

ANÁLISIS DE PROCESO DE COMPOSTAJE

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA Y AGROAMBIENTAL INEA
Proyecto de Economía Circular

Entidad subvencionada por el Ayuntamiento de Valladolid



ECONOMÍA CIRCULAR
EN VALLADOLID



Ayuntamiento de
Valladolid

valladoli+D
adelante



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA



ESPACIOS DE POSTGRADO
Sharing sustainable dreams

ÍNDICE

PROCESO DE COMPOSTAJE	3
ANÁLISIS DE RESULTADOS	5
Temperatura	5
Materia seca	6
pH	6
Conductividad	7
Materia orgánica	7
Nitrógeno	8
Relación C/N	9
Fósforo	9
Potasio	10
Sodio	10
Calcio	11
Magnesio	11
Hierro	12
Manganeso	12
Zinc	13
Extracto húmico	13
Ácidos húmicos	16
TOXICIDAD Y MADUREZ DEL COMPOST	16
Mesófilos	169
Germinación	19
CONCLUSIONES	20

PROCESO DE COMPOSTAJE

Se ha realizado un ensayo de compostaje con el fin de observar las diferencias en el proceso con diferentes residuos. El factor principal es la adición o no de microorganismos y el subfactor, la composición (adición o no de cenizas, además de los restos de poda, biocarbón y estiércol). Se ha utilizado para el ensayo una división de las materias a compostar en 4 montones siendo iguales dos a dos.

El ensayo comenzó el 17 de mayo de 2022 y se ha finalizado el 25 de noviembre de 2022. Durante el proceso, se han realizado diversos análisis para valorar la evolución del compostaje y poder realizar una comparativa de la eficiencia del uso de microorganismos.

Como base de los 4 montones de compostaje, se han utilizado dos materias primas: restos de poda y estiércol. Los restos de poda son residuos de lenta descomposición y humidificación, por su elevada proporción en celulosa y lignina, un contenido medio-bajo de humedad y una alta relación C/N.

Estos restos de poda fueron cedidos por el Ayuntamiento de Valladolid de las podas efectuadas dentro de la ciudad y de sus zonas aledañas.

El estiércol que se añade a los montones de compostaje mejora la estructura y consigue que podamos balancear el carbono y el nitrógeno. El estiércol de oveja fue recogido de una explotación ganadera ecológica muy cercana a la zona del ensayo.

Como componentes adicionales en dos de los montones, se han introducido microorganismos eficientes, biocarbón y restos de cenizas. Los restos de cenizas proceden de algunas calderas de biomasa de la propia ciudad.

En el siguiente cuadro, pueden verse un pequeño resumen del proceso realizado.

	MONTÓN 1 (M1)	MONTÓN 2 (M2)	MONTÓN 3 (M3)	MONTÓN 4 (M4)	
					
CANTIDADES M. PRIMA	Restos de poda 2150kg Estiércol oveja 1200 kg	Restos de poda 2150kg Estiércol oveja 1200 kg Cenizas: 500 kg Biocarbón: 60 kg	Restos de poda 2150kg Estiércol oveja 1200 kg	Restos de poda 2150kg Estiércol oveja 1200 kg Cenizas: 500 kg Biocarbón: 60 kg	
ADITIVOS	Microrganismo: Elgan 2l (0-5-10 sem) Nutristar 2l (0-5-10 sem) Biocarbón: 60 kg (0 sem)		Microrganismo: Elgan 2l (0-5-10 sem) Nutristar 2l (0-5-10 sem) Biocarbón: 60 kg (0 sem)		
FORMA DE EMPLEO DE ADITIVOS	Biocarbón a incluir en la mezcla inicial Elgan y Nutristar: mezcla 1 litro de cada producto con 18 litros de agua. Riego en la semana 0 y la semana 5 y 10 .				
SISTEMA DE COMPOSTAJE	Compostaje abierto en pilas con ventilación pasiva por volteo. (aerobio) Volteos efectuados en las semanas 5-10-17. Recogida de temperatura semanales.				
DURANCIÓN ENSAYO	190 días (mayo-noviembre de 2022)				
	1= día 0 (18/05/2022)	2= día 9 (27/05/2022)	3 = día 23 (10/06/2022)	4 = día 81 (07/08/2022)	
	5 = día 120 (15/09/2022)	6 = día 145 (10/10/2022)	7 = día 169 (03/11/2022)	8 = día 190 (24/11/2022)	
ANÁLISIS QUÍMICO	- Día 0, el material inicial no descompuesto. - Días 9 y 23, durante la fase termófila. - Día 33, antes de su traslado a la zona de maduración. - Días 81, 120, 145, 169 y 190, durante la fase de maduración. <u>ESPECIAL Ácidos húmicos y fúlvicos (día 0 y 190)</u> <u>ESPECIAL. Análisis final de calidad de compost, metales pesados y patógenos. (día 190)</u> <u>RESPIRACIÓN DE MICROOGANISMOS (día 8, 81 y 190)</u>				
ANÁLISIS FÍSICO	-Tamaño de partícula: inicial de materias primas y por cada fase -Densidad: inicial de materias primas				
SEGUIMIENTO			Fase Bio-oxidativa		Fase maduración
	Medición	Parámetro	Fase mesófila	Fase termófila	Fase mesófila (enfriamiento)
	diaria	Temperatura	15-40	40-70 (3 días>55)	15-40
	semanal	Humedad	< 45	>45 (40-60%)	>45 (40-60%)
	semanal	pH	Bajada del pH por emisión de ac. Orgánicos (5.5-9)	Subida del pH por generación de amoníaco (5.5-9)	Neutralidad
	Duración estimada		1-2 meses		
RIEGO	Según humedad de cada fase. Máximo 60%. Mínimo 40%.				
MADUREZ Y ESTABILIDAD	La estabilidad del compost se refiere al nivel de actividad de la biomasa microbiana y puede determinarse por O2 tasa de absorción, CO2 tasa de producción o por el calor liberado como resultado de la actividad microbiana. Seguimiento de CO2 o O2. La madurez del compost se refiere al grado de descomposición de las sustancias orgánicas fitotóxicas producidas durante la etapa de compostaje activo. Índice de germinación (IG) a partir de semillas de <i>Lepidium sativum</i> L.				

Cuadro 1. Proceso de compostaje

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tamaño de las partículas

En cuanto a los análisis físicos, puede determinarse una gran diferencia entre el estado inicial de las materias a compostar y el estado final.

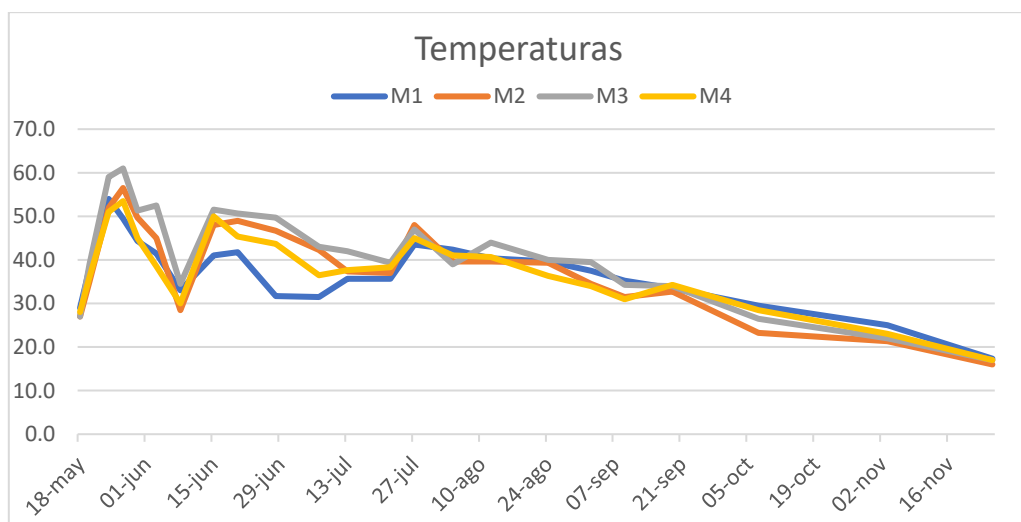
El tamaño de las partículas ha variado significativamente.



Imagen 1. En la imagen, de izquierda a derecha, puede observarse el tamaño de las partículas en el momento inicial, en el día 81 y el día 190 con la finalización del proceso de compostaje.

Temperatura

En cuanto al seguimiento de la temperatura, en la siguiente gráfica puede verse como alcanza temperaturas de entre 50 y 60 ° C durante más de 3 días al inicio del proceso. Luego, va disminuyendo de forma uniforme en todos los montones. Los picos más bajos que destacan en la gráfica, se corresponden a los volteos realizados en los montones de compostaje. Alcanzar temperaturas altas, es importante para la eliminación de algunos patógenos como la *Salmonella spp.* o la *Escherichia Coli*.



Gráfica 1. Temperaturas

Materia seca

El porcentaje de materia seca ha ido disminuyendo, aumentando con ello la humedad en los montones. Se han realizado varios riegos para ayudar a conseguir la humedad necesaria para el proceso de compostaje.

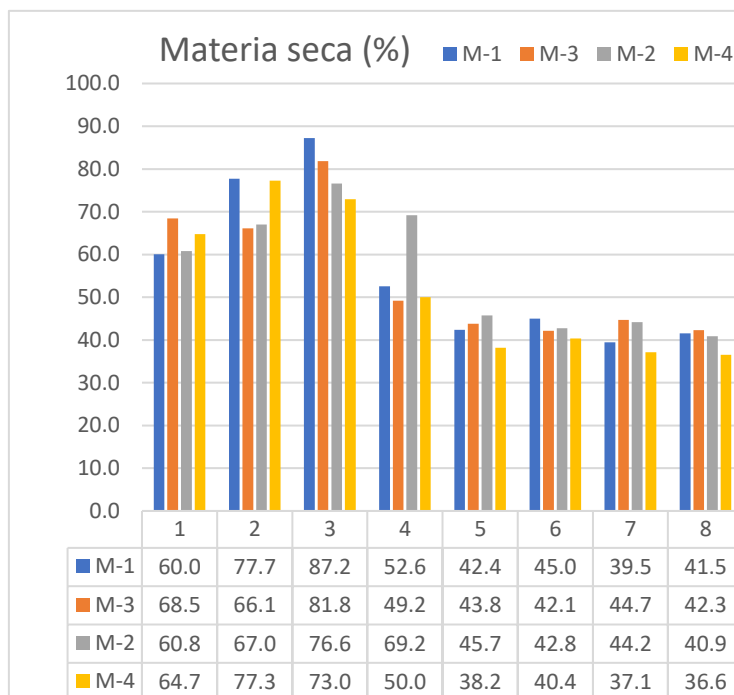
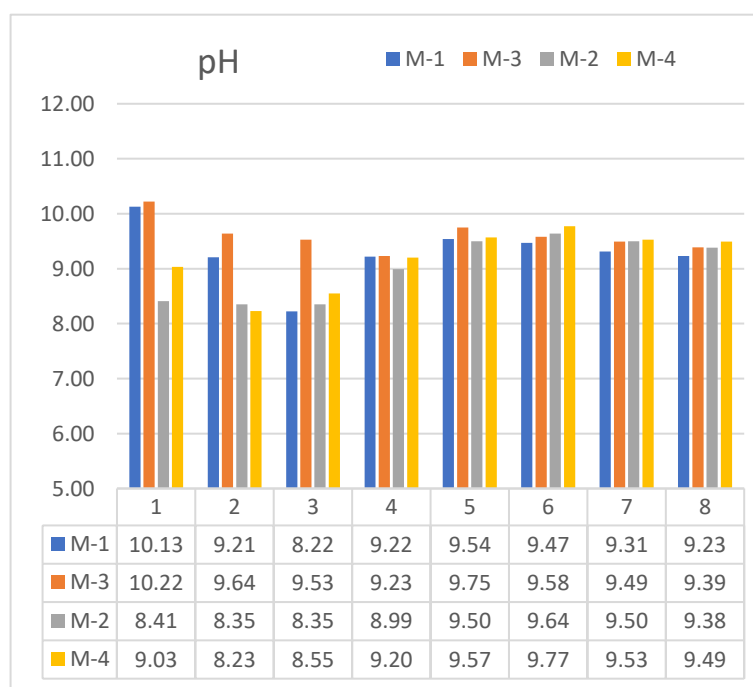


Gráfico 2. Porcentaje de materia seca.

pH



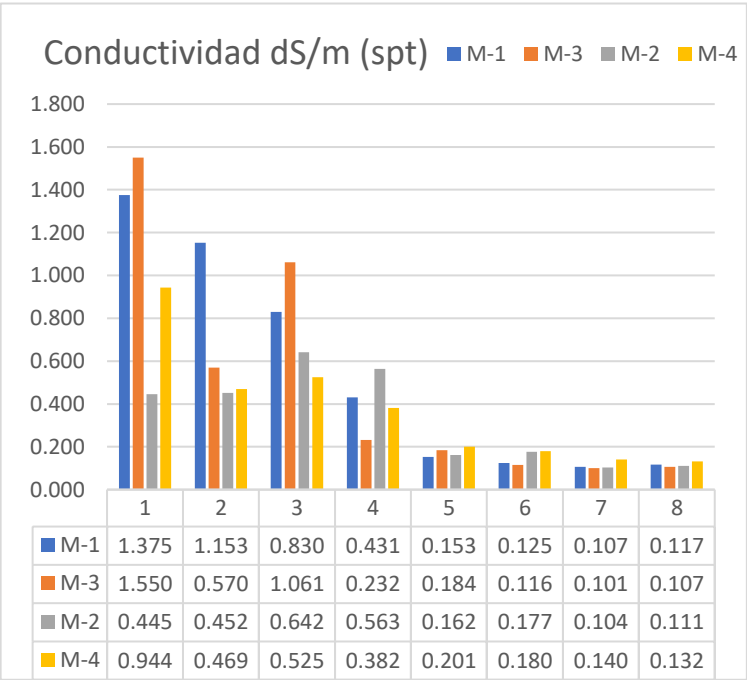
Gráfica 3. pH

El pH en las muestras M1 y M3 es inicialmente más elevado. Durante las primeras semanas, se ve una ligera reducción, para luego aumentar y estabilizarse en torno al 9. El compost obtenido, debido a las materias iniciales a compostar es notablemente básico. Es habitual que el pH se acidifique en los primeros estadios por la formación de ácidos orgánicos y posteriormente suba, alcalinizándose.

El pH es importante para el establecimiento y la multiplicación de los microorganismos. La mayor actividad bacteriana se produce con pH entre 6 y 7.5 y la actividad fúngica entre 5.5 y 8. Los valores óptimos tendrían que estar dentro del rango de 5.8 a 7.2. En este caso, todos los montones de compost tienen un pH superior al rango óptimo, por lo que el crecimiento de algunos microorganismos puede haber sido limitado.

Conductividad

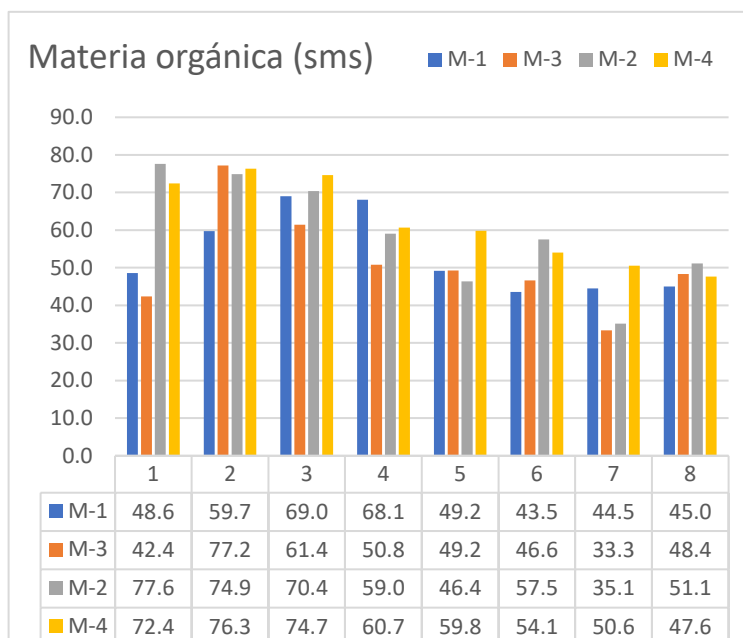
La conductividad nos indica la concentración de sales disueltas en el compost. Valores altos, pueden producir un efecto de deshidratación en las plantas si se usa el compost como sustrato en proporciones elevadas. Las muestras M1 y M3 tienen una conductividad superior al inicio del proceso, pero a lo largo del tiempo, todas las muestras reducen su conductividad, ofreciendo parámetros muy similares. Es importante que los valores se encuentren por debajo de 1.5 dS/m.



Gráfica 4. Conductividad

Materia orgánica

Los datos finales del análisis de materia orgánica muestran como todos los montones tienden a igualarse, aunque inicialmente, los dos ensayos con microorganismos muestran datos inferiores. La materia orgánica en el compost es una de las componentes más importantes debido a que interacciona con el suelo formando el complejo arcillo-húmico aportando fertilidad y estructura.



Unos valores finales entre 30 y 60 (% sms) indican valores óptimos. Valores inferiores al 30% normalmente indican que el compost está mezclado con arena, tierra, cenizas u otro compuesto mineral.

Gráfico 5. Materia Orgánica

Nitrógeno

El valor nutricional del compost se basa fundamentalmente en dos tipos de elementos:

- Los componentes minerales, macronutrientes como N, P, K, Ca, Mg
- Los micronutrientes como Fe, Mn, Cu, Zn, B, S, etc.

El Nitrógeno, N (1%-4% del extracto seco de la planta) es el motor del crecimiento de la planta ya que está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo. Un buen aporte de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes. Es importante conocer el contenido en N total para poder realizar una correcta aplicación en los cultivos. El rango óptimo de N en el compost esta entre 0.3 y 1.5 %.

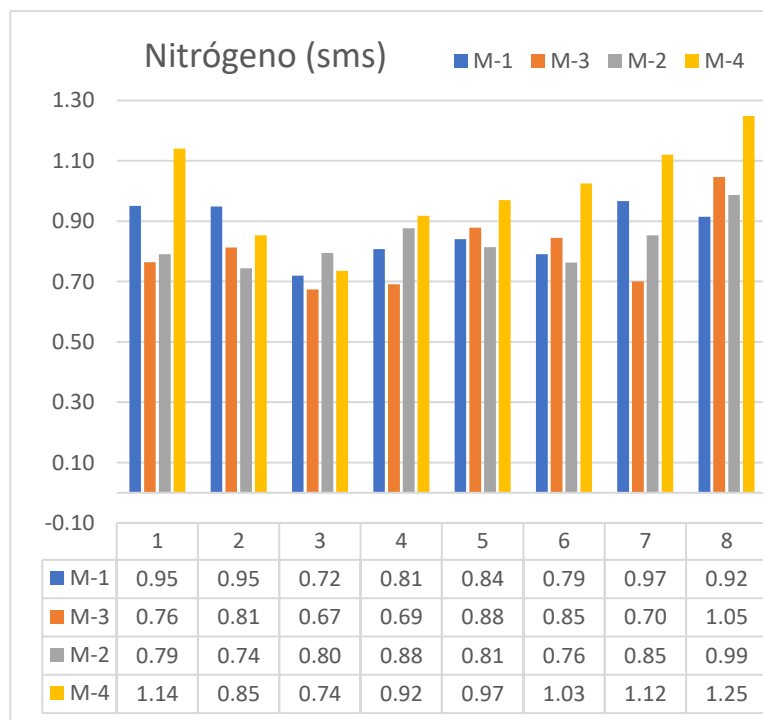


Gráfico 6. Nitrógeno

Relación C/N

La relación C/N es uno de los aspectos más importantes del análisis del compostaje debido a que nos muestra el estado del desarrollo, calidad del producto y la madurez. El intervalo óptimo está entre 15:1 y 35:1, lo que significa tener entre 15 y 35 partes de carbono cada 1 de nitrógeno. El resultado final de

la relación C/N se encuentra dentro de los límites en todos los montones.

Una relación C/N elevada, indica un exceso de carbono que puede ser debido a materiales iniciales ricos en C. Esto puede provocar que el proceso de compostaje se ralentice y no alcance la temperatura óptima debido al exceso de lignina y celulosa.

Por el contrario, una relación C/N baja, puede hacer que el proceso de compostaje alcance elevadas temperaturas y genere malos olores.

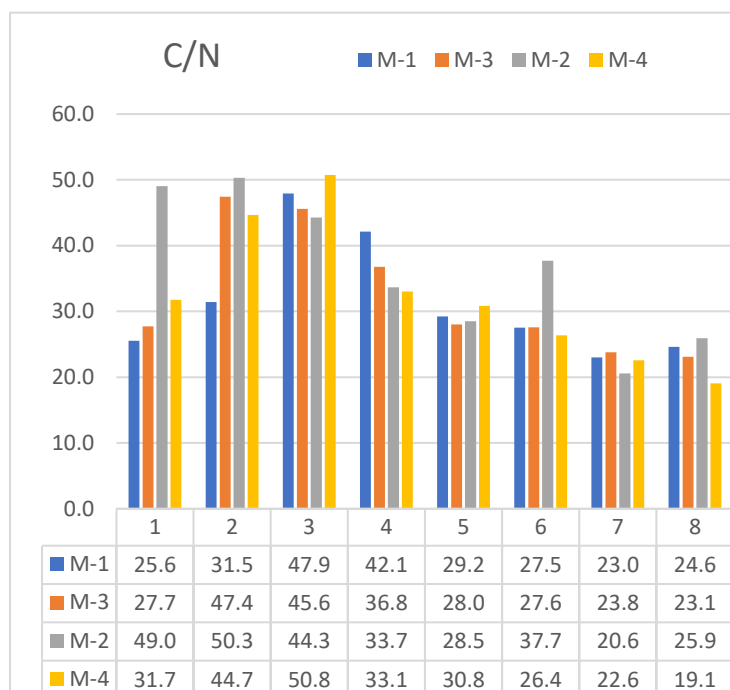


Gráfico 7. Relación C/N

Fósforo

El fósforo, es un nutriente esencial para las plantas. Este elemento ayuda a la maduración de flores, semillas y frutos y tiene un papel importante en la resistencia a la sequía. También juega un importante papel en la transferencia de energía y en la fotosíntesis.

El porcentaje óptimo de fósforo en el compost oscila entre 0.1 y 1 %. Todos los análisis finales de las muestras, disponen de una cantidad de fósforo adecuada, siendo claramente más elevada, en los montones M1 y M3 debido al aporte adicional de cenizas.

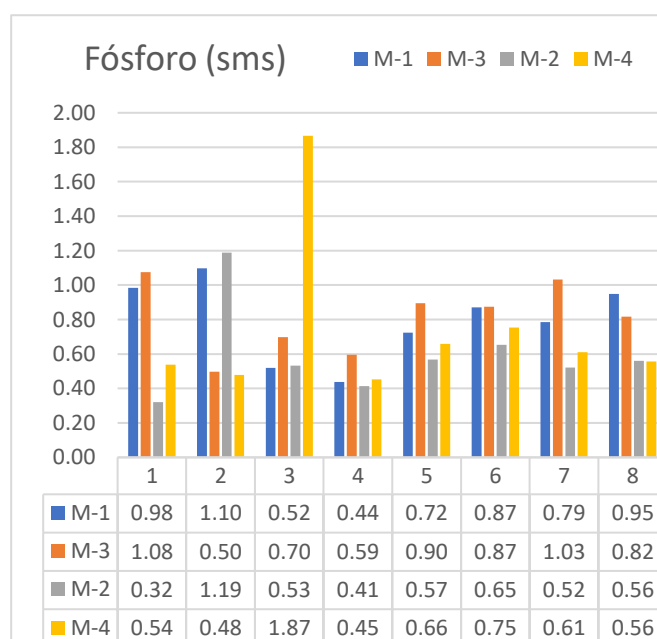
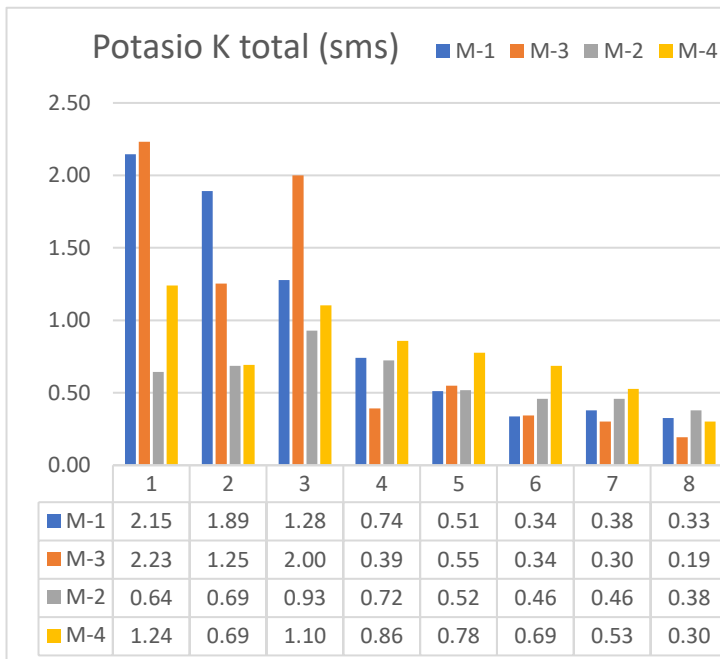


Gráfico 8. Fósforo

Potasio



Al igual que el fósforo, el potasio es considerado un macronutriente esencial para las plantas. El potasio, juega un papel importante en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. En las muestras M1 y M3, puede verse al inicio del proceso, una mayor cantidad de potasio que va reduciéndose hasta alcanzar niveles inferiores, incluso que en las muestras M2 y M4. El porcentaje de K adecuado en el compost esta entre 0.3 y 1 %. En las muestras, se ve un porcentaje excesivamente bajo, sobre todo en la pila M3 con 0.19 %. Existe una reducción de este elemento considerable en las pilas M1 y M3 que son las que incluyen los microorganismos eficientes.

Gráfico 9. Potasio

Sodio

Un exceso de contenido en sodio puede actuar en el suelo desplazando el calcio y el magnesio. Si la cantidad en el compost es excesivamente elevada, al aplicarla al suelo, existen riesgos de degradación. En los cuatro montones del estudio, no existe una diferencia significativa de la cantidad final de sodio.

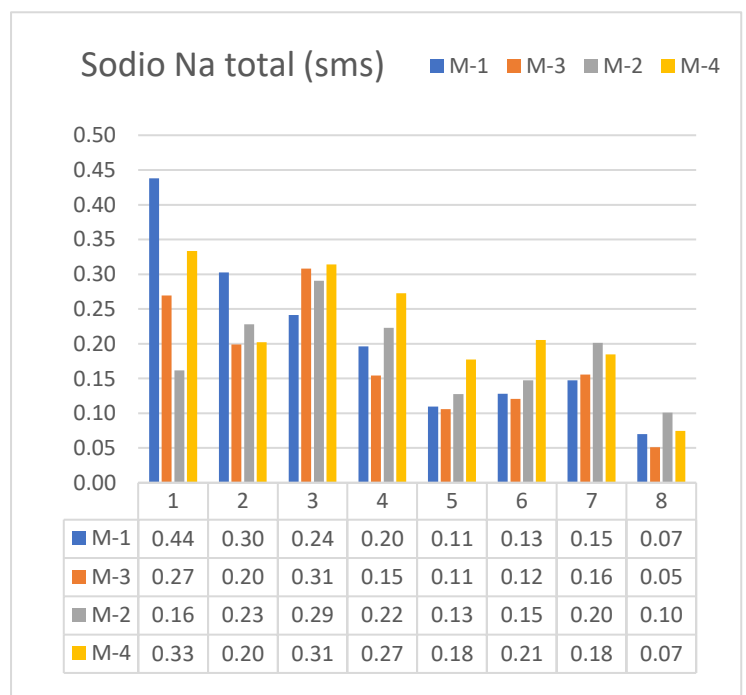
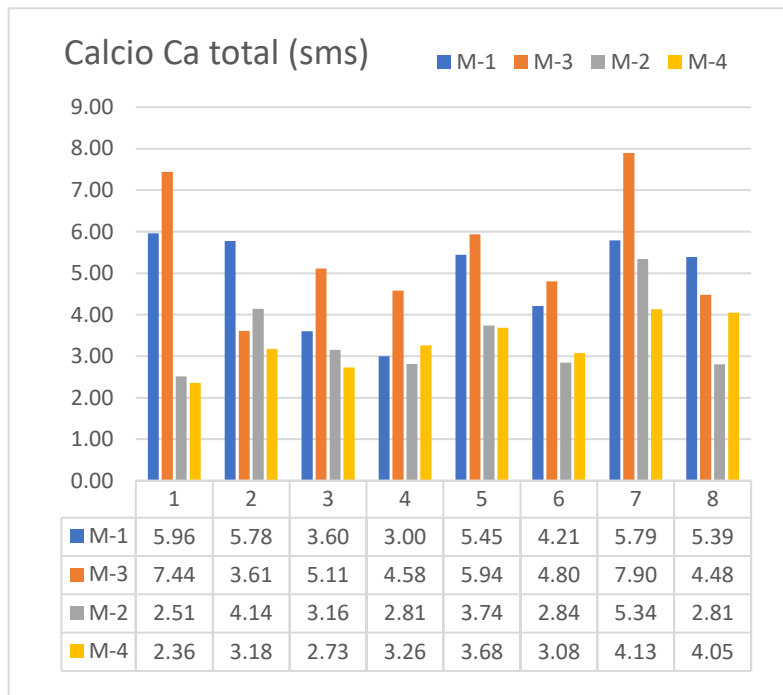


Gráfico 10. Sodio

Calcio



El calcio es un elemento vital en la composición de las paredes celulares de las plantas. En cuanto al calcio en las muestras, al inicio del proceso de compostaje pueden verse grandes diferencias entre los montones con y sin microorganismo y cenizas. El aporte adicional de las cenizas de biomásas a los montones de compost eleva significativamente la cantidad de calcio. Se ven también algunos picos que pueden ser debidos a la heterogeneidad de las muestras al inicio del proceso, muestras, que con el proceso de compostaje, van volviéndose más homogéneas aportando unos valores más estables.

Gráfico 11. Calcio

Aun así, el resultado final, es que el compost de los montones M1 y M3 supera la cantidad de Ca a las muestras de los montones M2 y M4. Un alto contenido en calcio es indicativo de un compost básico.

Magnesio

El magnesio, forma parte de la molécula de clorofila, por lo que es fundamental para la fotosíntesis. La deficiencia de este elemento en la planta produce el amarillamiento de las hojas.

Este elemento, se encuentra directamente relacionado con el pH, ya que a menor nivel de pH se presenta una baja concentración de este elemento. Los valores más comunes de Mg en el compost oscilan entre el 0.7 y el 2.1 %.

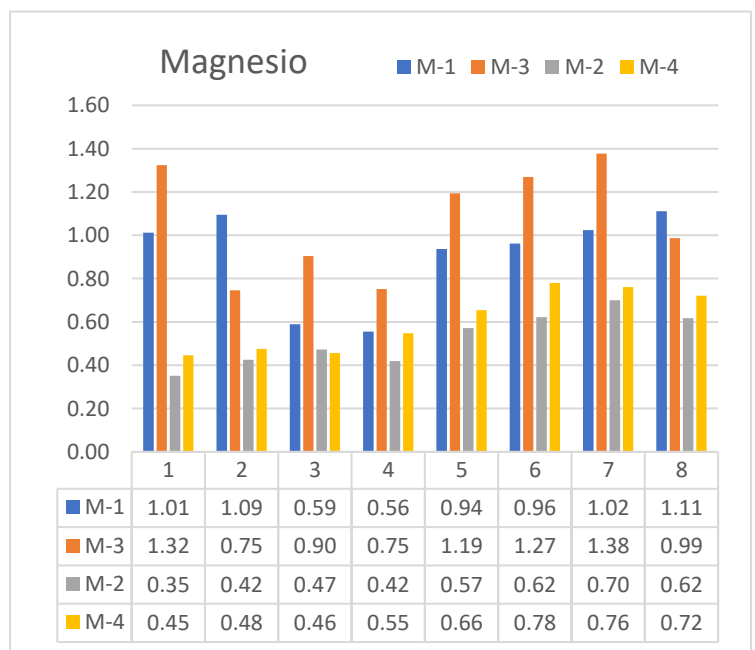
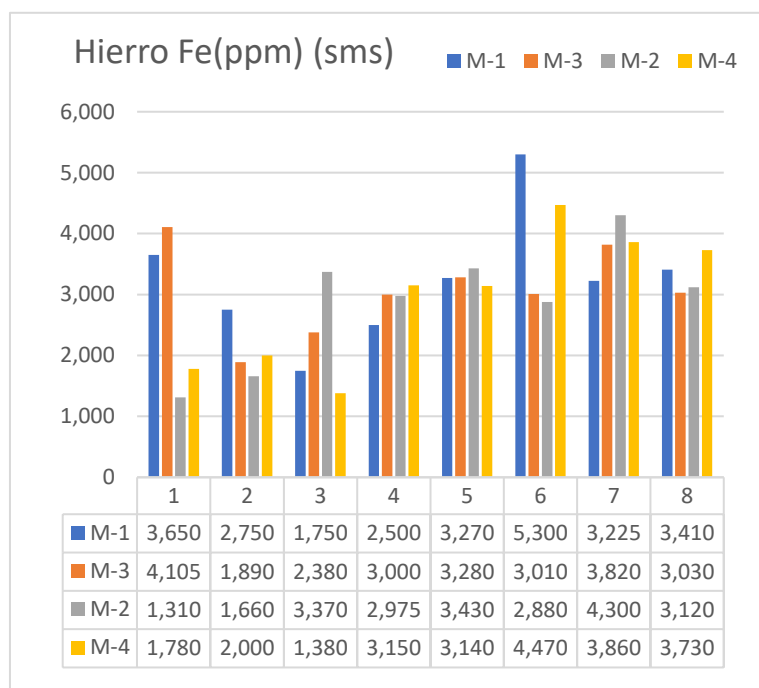


Gráfico 12. Magnesio

Hierro



Los micronutrientes son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal. Estos son el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el cobre, el molibdeno y el cloro. El hierro participa en la formación de la clorofila, en la fijación del nitrógeno y en el proceso respiratorio de los vegetales.

Gráfico 13. Hierro

Manganeso

El manganeso, favorece la síntesis de clorofila, la fotosíntesis y la asimilación de nitratos. El manganeso, es un micronutriente importante para la planta y es el segundo más requerido, solo por debajo del hierro. Así como cualquier otro elemento, este puede ser un factor limitante para el crecimiento de la planta si está en bajas o altas (toxicidad) concentraciones en el tejido foliar.

El manganeso y el hierro están íntimamente ligados, por lo tanto, la absorción del manganeso por la planta compite con el hierro, y a menor grado con el zinc, cobre, magnesio y calcio.

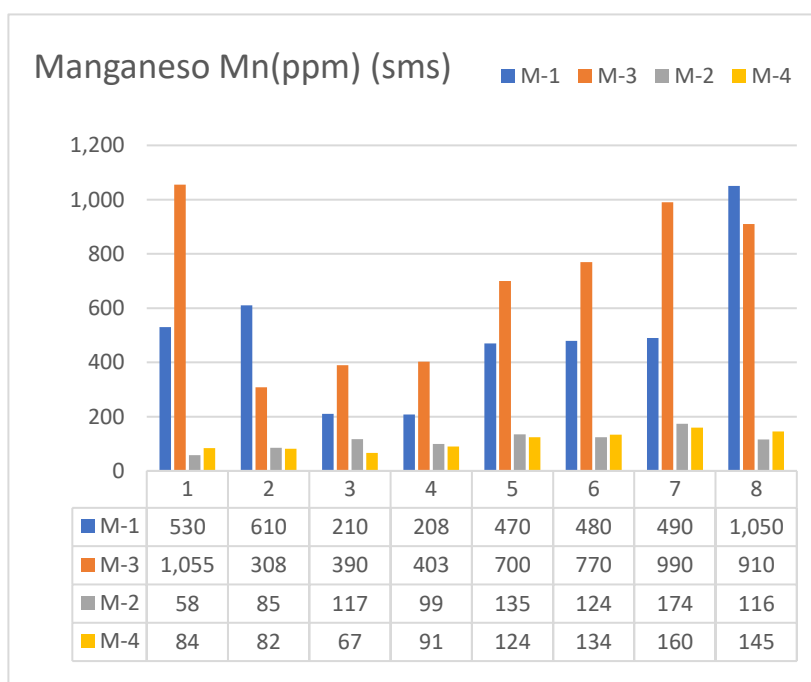
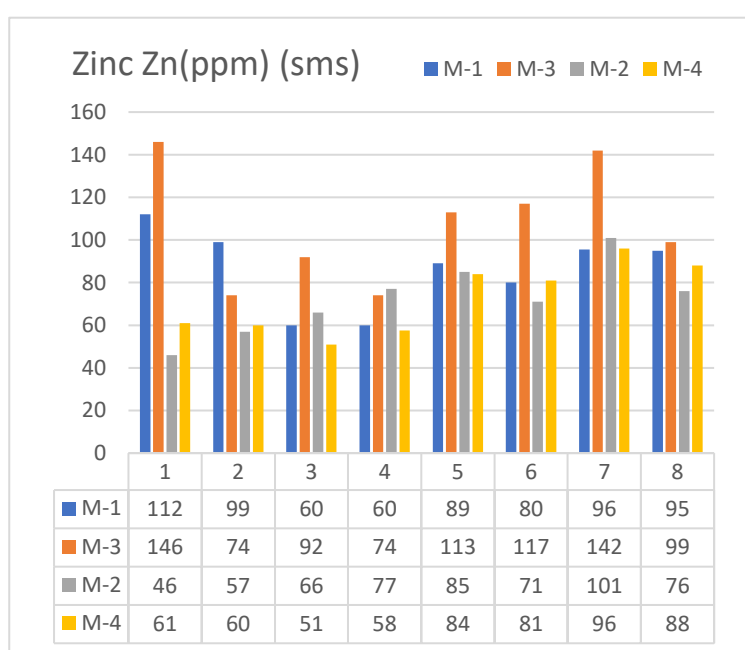


Gráfico 14. Manganeso

Es necesario mantener una proporción de 1:2 a 1:4 entre manganeso y calcio. Si la proporción de manganeso es más baja, entonces se puede inducir a una deficiencia de manganeso.

Esta deficiencia de manganeso puede ocurrir cuando el pH del sustrato excede de 6.5 porque se bloquea y se vuelve no disponible para la absorción de la planta. A niveles menores de 5.5, el manganeso es muy soluble y los síntomas de toxicidad son probables.

Zinc



El zinc tiene importancia en la formación y maduración de las semillas y participa en la síntesis de clorofila, la fotosíntesis y la asimilación del nitrógeno. El zinc está considerado un metal pesado que debe estar limitado en el compost. Los valores adecuados oscilan entre 200 y 1000 mg/kg. Se considera un compost de clase A cuando los valores están comprendidos entre los 200 y los 500 mg/kg. Los valores de zinc del compost generado son inferiores en todos los montones a 200 mg/kg siendo considerado muy bajo y no acarreando problemas de toxicidad.

Gráfico 15. Zinc

Extracto húmico

Las sustancias húmicas se forman por la degradación de los residuos orgánicos debido a reacciones químicas y biológicas en las que intervienen los microorganismos.

Esta degradación de la materia orgánica genera compuestos orgánicos más estables, las sustancias húmicas. Estas sustancias húmicas están compuestas por ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Y reaccionan con la fracción mineral del suelo formando el complejo arcillo-húmico.

Estas sustancias, condicionan la calidad del compost final obtenido y son un reflejo del grado de estabilización y madurez de la materia orgánica del compost.

El humus está formado por dos ácidos: Húmico y Fúlvico; la principal diferencia entre ambos es su comportamiento en soluciones ácidas: Los Ácido Húmicos no son solubles en soluciones básicas y por tal motivo es se precipitan, mientras que los Ácidos Fúlvicos se mantienen solubles todo el tiempo.

Los ácidos húmicos tienen mayor peso molecular que los fúlvicos, mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) y mayor capacidad de retención de agua.

Los ácidos húmicos tienen una acción más lenta y duradera sobre la estructura del suelo y sobre la planta. Sin embargo, los ácidos fúlvicos tienen una acción más rápida sobre la planta pero menos persistente.

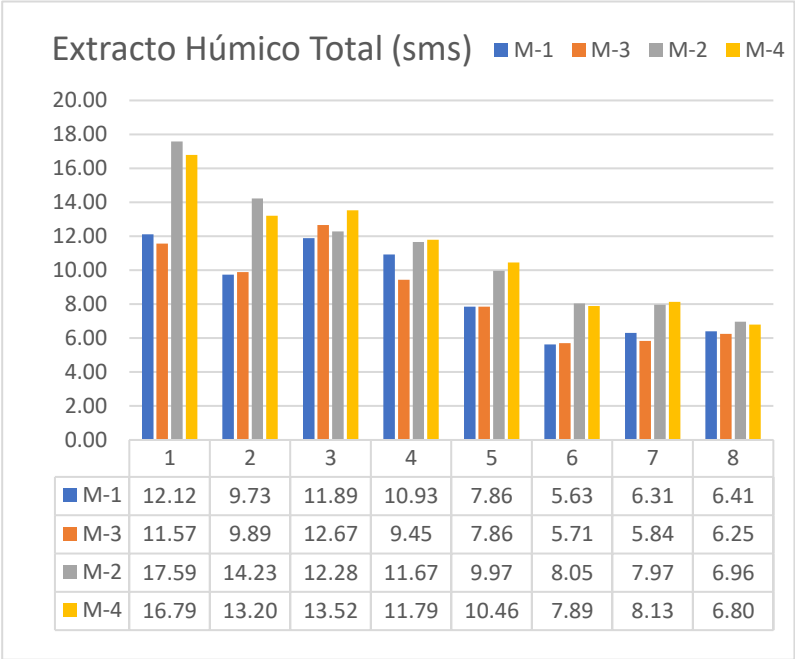


Gráfico 16. Extracto húmico

Los ácidos húmicos tienen un efecto más continuado y persistente en el suelo. Se usan para mejorar las propiedades del suelo y, sobre todo, para aumentar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. Por lo tanto se evita una pérdida de los abonos aportados por lixiviación.

En cambio, los ácidos fúlvicos son utilizados para realizar una acción rápida y fugaz, como puede ser el mejorar el enraizamiento de un cultivo. Los ácidos fúlvicos no destacan por su capacidad de intercambio catiónico (frente a las sustancias húmicas) ni por su capacidad de retención de agua.

Los ácidos húmicos estimulan biológicamente la planta y las actividades de los microorganismos. Estimula las enzimas vegetales y aumenta su producción. Actúa como catalizador orgánico en muchos procesos biológicos. Estimular el crecimiento y la proliferación de microorganismos deseables en el suelo.

Como ya hemos mencionado anteriormente, los Ácidos Húmicos son los máximos responsables de modificar las características del suelo, especialmente en la textura del suelo y en sus propiedades hídricas,

- Suelos Pesados Arcillosos

En los suelos pesados arcillosos ayudan a airearlos y mejorar su estructura. Por lo tanto están indicados para casos en los que queramos aumentar su permeabilidad.

- Suelos Ligeros y Arenosos

En los suelos ligeros y arenosos, con escasez de materia orgánica, los ácidos húmicos impregnan las partículas de arena. Esto consigue incrementar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y aumentar la capacidad de retención de agua evitando la pérdida de nutrientes por lixiviación.

- Suelos Ácidos

En los suelos ácidos tienden a neutralizarlos. Con ello, los ácidos húmicos fijan e inmovilizan en gran medida ciertos elementos tóxicos en medios ácidos como son el aluminio y metales pesados. Por lo tanto reducen la toxicidad del terreno.

- Suelos Alcalinos

En el caso de suelos alcalinos permite, gracias a la formación de complejos, que los ácidos húmicos amortigüen un pH alto. Como consecuencia, esto permite que los macroelementos y los oligoelementos, puedan elevar el nivel de disponibilidad para las plantas.

- Suelos Secos

En los casos de suelos muy secos, los ácidos húmicos tienden a aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo. Así, tras cada riego o lluvia, las plantas disponen de más humedad durante más tiempo.

- Suelos Salinos

Los ácidos húmicos tienen una alta capacidad de intercambio catiónico, por lo que aplicados sobre suelos salinos, provocan la liberación de cationes. En cationes como el Calcio y el Magnesio se unen formando quelatos.

Actúan como quelato natural de elementos esenciales para el crecimiento de las plantas: hierro, manganeso, cobre y zinc. Estos elementos, si se encuentran quelatados, aumenta el grado de disponibilidad para las plantas en cualquier rango de pH del suelo.

Ejercen de tampón en el suelo: amortiguan los cambios bruscos de pH en el medio de crecimiento de las raíces.

Modo de aplicación. Los ácidos húmicos son aplicados directamente al suelo mediante los distintos sistemas de riego, añadidos directamente en el campo, fertirrigación, en cultivos hidropónicos.

Los ácidos fúlvicos, además de poder aplicarlos al suelo, también pueden ser aplicados de forma foliar, por su acción rápida sobre las plantas

Ácidos húmicos

Los ácidos húmicos estimulan biológicamente la planta y las actividades de los microorganismos.

En principio, los ácidos húmicos tienen un efecto más continuado y persistente en el suelo, se usan para mejorar las propiedades y, sobre todo, para aumentar la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

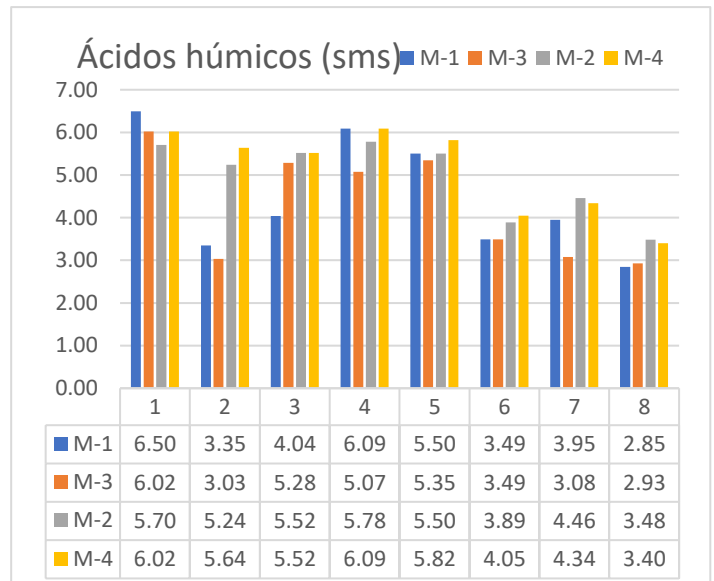


Gráfico 17. Ácidos húmicos

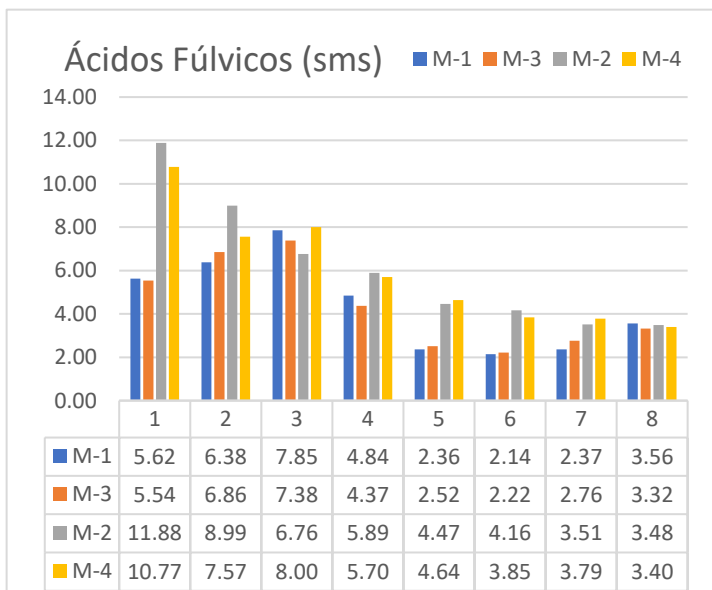


Gráfico 18. Ácidos fúlvicos

En cambio, los ácidos fúlvicos son utilizados para realizar una acción rápida y fugaz, como mejorar el enraizamiento de un cultivo.

Se considera que un abono con ácidos húmicos tiene las siguientes características:

- Ácidos húmicos: 3%
- Extracto húmico total (ácidos húmicos + ácidos fúlvicos): 6%

En este caso, no cumple el 3% en ácidos húmicos en los montones M1 y M3.

TOXICIDAD Y MADUREZ DEL COMPOST

En cuanto a los análisis finales sobre nutrientes, toxicidad y madurez del compost. Se determina el cumplimiento de algunos parámetros establecidos en la norma técnica RD 824/2005 de 8 julio sobre productos fertilizantes.

El compost puede dividirse en tres categorías dependiendo de los límites que cumpla de metales pesados. En el caso del compost generado, cumple los límites de la categoría Clase B.

Metal pesado	Límites de concentración		
	Sólidos: mg/kg de materia seca Líquidos: mg/kg		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0,7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1.000
Mercurio	0,4	1,5	2,5
Cromo (total)	70	250	300
Cromo (VI)	0	0	0

La materia prima transformada, lista para ser usada como ingrediente de abonos orgánicos de origen animal, debe ser sometida a un proceso de higienización que garantice su carga microbiana. En este caso los requisitos a cumplir son los siguientes:

- Salmonella: Ausente en 25 g de producto elaborado
- Escherichia coli: < 1000 número más probable (NMP) por gramo de producto elaborado

El compost generado en el ensayo cumple los requisitos en materia de higienización.

M1	COBRE Total (IAO-08)	41,0	Absorción atómica	mg de Cu/Kg (sms)
	ZINC Total (IAO-08)	95,0	Absorción atómica	mg de Zn/Kg (sms)
	EXTRACTO HÚMICO TOTAL(IAO-09)	6,4	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	ACIDOS HÚMICOS	2,8	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	ACIDOS FÚLVICOS	3,6	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	PLOMO Total*	1,3	PNT/510	mg /Kg (sms)
	CADMIO Total *	0,21	PNT/510	mg /Kg (sms)
	MERCURIO Total*	<0,3	PNT/530	mg /Kg (sms)
	NIQUEL Total*	55,4	PNT/510	mg /Kg (sms)
	CROMO Total*	167,8	PNT/510	mg /Kg (sms)
	RECuento ECHERICHIA COLI *	<10	Siembra y Recuento	UFC/g
	INVESTIGACIÓN DE SALMONELL* Spp	Ausencia	Siembra y Recuento	/25g
M2	COBRE Total (IAO-08)	24,0	Absorción atómica	mg de Cu/Kg (sms)
	ZINC Total (IAO-08)	76,0	Absorción atómica	mg de Zn/Kg (sms)
	EXTRACTO HÚMICO TOTAL(IAO-09)	7,0	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	ACIDOS HÚMICOS	3,5	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	ACIDOS FÚLVICOS	3,5	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	PLOMO Total*	3,3	PNT/510	mg /Kg (sms)
	CADMIO Total *	0,08	PNT/510	mg /Kg (sms)
	MERCURIO Total*	<0,3	PNT/530	mg /Kg (sms)
	NIQUEL Total*	70,3	PNT/510	mg /Kg (sms)
	CROMO Total*	191,4	PNT/510	mg /Kg (sms)
	RECuento ECHERICHIA COLI *	<10	Siembra y Recuento	UFC/g
	INVESTIGACIÓN DE SALMONELL* Spp	Ausencia	Siembra y Recuento	/25g
M3	COBRE Total (IAO-08)	29,0	Absorción atómica	mg de Cu/Kg (sms)
	ZINC Total (IAO-08)	99,0	Absorción atómica	mg de Zn/Kg (sms)
	EXTRACTO HÚMICO TOTAL(IAO-09)	6,2	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	ACIDOS HÚMICOS	2,9	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	ACIDOS FÚLVICOS	3,3	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	PLOMO Total*	5,4	PNT/510	mg /Kg (sms)
	CADMIO Total *	0,49	PNT/510	mg /Kg (sms)
	MERCURIO Total*	<0,3	PNT/530	mg /Kg (sms)
	NIQUEL Total*	59,9	PNT/510	mg /Kg (sms)
	CROMO Total*	165,2	PNT/510	mg /Kg (sms)
	RECuento ECHERICHIA COLI *	<10	Siembra y Recuento	UFC/g
	INVESTIGACIÓN DE SALMONELL* Spp	Ausencia	Siembra y Recuento	/25g
M4	COBRE Total (IAO-08)	27,0	Absorción atómica	mg de Cu/Kg (sms)
	ZINC Total (IAO-08)	88,0	Absorción atómica	mg de Zn/Kg (sms)
	EXTRACTO HÚMICO TOTAL(IAO-09)	6,8	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	ACIDOS HÚMICOS	3,4	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	ACIDOS FÚLVICOS	3,4	Oxidacion con Dicromato	% P/P (sms)
	PLOMO Total*	0,99	PNT/510	mg /Kg (sms)
	CADMIO Total *	<0,05	PNT/510	mg /Kg (sms)
	MERCURIO Total*	<0,3	PNT/530	mg /Kg (sms)
	NIQUEL Total*	11,2	PNT/510	mg /Kg (sms)
	CROMO Total*	44,7	PNT/510	mg /Kg (sms)
	RECuento ECHERICHIA COLI *	<10	Siembra y Recuento	UFC/g
	INVESTIGACIÓN DE SALMONELL* Spp	Ausencia	Siembra y Recuento	/25g

Tabla 2. Datos finales de análisis de toxicidad e higienización

Mesófilos

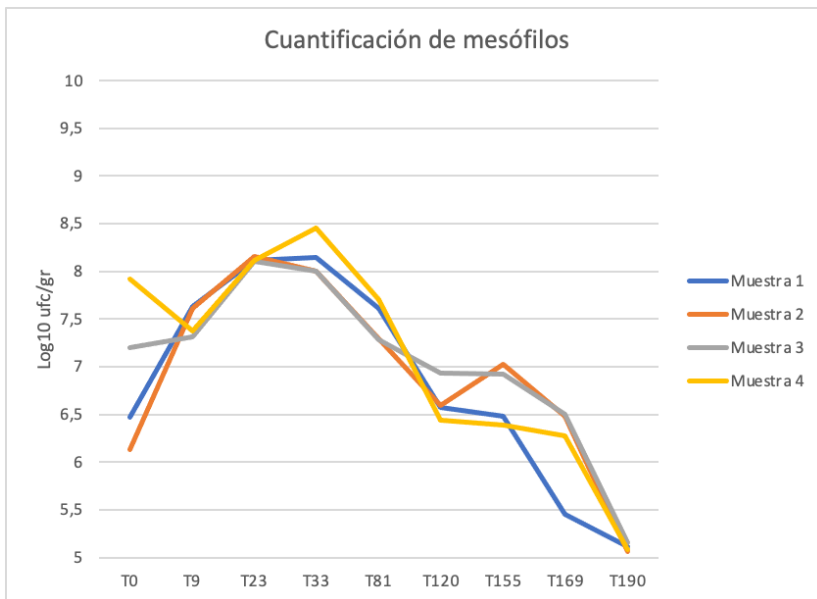


Gráfico 20. Mesófilos

Según los resultados obtenidos no se observan diferencias significativas en las cuatro muestras en lo que se refiere a la cantidad de microorganismos mesófilos. Si se observa la gráfica, se aprecia un incremento en el número durante los primeros 23 días, alcanzando los máximos entre los días 23 y 33 en todas las muestras analizadas. El número de microorganismos comienza a bajar a partir del día 33 hasta el final del ensayo.

Germinación

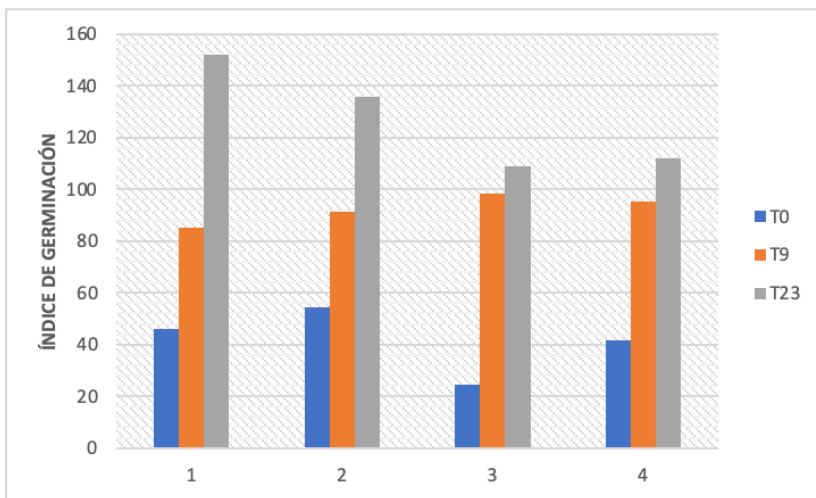


Gráfico 21. Índice de germinación

El índice de germinación de Zuconni (GI) es una técnica para se utiliza para evaluar las propiedades citotóxica de residuos orgánicos o compost inmaduros. Para ello, se utiliza un extracto acuoso de los materiales orgánicos y se cuantifica la germinación y crecimiento de semillas de plantas de respuesta rápida como es el Berro (*Lepidium sativum* L.).

Comparando los valores obtenidos para cada una de las muestras con un control hecho con agua destilada, se puede saber el % de germinación de las semillas y el % de elongación de las raíces, obteniendo por multiplicación el conocido como Índice de Germinación (IG). Valores superiores al 80% acreditan que el compost es un producto estable para su uso en agricultura. En nuestro ensayo, tal y como se observa en la gráfica, a partir del día 9 el compost ya sería un producto estable ya que el GI es superior al 80%. El porcentaje obtenido de la muestra correspondiente a los 23 días muestra que el GI se incrementa lo que correlaciona con el tiempo anteriormente analizado. Por este motivo ya no se analizaron el resto de los tiempos.

CONCLUSIONES

Es interesante agrupar para el estudio los parámetros que están íntimamente relacionados como son:

- Materia orgánica
- Sustancias Húmicas
- Nitrógeno
- Relación C/N

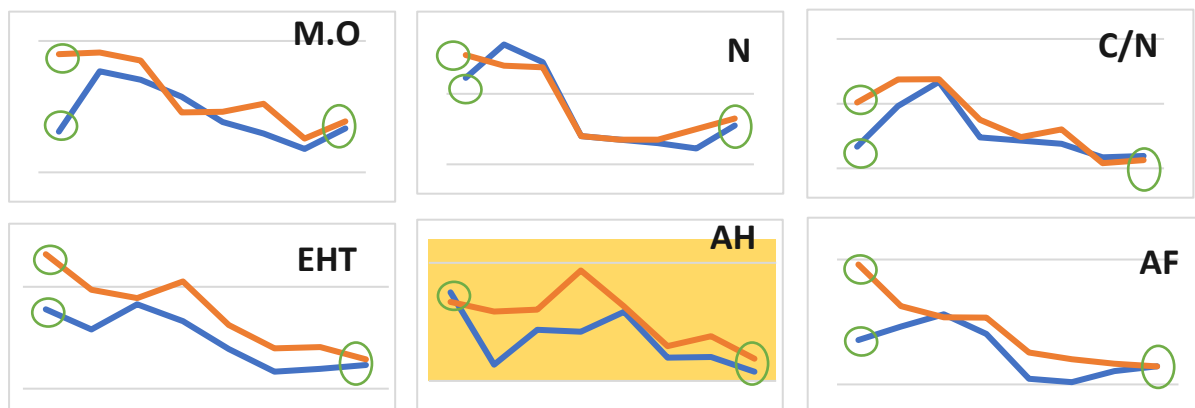
En los siguientes gráficos, se muestra media de los montones M1 y M3 (con microorganismos) separada de los montones M2 y M4 de los análisis realizados.

Los Extractos húmicos son la parte más activa de la materia orgánica y está a vez con el nitrógeno nos da una relación que indica el grado de humidificación del compostaje.

Dicho todo esto las observaciones a resaltar según los resultados:

- **al inicio** Al empezar el estudio los valores de los parámetros estudiados son mayores en las muestras que no llevan productos adicionales que en las que si llevan, Como se refleja en los gráficos (M2 y M3 rojo sin sustancias y M1 y M3 azul con sustancias).

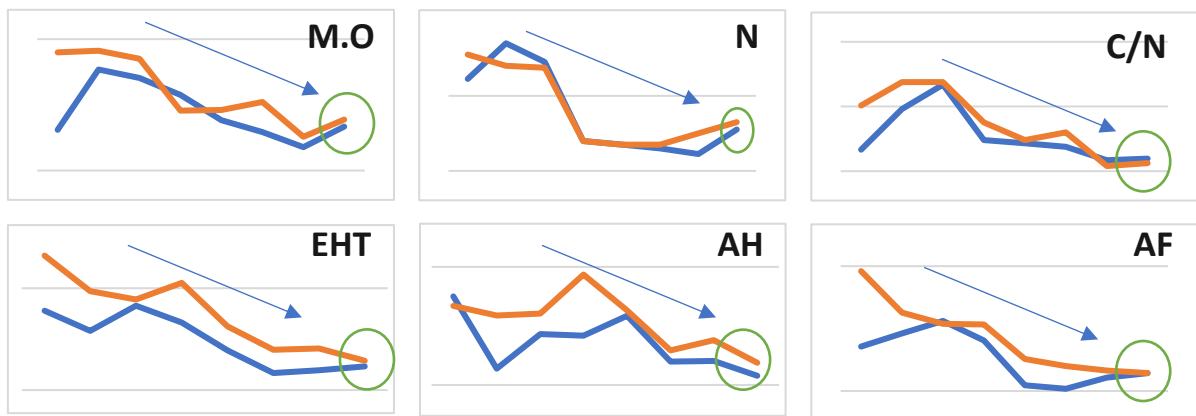
- Excepción: los Ácidos Húmicos que están bastante igualados.



Gráficos 21. Comparativa de parámetros relacionados

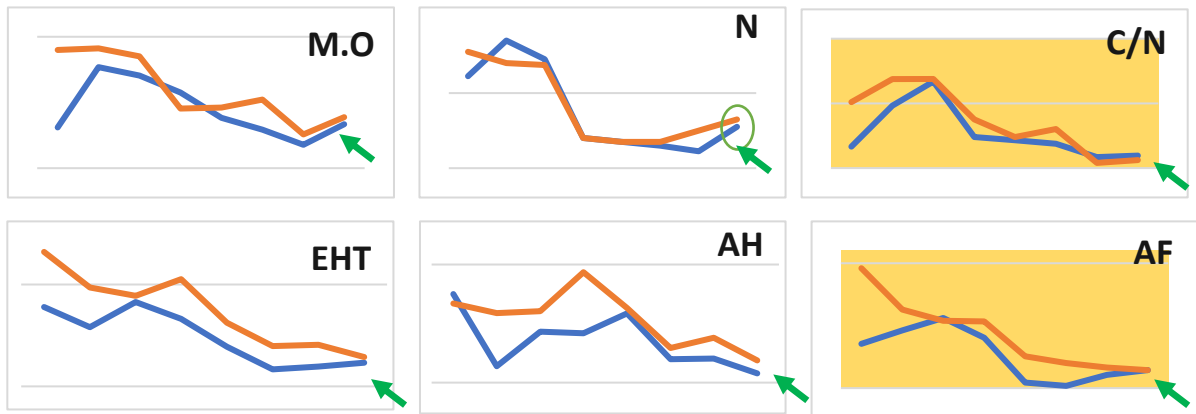
- **A lo largo del proceso** Durante todo el compostaje hay fluctuaciones importantes en los valores siendo la recogida de muestras 4 un punto de inflexión, que coincide con el mes de agosto donde las temperaturas son más elevadas.

La tendencia a lo largo de todo el proceso es que los valores van disminuyen en todas las muestras (sin y con).



Gráficos 22. Comparativa de parámetros relacionados.

Los resultados de las muestras con y sin al final se van igualando, siendo un poco más altos en las que no contienen sustancias adicionales. **Excepción: AF y Relación C/N**



Gráficos 23. Comparativa de parámetros relacionado

Los datos de la relación carbono nitrógeno reflejan que la materia orgánica no está descompuesta del todo. Los valores están ente 20-25.

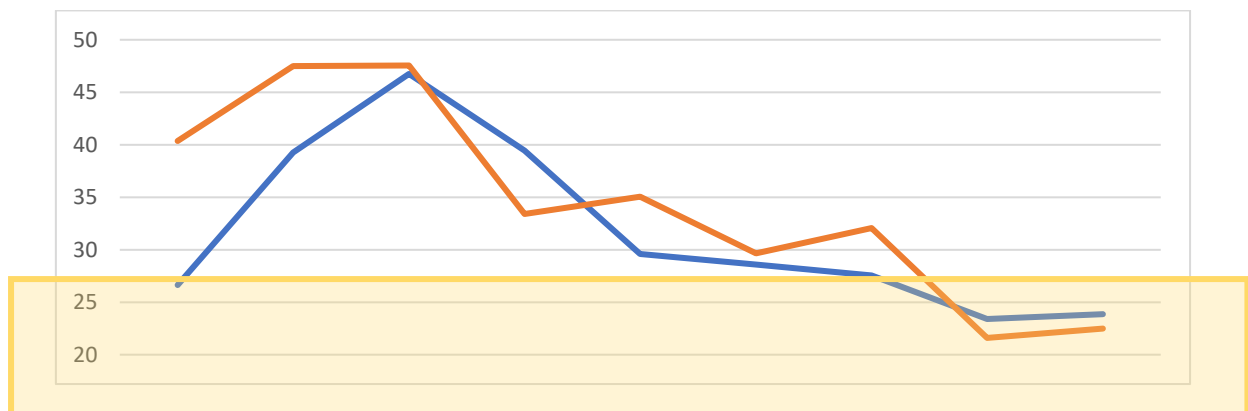
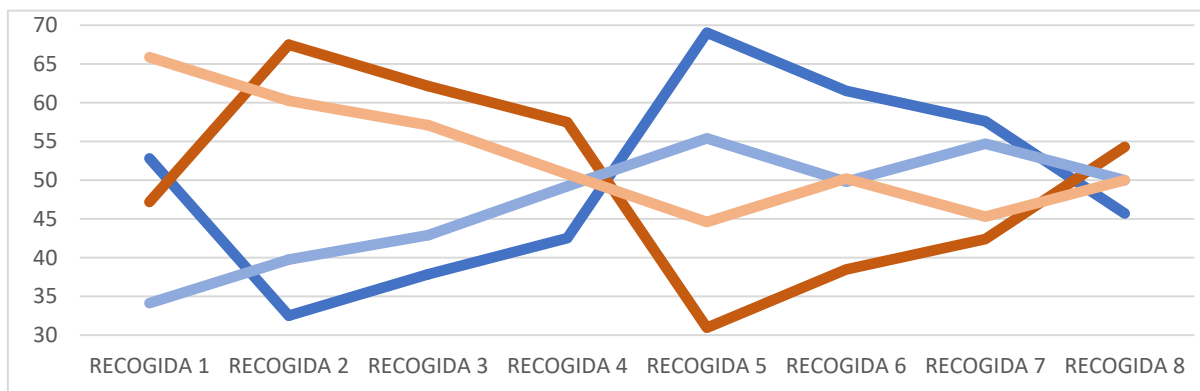


Gráfico 24. Gráfico comparativa C y N

– Proporción de Ácidos húmicos y Ácidos fúlvicos

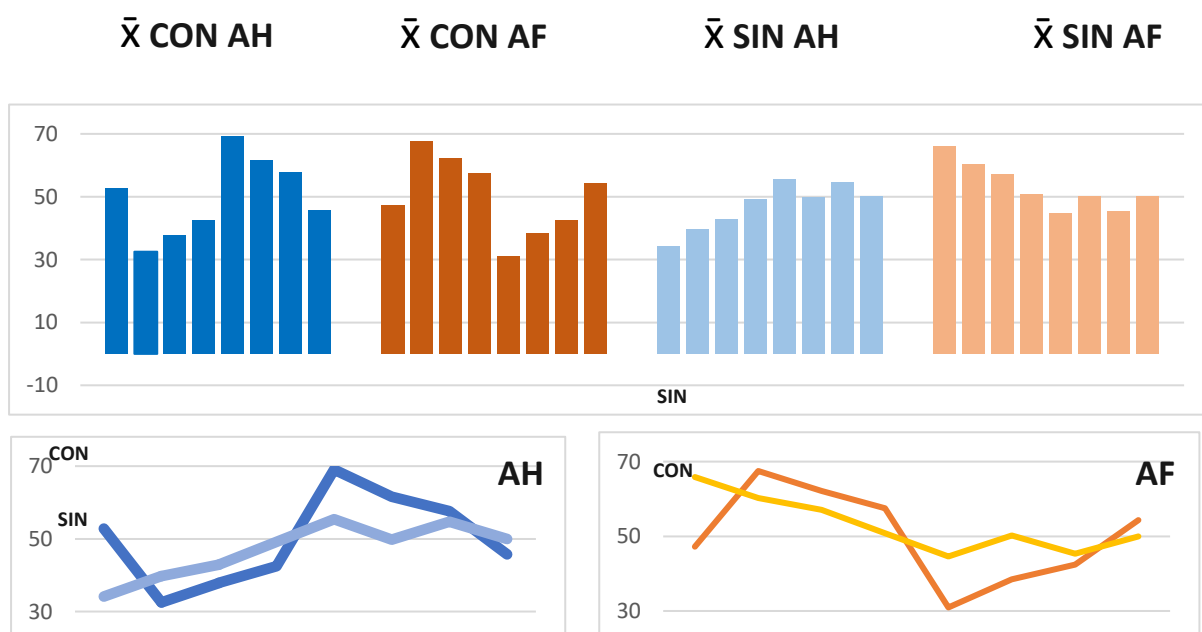
En las muestras **SIN (M2-M4)** al estudiar la proporción de ácidos húmicos y fúlvicos respecto a los Ácidos Húmicos totales, se observa que al principio el % de AH es mucho más bajo que el % de AF. Este es uno de los resultados más desfavorables que nos encontramos a lo largo de todo el proceso. Existe un punto de inflexión en la recogida 4 que coincide con el comienzo del verano y el aumento de las temperaturas y a partir de aquí aumentan los AH y disminuyen los AF llegando a una proporción del **50% al final**.



Gráfica 25. Comparativa ácidos húmicos y ácidos fúlvicos

En las muestras **CON (M1-M3)** al estudiar la proporción de ácidos húmicos y fúlvicos respecto a los Ácidos Húmicos totales, se observa que al principio los resultados están muy igualados al contrario que en las muestras SIN.

En un primer momento los AF se disparan y los AH se minimizan (momento más desfavorable) para volver a estabilizarse, y es en la recogida 4 donde volvemos a encontrarnos con el punto de inflexión aumentando los AH y disminuyen los AF (momento más favorable). Tendiendo a igualarse al final, aunque en este caso con una proporción **45% AH -55% AF**.



Gráficos 26. Comparativa de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

Las sustancias adicionadas en los restos de poda no causan ningún beneficio para el compostaje. Al principio hay una respuesta rápida por la adición, Los resultados intermedios son difusos pero los resultados finales reflejan que se igualan los valores de todas las muestras.

Se debería hacer análisis actuales ya que el proceso de compostaje no está completado según refleja los resultados en la última recogida.

El porcentaje de Ácidos Húmicos está un poco por debajo que el de los Ácidos Fúlvicos. Por lo que comercialmente estaría menos valorado, pues se buscan enmiendas que aporten mayor cantidad de AH que AF.