.8 fronte a 2.5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).

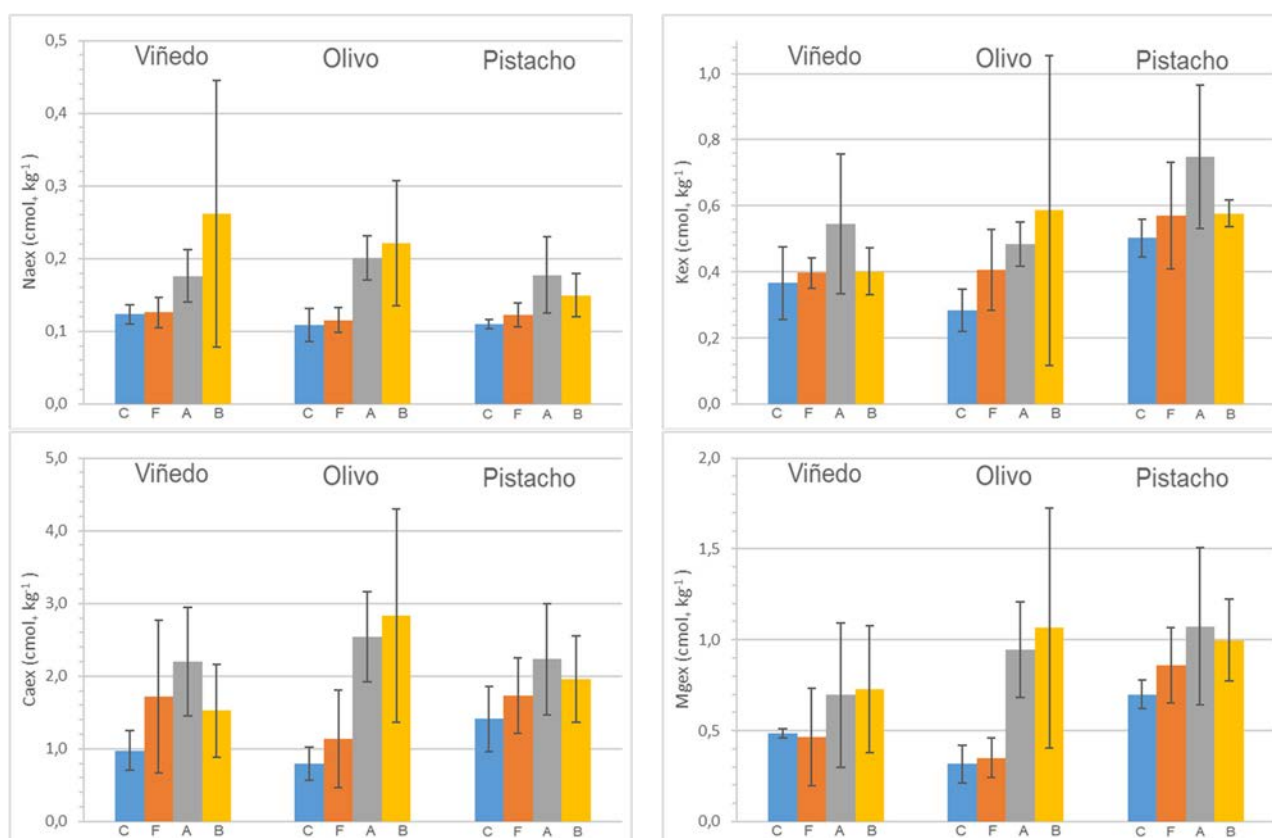


Figura 2.6.3. Valor medio e desviación estándar dos catións básicos intercambiables (Na, K, Ca e Mg) dos solos de diferentes cultivos segundo o tratamento sometido (C, control; F, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

Os valores de Mg intercambiabile, que se amosan na Figura 2.6.3, seguen unha tendencia similar a do Caex. Os niveis medios de Mg varían entre 0.3 e 1.1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ sendo tamén algo máis elevados nas subparcelas do cultivo de pistacho que nas de viñedo e oliveira. En canto ó efecto do tratamento ensaiado nos niveis de Mgex, tamén estes son unicamente significativos no caso da parcela de pistacho onde as subparcelas emendadas con produto compostado amosan valores moito maiores (0.9-1.1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) que as subparcelas control ou F (0.3-0.4 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Tanto para Mgex coma para Caex no cultivo da oliveira, pódese observar que as subparcelas emendadas coa dose baixa de produto compostado reflicte niveis medios algo maiores que aquelas subparcelas emendadas coa dose alta, algo que non é esperado pero que se pode explicar atendendo a notable variabilidade dos valores de Caex e Mgex nas subparcelas coa adición baixa de produto compostado Figura 2.6.3.

Os niveis de oligoelementos extraíbles nas mostras de solos dos diferentes cultivos e como resposta ós tratamento ensaiados se amosan na Figura 2.6.4. Nos caso do Fe dispoñible (Feed), os valores medios varían entre 94 e 122 mg kg^{-1} nas subparcelas de viñedo ate o rango 174-230 mg kg^{-1} no cas das subparcelas da oliveira, namentres o cultivo de viñedo presenta valores intermedios entre os dos cultivos previos (136-157 mg kg^{-1}).

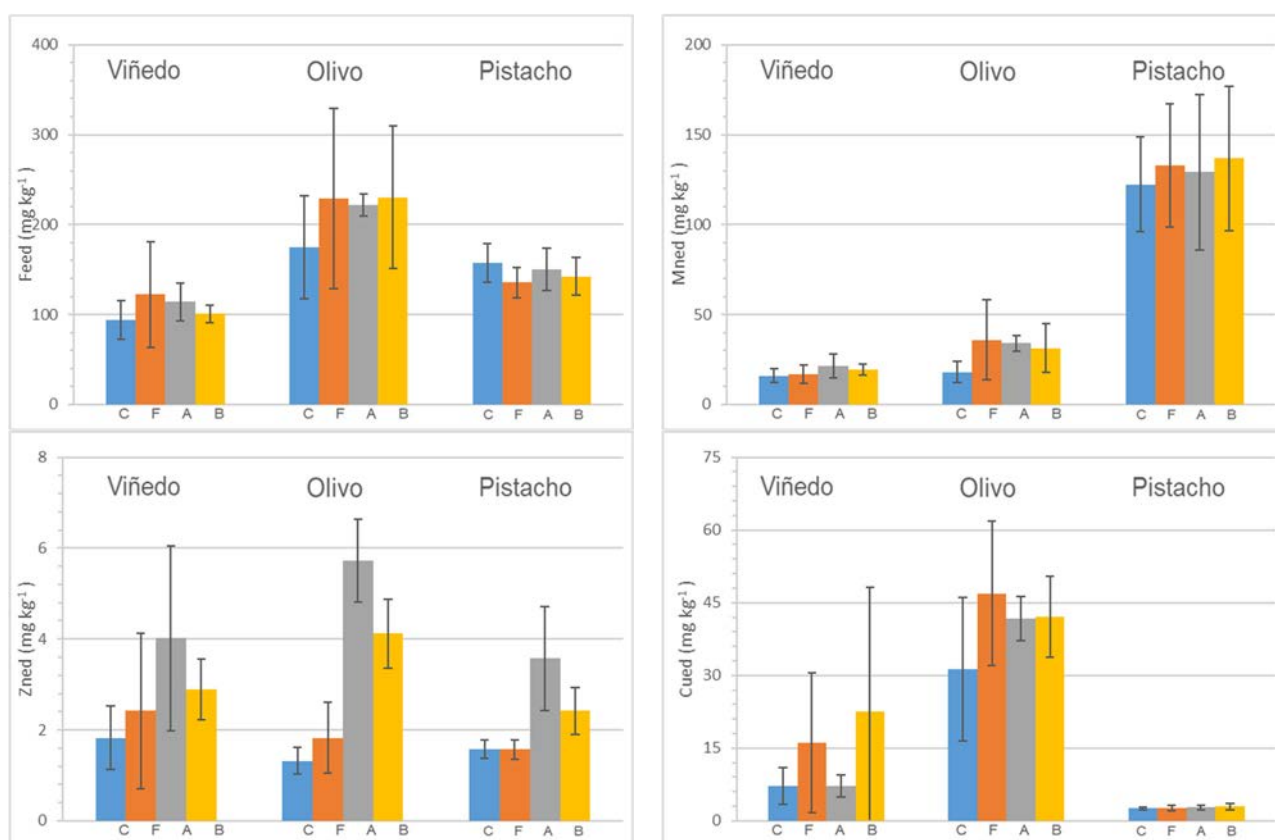


Figura 2.6.4. Valor medio e desviación estándar dos oligoelementos extraíbles (Fe, Mn, Zn e Cu) dos solos de diferentes cultivos segundo o tratamento sometido (C, control; F, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

En ningún dos tres cultivos, cada un por separado, o tratamento realizado supuxo diferenzas estatisticamente significativas dos niveis medios de Fe dispoñible e de feito, as tendencias cos tratamentos son bastante diferentes entre cultivos. Así, no caso do viñedos os valores de Feed son bastante parellos en todos os tratamentos, mentres que para a oliveira a adición de fertilizante mineral (F) e o produto compostado (A e B) parece incrementar os niveis dispoñibles de Fe. No caso do pistacho, parece que a tendencia á ao revés, que os valores máis baixos de Feed se dan nas mostras de solo das subparcelas emendadas con produto compostado. Neste último caso, esa menor dispoñibilidade de Feed podería estar parcialmente relacionada co incremento de pHw que amosan as parcelas cos tratamentos A e B. Cabe lembrar que os metais amosan unha menor solubilidade a medida que aumenta o pH, feito que podería

reducir esa dispoñibilidade. Ao igual que sucede con Feed, no caso do Mned tampouco o tratamento supuxo diferenzas significativas nos niveis dispoñibles deste oligoelemento en cada un dos cultivos avaliados. Os valores medios de Mned son moito maiores nos solos da parcela de pistacho, onde varían entre 122 e 137 mg kg⁻¹, que nos solos das parcelas dos outros dous cultivos (16-21 e 18-36 mg kg⁻¹ para viñado e oliveira, respectivamente, Figura 2.6.4). Posiblemente esta diferenza nos niveis de Mned débese a un contido diferencial deste elemento no material de partida do solo, obviamente máis abundante no caso da parcela de pistacho. No caso do Zned, o tratamento realizado non resultou en diferenzas significativas nos niveis dispoñibles deste oligoelemento no caso dos solos da parcela de viñado onde presentan valores de entre 1.8 e 4.0 mg kg⁻¹ (Figura 2.6.4), sendo lixeiramente máis elevados no caso das mostras de solo das subparcelas tratadas coas doses alta e baixa de produto compostado. En todo caso, pódese apreciar que a variabilidade dos valores de Zned para os diferentes tratamento foi moi elevada, o que podería enmascarar as posibles respostas dos tratamentos. Pola contra, nos outros dous cultivos avaliados, os tratamentos realizados si provocaron niveis significativamente diferentes de Zn respecto do control. Así, no cultivo de oliveira, os valores de Zned nos solos emendados co produto compostado (tratamento A e B) foron unhas 3 5 veces superiores que nas mostras control, pasando de 1.3 mg kg⁻¹ a 5.7 ou 4.1 mg kg⁻¹ cos tratamentos A e B, respectivamente. Algo semellante ocorre no caso dos solos da parcela de pistacho pero de xeito menos acusado, xa que os valores de Zned que se acadan nas subparcelas onde se aplicou o produto compostado son entre 2 e 3 veces maior que no control (1.6 mg kg⁻¹ fronte a 2.4-3.6 mg kg⁻¹). Tanto no caso do cultivo de pistacho como de oliveira, os valores de Zned foron significativamente maiores nas subparcelas tratadas coa dose alta (A) do produto compostado que aquelas ás que se lle engadiu a dose baixa (B). Xa no que atinxe ós niveis de Cu dispoñible (Cued), en ningún dos cultivos ensaiados os valores deste parámetro amosaron diferenzas significativas en función do tipo de tratamento que se levou a cabo nas súas subparcelas, se ben no caso dos cultivos de viñado e oliveira, os valores de Cued amosaron unha importante variabilidade. En termos xerais, os valores máis elevados de Cued atopáronse nas subparcelas do cultivo de oliveira con valores entre 31 e 47 mg kg⁻¹, sendo algo menores no caso das subparcelas de viñado (7-22 mg kg⁻¹) e os máis baixos se deron no cultivo de pistacho con entre 2.5 e 2.9 mg kg⁻¹ (Figura 2.6.4). O aporte de produto compostado aportou algo máis de Cu dispoñible que o observado nas parcelas control no caso dos cultivos de pistacho e de oliveira, pero en ningún caso foi estatisticamente significativo. No caso das parcelas de viñado, os valores máis elevados de Cued se observaron nas subparcelas emendadas con N-P-K (tratamento F) e coa dose baixa de produto compostado, pero estes valores máximos non supoñen un risco de toxicidade nin para o viñado nin para os organismos do solo, sendo claramente inferiores a eses 43 mg kg⁻¹ que Fernández-Calviño et al. (2008) da para solos de viñado da D.O. Monterrei.

2.7 Toma de mostras de solo nas parcelas de ensaio tras a aplicación do produto compostado a tempo 6 meses

A toma de mostras de solo nas parcelas de ensaio a tempo 6 meses, foi realizado entre os días 3 e 4 de outubro de 2024 (Figura 2.7). A estratexia de toma de mostras de solo en cada unha das parcelas de cultivo onde se estaban a realizar os ensaios foi a mesma que se describe no apartado 2.5 desta memoria. Así, se recolleron un total de 64 mostras de solo compostas, cada unha delas resultante da mestura de 5 submostras de solo de cada subparcela e tratamento, distribuídas deste xeito: 24 da parcela de pistacho, 24 da parcela de oliveira e 16 da parcela de viñado. En todos os casos, as mostras corresponden aos 20 cm superficiais do solo e foron recollidas cunha sonda Edelman. Despois de ser embolsadas e etiquetadas, as mostras foron transportadas ao laboratorio da Área de Edafoloxía e Química Agrícola da Facultade de Ciencias de Ourense (UVIGO) onde se realizaron as análises pertinentes.



Figura 2.7. Selección de imaxes da toma de mostras de solos a tempo 6 meses nas parcelas de ensaio de pistacho (esquerda) e oliveira (dereita).

2.8 Análises químicos de solos nas parcelas de ensaio tras o tempo 6 meses (t6)

Os valores medios do pH en auga (pHw) nos solos da parcela de viñedo variaron entre 4.43 e 5.00, entre 5.08 e 5.78 no caso das subparcelas da oliveira e entre 4.65 e 5.13 no de pistacho (Figura 2.8.1). Para todos os cultivos o tratamento supuxo diferenzas significativas no pHw, observando que tanto o aporte de N-P-K (F) como a adición do produto compostado reduciu o pHw do solo, aínda que a redución foi maior no tratamento coa fertilización tradicional (N-P-K). En canto ao pHk, como cabía esperar os valores son máis baixos que o pHw, pero amosan unha variación co tratamento en cada cultivo moito menor e que non resulta en diferenzas significativas. Así, no caso do viñedo o pHk vai de 3.91 ate 4.20, de 4.05 a 4.35 na oliveira e de 3.86 a 4.18 na parcela de pistacho (Figura 2.8.1). Ao contrario que sucede co pHw, e a excepción da parcela de pistacho, os valores de pHk son algo maiores nas parcelas de cultivo onde se aplicou o produto compostado sen que haxa diferenzas entre as dúas doses engadidas (A e B). Estes resultados indicarían que o aporte de este tipo de emendas orgánicas serían beneficiosas para tratar de reducir os niveis de acidez potencial do solo unha vez transcorrido certo tempo dende a súa adición.

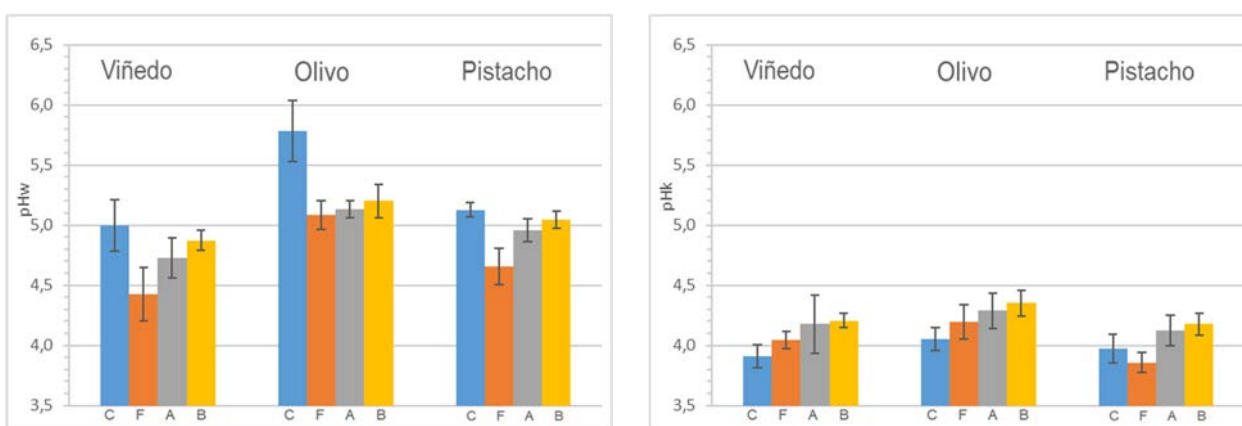


Figura 2.8.1. Valor medio e desviación estándar dos valores de pH en auga (pHw) e en disolución salina (pHk) dos solos de diferentes cultivos transcorridos 6 meses dende o inicio do ensaio (tratamentos: C, control; F, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

O contido total de C orgánico nas mostras de solo das parcelas de ensaio amosaron unha tendencia a incrementar lixeiramente tras 6 meses dende o inicio do ensaio. Así, na parcela de viñedo, os valores de C orgánico total aumentaron dende niveis medios de 12.3 g kg^{-1} nas mostras control a valores entre 13 e 15 g

kg⁻¹ nas subparcelas tratadas co produto compostado (A e B). Algo semellante ocorre na parcela de oliveira, na que as subparcelas control (sen tratamento) o C foi de 18 g kg⁻¹ e aumentou ate 22-25 g kg⁻¹ naquelas onde se aportou a emenda orgánica (Figura 2.8.2). Neste dous cultivos (viñedo e oliveira), parece que o aporte do produto compostado contribuíría a aumentar a medio e longo prazo os niveis medios de materia orgánica respecto do control aspecto que, aínda que esperable, é positivo de cara a mellora das propiedades físicas e químicas do solo (retención de auga, porosidade, aireación, fertilidade química) e tamén suporía un xeito sustentable de reempregar materiais residuais procedentes de actividades do sector primario. No caso dos solos da parcela de pistacho, o aporte de produto compostado favoreceu un lixeiro aumento dos niveis de C orgánico total, pero este incremento foi moi feble e as diferenzas entre os tratamentos C, A e B foi de apenas 1 g kg⁻¹ (Figura 2.8.2). Nos diferentes cultivos, as subparcelas fertilizadas con N-P-K amosan uns niveis medios de C orgánico total que se sitúa entre as subparcelas control e aquelas emendadas co produto compostado (caso da oliveira) ou con valores medios por baixo das propias subparcelas control. En todo caso, é preciso ser cauteloso coas interpretacións dos resultados de C orgánico total á vista da importante variabilidade dos resultados como se deduce da desviación estándar dos valores obtidos.

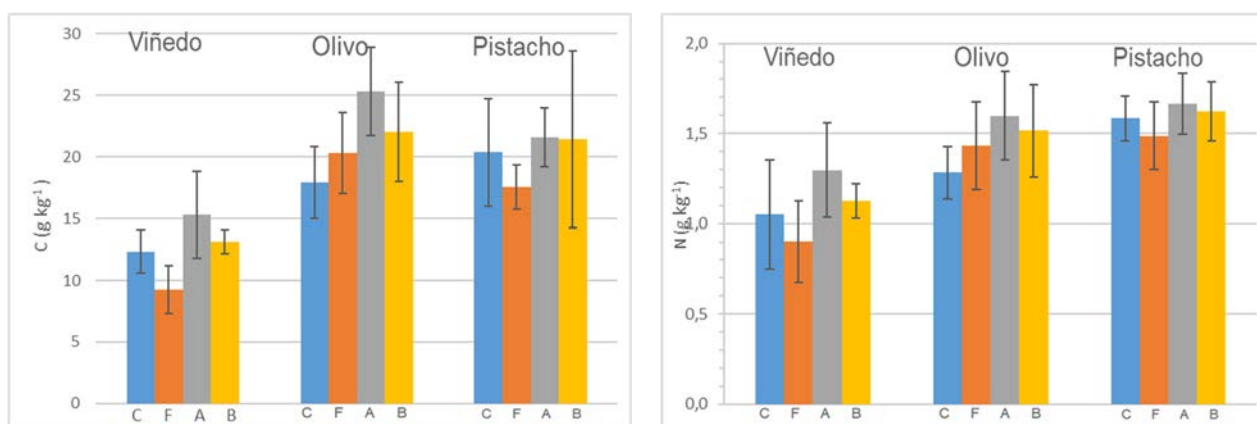


Figura 2.8.2. Valor medio e desviación estándar dos valores de C orgánico total e N total dos solos de diferentes cultivos transcorridos 6 meses dende o inicio do ensaio (tratamentos: C, control; F, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

No caso do N, e tamén coa prudencia das importantes desviacións dos resultados (Figura 2.8.2), tamén se aprecia un lixeiro incremento nos niveis medios deste nutriente nas parcelas emendadas co produto compostado, especialmente cando se trata da dose alta (A). Non obstante, despois de 6 meses de iniciado o ensaio, en ningún dos cultivos avaliados os valores de N total amosan diferenzas significativas dependendo do tratamento. Aínda así, os valores de N total van desde 1.1 e 1.3 g kg⁻¹ nas subparcelas control dos cultivos de viñedo e oliveira, respectivamente, ate niveis medios de 1.3 e 1.6 g kg⁻¹. Este incremento apenas se aprecia no caso das subparcelas de pistacho suxeitas ao tratamento A. Novamente, as subparcelas onde se aplica N-P-K, os valores de N total ou son menores que os das subparcelas control ou apenas se diferenzas destas (Figura 2.8.2).

A relación C/N nas mostras de solos despois de 6 meses de iniciado o ensaio amosan valores máis baixos que os que se observaran anteriormente a tempo 0. Así, no caso do viñedo os valores medios varían entre 10.4 e 12.1, na oliveira entre 14.1 e 15.9, e entre 11.9 e 13.0 no caso das subparcelas de pistacho. Para ningún dos cultivos o tratamento ensaiado resultou en diferenzas significativas nos valores da relación C/N, se ben as máis baixas soen coincidir co tratamento F (aporte de N-P-K) e os valores que se acadan nas subparcelas tratadas co produto compostado se asemellan bastante ós valores das subparcelas control. No caso das subparcelas sometidas aos tratamentos A e B, a lixeira diminución da relación C/N podería explicarse mediante unha incorporación máis rápida do C do material compostado ao solo que do N.

Despois de 6 meses de iniciados os ensaios de campo, os valores medios de P dispoñible para os diferentes cultivos e tratamentos se amosan na Táboa 2.8.1. En xeral, os promedios de P dispoñible se reducen respecto os resultados obtidos a tempo 0 (t0) aínda que o efecto do tratamento é variable segundo o cultivo. No caso do viñedo, non hai diferenzas significativas nos niveis de P dispoñible entre os diferentes tratamentos e presentan valores que van dende os 46 mg kg⁻¹ nas subparcelas onde se aplicou a fertilización mineral (N-

P-K) ate valores próximos ós 58 mg kg⁻¹ nas subparcelas control (C) e as emendadas coa dose alta de produto compostado. No caso da parcela de oliveira, onde os niveis de P dispoñible foron máis baixos que no de viñedo, sendo tamén inferiores aos observados no t0. Ao contrario que no viñedo, na oliveira os tratamentos realizados resultaron en diferenzas significativas no P dispoñible, e de feito as subparcelas emendadas coas dose alta e baixa de produto compostado (A e B) presentaron valores medios en torno dos 35 mg kg⁻¹ (sen diferenzas entre eles), pero claramente maiores que o das subparcelas control (22 mg kg⁻¹). No caso da parcela de pistacho, a que amosa os valores máis baixos de P dispoñible a tempo 6 meses, os resultados coinciden co resto dos cultivos avaliados en presentar no tempo 6 meses uns niveis medios de P dispoñible máis baixos que no tempo 0 (t0) e variaron entre 13 e 23 mg kg⁻¹ (Táboa 2.8.1). Ao igual que sucedía coa oliveira, as subparcelas de pistacho emendadas co produto compostado foron as que amosaron valores máis altos de P dispoñible respecto das subparcelas control, aínda que tampouco houbo diferenzas entre as subparcelas dependendo da dose de produto compostado que se aplicou. A redución dos niveis de P dispoñible neste segundo período de mostraxe podería estar relacionado cun consumo deste nutriente por parte da vexetación, tendo en conta que o período de tempo entre o inicio do ensaio de campo e o tempo 6 meses coincidiu co período de maior desenvolvemento vexetativo dos diferentes cultivos (primavera e verán). Outras posibilidades que non se poden excluír e que tamén contribuírían a esta perda de P dispoñible co paso do tempo sería o seu lixiviado coa disolución do solo e o eu paso a formas menos dispoñibles tras a súa interacción con diferentes compoñentes do solo (oxihidróxidos de Fe e Al).

Táboa 2.8.1. Niveis medios e desviación estándar de P dispoñible (en mg kg⁻¹) nos diferentes cultivos transcorridos 6 meses dende o inicio do ensaio (tratamentos: C, control; F, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

Tratamento	Cultivo		
	Viñedo	Oliveira	Pistacho
Control (C)	57.8 ± 13.7	22.1 ± 5.6	12.6 ± 3.9
N-P-K (F)	46.4 ± 16.3	31.3 ± 6.1	13.1 ± 2.9
Dose alta (A)	57.6 ± 2.5	35.5 ± 3.6	22.6 ± 4.7
Dose baixa (B)	51.6 ± 7.1	34.0 ± 7.2	16.3 ± 5.4

En relación aos catións básicos intercambiabiles (Na, K, Ca e Mg), na Figura 2.8.3 se presentan os valores medios observados para cada cultivo e tratamento feito ao cabo de 6 meses dende o seu inicio. Empezando polo Na intercambiable (Naex), os seus valores medios seguen a amosar niveis moi baixos deste elemento como xa sucedía cos resultados do tempo 0, e nalgúns casos a variabilidade dos valores era elevada atendendo á desviación estándar. Os intervalos da media de Naex foron 0.1-0.2, 0.1-0.3 e 0.2-0.4 cmol_c kg⁻¹ nas subparcelas de viñedo, oliveira e pistacho respectivamente. O tratamento deu lugar a diferenzas significativas nos valores de Naex nos cultivos de oliveira e pistacho, nos que as subparcelas emendadas co produto compostado (A e B) amosaron valores máis altos que as parcelas control (C), pero entre elas a dose de produto aplicado non era un factor de variación para Naex. En todo caso, novamente a forte dispersión dos valores obtidos para as subparcelas sometidas aos tratamentos A e B poderían afectar a estas diferenzas coas subparcelas control.

No que atinxe ós valores de K intercambiable (Kex), os tratamentos ensaiados non resultaron en diferenzas significativas neste parámetro en ningún dos cultivos avaliados, e amosaron valores medios moi semellantes tamén aos previamente observados para o tempo 0. Así, as medias de Kex variaron entre 0.3-0.6 cmol_c kg⁻¹ no viñedo, entre 0.3-0.4 cmol_c kg⁻¹ na oliveira e entre 0.5-0.6 cmol_c kg⁻¹ na parcela de pistacho (Figura 2.8.3). So no cultivo de viñedo as subparcelas emendadas co produto compostado amosaron valores lixeiramente maiores de Kex respecto das subparcelas control, aínda que todas as subparcelas do viñedo amosaron unha considerable variabilidade nos valores de Kex. En todo caso, nin no cultivo da oliveira nin no de pistacho se evidenciou que os valores de Kex foran menores no tratamento control (C) respecto dos tratamentos A e B.

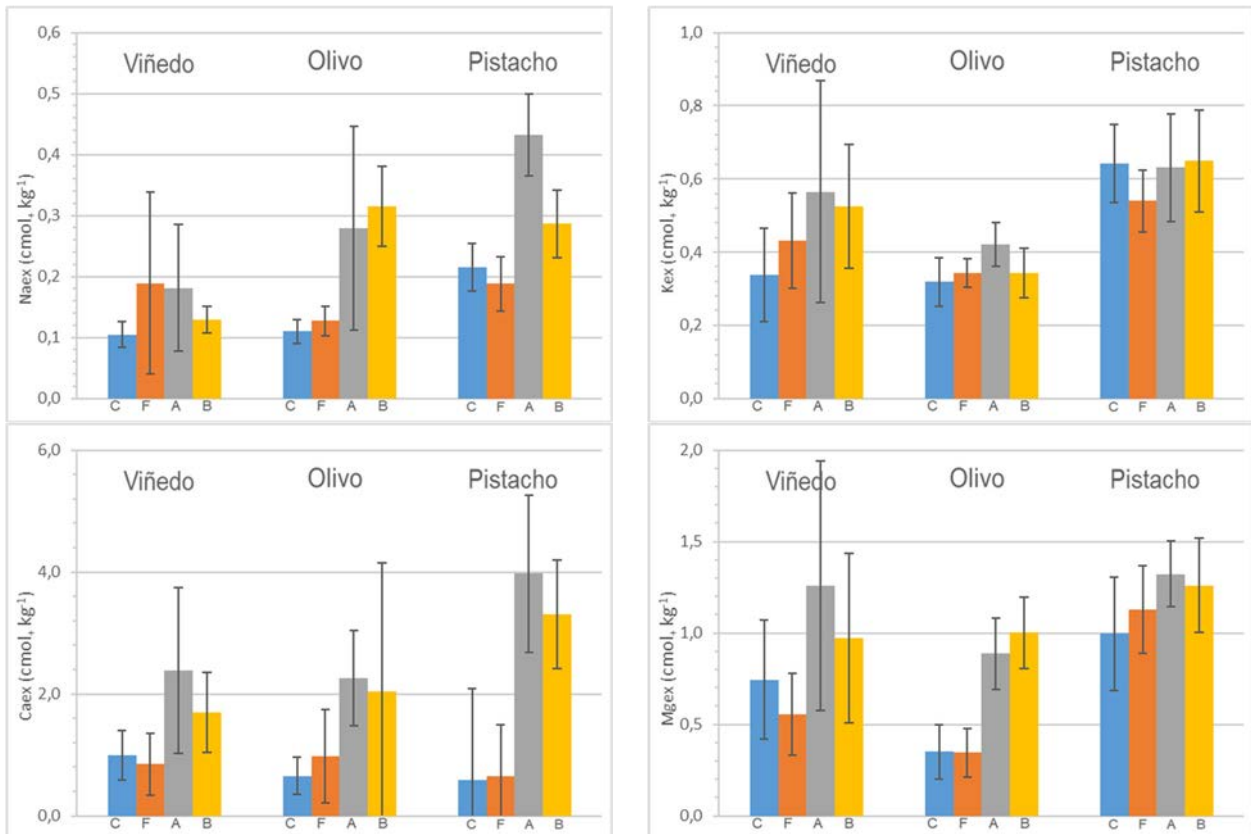


Figura 2.8.3. Valor medio e desviación estándar dos catións básicos intercambiáveis (Na, K, Ca e Mg) dos solos de diferentes cultivos transcorridos 6 meses dende o inicio do ensaio (tratamentos: C, control; F, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

Para o Ca intercambiável (Caex), cuxos valores apenas amosan variación con respecto aos resultados do tempo 0, o tratamento realizado foi un factor de variación para os niveis medios deste elemento nos tres cultivos avaliados. No caso do viñedo os valores de Caex variaron entre 0.8 e 2.4 cmol_c kg⁻¹, sendo significativas as diferenzas entre os valores das subparcelas tratadas con N-P-K e a dose alta de produto compostado, pero non coas subparcelas control. Na oliveira, os valores de Caex variaron entre 0.7 e 2.3 cmol_c kg⁻¹ e neste caso, as subparcelas emendadas co produto compostado foron as que amosaron niveis máis elevados de Caex que as subparcelas control e sometidas á fertilización mineral (F). Tamén cabe salientar que no viñedo, a dose de produto compostado foi un factor diferencial nos niveis de Caex, observaron valores máis altos naquelas subparcelas emendadas coa maior cantidade de material compostado. Algo moi semellante ocorreu nas subparcelas do cultivo de oliveira, onde as subparcelas emendadas con produto compostado presentaron valores de Caex diferentes entre si (2.3 e 2.0 cmol_c kg⁻¹ para A e B, respectivamente), pero tamén diferentes das que se obtiveron para as subparcelas control e N-P-K onde Caex variou entre 0.7 e 1.0 cmol_c kg⁻¹ (Figura 2.8.3). Nas subparcelas de pistacho, o aporte de produto compostado resultou nun significativo incremento dos niveis medios de Caex (3.3-4.0 cmol_c kg⁻¹) en comparación coas subparcelas control e con fertilización mineral (0.6 cmol_c kg⁻¹). As interpretacións feitas a partir dos resultados de Caex nos diferentes cultivos e a súa variación co tratamento deben tomarse con certa cautela á vista da importante variabilidade dos datos que, tal e como se pode observar na Figura 2.8.3, afectan especialmente ás subparcelas emendadas co produto compostado.

En termos xerais, os niveis medios de Mg intercambiável (Mgex) nas mostras do tempo 6 meses só foron lixeiramente maiores ás do tempo 0 no caso das subparcelas de viñedo sometidas ás doses alta e baixa do produto compostado (1.3 e 1.0 cmol_c kg⁻¹, respectivamente), aínda que neste cultivo non se apreciaron diferenzas significativas entre estas subparcelas e as subparcelas control (0.7 cmol_c kg⁻¹), se ben a dispersión dos resultados era bastante evidente (Figura 2.8.3). No cultivo de oliveira foi onde o tratamento resultou en diferenzas significativas de Mgex entre as subparcelas emendadas con produto compostado (0.9-1.0 cmol_c kg⁻¹).

kg⁻¹) e as parcelas control ou con fertilización mineral (0.3 cmol_c kg⁻¹), aínda que en termos xerais estes valores de Mg_{ex} non se diferenciaron en demasía dos obtidos para o tempo 0. Na parcela de cultivo de pistacho, onde se atopan os valores máis elevados de Mg_{ex}, tampouco houbo diferenzas significativas neste parámetros en función do tratamento nas mostras correspondentes aos 6 meses despois do inicio do ensaio (Figura 2.8.3). Neste caso, os valores medios de Mg_{ex} van dende 1 cmol_c kg⁻¹ nas subparcelas control ate niveis de 1.3 cmol_c kg⁻¹ nas subparcelas sometidas a adición de diferentes doses de produto compostado. Os resultados dos catro oligoelementos extraíbles estudados nas mostras de solos dos diferentes cultivos e a súa variación co tratamento ensaiado se amosan, para o tempo 6 meses, na Figura 2.8.4. Os valores de Fe dispoñible (Feed) nas mostras de solo a tempo 6 meses foron lixeiramente menores no caso dos cultivos de viñedo e oliveira que as do tempo 0 (t₀), namentres que para o cultivo de pistacho os valores medios tenderon a ser lixeiramente máis elevados. No caso das mostras do cultivo de viñedo, os valores de Feed variaron entre 78 e 103 mg kg⁻¹, sen observarse diferenzas entre as subparcelas control e as emendadas co produto compostado. No caso da oliveira, tampouco o tratamento resultou en diferenzas significativas nos valores de Feed que, neste cultivo, variaron entre os 178 mg kg⁻¹ das subparcelas tratadas con N-P-K (F) e os 190 mg kg⁻¹ das subparcelas control (C). Pola contra, no cultivo de pistacho si que se observaron diferenzas nos niveis de Feed segundo o tratamento (Figura 2.8.4), cos valores algo maiores nas subparcelas correspondentes aos tratamentos F e A (177-184 mg kg⁻¹) en comparación coas subparcelas control e B (133-141 mg kg⁻¹).

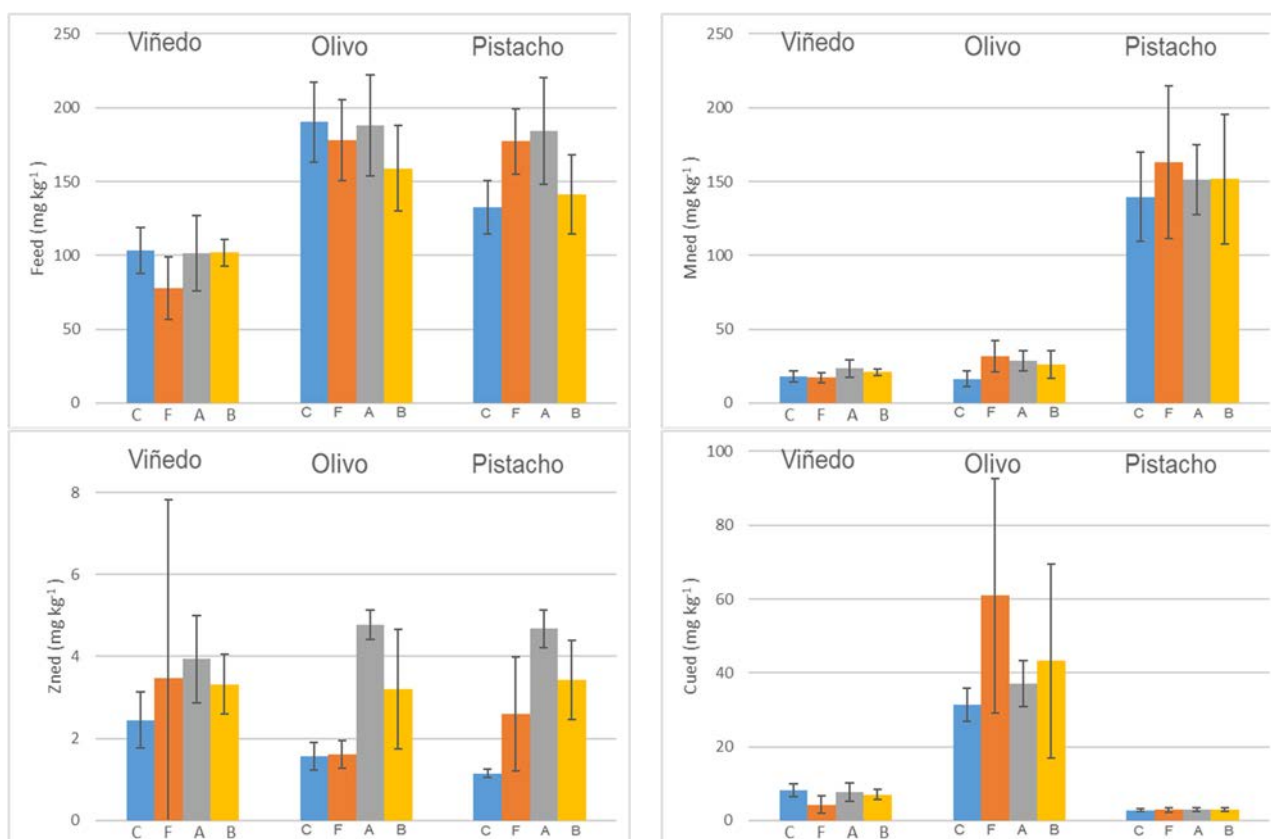


Figura 2.8.4. Valor medio e desviación estándar dos oligoelementos extraíbles (Fe, Mn, Zn e Cu) dos solos de diferentes cultivos transcorridos 6 meses dende o inicio do ensaio (tratamentos: C, control; F, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

Para o Mn dispoñible (Mned), os valores medios foron tamén moi semellantes aos obtidos nas mostras de solo correspondentes ao tempo 0 (t₀), lixeiramente maiores no caso do viñedo e pistacho, e lixeiramente inferiores no caso da oliveira. Como xa se evidenciou para as mostras recollidas a tempo 0, os valores de Mned foron moito maiores nas subparcelas do cultivo de pistacho que nos de viñedo e oliveira. O marxe deste feito, os valores medios de Mned nos cultivos de viñedo e pistacho non amosaron diferenzas significativas en función dos tratamentos realizados. No caso do viñedo, as subparcelas emendadas coas

dose alta e baixa do produto compostado presentaron valores de Mned algo maiores (21 a 23 mg kg⁻¹) que os das subparcelas control e F (17-18 mg kg⁻¹). No caso do cultivo de pistacho, os valores máximos de Mned atopáronse nas subparcelas tratadas con N-P-K (163 mg kg⁻¹), mentres que nas subparcelas control e as emendadas co produto compostado variaron entre 140 e 152 mg kg⁻¹ (Figura 2.8.4). No único cultivo onde o tratamento deu lugar a diferenzas significativas entre os valores de Mned foi na oliveira, aínda que neste caso eran as subparcelas tratadas con N-P-K as que presentaban os valores máis elevados (32 mg kg⁻¹) en comparación co control (16 mg kg⁻¹) ou coas subparcelas sometidas aos tratamentos A e B (26-29 mg kg⁻¹). Para o Zn dispoñible (Zned), os valores medios para as mostras recollidas 6 meses despois do inicio dos ensaios de campo presentan valores lixeiramente máis elevados no caso dos cultivos de viñedo e relativamente semellantes no caso de oliveira e pistacho. No cultivo de viñedo, os valores de Zned varían entre 2.4 e 3.9 mg kg⁻¹, sen apreciarse diferenzas significativas en función do tratamento realizado, aínda que nas subparcelas emendadas coas doses alta e baixa de produto compostado os niveis de Zned son un pouco máis altas que no control. En todo caso, a importante dispersión dos valores de Zned nas subparcelas tratadas con N-P-K podería afectar a esta falta de efecto do tratamento. Tanto para oliveira coma para pistacho, o tratamento si fixo que houbera valores diferentes de Zned. Nos dous cultivos, a aplicación de produto compostado fixo que os valores de Zned foran significativamente maiores nas subparcelas emendas coa dose alta de produto compostado que coa dose baixa (Figura 2.8.4), e estas subparcelas tamén amosaron valores máis elevados de Zned que as subparcelas control ou as tratadas con fertilización mineral. Así, no cultivo de oliveira, as subparcelas tratadas coas doses alta e baixa de produto compostado amosaron entre 2 e 3 veces máis Zned que as subparcelas control, mentres que no caso do cultivo de pistacho estas diferenzas foron algo maiores, entre 3 e 4 veces os valores das subparcelas control. Este feito xa foi evidenciado nas mostras tomadas a tempo 0 (t0) e parecen manterse seis meses despois. En relación cos valores de Cu dispoñible (Cued), estes foron moi semellantes aos do tempo 0 (t0) no caso dos cultivos de pistacho e oliveira, e lixeiramente menores no caso do viñedo. En xeral, a secuencia dos valores de Cued a tempo 0 (pistacho < viñedo < oliveira) se mantivo tamén a tempo 6 meses (t6). En todo caso, nas mostras recollidas tras 6 meses do inicio dos ensaios de campo, en ningún dos tres cultivos o tratamento foi quen de resultar en diferenzas significativas nos valores de Cued. No caso do viñedo, os valores de Cued variaron entre 4.3 mg kg⁻¹ nas subparcelas tratadas con N-P-K até 8.1 mg kg⁻¹ nas subparcelas control (Figura 2.8.4), polo que o aporte de material compostado non parece contribuír negativamente á acumulación de Cu. Algo semellante se podería dicir para o cultivo de pistacho, onde os valores de Cued entre os diferentes tratamentos amosan un estreito marxe de variación (2.8-3.0 mg kg⁻¹). No caso das subparcelas de oliveira, onde os valores de Cued son máis elevados (31-61 mg kg⁻¹), o valor máis alto acádase nas subparcelas tratadas con N-P-K (Figura 2.8.4), polo que novamente o aporte de material compostado non parece ter un efecto prexudicial na acumulación deste oligoelemento.

2.9 Avaliación das melloras produtivas en cultivo leñosos tras a aplicación do produto compostado

Para estudar a capacidade dos compost para subministrar nutrientes aos cultivos se fixo unha mostraxe de folla nas plantas de viñedo e oliveira no mes de xullo. Na oliveira se colleron varias follas por árbore do medio dos brotes do ano. Na vide se tomaron follas opostas aos acios. Una vez secas se moeron e se analizou o contido de N por autoanalisador LECO TruSpec, e os de P, K, Ca e Mg mediante espectrometría de masas con plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) logo de dixestión ácida con H₂O₂ asistida por microondas (Labstation ETHOS 900). Na oliveira se analizaron as follas completas, na vide os limbos.

Non houbo diferenzas significativas entre os contidos minerais das follas de distintos tratamentos, excepto no K en oliveira, menor no tratamento de fertilización mineral. En xeral os contidos de nutrientes foron suficientes para o correcto crecemento e produción das plantas, bastante axustados ao nivel crítico no N, P, K da viña e no N, Ca e Mg da oliveira; algo altos en P e K da oliveira.

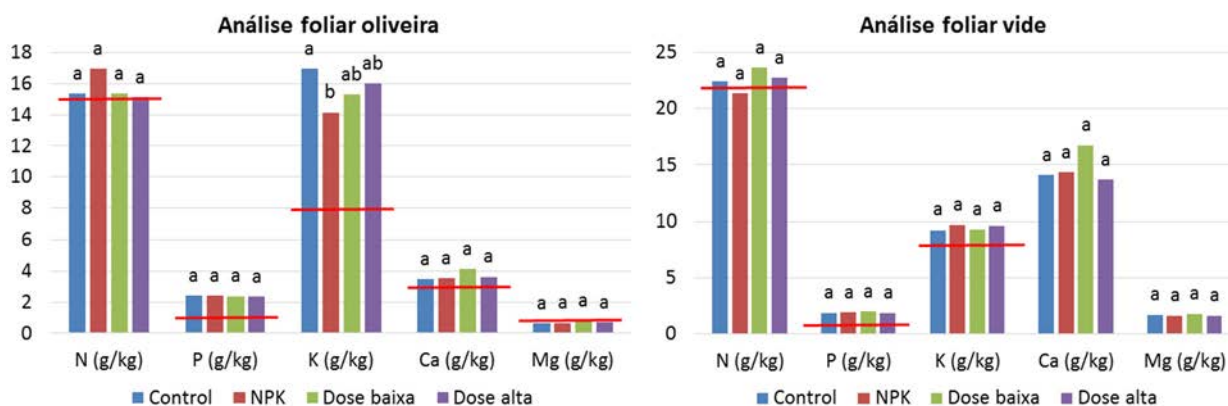


Figura 2.9.1. Contido mineral de follas de oliveira (esquerda) e vide (dereita) no mes de xullo en relación aos niveis críticos (liñas horizontais)

So se puido medir a produción da parcela de vide, xa que era a única que tiña plantas en produción. As plantas de oliveira aínda estaban entrando en produción e as de pistacho aínda estaban en fase decrecemento. Se mediu a produción por parcela recolléndoa completamente e pesándoa por separado; tamén se mediu o contido de sólidos solubles en ° Brix no mosto con refractómetro.

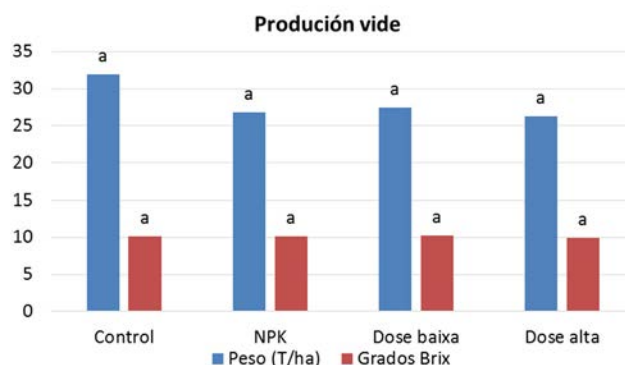


Figura 2.9.2. Producción de uva na parcela de vide: cantidade (t/ha) e calidade (° Brix)

A produción media foi de 28 t/ha cos valores algo máis altos para o control pero sen diferenzas significativas entre tratamentos. Igualmente o contido de sólidos solubles foi practicamente igual, entorno a 10 ° Brix, en todos os tratamentos,

2.10 Avaliación das modificacións de fertilidade do solo tras a aplicación do produto compostados

A continuación farase unha descrición das principais variacións que se observaron nas propiedades dos solos relacionadas coa fertilidade en cada un dos cultivos avaliados, tomando coma factores de variación o tempo transcorrido dende o inicio dos ensaios de campo e os diferentes tratamentos realizados (control, fertilización mineral con N-P-K e aplicación de diferentes doses de emendas orgánicas).

En canto á reacción do solo, os valores de pHw entre os dous períodos de recollida de mostras de solo (tempo 0 e tempo 6 meses) amosan diferenzas dependendo do tipo de cultivo a avaliar. No caso do viñedo, obsérvase unha lixeira diminución do pH aos 6 meses (Figura 2.10.1) en todos os tratamentos incluído o control, polo que esta circunstancia non se pode atribuír a adición de produto compostado. As posibles razóns para esta diminución do pHw pode ser a propia variabilidade presente nas mostras de solo a nivel espacial, aínda que ao coincidir o paso do tempo co período vexetativo máis activo do viñedo na asimilación

de nutrientes tamén podería contribuír a esa redución do pHw. Pola contra, no cultivo de oliveira, os valores de pHw incrementaron significativamente nas mostras correspondentes a 6 meses, especialmente nas subparcelas control e tratadas con N-P-K onde o aumento medio foi de 0.7 e 0.6 unidades. No cultivo de pistacho, novamente os valores de pHw aos 6 meses foron significativamente menores que a tempo 0, aínda que neste caso esta diminución so se observou nas subparcelas tratadas con N-P-K ou as doses de produto compostado. En todo caso, esta diminución foi pequena, de entre 0.2 e 0.4 unidades de pH.

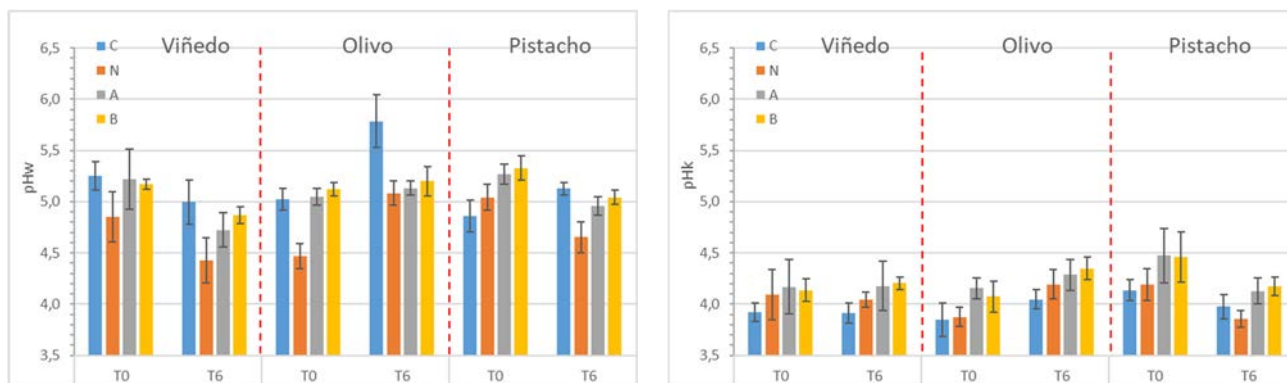


Figura 2.10.1. Valor medio e desviación estándar do pH en auga (pHw) e en disolución salina (pHk) nos solos tomados a tempo 0 (T0) e a 6 meses (T6) sometidos a diferentes tratamentos (C, control; N, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

No caso da acidez potencial (pHk), tamén os valores entre o tempo 0 e tempo 6 meses responderon de xeito diferente segundo o tipo de cultivo. No caso do viñedo os valores medios de pHk apenas cambiaron entre os dous tempos de mostraxe, mentres que no caso da oliveira observouse unha diferenza significativa entre os pHk de tempo 0 e de tempo 6 meses. No caso da oliveira, houbo un incremento do pHk (de entre 0.2-0.3 unidades) en todos os tratamentos que debe percibirse coma algo positivo, xa que supón unha redución da acidez do solo que beneficia unha mellor funcionalidade da biota do solo involucrada nos procesos de reciclado de nutrientes, procesos básicos para o mantemento da fertilidade do solo. Pola contra, na parcela de pistacho o pHk reduciuse entre 0.2-0.3 unidades nas mostras de tempo 6 meses, o que incrementa a acidez potencial nos solos desta parcela. Non obstante, o feito de que esta diminución se observe en todas as mostras de solos independentemente do tratamento, indica que os aportes de material compostado ou N-P-K non van ser os responsables deste comportamento do pHk (Figura 2.10.1).

En canto aos valores de C orgánico total, tanto na parcela de viñedo como na parcela de oliveira, a adición de produto compostado promoveu un lixeiro incremento deste parámetro con respecto ás correspondentes subparcelas control, aspecto que non foi observado no caso do cultivo de pistacho. En canto ao efecto do paso do tempo dende o inicio do ensaio, en ningún dos tres cultivos estudados se obtiveron diferenzas estatisticamente significativas entre os valores de C orgánico a tempo 0 e a tempo 6 meses, observando apenas un moi lixeiro incremento do C orgánico (entre 1 e 3 g kg⁻¹) tras os 6 meses nas subparcelas onde se engadiu o produto compostado (Figura 2.10.2). Isto podería indicar que este período de tempo non é suficiente para observar unha significativa mineralización da materia orgánica presente no material compostado que resulte en unha diminución dos niveis de C no solo. A isto, tamén habería que engadir que a propia variabilidade espacial do solo nas parcelas de cultivo podería estar aportando esa similitude nos valores de C orgánico entre os dous tempos de estudo. A posibilidade de ampliar o período de estudo recollendo mostras a 1 ou 2 anos, seguramente aportaría información máis consistente sobre a dinámica da materia orgánica nas parcelas de estudo.

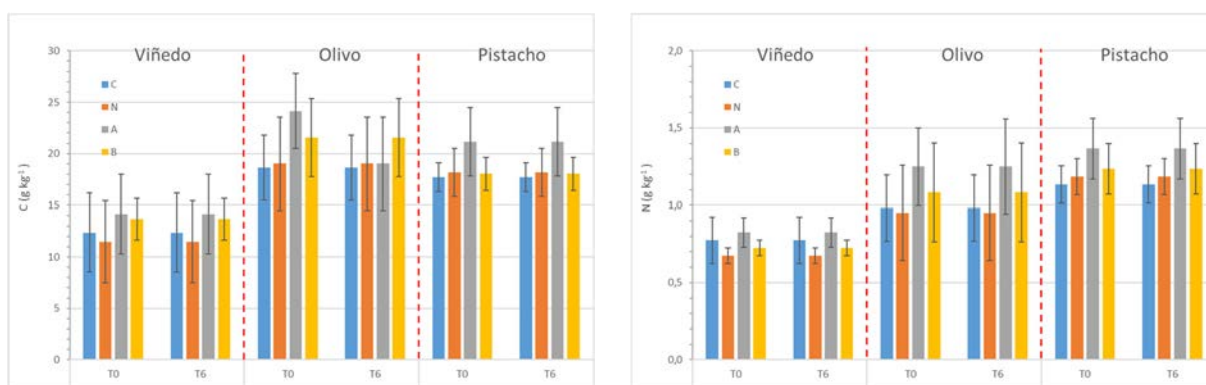


Figura 2.10.2. Valor medio e desviación estándar do C e N totais nos solos tomados a tempo 0 (T0) e a 6 meses (T6) sometidos a diferentes tratamentos (C, control; N, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

No caso do N, o paso do tempo dende o inicio do ensaio supuxo un aumento estatisticamente significativo nos niveis medios de N total en todos os cultivos estudados (Figura 2.10.2), aínda que tamén é certo que este aumento se observou tanto nas subparcelas control como nas fertilizadas con N-P-K ou as emendadas co produto compostado, o que indica que o tratamento non parece ser o único responsable das modificacións dos niveis de N total. Non obstante, parece haber unha tendencia a que o aumento de N total sexa algo maior nas subparcelas emendadas co produto compostado (entre $0.4\text{--}0.5\text{ g kg}^{-1}$) que nas subparcelas control (0.3 g kg^{-1}) agás no cultivo de pistacho (Figura 2.10.2), algo que cabería esperar tendo en conta que o material compostado estaría aportando N aos solos de cultivo e tamén modificando outros parámetros do solo que favorecerían unha mellor humificación da materia orgánica, facendo máis dispoñible o N presente no solo. Semella a partir destes resultados, e coa cautela que debe considerarse tendo en conta a variabilidade espacial do solo, que o período de tempo dende o inicio do ensaio favorece una maior dispoñibilidade de N quizais froito tamén dunha mellora nas condicións climáticas, tendo en conta que o período entre o tempo 0 e o tempo 6 meses abrangue a primavera e verán. En todo caso, esta dinámica observada nos niveis de N co paso do tempo non se apreciou para o C orgánico. Como consecuencia deste incremento xeneralizado de N total nas mostras do tempo 6 meses e a escasa variación que presentan os niveis de C orgánico, a relación C/N é significativamente menor no tempo 6 meses respecto do tempo 0, tal e como se presenta na Táboa 2.10.1.

Táboa 2.10.1. Niveis medios e desviación estándar da relación C/N nos diferentes cultivos para o tempo 0 (t0, inicio do ensaio) e tempo 6 meses (t6). Os tratamentos foron: C, control; F, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

Tratamento	Cultivo					
	Viñedo		Oliveira		Pistacho	
	t0	t6	t0	t6	t0	t6
Control (C)	16 ± 4	16 ± 4	19 ± 2	14 ± 2	16 ± 2	13 ± 3
N-P-K (F)	17 ± 7	17 ± 7	21 ± 2	14 ± 1	15 ± 1	12 ± 2
Dose alta (A)	17 ± 4	17 ± 4	20 ± 2	16 ± 1	15 ± 1	13 ± 1
Dose baixa (B)	19 ± 2	19 ± 2	21 ± 3	15 ± 1	15 ± 2	13 ± 3

En relación cos niveis de P dispoñible, púidose apreciar en todos os cultivos avaliados unha diminución estatisticamente significativa neste parámetro conforme pasa o tempo dende o inicio do ensaio de campo (Táboa 2.10.2). Así, nas subparcelas emendadas co produto compostado, os niveis de P dispoñible se reduciron case no 50%, aínda que as parcelas de viñedo seguían sendo as de maior nivel deste nutriente e as que de pistacho aquelas coa menor abundancia deste elemento. Aínda que a variabilidade espacial podería ser parcialmente responsable desta diferenza nos niveis de P dispoñible entre o tempo 0 e os 6

meses, tamén é certo que o propio crecemento dos cultivos durante este tempo podería estar consumindo boa parte das reservas de P dispoñible que había no solo ao inicio do ensaio de campo.

Táboa 2.10.2. Niveis medios e desviación estándar de P dispoñible (en mg kg⁻¹) nos diferentes cultivos para o tempo 0 (t0, inicio do ensaio) e tempo 6 meses (t6). Os tratamentos foron: C, control; F, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

Tratamento	Cultivo					
	Viñedo		Oliveira		Pistacho	
	t0	t6	t0	t6	t0	t6
Control (C)	87 ± 22	58 ± 14	52 ± 6	22 ± 6	28 ± 7	13 ± 4
N-P-K (F)	42 ± 41	46 ± 16	76 ± 18	31 ± 6	28 ± 6	13 ± 3
Dose alta (A)	102 ± 34	58 ± 3	78 ± 5	36 ± 4	40 ± 10	23 ± 5
Dose baixa (B)	95 ± 8	52 ± 7	69 ± 15	34 ± 7	30 ± 7	16 ± 5

No que atinxe ós catións básicos intercambiáveis, os distintos cultivos amosaron comportamentos diferentes para cada un dos catións avaliados. No caso do Na intercambiable (Naex), os valores deste catión seguen sendo os máis baixos de todos os analizados, aumentando moi lixeiramente nas mostras de tempo 6 meses respecto ó tempo 0 aínda que este incremento so foi estatisticamente significativo no caso das subparcelas do cultivo de pistacho emendadas coas doses de produto compostado (Figura 2.10.3). No caso do K intercambiable (Kex), o período de tempo transcorrido dende o inicio do ensaio non resultou en variacións salientables nos niveis deste nutriente en comparación co tempo 0. No caso particular das subparcelas emendadas coas doses de produto compostado, os valores de Kex aumentaron lixeiramente no caso do viñedo e diminuíron no de oliveira, quedando case igual no caso do pistacho (Figura 2.10.3). Tendo en conta a relevancia deste elemento para o crecemento vexetal, novamente o propio consumo de K polas plantas en desenvolvemento podería xustificar a práctica ausencia de diferenzas entre os dous tempos de toma de mostras, ao tempo que indicaría que os aportes de K derivado dos tratamentos con produto compostado foran rapidamente asimilados polo cultivo e tamén pola vexetación adventicia que se puido desenvolver ao longo do período de maior actividade vexetativa que cubriu a primavera e verán.

Os tres cultivos mantiveron, aos 6 meses de ensaio, valores máis altos de Caex nas parcelas nas que se engadiu material compostado respecto das subparcelas control e fertilizadas con N-P-K. Asumindo a interferencia que pode provocar nestes resultados a importante desviación que amosa, cabe pensar que o aporte deste tipo de material podería constituír unha potencial reserva de Ca para os solos de cultivo ensaiados. Neste sentido, é especialmente notorio (xa que é estatisticamente significativo) o incremento de Caex que evidencian as subparcelas do cultivo de pistacho aos 6 meses fronte ao tempo 0 (Figura 2.10.3). Este feito non se apreciou tan claramente no caso do viñedo e, pola contra, no caso da oliveira incluso houbo unha leve diminución.

Os valores de Mgex tamén se mantiveron por riba no tempo 6 meses que no tempo 0, sobre todo nas subparcelas emendadas co produto compostado no caso dos cultivos de viñedo e, en menor medida na de pistacho (Figura 2.10.3). Isto parece, malia a forte desviación dos resultados, apoiar o papel de reservorio de nutrientes que presenta o material compostado engadido ós cultivos o cal se reforza tendo en conta que os valores de Mgex aos 6 meses tamén tenden a ser superiores que os observados nas subparcelas fertilizadas con N-P-K (sobre todo en viñedo e oliveira).

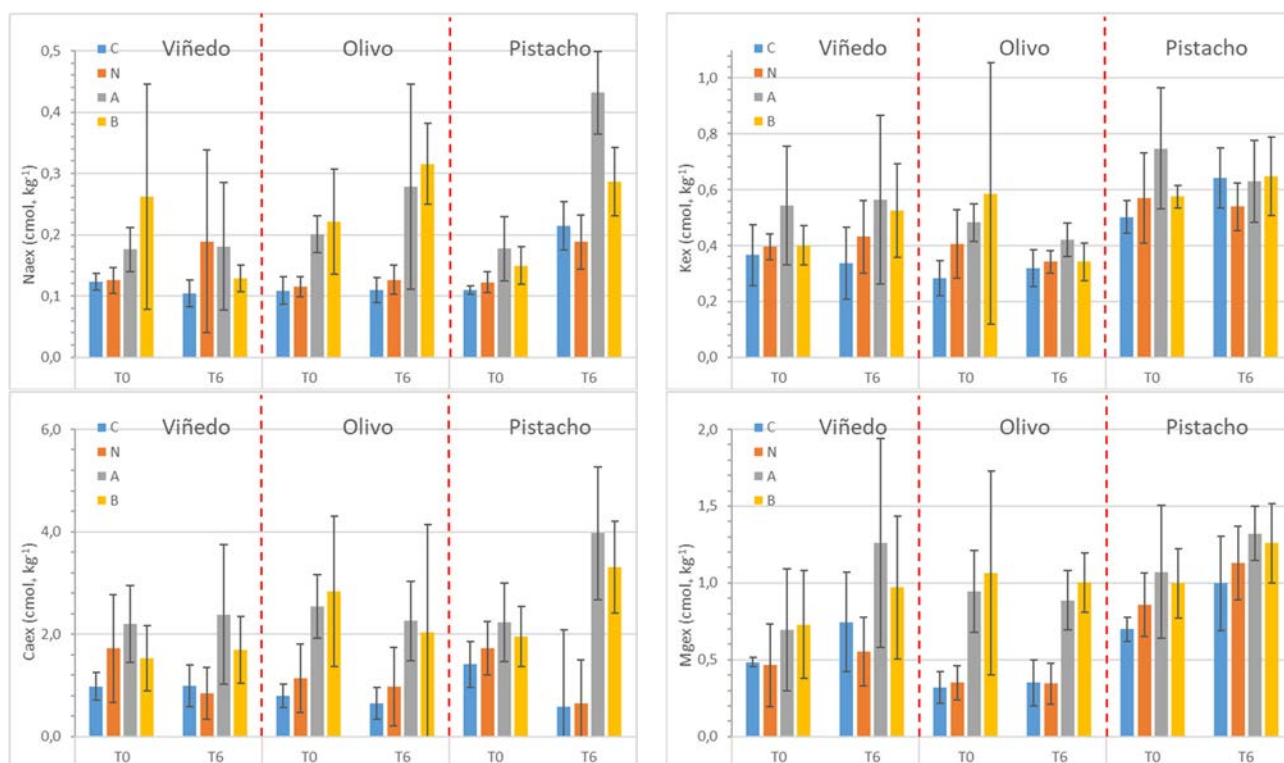


Figura 2.10.3. Valor medio e desviación estándar dos catións básicos intercambiáveis (Na, K, Ca e Mg) nos solos tomados a tempo 0 (T0) e a 6 meses (T6) sometidos a diferentes tratamentos (C, control; N, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

En xeral, coma se aprecian nas diferentes gráficas da Figura 2.10.3, existe unha importante variabilidade do contido en catións básicos intercambiáveis en función do cultivo e tratamento realizado. Esta dispersión dos datos dificulta en certa medida a posibilidade de extraer conclusións dos resultados obtidos en termos de fertilidade. Aínda así, o feito de que os niveis de Kex, Caex e Mgex nas parcelas emendadas co material compostado se manteñan da mesma orde a tempo 6 meses que a tempo 0 é un feito positivo, xa que nese período (primavera e verán) é cando se produce o maior desenvolvemento destes cultivos e polo tanto unha maior retirada de nutrientes do solo. Ademais, cabe dicir que tamén que nas subparcelas onde se engadiu a emenda orgánica os valores de catións son en xeral algo maiores que nas subparcelas control ou fertilizadas con N-P-K. Ambas circunstancias suxiren que o material aportado aos solos de cultivo estaría actuando como unha fonte de nutrientes a medio prazo, sendo capaz de subministrar ao solo os contidos de Ca, Mg e K que son retirados deste durante, polo menos, un ciclo de crecemento vexetativo. Cabería saber si o material compostado podería seguir actuando coma reserva de nutrientes máis a longo prazo.

Ningún dos catro oligoelementos extraíbles (Fe, Mn, Zn e Cu) amosaron diferenzas estatisticamente significativas entre os dous períodos de mostraxe de solo, aínda que cada un deles amosou certas particularidades que se describirán a continuación. No caso do Fe, os valores amosaron unha certa diminución nas subparcelas dos cultivos de viñedo e oliveira en comparación co inicio do ensaio de campo (Figura 2.10.4), feito que se podería atribuír a súa asimilación polos cultivos pero tamén a posibilidade de que parte deste Fe puidera lixiviarse. En todo caso, os aportes de Fe que poda levar consigo a adición da emenda orgánica non supoñen un risco de toxicidade para os cultivos obxecto e ensaio. Ademais, ao igual que sucede con Ca, K e Mg intercambiáveis, a propia emenda orgánica podería actuar coma unha fonte de subministro a medio e longo prazo deste micronutriente para os cultivos.

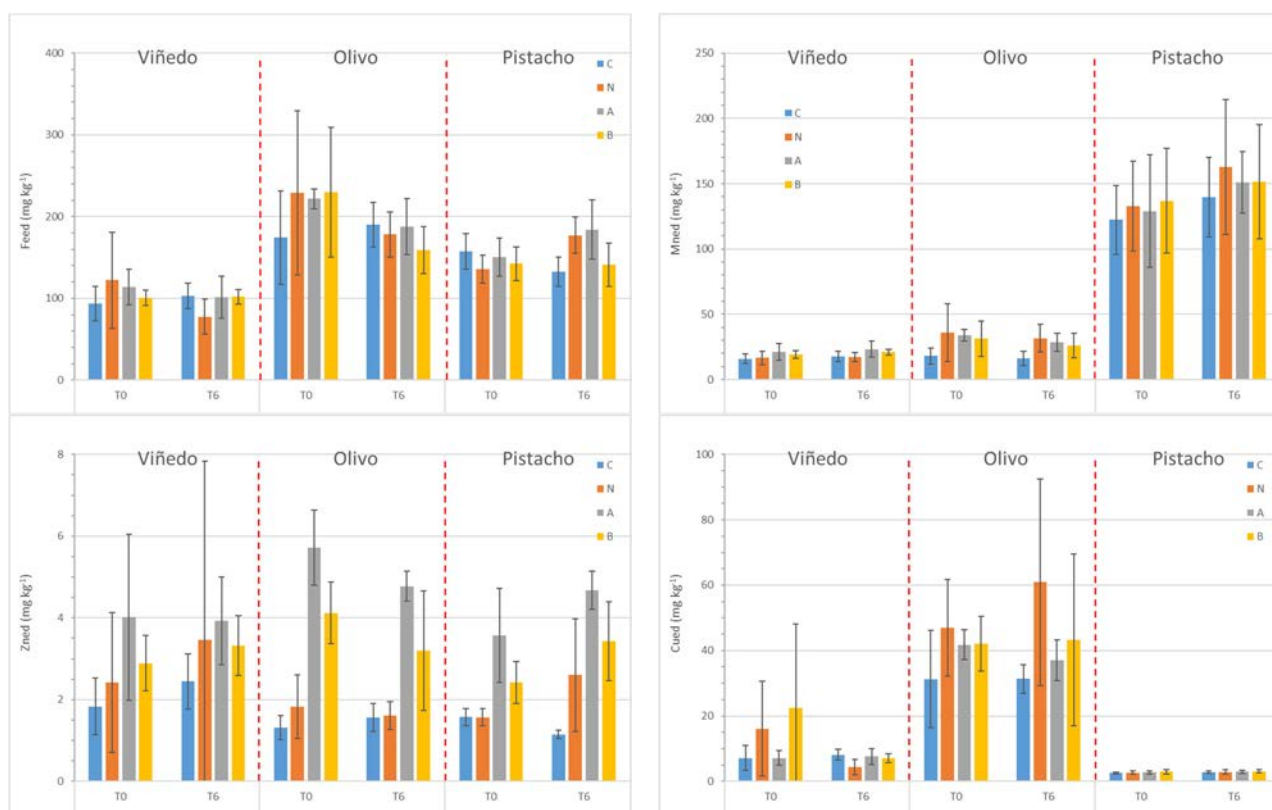


Figura 2.10.4. Valor medio e desviación estándar dos oligoelementos extraíbles (Fe, Mn, Zn e Cu) nos solos tomados a tempo 0 (T0) e a 6 meses (T6) sometidos a diferentes tratamentos (C, control; N, fertilizante N-P-K; A dose alta de produto compostado; B, dose baixa de produto compostado).

No caso do Mn dispoñible (Mned), os valores amosan unha notable semellanza entre os dous períodos de mostraxe no caso dos cultivos de viño e oliveira, mentres que para o pistacho se observa un lixeiro incremento dos valores de Mned nos catro tratamentos realizados (Figura 2.10.4). Dado que os diferentes tratamentos realizados sempre manteñen os niveis de Mned por riba dos valores que se atopan nas subparcelas control de cada cultivo, cabe pensar que a emenda orgánica aportada vai proporcionar suficiente Mn ao solo para que o correcto desenvolvemento dos tres cultivos non se vexa afectado. Os valores de Zn dispoñible (Zned) tamén amosan valores moi semellantes co decurso do ensaio de campo, así como para os diferentes cultivos avaliados. As leves tendencias que se observan indican unha diminución logo de 6 meses dos niveis de Zned nas subparcelas de viño emendadas co produto compostado, en menor medida nas de oliveira, e un lixeiro aumento no caso do cultivo de pistacho (Figura 2.10.4). Xa no caso do Cu dispoñible, os valores medios de Cued son moi semellantes nos cultivos de oliveira e pistacho entre os dous tempos de análise (0 e 6 meses), e parece haber unha certa diminución no caso das subparcelas do viño aínda que a forte dispersión dos resultados non permite dilucidar a relevancia real destas variacións (Figura 2.10.4).

A modo de resumo, ao igual que sucedía cos catións básicos intercambiáveis, poderíase avanzar que a emenda orgánica aportada aos solos estaría subministrándolle a este micronutrientes de forma que compensaría as perdas por extracción asociadas ao desenvolvemento do cultivo, de aí que os valores de Fe, Mn, Zn e Cu dispoñibles se mantivesen despois de 6 meses (despois da parte máis activa do ciclo vexetativo dos cultivos) en valores semellantes ou por riba do que amosan as parcelas control ou mesmo as subparcelas tratadas coa fertilización mineral.

Ca precisa cautela derivada da forte dispersión que presentan os datos dalgúns dos parámetros analizados e do curto período de tempo dende a adición da emenda orgánica aos solos, cabe avanzar que o aporte da emenda orgánica estaría actuando como unha fonte de nutrientes ao solo e que esta sería capaz de manter as perdas de nutrientes do solo asociados á extracción realizada polo cultivo durante, alo menos, un ciclo vexetativo. Asemade, os resultados dos aportes da emenda orgánica en termos de subministro nutricional estaría sendo moito máis completa que a da fertilización mineral tradicional xa que, non so aporta P, N e K, se non tamén materia orgánica, macronutrientes (Ca, Mg) e oligoelementos esenciais (Cu, Zn, Fe ou

Mn). Fora do marco de acción deste proxecto, queda o papel que esta emenda orgánica podería ter nas propiedades físicas dos solos de cultivo, moi posiblemente favorecendo algunhas características do solo como a capacidade de retención de humidade, a resistencia a compactación, taxa de infiltración, aireación, etc., que poderían estar tamén favorecendo indirectamente a fertilidade química do solo.

Dado que a emenda orgánica deriva dun proceso de compostaxe de residuos gandeiros e biomasa forestal xerados no entorno próximo onde se realiza o estudo e que é aplicado no propio sector primario onde se xera, esta acción entraría de cheo no contexto do Plan de Acción da Economía Circular (CEAP) que promove a Comisión Europea e que é un dos ladrillos básicos do Pacto Verde por Europa (European Green Deal). Neste caso, a posibilidade de reducir os aportes de fertilizante mineral, ou mesmo de substituílo, implicaría tamén un camiño cara a sustentabilidade da produción primaria que reúne intereses vinculados a iniciativas e directivas europeas como Da Granxa á Mesa (Farm to Fork), a Misión para a Saúde do Solo e a Alimentación ou a Política Agrícola Común. Todo elo tamén iría en consonancia doutros plans de carácter máis medioambiental como o 8º Programa de Acción Medioambiental da UE (EAP), o Plan de Acción Contaminación Cero (ZPAP), a Estratexia para a o mantemento da Biodiversidade 2030, as Estratexias da UE para o Solo e os Bosques de cara ó 2030, e varios dos Obxectivos de Desenvolvemento Sostible (ODS) promovidos pola ONU.

Actividade 3: ENSAIO DOS COMPOST NA RESTAURACIÓN DE SOLOS

3.1 Selección de localizacións e delimitación de parcelas

Durante etapas previas do proxecto nas que se estaba a busca das parcelas para os ensaios de campo en cultivo, se foi aproveitando para coñecer o territorio e identificar aquelas zonas que por diferentes razóns (cambios de uso do solo, construción ou ampliación de infraestruturas viarias, operacións forestais, antigas actividades de minaría, incendios, etc) poderían estar sometidas a importantes procesos de perda da calidade do solo mediante procesos de degradación. Neste sentido, tendo en conta a xeomorfoloxía da zona, considerouse oportuno profundar naquelas zonas máis propensas á erosión e, polo tanto, a perda do solo. Compre lembrar que o solo é un recurso natural non renovable a escala humana. Para esta fase de recoñecemento do territorio contamos coa colaboración da Comunidade de Montes Veciñais en Man Común Serra de Meda-Vences (en adiante CMSMV).

A partires destas premisas previas e axudados pola cartografía do territorio, se seleccionaron inicialmente varias áreas candidatas a poder levar adiante nelas os ensaios asociados a esta actividade. Posteriormente, aproveitando varias saídas de campo en compañía de membros da CMSMV, se prescindiron de varias das localizacións posibles debido a aspectos coma unha excesiva pendente, a notable proximidade de vías de comunicación, ampliación de corta lumes ou a imposibilidade de empregar maquinaria durante a instalación das parcelas. Como consecuencia, as áreas seleccionadas quedaron reducidas a tres aínda que, finalmente, nunha delas non se poido levar adiante o ensaio debido a unha actividade de replantación forestal que se levou a cabo entre a selección da parcela e o inicio da actividade, sen marxe de tempo para novamente proceder a buscar unha nova localización adicional que resultase axeitada para os obxectivos que se querían acadar con estes ensaios. Como compensación a esta situación, abordouse a actividade monitorizando a evolución dos procesos erosivos durante un período de tempo máis prolongado do inicialmente establecido (6 semanas).

A primeira das zonas onde se desenvolveu esta actividade sitúase nas coordenadas 41°59'39.38"N e 7°28'32.44"O, aproximadamente 1.6 km ao noroeste do lugar de Vences. A zona está limitada ao norte por unha pista forestal, un corta lumes no lado este, un pequeno curso de auga no marxe oeste, e outra pequena pista forestal na zona sur (Figura 3.1.1). Nesta zona, actualmente alugada pola Adega Martín Codax á propia CMSMV, se realizaron varias tarefas encamiñadas de cambio de uso do solo coa finalidade de implantar no futuro próximo un viñado. Así, ademais da correspondente tala rasa da vexetación forestal existente (piñeiro), se fixo unha trituración “in situ” de restos menores de biomasa forestal (pequenas ramas, cortiza, raíces, etc) que quedaron na superficie do solo. A zona onde se instalarán as parcelas presenta unha superficie bastante homoxénea, libre de vexetación e cunha pendente suave, entre un 3-4%. A homoxeneidade da zona, a ausencia de nova vexetación e a facilidade de acceso para a maquinaria foron determinantes para a súa selección para esta actividade.



Figura 3.1.1. Imaxe de Google Earth (esquerda) e fotografía (dereita) da zona de cambio de uso de solo onde se instalarán as parcelas de control da degradación de solo.

A segunda zona onde se levou a cabo esta actividade se localiza nas coordenadas xeográficas 42° 0'7.48"N e 7°27'58.89"O, a uns 2.6 km ao noroeste da saída do lugar de Vences cara a Laza. A zona, de menor superficie ca anterior, se localiza no entorno dunha pista forestal que dá acceso a un petróglifo. Á marxe desta pista, se reformou un antigo camiño de acceso a unha caseta que foi reconstruída recentemente para dar servizo á poboación da contorna e visitantes alleos que percorran a zona para coñecerla. As accións feitas nese camiño de acceso á caseta foron unha explanación do terreo e liberación de parte da vexetación existente, deixando unha superficie relativamente ampla exposta a intemperie e cunha pendente dun 5-8% que recolle material sedimentario da zona limítrofe superior que está conformada por unha franxa de piñeiro de diferente porte e un sotobosque composto de diferentes especies de matogueira (Figura 3.1.2).



Figura 3.1.2. Imaxe de Google Earth (esquerda) e fotografía (dereita) do vieiro de acceso á caseta reformada en cuxo entorno se instalarán as parcelas de control da degradación de solo.

En cada unha das dúas zonas seleccionadas para o ensaio de control da degradación do solo, se estableceron 12 subparcelas cadradas de 2.5 m de lado (superficie total de 6.25 m²). As subparcelas se dispuxeron unha a continuación doutra cunha separación entre elas de 0.5m. Como se amosa na Figura 3.1.3, as subparcelas se definiron sobre o solo coa disposición de tres táboas de madeira de 2.5 m de longo e 30 cm de alto conformando un cadrado. As táboas de madeira foron axustadas o máximo posible á superficie do solo empregando para elo seis barras de aceiro para formigón pretensado de 0.8 cm de diámetro (dúas por cada lateral) que se cravaron uns 20 cm no solo. As táboas de madeira foron, a súa vez, suxeitas as barras metálicas mediante arame de aceiro. No lado da subparcela que queda aberto, se coloca unha malla sintética de fina suxeita as táboas laterais, e lixeiramente elevada na súa parte dianteira coa finalidade de recoller o material erosionado. No caso das subparcelas instaladas na zona de cambio de uso do solo a viñedo, debido a presenza na superficie do solo dunha grossa capa de restos de biomasa forestal triturada, fíxose unha labor mecánica para retirar este material e que o aporte do material compostado se levase a cabo directamente sobre o solo mineral.

3.2 Aplicacións dos composts

En cada unha das zonas descritas no apartado anterior se levou a cabo un sinxelo ensaio de campo para avaliar o papel do material compostado resultante do procesos de residuos gandeiros e residuos forestais na redución da perda do solo por procesos erosivos. Para esta actividade, que se desenvolveu entre o 3 e o 6 de xuño de 2024, empregáronse dous lotes de material compostado que presentaba unha menor calidade como emenda orgánica que o empregado para os ensaios nos solos de cultivo, pero que era perfectamente útil para avaliar a súa contribución a reducir o potencial de erosión en zonas afectadas por cambios no uso do solo. De acordo co proxecto inicial, se ensaiaron dúas doses diferentes de material compostado e un control. Así, das doce subparcelas establecidas en cada área (cambio a viñedo e petróglifo), catro delas foron destinadas como control (sen adición de material compostado), catro foron sometidas a un tratamento do dose alta de material compostado e as outras catro cunha dose baixa de material compostado. Neste caso, nas subparcelas emendadas se tratou de cubrir toda a súa superficie cunha capa homoxénea de 5 cm de grosor no caso da dose alta e de 2.5 cm no caso da dose baixa.



Figura 3.1.3. Fotografías do establecementos das parcelas do ensaio de degradación do solo na zona do cambio de uso a viñedo (imaxes arriba) e no entorno da caseta próxima ao petróglifo (imaxes inferiores).

No caso da parcela destinada a un futuro viñedo, se empregou o material compostado identificado como nº 4, cuxa densidade en húmido era de 0.50 g cm^{-3} . Deste xeito, para crear as capas de material compostado a establecer por riba do solo implicaba a necesidade de dispor de 0.156 m^3 para a dose baixa e 0.312 m^3 para a dose alta. Isto supuxo a necesidade de engadir 78 kg de material compostado en húmido nas subparcelas da dose baixa e 156 kg nas de dose alta. As subparcelas de cada un dos tratamentos ensaiados (control, dose alta e dose baixa) foron distribuídos ao azar entre as doce subparcelas establecidas. No caso das subparcelas que recibían o material compostado, este material foi pesado no campo, cargado no cazo dun tractor e logo levado a subparcela correspondente (Figura 3.2.1). Xa en cada subparcela, o material compostado por redistribuído a man por toda a superficie tratando de que a capa resultante tivese o grosor axeitado (2.5 ou 5 cm) e este fose o máis homoxéneo posible. Tras a adición da emenda, en todas as subparcelas (incluídas as control) foron sementadas con rye-grass, que foi espaxado a man no día de aplicación do material compostado. Posteriormente a adición do rye-grass, se humedeceron lixeiramente todas as subparcelas para favorecer a xerminación da herbácea.

Na parcela de ensaio próxima ó petróglifo, o procedemento para a aplicación do material compostado foi moi semellante ao antes descrito. O material compostado empregado foi o identificado coma nº 3, cunha densidade en húmido de 0.49 g cm^{-3} . Tendo en conta as dimensións das subparcelas e os grosores das capas a conseguir, as cantidades de material compostado a engadir foron 76.4 kg para a dose baixa e 152.9 kg para a dose alta. O material destinado a cada subparcela foi pesado no campo, e posteriormente achegado as mesmas mediante medios mecánicos, para despois proceder o seu espaxamento a man ata acadar os grosores de 2.5 e 5 cm segundo o caso (Figura 3.2.2). Como no caso anterior, tras a adición de material compostado, se procedeu a sementeira a man do rye-grass e a unha humectación lixeira das subparcelas.



Figura 3.2.1. Fotografías do aporte e distribución de material compostado nas subparcelas da zona de cambio de uso de uso a viñedo (imaxes arriba) e aspecto xeral das subparcelas unha vez rematada a adición de material (imaxe inferior).



Figura 3.2.2. Fotografías do aporte e distribución de material compostado nas subparcelas da zona no entorno da caseta próxima ao petróglifo (imaxes á esquerda) e aspecto xeral das subparcelas unha vez rematada a adición de material (dereita).

3.3 Seguimento da implantación da vexetación e da erosión

En relación con esta actividade, se fixo unha primeira visita ás parcelas das dúas zonas tres semanas despois da adición do material compostado coa finalidade de realizar unha exploración visual do estado das mesmas. Daquela, púidose observar que apenas xerminara o rye-grass sementado, posiblemente polas escasas precipitacións que houbo durante período, á vez que se observou que non houbera mobilización por erosión do material engadido nas parcelas. Coa finalidade de tratar de que a cuberta de rye-grass aínda puidera xerminar, volveuse a humedecer as subparcelas das dúas áreas de estudo. Transcorridas as seis semanas dende a adición do material compostado, nunha nova visita ó campo, constatouse que a cobertura de rye-grass non foi quen de xerminar. Aínda que isto podería ser negativo respecto do esperado na actividade, realmente supuxo un pulo adicional de cara a avaliar a adición do material compostado como unha ferramenta efectiva fronte a perda de solo asociada a procesos erosivos en zonas de cambio de uso xa que, dadas as circunstancias, a ausencia de cobertura vexetal podería favorecer un maior efecto das precipitacións sobre a mobilización do solo.

Máis aló da ausencia de cobertura de rye-grass despois das seis semanas de adición do material compostado, o que se fixo patente foi a nula mobilización de solo nas subparcelas, tanto da zona de cambio de uso a viñado como do entorno do vieiro próximo a caseta. De feito, nas imaxes que se presentan na Figura 3.3.1, recollidas na área de cambio de uso de solo a viñado, pódese apreciar que a malla de recollida do material que se colocou no frontal das subparcelas permanecía practicamente baleiro, e unicamente nalgúns casos observouse resto do propio material compostado que cremos que foi mobilizado polo vento. É evidente que as escasas precipitacións ocorridas durante estas seis semanas, foron un factor determinante para este resultado, tendo en conta que a precipitación é o principal axente, xunto coa pendente e a ausencia de cobertura, da perda de solo por erosión.

Ao marxe da práctica ausencia de precipitacións durante as seis semanas que transcorreron dende o aporte de material compostado, a ausencia de mobilización de material tamén podería ser resultado de dúas circunstancias. Por unha banda, o aporte de material compostado, inclusive na dose baixa (capa de 2.5 cm de grosor), parece ser suficiente para protexer ó solo mineral dos procesos erosivos aínda que esta hipótese habería que confirmala tras un período onde se acumulase certa cantidade de precipitación. Por outra banda, podería ser que a pendente do terreo onde se situaron as subparcelas non fora suficientemente elevada como para forzar a mobilización do material. Neste sentido, a colocación da subparcelas a unha distancia prudencial da pista forestal que rodea pola zona norte a área de estudo, e a escavación dunha gabia dous metros por riba e todo ao longo das subparcelas, puido illar en exceso as subparcelas da influencia de material mobilizado dende a zona da pista forestal. Novamente, para comprobar isto haberá que esperar a períodos onde se teña acumulada máis choiva. En calquera caso, a baixa potencialidade erosiva durante as seis semanas iniciais da actividade pode reflectirse perfectamente pola ausencia de material mobilizable que subparcelas control, nas que non se engadiu material compostado (Figura 3.3.1).



Figura 3.3.1. Fotografías das parcelas do ensaio de degradación do solo na zona do cambio de uso a viñado ás seis semanas dende o inicio do ensaio. Control (arriba), dose baixa (2.5 cm, centro) e dose alta (5 cm, abaixo).

Despois de seis semanas da adición do material compostado, os resultados de mobilización de material erosionado nas subparcelas da zona no entorno da caseta próxima ao petróglifo foron moi semellantes as da outra zona de ensaio. Novamente, apenas se pode visualizar material sedimentario tanto nas subparcelas onde se engadiu material compostado como nas control (Figura 3.3.2). Os argumentos antes descritos para a zona do cambio de uso a viñado poden servir igualmente para xustificar a falta de material erosionado nesta zona a pesar de contar cunha pendente algo maior.



Figura 3.3.2. Fotografías das parcelas do ensaio de degradación do solo no entorno da caseta próxima ao petróglifo ás seis semanas dende o inicio do ensaio. Tratamentos: dose baixa (2.5 cm) e control (arriba), e dose alta (5 cm) e dose baixa (2.5 cm) abaixo á esquerda e dereita, respectivamente.

Dado os resultados pouco concluíntes obtidos despois de seis semanas dende o inicio do ensaio nas dúas zonas de estudo, considerouse oportuno estender o tempo de permanencias das subparcelas para avaliar si coa chegada do outono, e as previsibles choivas, podería observarse unha certa perda de solo nas zonas de ensaio. Esta posibilidade veuse facilitada pola ampliación do período de xustificación do proxecto así como a dispoñibilidade de Martín Codax e da CMSMV para permitir o mantemento das mesmas.

A partires de entón, se fixeron dúas visitas adicionais as zonas de estudo onde se desenvolvían os ensaios de degradación do solo, unha a inicios de outubro e outra na segunda semana de novembro. No caso da visita de inicios de outubro, na zona de cambio de uso de solo a viñado a situación era moi semellante a que había no verán, aínda que xa se deixa ver un crecemento de matas illadas de vexetación de baixo porte propia do entorno. Así pois, seguiuise sen ver evidencias claras de mobilización de material sedimentario e so nalgúns subparcelas percibiuse algo de material compostado removido dende a superficie da subparcela e atrapado na malla frontal das mesmas. Isto indica que, a pesar dos dous meses e medio transcorridos e dunha precipitación acumulada de 215 mm, estes factores non foron suficientes para mobilizar o solo incluso en condicións de ausencia dunha cobertura vexetal de herbácea. Na visita realizada en novembro, tampouco se observaron cambios notables respecto a feita no mes previo, aínda que nalgún caso o material compostado mobilizado nalgunha das subparcelas tratadas foi máis evidente (Figura 3.3.3). En todo caso, en ningún momento se puido evidenciar que entre o material mobilizado houbera solo mineral. Como consecuencia, a adición de material compostado á superficie de solos sometidos a cambio de uso podería empregarse coma unha ferramenta eficiente para minimizar a perda de solo namentres non se estableza o novo cultivo. Asemade, isto supón unha alternativa de emprego adicional para aquel material compostado que, debido a natureza dos seus compoñentes iniciais ou a impedimentos no proceso de compostaxe, non acada as características máis axeitadas para o seu emprego como emenda orgánica no restablecemento da fertilidade química dos solos agrícolas.



Figura 3.3.3. Fotografías das parcelas do ensaio de degradación do solo na zona do cambio de uso a viñado tomadas en outubro (arriba) e novembro (abaixo) de 2024.

No caso da zona de estudo no entorno da caseta próxima ao petróglifo, na visita de outubro xa se observaron algunhas variacións con respecto ó estado das mesmas no período de verán, se ven aprecieuse nalgunha das subparcelas o crecemento de matas illadas de vexetación local (Figura 3.3.4). Ao marxe disto, a maioría das subparcelas apenas presentaron cambios respecto da última visita e non houbo material mobilizado, aínda que nas subparcelas máis próximas a pista forestal se vira unha certa acumulación na malla de recollida tanto de material compostado como de sedimento mineral (Figura 3.3.4). Neste caso, se puido apreciar que a maior parte do material mobilizado procedía de fora da subparcela emendada, sendo transportado pendente abaixo (posiblemente dende a pista forestal) e atravesando por baixo das táboas que limitan a subparcela, levando consigo unha parte da masa de emenda orgánica engadida. Avaliando as datas e os eventos de precipitación, observouse que o 20 de setembro se recolleron 50 mm de precipitación (segundo a estación de Verín-Vilela de Meteogalicia). Moi probablemente, a intensidade e cantidade de choiva dese día puido ter a enerxía suficiente para xerar escorregamentos superficiais que afectaran a zona onde se localizan as subparcelas máis próximas á pista forestal. En todo caso, nunha inspección inicial do material recollido na malla da parte frontal das subparcelas afectadas, comprobouse que a maioría do material inorgánico mobilizado era de textura relativamente fina, carente de pequenas gravas o que non era consistente coa natureza do material edáfico que conforma a base dos solos das subparcelas.



Figura 3.3.4. Fotografías das parcelas do ensaio de degradación do solo na zona do entorno da caseta próxima ao petróglifo tomadas en outubro (apréciase na de baixo a mobilización de material que atravesa a subparcela).

Na seguinte visita á zona, xa en novembro, observouse algo semellante que a do mes anterior, unha maioría de subparcelas nas que non se mobilizou ningún tipo de material e que coincidían coas máis afastadas da pista forestal, amosando tamén no caso das subparcelas emendadas co material compostado un incremento da cobertura vexetal (Figura 3.3.5). Pola contra, as dúas subparcelas máis próximas á pista forestal foron as que novamente amosaban acumulacións de material mobilizado que, ao igual que na ocasión anterior, moi probablemente derivan de escoramentos vidos dende a pista forestal e que, atravesando a subparcela, levaron tamén parte da emenda orgánica. Neste sentido, entre a visita a inicios de outubro e mediados dese mesmo mes, a cantidade de precipitación caída achegouse os 90 mm, feito que puido repercutir nun novo episodio de mobilización de material a través das subparcelas máis próximas á pista forestal (Figura 3.3.5).



Figura 3.3.5. Fotografías das parcelas do ensaio de degradación do solo na zona do entorno da caseta próxima ao petróglifo tomadas en novembro (apréciase na de baixo a mobilización de material que atravesa a subparcela).

Como resumo do ensaio nas parcelas próximas a localización do petróglifo, despois de varias visitas, poderíamos indicar que o recubrimento da superficie do solo coa emenda orgánica non pareceu contribuír cunha protección adicional do solo contra a súa perda. Pensamos que este resultado non se debe atribuír á falta de eficiencia do material compostado para fins de control da degradación do solo por erosión, senón moito máis probablemente a que a zona seleccionada para o ensaio carecía dalgunhas das condicións máis favorables para desenvolver o experimento. Así, aínda que a pendente da zona do vieiro de acceso á caseta era maior que no caso da zona de cambio de uso do solo a viñado, todo parece indicar que non foi suficiente para que xerasen escoramentos durante eventos chuviosos moderados, e so naqueles de maior intensidade e nas zonas máis próximas á pista forestal, teñen algo de importancia en termos de mobilización de solo pero orixinado inicialmente fora das subparcelas de ensaio. Por outra banda, o manexo da zona de explanación con maquinaria pesada, facilitou a eliminación da parte do solo superficial máis propensa á mobilización, á vez que o resto do solo se veu sometido a un notable grao de compactación que require unha maior enerxía da auga para ser mobilizado. A todo isto, cabería engadir o efecto protector que podería estar exercendo o solo e a vexetación forestal que se localiza por riba de maioría das subparcelas.

Coma valoración final, a ausencia xeneralizada de material mobilizado nas diferentes subparcelas, foran ou non tratadas con material compostado, non deixa de ser unha boa nova en termos de conservación do solo a pesar do grao de degradación que manifesta polas obras acometidas na área das subparcelas.

Cabería esperar que, co paso do tempo, no entorno onde están situadas estas subparcelas pode empezar a sufrir unha progresiva descompactación do solo expoñendo a súa superficie a unha maior erosionabilidade. Nese escenario, os aportes de material compostado (aínda que en menor cantidade) favorecería un menor impacto da precipitación na mobilización das partículas do solo. En todo caso, sería oportuno que se puidera seguir facendo un seguimento máis prolongado no tempo (varios meses máis) para evidenciar si a situación segue manténdose, ou ben os pequenos cambios que se foron albiscando en situacións moi particulares poden ir a máis.

Bibliografía

- Álvarez, S., Soriano, M.A., Landa, B.B., Gómez, J.A. 2007. Soil properties in organic olive groves compared with that in natural areas in a mountainous landscape in southern Spain. *Soil Use and Management* 23:404-416.
- Bray, R.H., Kurtz, L.T. 1945. Determination of total, organic and available phosphorus in soils. *Soil Science* 59: 39-45.
- Couceiro López, J.F., Guerrero Villaseñor, J., Gijón López, M.C., Moriana Elvira, A., Pérez López, D., Rodríguez de Francisco, M. 2017. El cultivo del pistacho. 2ªEd. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 772 pp.
- Crespy, A., 2002. Fertilisation de la vigne. L'analyse du sol. *Revue des Œnologues* 102:29-34.
- Delás, J., 2000. La fertilisation de la vigne. Ed. Féret, Bordeaux, 159 pp.
- Fernández-Calviño, D., Nóvoa-Muñoz, J.C., Díaz-Raviña, M., Arias-Estévez, M., 2009. Copper accumulation and fractionation in vineyard soils from temperate humid zone (NW Iberian Peninsula). *Geoderma* 153:119-129.
- Fernández-Calviño, D., Nóvoa-Muñoz, J.C., López-Periago, E., Arias-Estévez, M., 2008. Changes in copper contents and distribution in young, old and abandoned vineyard acid soils due to land use changes. *Land Degradation and Development* 19:165-177.
- Fernández-Ondoño, E., Aguilar, J., Iriarte, A., Bouza, P., Nieto, J., Pastor, M. 2005. Propiedades de los suelos relativa a la fertilización del olivar. *Vida Rural* 56-66.
- Fregoni, M., 1998. Viticultura de Qualit . Ed. Edzioni I'Informatore Agrario S.r.l., Verona, Italia.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle size analysis. In: Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part A.* American Society of Agronomy, Madison, pp. 383-411.
- Gómez-Armesto, A., Carballeira-Díaz, J., Pérez-Rodríguez, P., Fernández-Calviño, D., Arias-Estévez, M., N voa-Muñoz, J.C., Álvarez-Rodríguez, E., Fernández-Sanjurjo, M.J., Núñez-Delgado, A. 2015. Copper content and distribution in vineyard soils from Betanzos (A Coruña, Spain). *Spanish Journal of Soil Science* 5:60-71.
- Guti n F, Carballas T. 1976. T cnicas de Análisis de Suelos. Edici ns Pico Sacro: Santiago de Compostela.
- Hosseinfard, S.J., Khademi, H., Kalbasi, M. 2010. Different forms of soil potassium as affected by the age of pistachio (*Pistacia vera* L.) trees in Rafsanjan, Iran. *Geoderma* 155:289-297.
- Keeney, D.R., Nelson, D.W., 1982. Nitrogen-inorganic forms. In A. L. Page, D. R. Keeney, D.E. Baker, R. H. Miller, R. J. Ellis and J. D. Rhoades (Eds.), *Methods of Soil Analysis*, en: *Methods of Soil Analysis Part 2*.
- Koukoulakis, P. 1995. Principles of rational fertilization of crops. *Agriculture and Husbandry* 9:43-61.
- Koukoulakis, P., Chatzissavvidis, C., Papadopoulos, A., Pontikis, D. 2013. Interactions between leaf macronutrients, micronutrients and soil properties in pistachio (*Pistacia vera* L.) orchards. *Acta Botanica Croatica* 72:295-310.
- Lakanen E., Ervio R.A. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant-available micronutrients in soils. *Acta Agralia Fennica* 123:223-232.
- Lin, C., Coleman, N.T., 1960. The measurement of exchangeable aluminum in soils and clays. *Soil Science Society of America Journal* 24:444-446.
- Paredes, C., Roig, A., Bernal, M.P., Sánchez-Monedero, M.A., Cegarra, J., 2000. Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive millwastewater with solid organic wastes. *Biol. Fertil. Soils* 32, 222-227.
- Reynier, A., 2012. Manual de Viticultura. Mundi-Prensa. 520 pp.

- Rodríguez-Lovelle, B., García-Rodeja Gayoso, E., Fontenla-González, A., González Mantilla, J.L. 1991. Los suelos de viñedo de Galicia: Un ejemplo de los problemas de la viticultura en suelos ácidos. *Vitivinicultura* 6:25-37.
- Sánchez, B., 1995. La fertilidad de los suelos de cultivo de la provincia de Orense. CSIC-Fundación Pedro Barrié de La Maza, Pontevedra, 464 pp.
- Sawicki, C.R., Scaringelli, F.P., 1971. Colorimetric determination of nitrate after hydrazine reduction to nitrite. *Microchemical Journal*. [https://doi.org/10.1016/0026-265X\(71\)90059-2](https://doi.org/10.1016/0026-265X(71)90059-2)
- Sumner, M.E. Miller, W.P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 3, Chemical Methods*. Soil Science Society of America, Madison, pp. 1201-1229.