

3 ENMIENDAS ORGÁNICAS, COMPOST Y LOMBRICOMPUESTO

Ing Agr Jorge W Lanfranco
Prof. Edafología, Fac Cs Ag y Fs, UNLP

3.1 Elaboración de compost a partir de residuos domiciliarios y de actividades productivas

Compost_. El compost, es el resultado de un proceso de transformación de restos de animales y plantas debido a su uso como alimento de diferentes organismos del suelo (bacterias, hongos, lombrices, ácaros, insectos) en presencia de aire.

En los últimos años se ha incrementado progresivamente el volumen de residuos y la cantidad de materia orgánica que se desecha. Esto plantea un grave problema de eliminación de los residuos para la sociedad y su incidencia en la conservación del ambiente. Por tanto, la eliminación, reducción o reutilización de los residuos biodegradables debería ser un objetivo prioritario de las políticas medioambientales.

El **compostaje** se define como un proceso de transformación aerobia controlada de los materiales orgánicos contenidos en los residuos por medio de la actividad de los microorganismos. Este proceso transcurre en un tiempo variable de aproximadamente 3 a 4 meses cumpliéndose *tres fases en función de la temperatura* que adquiere cada una: *mesófila* (15 a 45°C), *termófila* (45 a 70°C) y *de maduración* (a temperatura ambiente, 16), obteniendo la transformación de un residuo orgánico en un producto estable, que puede estar libre de patógenos y ser aplicado al suelo.

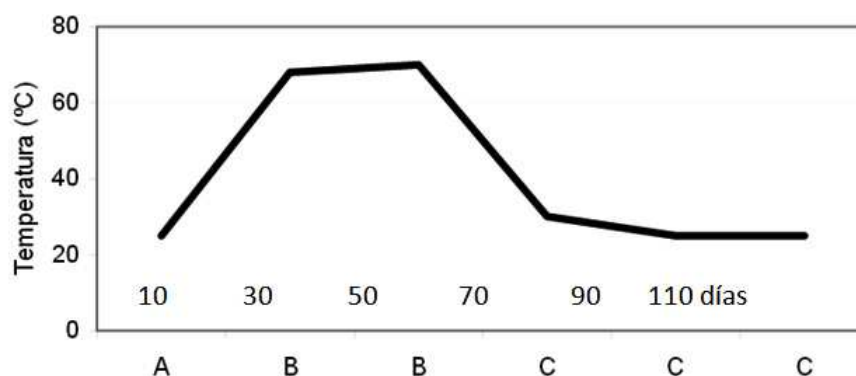


Figura 16 Etapas del compostado (A) mesófila, (B) termófila, (C) maduración

El **compost** es una sustancia estabilizada precursora de la humificación, con características definidas como son la estabilidad ante el agua, homogeneidad, inocuidad y alto valor para uso agrícola; según las propiedades originarias del residuo. La temperatura del compost en la etapa termófila, es independiente de la ambiental y nos da una idea de la evolución de la pila, pues resulta de la combinación de los factores anteriores. El proceso termófilo, puede acelerarse y/o intensificarse, con el adecuado manejo de los parámetros arriba desarrollados, recordando que el proceso es aeróbico, y la aparición de olores desagradables, indica procesos de fermentación y putrefacción, que debemos corregir.

Para obtener un compost sin limitaciones de uso, una de las exigencias del SENASA, es que se controle el proceso de compostado. Cuando se hace en pilas con volteos periódicos, se deben alcanzar temperaturas mayores o iguales a 55 °C, durante 15 días, con al menos 5 volteos. También debe obtenerse menos de 1000 NMP (número más probable) de coliformes fecales por gramo de materia seca, luego del proceso.

La etapa de maduración, es mesófila o a temperatura ambiente, y en ella ocurre una lenta degradación de la materia orgánica, a cargo de hongos y bacterias.

Ventajas del compostaje_.

- a) El compostaje da la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en un insumo para la producción agrícola si es que se alcanza el ciclo térmico. Al alcanzar elevadas temperaturas se reduce la presencia de patógenos en el suelo y semillas de malezas. Si no es así pueden producirse efectos negativos.
- b) El compost puede ser sustrato, enmienda o abono orgánico para la tierra, porque mejora las condiciones del suelo dado que puede aumentar el almacenaje de agua; la porosidad del suelo y aportar un mayor número de nutrientes que los fertilizantes tradicionales.
- c) Es una manera de reducir en grandes cantidades la basura.

Se destaca que las ventajas mencionadas pueden no ser alcanzadas sino se consideran todos los aspectos relativos a la calidad del residuo y procedimientos adecuados para lograr un producto inocuo para la salud humana y con condiciones adecuadas para su uso en sistemas productivos. Aspectos que se analizan en puntos siguientes.

Materiales a compostar_.

Residuos animales

Estiércol bovino, caballar, caprino, porcino, aviar y de conejos

Residuos vegetales

Restos de cosechas, tubérculos, hortalizas y frutas

Restos de podas en fruticultura y de actividades forestales

Residuos industriales

Restos de semillas o de frutos una vez extraído el elemento esencial

Carpintería, restos de maderas procesadas

Residuos domiciliarios

Residuos orgánicos compostables generados en los hogares

Es frecuente que el compostaje que hacemos en casa con los residuos de la cocina no cumpla la etapa termófila, debido a la escasa masa que se aporta. El producto obtenido es de calidad y sin riesgos para la salud si evitamos agregar residuos de desconocido origen, excretas de mascotas o animales domésticos

Factores que afectan al compostaje_.

Humedad: Es un factor fundamental del proceso de compostaje. Sin suficiente agua (contenidos menores al 40%), la actividad microbiana disminuye y el proceso se vuelve excesivamente lento, y con demasiada humedad (mayor del 80%) se produce una mala aireación que conduce a condiciones anaerobias y a la putrefacción de la materia orgánica.

pH: Es otro de los indicadores del desarrollo del compostaje, debido a su acción sobre los microorganismos. Durante el compostaje hay una sucesión de diversos microorganismos y procesos derivados de su actividad que pueden hacer que el pH varíe considerablemente. Los *residuos urbanos* pueden presentar un valor bajo de pH, produciéndose durante los primeros días la liberación de ácidos orgánicos debido a la actividad de las bacterias, y el pH disminuye aún más. Posteriormente, el material compostado sufre una reacción alcalina como consecuencia de la formación de amonio en el proceso de degradación de las proteínas y de los aminoácidos. En el período clímax de la fase termófila, se pueden alcanzar valores de pH próximos a 8,5. En la última fase de maduración el pH disminuye, estabilizándose en valores cercanos a la neutralidad o ligeramente básicos, debido al efecto tampón de la materia orgánica.

Tóxicos o inhibidores: Existen sustancias orgánicas e inorgánicas que a ciertas concentraciones, inhiben o impiden los procesos biológicos. Por ejemplo, los metales

Ni, Pb, Fe, Al, Cr, Cu y Zn ejercen un efecto perjudicial al actuar sobre las enzimas catalizadoras de las reacciones de síntesis.

Tamaño de la partícula: El tamaño de la partícula influye en términos físicos, químicos y biológicos durante el proceso de compostaje. Cuanto menor sea el tamaño, mayor será la superficie específica y más intenso será el ataque de enzimas y microorganismos pero si el tamaño de la partícula fuera demasiado pequeño reduciría el tamaño de los poros facilitando las condiciones de anaerobiosis. El tamaño ideal para el compostaje es de partículas con una granulometría de entre 1 y 5 cm.

Relación C/N: El carbono y el nitrógeno son dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Durante la transformación de los residuos el C brinda energía a los microorganismos y el N permite la formación de sus proteínas. Debido a esto, y para poder obtener un compost de calidad, es importante que exista una relación equilibrada entre ellos. Teóricamente, la relación C/N 25-35 es la más adecuada, aunque en función de las materias primas que conforman el compost esto puede variar. Si la relación C/N es muy elevada el residuo provee energía pero los microorganismos no pueden formar materiales cuaternarios y disminuye la actividad biológica, mientras que si es muy baja no afecta al proceso de compostaje pero se pierde el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco.

MATERIALES ORGÁNICOS	RELACIÓN C/N
Papel	170/1
Pasto verde	10/1
Hojas (según especie)	Entre 40/1 y 80/1
Restos de frutas	35/1
Estiércol de vaca y caballo	20/1
Tallos de maíz	60/1
Paja de trigo	80/1
Alfalfa	13/1
Leguminosas en general	25/1
Paja de avena	80/1
Cáscara de papas	25/1
Aserrín	500/1
Cama de pollo	12/1

Tabla 1 Valores de la relación C/N de distintos residuos a compostar

Calculo de la relación C/N de una mezcla de residuos_. Una forma para calcular la cantidad a utilizar de cada residuo en una mezcla y así obtener una relación C/N próxima a 30/1 es mediante el llamado cuadrado de Pearson.

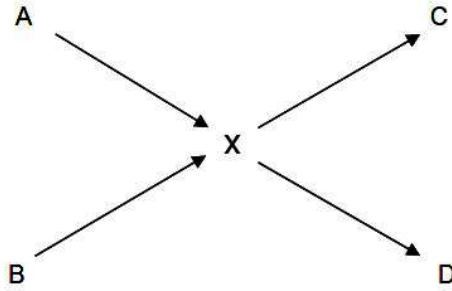


Figura 17 Cuadrado de Pearson (A y B es el C/N de residuos a utilizar; C y D cantidades a agregar de dichos residuos para obtener un material X con una relación C/N 30

A continuación se indican los cálculos que se efectúan para definir la cantidad de residuos disponibles a agregar para obtener un material final con una relación C/N 30, considerando la relación C/N que cada uno de los residuos utilizados posee:

Partes de **residuo B** a agregar (**D**) = (C/N residuo A - C/N a obtener X)

Partes de **residuo A** a agregar (**C**) = (C/N residuo B - C/N a obtener X)

Se consideran valores absolutos (C) y (D) y se llevan a %.

Ejemplo práctico (Figura 18):

Para realizar el material a compostar se tiene los siguientes residuos:

A.- *Pasto verde* (C/N = 10/1) y B.- *Tallo de maíz* (C/N = 60/1). Se quiere obtener una mezcla con un valor óptimo de relación C/N (30/1) (X). Se calcula el valor C y el D, y se expresa en % considerando 100% la cantidad total a agregar (Figura 18). En este ejemplo se obtiene que debe agregarse para formar el producto final con relación 30, 30 unidades (que representa el 60%) de pasto verde y 20 unidades (que representa el 40%) de tallo de maíz. Unidades se refiere a lo consideremos para medir, baldes, carretillas, litros o kilos en residuos de parecida densidad

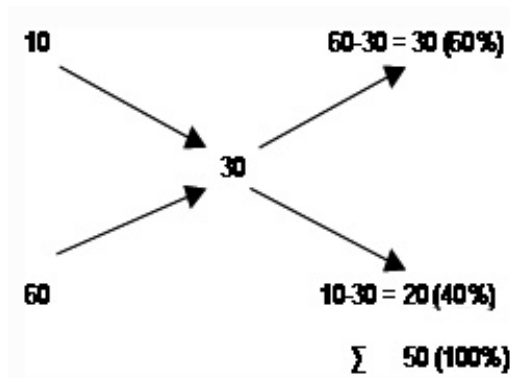


Figura 18 Ejemplo de aplicación del Cuadrado de Pearson utilizando pasto verde y rastrojo de maíz como residuos

Preparación de la compostera_. Ubicación, dimensiones y acondicionamiento:

i) *Seleccionar un sitio firme, en una zona alta, no inundable y aireada* de aproximadamente 1,5 metros de diámetro (si se hará redondo) o 1,5 m de lado (si se hará cuadrado). Las formas redondeadas suelen ser más aconsejables porque si se realiza una pila de forma esférica va contener un mayor volumen y una menor exposición de la superficie, favoreciendo las reacciones internas del compostaje. No obstante, puede realizarse conforme se presenta en la Figura 19.

ii) *Ubicarla sobre un film de polietileno y darle una suave pendiente.* Esto es debido a que durante el proceso de compostaje puede generarse un lixiviado (líquido negro) que al concentrarse contamina el suelo. Es conveniente juntar y usar dicho lixiviado para regar la pila o desparramar en el suelo vecino.

iii) *Altura de la pila de residuos* debe ser tal que pueda ser fácilmente mezclada con las herramientas disponibles. Se recomiendan hasta 3 mezclas luego de que alcance los picos térmicos.

iv) Si bien no es indispensable pueden clavarse en la pila un par de caños de PVC de 4" con orificios en toda su extensión de modo que funcione como si fuese una chimenea y así favorecer la aireación.



Figura 19 Compostaje a campo de 2 m de largo por 1,40 m de ancho y 0,5 m de alto

Masa crítica_. Se trata de la mínima cantidad necesaria para alcanzar las condiciones del proceso de termofilia. La misma está relacionada también con las características propias del material, con la forma y tamaño de la pila.

Forma y tamaño de la pila: Ambos factores inciden en el compostado. Las dimensiones variarán en función de los volúmenes y tecnología aplicada, pero en

general, son recomendables alturas entre 1,5 y 2 m, ancho mayor a 2 m y largos variables, mayores a 2 m.

El *volteo periódico* de las pilas, tiene la función de airear y homogenizar las condiciones de exposición a altas temperaturas de todo el material, permitiendo la eliminación de patógenos y semillas de maleza. La adecuada aireación, favorecerá la elevación de temperatura y tiene estrecha relación con la humedad. Incide en la capacidad de aireación la granulometría de la pila. Los materiales finos, tienden a compactarse, por lo que es necesario, mezclarlos con virutas de madera, pajas y compost gruesos.

Seguimiento del proceso de compostaje_.

- i) *Medir la temperatura* quincenalmente con termómetro o bien en forma sensorial.
- ii) Medir la humedad presente apretando fuertemente en el puño una porción de compost verificando que este bien húmedo sin que chorree mas que unas 8 a 10 gotas.
- iii) Cubrir la pila con una media sombra para evitar desecamiento y disponer de un polietileno para cubrirla si llueve mucho dado que esto puede aumentar el lixiviado. Si bien, puede utilizarse paja, esto puede aportar semillas de malezas. Resulta ideal trabajar bajo cobertura.
- iv) Prevea la disponibilidad de agua para regar la compostera o agregar el lixiviado reunido; según necesidad principalmente en verano.
- v) Verifique ausencia de olores nauseabundos. De existir olores, voltee la pila para airear.

Producto obtenido_. El producto obtenido después de los 120 días es el compost, a posteriori de la etapa de maduración, en la que se policondensan las moléculas precursoras del humus, por lo que el material al tacto se torna esponjoso, su aspecto es de color marrón oscuro y químicamente la relación C/N tiende a bajar a 10/1, haciéndose presentes los ácidos húmicos, que son relativamente estables. El material puede utilizarse una vez que verifique una total transformación del material no pudiendo reconocer el material que le dio origen, esto normalmente se produce luego de 4/5 meses. En este estado aparece en la comercialización como "*tierra enriquecida*", "*sustrato*", para plantines en huertos y viveros.

No obstante, si su uso inmediato no es indispensable puede estoquear el material y continúa su proceso de maduración por años. Adquirirá mejor calidad cuanto más tiempo transcurra en el proceso de compostaje, tanto desde el punto de vista sanitario como de su valor fertilizante.

3.2 Producción de Lombricompuesto

El material a partir del cual puede realizarse el lombricompuesto puede ser el compost (a) obtenidos según se explica en punto anterior, o a partir de otros residuos tal como los domiciliarios (b). En ambos casos se utiliza a la lombriz roja, tal como se explica a continuación.

Lombriz roja_. La lombriz roja nace y crece exclusivamente en medios con alto contenido de materia orgánica: basura, hojas, pasto, desechos de molinos o silos, frutas o verduras, vísceras de animales, excrementos.

La **alimentación** puede ser: i) **Única**, se siembran las lombrices sobre un lecho con un volumen determinado de compost y se evalúa su evolución hasta que se lo cosecha terminado. ii) **Continua**, se siembran las lombrices sobre un lecho en el que se agrega el compost en capas sucesivas hasta que se llega a un determinado volumen y se suspende el agregado.

Estas dos formas de alimentación son las más frecuentes, pero existen variaciones. En cualquier caso, para **continuar el ciclo, manteniendo y aumentar el** número de lombrices se deben preparar nuevos lechos con la comida preparada. Si los mismos se encuentran próximos las lombrices olfatearán el nuevo alimento y migrarán paulatinamente hasta abandonar el lecho con el lombricompuesto terminado. Si esto no es posible o deseamos acelerar el proceso podemos extraerlas con trampas de alimentos frescos.

El mantenimiento o aumento de la población de lombrices es un índice de eficiencia en el trabajo de lombricompostado. Si por el contrario, disminuye la población, la intensidad de procreación, cambia la relación etaria, fugan o mueren, debe revisarse todo el proceso efectuado. Por lo tanto, resulta conveniente realizar censos de la población en forma rutinaria.

Monitoreo de la población_. Los diferentes estados biológicos que se pueden encontrar en la cuna la lombriz roja son: i) cocones (embriones), ii) juveniles (sin clitelo), y iii) adultos (con clitelo). Para el seguimiento de la población, resulta conveniente expresar los resultados como densidades por cuna.

Se recomienda tomar varias muestras por cuna con un muestreador cilíndrico. Un rápido crecimiento implica alcanzar antes la maduración sexual, pero no garantiza que la producción de cocones sea superior. La producción de cocones se halla sujeta a fluctuaciones estacionales y a pesar de decaer con la edad de los animales, éstos no presentan una edad pos reproductiva. Densidades muy altas (apiñamiento) influyen negativamente sobre la reproducción y formación de cocones.

Para comparar la producción de cocones se recomienda expresarla como cocones/adulto o cocones/semana/adulto.

a) Compost como material de lombricompostaje

El compost obtenido puede ser el sustrato para la alimentación de las lombrices ya que posee suficiente cantidad de materia orgánica como para su cría. Sin embargo, es importante asegurar que hayan pasado los picos térmicos, y que no volverán a ocurrir. Luego de esto, pueden sembrarse lombrices rojas californianas que trabajaran el material compostado otros 90 a 120 días adicionales hasta que las lombrices lo abandonen por no encontrar más alimento, dejando un material llamado *lombricompuesto*, constituido por un alto porcentaje de sus metabolitos. Este material es más estable y de mejor calidad que el compost.

Condiciones del residuo para su lombricompostado_.

Humedad: Como se comentó para el compost, no debe ser excesiva a fin de evitar procesos de putrefacción (olor nauseabundo), ni tampoco tan baja como para interrumpir la actividad microbiana.

Riego: La intensidad y frecuencia del riego está dada por las condiciones climáticas. Debe asegurarse una humedad de 75-80%. Recuérdese que las lombrices no tienen dientes y necesitan un lugar húmedo para poder alimentarse. En el caso de composteras domiciliarias cerradas o bajo techo; en general no deben ser regadas, salvo en época de verano. Lo más frecuente es que el mismo proceso metabólico genere la humedad necesaria, habiendo periodos en invierno donde se la encuentra en exceso y es conveniente voltear la compostera y airear.

Metodología para evaluar el contenido de agua: La prueba para medir el contenido de agua en el sustrato se conoce como "*prueba del puño*". La misma consiste en tomar una cantidad de sustrato con una mano, aplicarle una presión (la normal que puede ejercer dicha mano) y si salen no más de 8 a 10 gotas de agua ésta se

encuentra aproximadamente al 80 % de su capacidad máxima de retención. lo cual asegura agua y aire. Este método fue utilizado por Figueroa (1996).

Otro procedimiento es la “*Prueba de la pesa*” recomendable para no afectar a las lombrices. Se debe contar con un recipiente circular que puede ser un frasco de diámetro suficiente como para permitir introducir una pesa de metal de 1kg. Dentro del recipiente se coloca una porción del material en tratamiento en suficiente cantidad como para adquirir un espesor de 2 cm aproximadamente y luego se deposita delicadamente la pesa. Se espera unos 30 segundos. Como resultados posibles se puede observar: i) Por el contacto con la pesa surge agua – Esta en exceso y se debe drenar o airear el material urgentemente. ii) Por el contacto con la pesa, esta queda con humedad en su base, con gotitas aisladas de agua condensada – La humedad es la adecuada. iii) Por el contacto con la pesa, esta queda seca en su base – La humedad es insuficiente y se debe regar.

Calidad del agua: Deberá ser apta para riego. Su pH aproximadamente neutro (7), no salina (<1 dSm-1), sin peligrosidad sódica (<3 RAS) y libre de patógenos.

Olores: Si se aprecian olores desagradables de amoníaco, pútridos de metano o de sulfuros; es que el ambiente se ha tornado anaeróbico. Se debe remover la pila y drenar. Si los volúmenes son pequeños se puede agregar pasto seco o un poco de aserrín, siempre en pequeñas cantidades porque modifican negativamente la C/N. También puede ocurrir que los frutos o tubérculos que se agregan a los residuos en forma entera comienzan a pudrirse por dentro, por lo cual conviene partirlos previamente.

Manejo de la temperatura: La temperatura óptima es aproximadamente de 20 °C, por lo tanto si las temperaturas son menores debe aportarse sustancias orgánicas y tapar con paja o media sombra. Si la temperatura aumenta se debe regar, garantizando el drenaje. No es recomendable el nylon para tapar los lechos pues no deja pasar el aire, salvo en época de muchas lluvias, prestando atención a que no se aprecien olores nauseabundos.

b) **Otros residuos como material de lombricompostaje**

En el caso de los *tratamientos en casa*, con nuestros *residuos de cocina*, no se agrega tal como se describió para el compost (punto a) sino que los residuos se agregan en forma directa y continua. Si la compostera se encuentra ubicada sobre

terreno natural, las lombrices colonizaran todo el territorio y no hará falta su resiembra. Además las lombrices regularan su población a la oferta de comida, fugaran y volverán. Si se trabajan en condiciones cerradas, en recipientes de plástico o metal, sin posibilidades de fuga, las lombrices dependen exclusivamente del cuidado que se les provea, debiendo asegurar la alimentación.

Para emprendimientos de **escala mayor** para la obtención de lombricompuesto, la Gaceta Agronómica (1990) recomienda utilizar como alimento el **estiércol de ganado** u otra fuente de materia orgánica en descomposición (*incluidos residuos orgánicos domiciliarios*). La EEA Cerro Azul del INTA desarrolla la cría de lombrices con *estiércol vacuno* y produce lombricompuesto utilizando el mismo material o una mezcla, de *aserrín de pino* y *cama de pollo*. Otro alimento recomendable es el *vaciado ruminal* vacuno de la industria frigorífica. El alimento es agregado en **capas de 0,10 a 0,15 m**, a medida que las lombrices lo van transformando.

Cosecha del material terminado y traslado de lombrices_.

Cuando se va terminando el proceso, y se demora la alimentación, se altera la rutina de las lombrices y comienzan a sentir la escasez de alimento. En ese estado se puede perder la población por lo que conviene preparar un alimento diferente, estiércol puro en bolsa de red, a manera de trampa que se distribuye en dos o tres sitios sobre la superficie. A los 7 días realizar la extracción. Esta técnica se deberá repetir 1 ó 2 veces más con el fin de recapturar adultos y juveniles para futuros núcleos.

Acondicionamiento del lombricompuesto_.

Dejar secar el material obtenido. Si es posible extenderlo en superficies mayores para acelerar esta etapa. Se deberá lograr una humedad entre 50 y 60%. Posteriormente se hace pasar el material por un tamiz o zaranda con diámetro variable según el destino, comúnmente de 8 mm o inferior.

3.3 Uso de enmiendas orgánicas en la agricultura: efectos sobre el suelo y la nutrición de los cultivos

Ing Agr (Dra, MSc)
Margarita M Alconada Magliano
Prof Edafología, Fac Cs Ag y Fs, UNLP

Ing Agr Jorge W Lanfranco
Prof. Edafología, Fac Cs Ag y Fs, UNLP

En la EE Gorina se efectuaron ensayos donde se compara el efecto sobre el suelo y el cultivo del agregado de estiércol en cama de pollo sin compostar en las dosis frecuentemente utilizada en la región (40 tn/ha/año), respecto a igual material compostado en dosis equivalente considerando el contenido de carbono orgánico de ambos materiales y en doble dosis el compost. Todos se comparan con un testigo. En la Figura 20 se presentan los materiales utilizados en el ensayo respecto a un lombricompostado (no ensayado en esta oportunidad). Las tareas de campo fueron realizadas por el personal de campo de la EE Gorina (Jorge Luna y colaboradores), siendo las que frecuentemente se realizan en la región, pero sin agregado de fertilizantes inorgánicos en el riego.

No se observó salinidad en ninguno de los tratamientos con las dosis más bajas ni en el testigo. Con la mayor dosis de compost se aprecia una ligera salinización. La ausencia de fertilizantes inorgánicos evitó la salinización que comúnmente se observa con los manejos tradicionales tal como se aprecia en la Figura 21. La aplicación de compost resultó favorable en algunas propiedades físicas aunque los resultados aún no son concluyentes (se continúan analizando). Hay un aumento general de la población microbiana benéfica (datos procesados por María Cándida Iglesias y colaboradores, UNNE), habiéndose asegurado mediante el compostaje la eliminación de patógenos. No hubo una población de nemátodos significativa en ningún caso (datos procesados por Guillermo Cap, INTA). Ç

Cabe destacar como se indicó precedentemente, que los abonos siempre aportan sales y nutrientes, por lo cual su aplicación siempre debe ser controlada.



Figura 20 Abonos orgánicos, estiércol fresco, compostado y lombricompuesto



Figura 21 Suelo alrededor del gotero, sin y con aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos