

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

“DEGRADACIÓN DE PLAGUICIDAS SINTÉTICOS DE
SUELOS AGRÍCOLAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL
COMPOSTAJE”

CARMEN GILDA AVELINO CARHUARICRA

PERÍODO DE EJECUCIÓN: Del 01 de octubre del 2019 al 30 de setiembre del 2020

Resolución Rectoral N° 1119-2019-R

Callao, 2020

 0

AGRADECIMIENTO

A la UNAC por el financiamiento del desarrollo de la investigación a través del Fondo Especial de Desarrollo Universitario (FEDU).

 2

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	3
ÍNDICE DE TABLA	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 Descripción de la realidad problemática	11
1.2 Formulación del problema	12
1.3 Objetivos (objetivo general y objetivos específicos)	12
1.4 Limitantes de la investigación (teórica, temporal, especial)	13
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	14
2.1 Antecedentes	14
2.2 Marco	17
2.2.1 Marco teórico	17
i. Degradación e inactivación de plaguicidas	17
ii. Adsorción de plaguicidas por coloides del suelo	19
iii. Efecto de adsorción	20
iv. Factores que influyen en la adsorción	21
2.2.2 Marco conceptual	22
i) Plaguicidas	22
ii) Tipos de plaguicidas	23
iii) Degradación de los plaguicidas	25
iv) Presencia de los plaguicidas en el suelo	25
v) Efectos en la salud por los plaguicidas	26
vi) El compostaje	27

vii) Propiedades del compost	31
viii) Proceso del compost	32
ix) Técnicas del compostaje	35
2.3 Definición de términos básicos	38
CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	40
3.1 Hipótesis	40
3.1.1 Hipótesis General	40
3.1.2 Hipótesis específicos	40
3.2 Definición conceptual de las variables	40
3.3 Operacionalización de la variable	41
CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO	42
4.1 Tipo y diseño de la investigación	42
4.2 Método de investigación	42
4.3 Población y muestra	42
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado	43
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	43
4.6 Análisis y procesamiento de datos	53
CAPÍTULO V. RESULTADOS	54
5.1 Resultados descriptivos	54
5.1.1 Análisis fisicoquímicos del suelo	54
5.2 Resultados inferenciales	56
5.3 Resultados estadísticas de acuerdo al problema y la hipótesis	62
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	65
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	65
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares	65
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	66
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	74

ANEXOS

Matriz de consistencia

75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de plaguicidas	22
Tabla 2	Clasificación de la degradabilidad en el suelo	25
Tabla 3	Factores que influye en la persistencia de los plaguicidas	26
Tabla 4	Composición del compostaje	32
Tabla 5	Operacionalización de variables	41
Tabla 6	Características fisicoquímicas del suelo	54
Tabla 7	Parametros del compostaje inicial	54
Tabla 8	Parametros del compostaje después de 15 días	55
Tabla 9	Parametros con aplicación del compostaje en la semana 6	58
Tabla 10	Parametros con aplicación del compostaje en la semana 10	58
Tabla 11	Parametros con aplicación del compostaje en la semana 12	59
Tabla 12	Concentración de plaguicidas en el suelo	59
Tabla 13	Concentración de plaguicidas en suelo después del compostaje	60
Tabla 14	Concentración de plaguicidas en el suelo semana 6	61
Tabla 15	Concentración de plaguicidas en el suelo semana 10	61
Tabla 16	Concentración de plaguicidas en el suelo semana 12	61
Tabla 17	Concentración de plaguicidas en el suelo	62
Tabla 18	Concentración de plaguicidas en el suelo	62
Tabla 19	Correlación de Pearson analisis estadísticos de los parámetros	63
Tabla 20	Correlación de Pearson analisis estadísticos de los plaguicidas	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estructura química del 2,4-D y MCPA	23
Figura 2	Estructura química del cloroacetamidas	23
Figura 3	Estructura química de la triazinas	24
Figura 4	Factores en el proceso del compostaje	30
Figura 5	Compostaje	33
Figura 6	Compostaje -evolución de temperatura	35
Figura 7	Técnicas del compostaje	37
Figura 8	Tipo de muestreo zigzag	43
Figura 9	La pila de compost con residuos vegetales	48
Figura 10	La pila de compost con residuos de hojas frescas	48
Figura 11	La pila de compost cubiertos hierbas frescas	49
Figura 12	La pila de compost en fase de descomposición	50
Figura 13	La pila de compost en fase de maduración	51
Figura 14	Aplicación de compostaje en el suelo en la E1	52
Figura 15	Aplicación de compostaje en el suelo en la E2	52
Figura 16	Aplicación de compostaje en el suelo en la E3	53
Figura 17	Características fisicoquímicas de suelo	54
Figura 18	Parametros del compostaje inicial	55
Figura 19	Parametros del compostaje después de 15 días	55
Figura 20	Porcentaje de mat.org. en un periodo de 20 semana	56
Figura 21	Temperatura en un periodo de 20 semanas	56
Figura 22	Porcentaje de humedad en un periodo de 20 semanas	57
Figura 23	pH en periodo de 20 semanas	57
Figura 24	Relación de C/N en periodo de 20 semanas	58
Figura 25	Concentración de plaguicidas en 20 semanas	60

RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado con el propósito de aplicar el compostaje para la degradación de los plaguicidas sintéticos de los suelos agrícolas de Carabayllo – Lima. La caracterización de los suelos agrícolas se realizó mediante análisis fisicoquímicos como pH, porcentaje de materia orgánica, textura. Luego, se preparó el compostaje y se determinó sus características principales: relación C/N, pH, temperatura, porcentaje de humedad y porcentaje de materia orgánica, se analizó mediante un cromatógrafo de gases las concentraciones de los plaguicidas: mirex, lindano y endosulfan. Se tomó muestras de suelos en tres estaciones a una profundidad de 30cm. Se aplicó el compostaje al suelo, una vez aplicado se realizó el primer monitoreo de los parámetros de temperatura, materia orgánica, humedad, pH y relación de C/N. Luego, al cabo de veinte semanas las concentraciones de los plaguicidas se redujeron: mirex 0,14 $\mu\text{g kg}^{-1}$, mientras que lindano y endosulfan a valores de trazas y los parámetros alcanzaron las condiciones aeróbicas para el desarrollo de la actividad biodegradadora siendo así los valores óptimos de: porcentaje de materia orgánica: 21.70%, temperatura: 26,57°C, porcentaje de humedad: 39,76%, pH:7,21, relación C/N: 14,01. Por ello, se concluye que el compostaje como proceso biológico controlado actúa a través de la estimulación de la actividad biodegradadora para los plaguicidas, bajo condiciones aeróbicas y/o anaeróbicas, transformándolos en subproductos inocuos estables, constituyéndose así una buena alternativa para remediar suelos agrícolas contaminados.

Palabras clave: plaguicidas sintéticos, compostaje, suelos agrícolas.

ABSTRACT

This work has been carried out with the purpose of applying composting for the degradation of synthetic pesticides in agricultural soils of Carabayllo - Lima. The characterization of agricultural soils was carried out by physicochemical analysis such as pH, percentage of organic matter, texture. Then, the compost was prepared and its main characteristics were determined: C / N ratio, pH, temperature, percentage of humidity and percentage of organic matter, the concentrations of the pesticides: mirex, lindane and endosulfan were analyzed by means of a gas chromatograph. Soil samples were taken at three stations at a depth of 30cm. Composting was applied to the soil, once applied the first monitoring of the parameters of temperature, organic matter, humidity, pH and C / N ratio was carried out. Then, after twenty weeks the concentrations of the pesticides were reduced: mirex 0.14 $\mu\text{g kg}^{-1}$, while lindane and endosulfan at trace values and the parameters reached the aerobic conditions for the development of biodegrading activity, thus being the optimal values of: percentage of organic matter: 21.70%, temperature: 26.57 ° C, percentage of humidity: 39.76%, pH: 7, 21, C / N ratio: 14.01. Therefore, it is concluded that composting as a controlled biological process acts through the stimulation of biodegrading activity for pesticides, under aerobic and / or anaerobic conditions, transforming them into stable innocuous by-products, thus constituting a good alternative to remedy contaminated agricultural soils.

Keywords: synthetic pesticides, composting, agricultural soils.

INTRODUCCIÓN

Los plaguicidas fueron introducidos en las prácticas agrícolas con el fin de satisfacer la demanda de alimentos por la población mundial, por ello, los plaguicidas han sido usados para el control de insectos, plaga, patógenos, y malezas durante los últimos 50 años. Una parte de los plaguicidas llega al suelo inmediatamente después de su aplicación en el campo, otra parte lo hace por el escurrimiento de los productos que caen sobre las plantas de los cultivos y las malezas (Widman A. 2005).

Después de muchas décadas se puede ver que los problemas de plagas no han desaparecido y, por el contrario, aparecieron nuevas plagas, la contaminación del medioambiente, destrucción de la fauna silvestre y los peligros de intoxicación, ligados al uso de plaguicidas. La mayoría de los pesticidas tienen un efecto adverso sobre la diversidad funcional de la microflora del suelo y en última instancia sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento vegetal, lo cual pone en amenaza la sostenibilidad de los suelos agrícolas (Gómez, Correa y Hernández, 2006).

Muchos de estos problemas se han derivado del mal empleo y uso excesivo de plaguicidas en general, como el mirex, lindano, endosulfan, parathión, carbofuran, cipermetrina y muchos otros.

En la actualidad han surgido muchas alternativas para eliminar estos plaguicidas, dentro de ellas está la técnica del compostaje como proceso biológico controlado que actúa a través de la estimulación de la actividad biodegradadora para los plaguicidas, bajo condiciones aeróbicas y/o anaeróbicas, transformándolos en subproductos inocuos estables.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Del Puerto, Suárez y Palacio (2014), señalan que, desde las épocas del surgimiento y desarrollo del hombre, se tuvo la necesidad de combatir las plagas que afectaban a los cultivos, entonces surge el uso de los plaguicidas. Los autores afirman que existen suficiente evidencia de los riesgos que con lleva el uso excesivo de los plaguicidas para la salud y el ambiente.

De acuerdo a Díaz (2011), el 85% de la producción mundial de plaguicidas se utiliza en el sector agrícola, el 10% se utiliza en campañas sanitarias para el control de vectores y el 5% restante en el sector ganadero, en áreas públicas, en casas y en edificios para el control de plagas como insectos y roedores.

Según, Hernández, Ojeda, López y Arras (2010), se estima que menos del 1% de los plaguicidas son usados en la agricultura alcanzan a los cultivos, mientras que el resto termina contaminando el suelo, el aire, y principalmente el agua.

Si bien los plaguicidas han jugado un rol importante en el incremento de la productividad agrícola de las últimas décadas. A pesar de todo ello, la agricultura moderna difícilmente podría mantener rendimientos altos sin el uso razonable de estos productos. Muchos de los problemas se han derivado del mal empleo y uso excesivo de los plaguicidas. Los pesticidas presentan grandes variaciones en cuanto a su estabilidad química y física; lo que afecta el tiempo y las condiciones de su almacenamiento, así como su efecto residual en las plantas y en los suelos. Por otro lado, los factores físicos, químicos y biológicos del medio ambiente también influyen marcadamente en la estabilidad y persistencias de los productos.

Los peligros de los residuos tóxicos sobre las plantas a pesar de su alta toxicidad se siguen utilizando en el sector agrícola, como es en el distrito de Huachipa que

es uno de los principales proveedores de hortalizas a los mercados de la ciudad de Lima, como el apio, perejil, brócoli, lechuga, col y otros.

Ante esta situación el presente Proyecto de investigación, propone el uso del compostaje por ser un proceso biológico controlado mediante el cual pueden tratarse suelos contaminados con compuestos orgánicos como los plaguicidas, entonces nos preguntamos de qué manera el compostaje puede degradar los plaguicidas de los suelos agrícolas.

1.2 Formulación del Problema

Problema General

¿Cómo el compostaje lograría degradar los plaguicidas sintéticos de los suelos agrícolas?

Problemas Específicos

- a) ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas sintéticos?
- b) ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del suelo agrícola?
- c) ¿Cuáles son las principales condiciones fisicoquímicas para aplicar el compostaje para la degradación de los plaguicidas sintéticos?

1.3 Objetivos

Objetivo general

Aplicar el compostaje para la degradación de los plaguicidas sintéticos de los suelos agrícolas.

Objetivos

- a) Determinar las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas sintéticos
- b) Determinar las características fisicoquímicas del suelo agrícola

- c) Determinar las principales condiciones fisicoquímicas para aplicar el compostaje para la degradación de los plaguicidas sintéticos.

1.4 Limitantes

El trabajo de Investigación, es viable porque se cuenta con los ambientes de laboratorios, equipos y reactivos para la realización de la parte experimental del proyecto, así como presupuesto para la movilidad, por lo que no existe limitantes económicas para su ejecución.

- a) Teórica: Durante el proceso de la investigación se utilizarán las teorías y enfoques sobre la técnica del compostaje en las publicaciones de artículos científicos, revistas especializadas que ayuden a explicar las teorías.
- b) Temporal: El presente trabajo de investigación es de tipo longitudinal.
- c) Espacial: La unidad de análisis corresponde a los suelos agrícolas de Carabaylo- Lima.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Como antecedentes para el presente trabajo de investigación son:

Sauri y Castillo (2002), realizaron trabajo de investigación titulado, **Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes**, en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Los autores señalan que el compost se emplea en la agricultura como mejorador de suelos y también en la remoción de contaminantes como hidrocarburos y plaguicidas. Se utiliza como mejorador de suelos porque la composta tiene una alta diversidad microbiana, con poblaciones microbianas mucho mayores que los suelos fértiles y que los suelos muy contaminados ya que el compostaje incrementa grandemente las poblaciones y la actividad microbiana. El empleo del proceso de composteo o la adición de composta madura a las biopilas reduce el tiempo de limpieza de suelos contaminados. Sus resultados reportaron un amplio rango de contaminantes ambientales que se degradan rápidamente en la composta como las plaguicidas, insecticidas y herbicidas. Los autores afirman, que existe evidencia de que la velocidad de degradación de los contaminantes específicos está afectada por los materiales composteados. Los autores concluyen que el proceso de composteo y la adición de composta madura pueden emplearse de manera exitosa y económica para la limpieza de sitios contaminados con contaminantes químicos. Siendo el composteo una de las formas de reciclaje por excelencia, ya que convierte un material orgánico que ha sido desechado en un producto de mucho valor 41'385,865.5 ton/año de residuos orgánicos que se generan al año en su país y que pueden ser aprovechadas exitosamente.

Velasco y Volke (2003); llevaron a cabo **El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos en México**, en este trabajo, señalan que el composteo es un proceso biológico mediante el cual es posible convertir residuos orgánicos en materia orgánica estable (composta madura),

gracias a la acción de diversos microorganismos. Siendo sus aplicaciones más comunes del composteo incluyen el tratamiento de residuos agrícolas, de desechos de jardinería y cocina, de residuos sólidos municipales y de lodos. En las investigaciones de laboratorio a nivel piloto y a gran escala, señalan que se han demostrado que el proceso de composteo, así como el uso de composta madura, es de bajo costo y tecnológicamente efectiva para remediar suelos contaminados por residuos orgánicos peligrosos como, solventes, explosivos, pesticidas. Los autores señalan que, para ambos casos, es necesario optimizar cinco parámetros: la aireación, la temperatura, el contenido de humedad, la relación carbono/nitrógeno (C/N) y el pH. También afirman que los contaminantes orgánicos comúnmente no se encuentran en concentraciones suficientes para soportar un proceso de composteo, el material contaminado debe mezclarse con sustancias orgánicas sólidas biodegradables como aserrín, paja, bagazo, estiércol, composta madura y desechos agrícolas. Estos materiales son conocidos como agentes de volumen y se utilizan en el proceso de composteo con tres finalidades básicas:

Asegura la generación del calor necesario para el proceso; mejora la disponibilidad de nutrientes (C/N) para la actividad microbiana y aumenta la porosidad de la composta, con esto la aireación y capacidad de retención de agua. Concluyendo que las estrategias de biorremediación por composteo se basan en la adición y mezclado de los componentes primarios de una composta (agentes de volumen) con el suelo contaminado, de manera que los contaminantes son degradados por la microflora activa dentro de la mezcla y se puede llevar a cabo en los sistemas de composteo que incluyen fosas en el suelo, reactores cerrados, en recipientes abiertos, silos, biopilas alargadas, siendo así viable el proceso de composteo.

Upegui (2010), en su estudio de **Evaluación de mezclas compost inmaduro/suelo de moravia y fuentes de nutrientes para la degradación de los pesticidas clorpirifos, malatión y metil paratión**. Medellín, Colombia. Evaluó un compost inmaduro, en el suelo de Moravia (antiguo botadero de residuos de Medellín que funcionó en la época 1970- 1984) y sus mezclas en proporciones:

75/25, 50/50 y 25/75 (Compost inmaduro/suelo de Moravia) como matrices microbianas con potencialidades para la degradación de compuestos organofosforados como el clorpirifos, malatión y metil paratión. Adicionalmente, evaluaron el efecto de la adición de nutrientes inorgánicos el fósforo y fertilizante comercial, sobre las cinéticas de degradación de estos compuestos. Se montaron cultivos a condiciones de laboratorio, consistentes en la contaminación de las matrices enriquecidas y no enriquecidas con nutrientes inorgánicos para ello se utilizó una solución que contenía los tres plaguicidas a concentraciones conocidas; y se evaluaron su degradación durante 30 días. El autor estableció técnicas para la extracción de los plaguicidas y su cuantificación por cromatografía de gases. Los tratamientos con compost inmaduro, suelo de Moravia y sus mezclas mostraron una creciente degradación de los tres plaguicidas a medida que aumentó la cantidad de suelo de Moravia adicionada, sugiriendo que la microflora de este último posee mayor potencial que el compost inmaduro para la degradación de los tres plaguicidas evaluados. Llegando a concluir que los tratamientos consistentes en la adición de nutrientes inorgánicos no presentaron diferencias significativas en comparación con el control (cultivo no enriquecido con nutrientes), sugiriendo que el uso de estos nutrientes no genera ventajas ni afectaciones sobre los procesos de degradación de los compuestos evaluados.

Gonzales, Irigoyen, Ortega y Jáquez (2013), desarrollaron un trabajo sobre el **Comportamiento de plaguicidas persistentes en el medio ambiente**, en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo. México.

Los autores definen a los plaguicidas como sustancias o mezcla de sustancias utilizadas para controlar plagas que atacan los cultivos agrícolas o insectos que son vectores de enfermedades. Los plaguicidas químicos sintéticos son resultado de un proceso industrial de síntesis química, y se han convertido en la forma dominante del combate a las plagas. En el trabajo se señala que una adecuada utilización contribuye a elevar la producción de alimentos y, además, a bajo costo. Sin embargo, dada su naturaleza, al ser aplicados constantemente a suelos agrícolas

generan residuos que pueden contaminar suelos, cuerpos de agua, aire y biota, llegando a afectar cadenas tróficas y como consecuencia a la salud humana. Esta contaminación puede ocurrir por medio de una serie de complejos procesos de transporte, volatilización, precipitación pluvial, escurrimientos, infiltraciones y lixiviaciones, los cuales están influidos por múltiples factores del tipo: climático, geomorfológico, edafológico, actividades antropogénicas (manejo), y por las propiedades fisicoquímicas de estos compuestos. La presencia de estos residuos depende en gran medida del grado de persistencia de los plaguicidas; unos se degradan con rapidez, otros precisan de amplios periodos de tiempo.

Concluyendo que estos residuos depende en gran medida del grado de persistencia de los plaguicidas, que es muy diverso; mientras unos se degradan con rapidez, precisan de amplios periodos de tiempo, ya que la acumulación de los plaguicidas organoclorados en el tejido adiposo de animales y humanos y su biomagnificación en la cadena alimenticia, es persistente por lo que se ha establecido su prohibición en los usos agrícolas y sanitarios por el riesgo de los plaguicidas por los efectos nocivos que pueden ocasionar en los seres vivos.

2.2 Marco

2.2.1 Marco teórico

i. Degradación e inactivación de plaguicidas

Lesson y Winer (1991), afirmaron que cuando un plaguicida es liberado en el medio ambiente interacciona con los componentes bióticos y abióticos que existe en el ambiente, sufriendo transformaciones en su estructura modificando sus características físico-químicas y su acción biológica.

La degradación del plaguicida según los autores da lugar a formación de nuevos compuestos que no necesariamente son menos tóxicos que la sustancia original; cuando el producto de degradación resulta menos tóxico que la sustancia original se trata de una inactivación o destoxificación y, por el contrario, el producto de degradación resulta con mayor toxicidad que el original, se trata de una activación.

La degradación puede ser parcial o total, llegando en casos extremos a la obtención de compuestos inorgánicos como H₂O, CO₂, haluros, amonio, fosfatos, etc. Las reacciones de degradación son muy variadas (oxidación, reducción, hidrólisis, sustitución, eliminación de grupos funcionales, etc.) pudiendo estar mediadas tanto por agentes orgánicos (principalmente bacterias del suelo), como inorgánicos.

También son significativos otros procesos, como la fotólisis, en la degradación de las plaguicidas en el campo, al producirse varios de estos fenómenos de forma simultánea y existir interacciones entre los diversos agentes degradantes, la cinética aparente de degradación del plaguicida puede ser muy diferente a la obtenida en ensayos de laboratorio, bajo condiciones controladas y donde normalmente se estudia un único proceso.

La cinética de degradación de los plaguicidas es afectada por:

- 1) Cantidad de plaguicida y accesibilidad a éste del sistema que lo va a degradar. Por ejemplo, el plaguicida puede estar absorbido y no ser accesible a los microorganismos del suelo o por el contrario puede estar como emulsión en agua muy fácilmente accesible.
- 2) Presencia de microorganismos o sistemas enzimáticos capaces de degradar los plaguicidas
- 3) Nivel de actividad de los microorganismos; éste a su vez está afectado por condiciones ambientales tales como pH, P, humedad, aireación, etc.
- 4) Condiciones físico-químicas del medio, T°, pH, etc.

Muchos modelos existen para estimar el comportamiento del plaguicida en el medio ambiente se afirma que su degradación podría expresarse como una reacción de primer orden con respecto a la concentración del plaguicida.

$$dc/dt = - KC \quad \text{donde: } C = \text{concentración, } K = \text{constante de reacción, } t = \text{tiempo}$$

Las expresiones de las tasas de biodegradación consideran la concentración de plaguicida en el sustrato como la actividad de los microorganismos o sistemas

enzimáticos presentes, para expresar la cinética de la degradación de los plaguicidas, va a depender de la concentración de productos químicos en el medio. Algunos estudios de laboratorio muestran que la cinética de la degradación calculada a partir de las reacciones normalmente utilizadas en tales estudios no se puede aplicar cuando la concentración de plaguicidas es extremadamente baja o muy alta.

Cox (1994), señaló que la tasa de degradación del plaguicida se ve afectada, además por la cantidad de producto, sólo puede ser degradado por los microbios del suelo cuando se encuentra en solución o absorbido a partículas coloidales. También señala que debe considerarse la naturaleza y cantidad de biomasa en relación con la disponibilidad de nutrientes y adaptabilidad de los microorganismos. La degradación en suelos que contienen plantas es muy diferente a la que se produce en aquellas que no las contienen, las exudaciones que producen y los restos de raíces muertas proporcionan energía y nutrientes capaces de sostener una intensa actividad bacteriana provocando una rápida mineralización de los plaguicidas en esta zona de raíces, que además es la zona más aireada del suelo. Por otra parte, existen evidencias de que los compuestos orgánicos se degradan tanto en la zona no saturada como en el agua de los acuíferos, pero los mecanismos y cinética de degradación no se conocen en profundidad.

La facilidad de degradación de un plaguicida depende de su estructura molecular. En general, los más resistentes son los organoclorados y entre estos el fenol-benceno altamente sustituido. Entre los menos resistentes están los organofosforados.

ii. Adsorción de plaguicidas por los coloides del suelo

Cheng y Lehman (1985), señalan que de todos los mecanismos implicados en la evolución de plaguicidas en el suelo como la adsorción-desorción es el más importante por influir directa o indirectamente en la magnitud y efecto de los otros. Es fácil comprender que la adsorción influye en el lavado, en la volatilización e

incluso en la biodegradación por microorganismos ya que éstos no pueden degradar el plaguicida si éste es inaccesible.

De acuerdo a Khan (1972), ya afirmaba que el proceso de adsorción de plaguicidas por el suelo existe una interacción entre estos compuestos y las partículas del suelo, por lo que está íntimamente relacionado con la superficie específica y con las propiedades físico-químicas de estas partículas. De ahí que la fracción coloidal es más activa y que tiene mayor facilidad para retener las moléculas de los plaguicidas. Las interacciones entre las moléculas de plaguicidas y las fracciones coloidales del suelo están influenciadas por la humedad, temperatura, pH, y contenido de minerales y materia orgánica del suelo.

Algunos estudios experimentales han demostrado que los plaguicidas de uso más frecuente son los clorados, fosforados y carbamatos, de ellos los fosforados son fuertemente inactivados en el suelo.

iii. Efectos de la adsorción

Kanazawa (1989), señala que la adsorción de plaguicidas por los coloides del suelo puede modificar su: actividad, persistencia y degradación.

En cuanto a su actividad da lugar a una inactivación de los plaguicidas, ya que estas moléculas al quedar bloqueadas, no pueden ejercer su efecto tóxico ya que el suelo tiene textura arcillosa y son buenos adsorbentes.

Por otro lado, un aumento de la persistencia de estos compuestos en el suelo existe un riesgo de contaminación. Si la adsorción produce una separación irreversible de la molécula de la forma activa, entonces la pérdida de actividad será permanente, pero si se producen cambios en las condiciones ambientales de temperatura o humedad, o en la estructura del suelo se pueden originar desprendimientos lentos del compuesto al estado disponible, de modo que vuelve a entrar en el sistema biológico.

La degradación, ocurre impidiéndola o retrasándola, ya que mientras que estos compuestos están adsorbidos los mecanismos de descomposición de los mismos o no pueden actuar o actúan más lentamente. En otros casos, la adsorción puede aumentar la degradación del plaguicida, ya que los minerales de la arcilla pueden catalizar su descomposición por medio de la formación de fuertes arcilla-molécula orgánica que debilitarán ciertos enlaces dentro de la molécula.

Como consecuencia de estos efectos se puede afirmar que una condición indispensable previa a la aplicación de un plaguicida en el campo, es conocer la composición del suelo y la naturaleza de los minerales que contienen la fracción arcillosa.

El mismo autor, Kanazawa (1989), señala que, en los suelos agrícolas en general, se han encontrado residuos altos de plaguicidas. La desaparición de estos compuestos aplicados en suelos orgánicos tiene lugar de forma más lenta de lo que cabría esperar estando simplemente expuesto a las condiciones ambientales.

De los resultados obtenidos por los distintos investigadores se deduce que el grado de persistencia de diversos plaguicidas en el suelo depende de sus características: De la estabilidad y las propiedades físico-químicas también de la naturaleza del suelo como la composición, contenido en humedad, temperatura

iv. Factores que influyen en la adsorción.

Maqueda et al (1986), señalan que la adsorción se ve afectada por la composición y saturación de la fracción coloidal del suelo, por las características fisicoquímicas del herbicida, pH, humedad y temperatura del suelo.

Siendo la fracción coloidal de un suelo las partículas cuyo diámetro es menor a 0,02 mm. Además, existen dos grandes grupos: los coloides inorgánicos, también conocidos como arcillas, y los coloides orgánicos, también conocidos como Humus. Tanto los coloides inorgánicos, como los orgánicos poseen un área específica y capacidad de cambio catiónico, contribuyendo al Área Específica y a la Capacidad de Cambio Catiónico total del suelo y por lo tanto a la capacidad de adsorción. La

capacidad de adsorción de pesticidas de un suelo está influenciada por el estado de saturación catiónica de los coloides.

2.2.2 Marco conceptual

i) Plaguicidas

Los plaguicidas son definidos por la COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS en conjunto con la FAO/OMS (1997) como: toda sustancia que se emplea para combatir las plagas agrícolas durante la producción o a toda sustancia que pueda administrarse por aplicación interna a los animales para destruir insectos o arácnidos,

Según, Garcia (2009); los plaguicidas se pueden clasificar en diferentes criterios y en función del tipo de organismo que el pesticida desea controlar se distinguen, los siguientes grupos:

Tabla 1
Clasificación de plaguicidas

Clasificación	Descripción
Fungicidas	Matan hongos
Herbicidas	Matan malas hierbas y otras plantas no deseadas
Insecticidas	Matan insectos y otros artrópodos
Acaricidas	Matan ácaros que se alimentan en plantas y animales
Nematicidas	Matan nematodos
Ovicidas	Matan huevos de insectos y ácaros

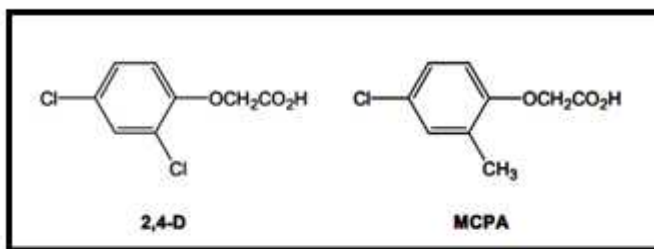
Garcia (2009).

ii) Tipos de plaguicidas

- Fenoxiácidos

Según, Morrinson y Boyd (1998), los herbicidas se introdujeron a mediados de los años cuarenta con el descubrimiento en 1942 del 2,4-D derivado del ácido fenoxiacético y el ácido acético metileno ciclopropil (MCPA) son los más usados a nivel mundial. En la figura 1 se muestran los compuestos.

Figura 1
Estructura química del 2,4-D y MCPA

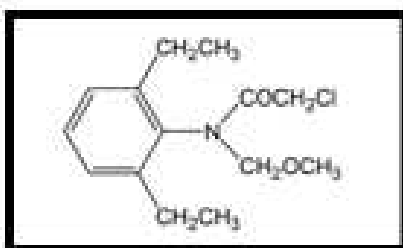


Morrinson y Boyd (1998).

- Cloroacetamidas

Morrinson y Boyd (1998), las cloroacetamidas son acetamidas halogenadas en el carbono y con sustituyentes orgánicos sobre los átomos de nitrógeno que poseen actividad herbicida. Ese tipo de herbicidas de aplicación al suelo controlan gramíneas anuales en germinación y algunas malezas de hoja ancha al ser inhibidores de la división celular. En la figura 2 se muestra la estructura

Figura 2
Estructura química del cloroacetamidas



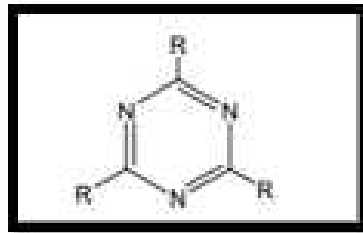
Morrinson y Boyd (1998).

- Triazinas

Morrinson y Boyd (1998), las triazinas constituyen una de las familias más antiguas de herbicidas empleados en la agricultura, en especial la atrazina y la simazina. La atrazina es el herbicida más utilizado en el cultivo de maíz en EE.UU. pero desde 2006 está prohibida por la Unión Europea por los efectos adversos en la salud humana.

Figura 3

Estructura química de la triazinas



Morrinson R. y Boyd R. (1998).

iii) Degradación de los plaguicidas

Otro de los procesos que afectan al comportamiento de plaguicidas en el suelo es el proceso de degradación. Cheng y Lehman (1985), definen la degradación como el proceso por el cual un plaguicida, un compuesto químico orgánico, es transformado estructuralmente por medios químicos, fotoquímicos y más usualmente bioquímicos, dando lugar a productos tales como H₂O, CO₂ y sales. El proceso de degradación es capaz de eliminar totalmente a los plaguicidas del medio ambiente y que los demás procesos sólo los transportan de un medio o lugar a otro.

Tabla 2*Clasificación de la degradabilidad en el suelo*

DT₅₀ (días)	Clasificación
<20	Fácilmente degradable
20-60	Bastante degradable
60-180	Ligeramente degradable
>180	Muy ligeramente degradable

Determinación de residuos de plaguicidas. Castro y Ramos (2005).

iv) Presencia de los plaguicidas en el suelo

Según, Navarro (1986), la presencia de plaguicidas en el suelo es debido a la aplicación de productos fitosanitarios, sobre todo en las partes aéreas de los cultivos y también por las aplicaciones directas al propio suelo. Por las disoluciones en el caso de aguas de escorrentía, donde son adheridos a partículas de suelo y son arrastrados por el viento o el agua. Posteriormente, las plaguicidas pueden llegar al suelo junto al material vegetal que quede en el terreno tras la recolección del cultivo. Una vez incorporado el pesticida al suelo, entra en un ecosistema dinámico, en donde comienza a moverse de un sitio a otro, a degradarse o a trasladarse a otros sistemas como el aire o las aguas subterráneas, o quizás a acumularse y biomagnificarse, dado que pueden introducirse en la cadena alimenticia. La dinámica de los plaguicidas en el suelo está controlada por una serie de procesos, como: adsorción y desorción, lixiviación, degradación, volatilización, difusión, erosión, absorción.

Tabla 3*Factores que influyen en la persistencia de plaguicidas en los suelos*

Plaguicidas	Suelo	Clima
Naturaleza química	Localización geográfica	Viento
Volatilidad	Cobertura vegetal	Temperatura
Solubilidad	Fauna (especies)	Humedad
Concentración	Uso de fertilizantes	
Aplicación	Uso de productos químicos	

Reducción de contaminación por plaguicidas. Rojas (2010).

Según, la FAO, 2006 (Food and Agricultural Organization), la infiltración de plaguicidas en el suelo ocurre tanto para líquidos como para sólidos. Estos últimos normalmente se propagan en primer lugar por la superficie del suelo, y luego pueden infiltrarse tras haber sido disueltos por la lluvia, quedando de esta manera diluidos en la humedad del suelo. Los plaguicidas que se prohíben o se declaran como vencidos u obsoletos, terminan en entierros (la mayoría de las veces sin autorizaciones) o en la disposición en vertederos o basureros mezclados con basura municipal; depende de los recursos económicos que destine cada país para la eliminación de estos productos.

v) Efectos en la salud por los plaguicidas

Idrovo (1999), señala algunos efectos de las plaguicidas en la salud como son:

a) Atraviesan fácilmente por las barreras biológicas como la piel, mucosas, pulmones, tracto gastrointestinal y ojos, también penetran en el sistema nervioso central.

b) Dependiendo del plaguicida, los efectos en la salud van desde intoxicaciones agudas hasta crónicas. Las intoxicaciones agudas reflejan los síntomas 24 horas después de la exposición, y éstos pueden ser: mareos, vómitos, náuseas, visión borrosa, pérdida del conocimiento y convulsiones. Si se tiene en cuenta que todos

los plaguicidas son tóxicos en mayor o menor grado para el hombre, es necesario destacar también este aspecto estando su peligrosidad relacionada con:

- a) La manipulación de los compuestos
- b) La toxicidad residual en alimentos
- c) Su evolución en el suelo

El manejo de estos compuestos produce riesgos de intoxicación que deben ser tomados en cuenta por las personas que los manipulan y aplican.

Los Organismos Internacionales, como la FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación) y la OMS (Organización Mundial de la Salud), han establecido los niveles máximos admisibles respecto a la ingestión de plaguicidas e implementar una legislación apropiada y vigilar cuidadosamente los residuos de los plaguicidas mediante controles analíticos adecuados.

En la siguiente tabla se muestra la lista de los 12 compuestos orgánicos persistentes según el Convenio de Estocolmo.

vi) El Compostaje

Campitelli (2014), afirma que el compostaje es una técnica utilizada desde siempre por los agricultores, que consiste en el apilamiento de los residuos de la casa, excrementos animales y restos de cosecha, con tal que se descomponen y transformen en productos como abono. También señala el autor que el compostaje es "La descomposición biológica aeróbica de residuos orgánicos en condiciones controladas"

López, Andrade, Herrera, González y Garcia de la Figal (2017), los autores señalan que el compostaje, es un proceso aeróbico que combina fases mesófilas (15 a 45°C) y termófilas (45 a 70°C) para conseguir la transformación de un residuo orgánico en un producto estable, aplicable al suelo como abono. En el proceso de compostaje, los responsables o agentes de la transformación son los microorganismos y otros

factores que intervienen en el proceso biológico de transformación, siendo los más importantes:

- Temperatura
- Humedad
- pH
- Oxígeno
- Nutrientes
- Población microbiana

Todas estas variables, están a su vez influenciadas por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y tipo de técnica de compostaje.

Temperatura

Consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados.

Humedad

En la práctica del compostaje siempre se ha de evitar una humedad elevada ya que desplazaría al aire de los espacios entre partículas del residuo y el proceso pasaría a ser anaeróbico. Por otro lado, si la humedad es excesivamente baja disminuye la actividad de los microorganismos.

Se consideran niveles óptimos, humedades del 40-60 %, variando en función de los materiales. Para residuos forestales la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que, para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%. Para conseguir la humedad adecuada se puede mezclar distintos tipos de residuos y triturar o desfibrar los materiales.

pH

Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5)

Contenido de oxígeno

Asegurar la presencia de oxígeno necesario para el desarrollo del proceso es imprescindible para obtener un buen y rápido compost y evitar al máximo problemas de malos olores.

No existe un intervalo óptimo de concentración de oxígeno, dependiendo del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y presencia/ausencia de aireación forzada.

Otra forma de oxigenar la pila de compost son los métodos de aireación directa, ya sea por succión o por presión.

Nutrientes

Todos los organismos necesitan de nutrientes para crecer y reproducirse. Las cantidades varían de elemento a elemento, manteniendo una relación constante unos con respecto a otros. El mantenimiento de este balance es especialmente importante para los macronutrientes carbono y nitrógeno y donde la cantidad de carbono es considerablemente superior a la de nitrógeno.

Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica, sin embargo, si la materia orgánica a compostar es poco biodegradable, la lentitud del proceso será causa de ello y no de la falta de nitrógeno.

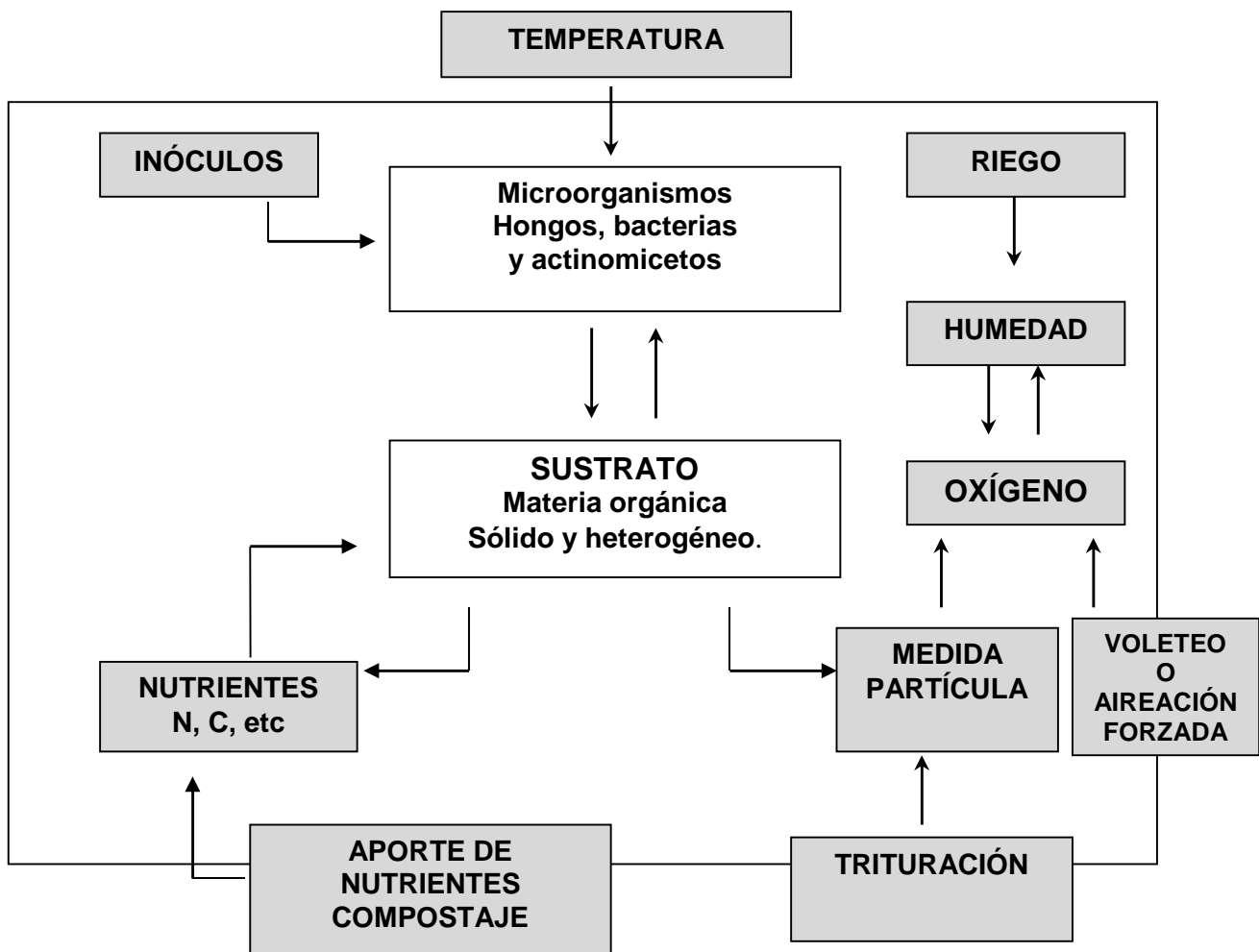
Una relación C/N muy baja afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco.

Población microbiana

Campos, Castells y Flotats (2012), señalan que el compostaje es un proceso dinámico por la amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos, ligados a una sucesión de ambientes. Y por eso, una población comienza a aparecer mientras otros están en su máximo o ya están desapareciendo, complementándose las actividades de los diferentes grupos.

En la primera etapa del compostaje aparecen las bacterias y hongos mesófilos, con predominio de los primeros. Cuando la temperatura llega alrededor de los 40°C aparecen las bacterias y los hongos termófilos, además de los primeros actinomicetos. Por arriba de los 70°C cesa la actividad microbiana.

Figura 4
Factores en el proceso de compostaje



vii) Propiedades del compost

Mora (2006), señala la mejora de las propiedades físicas del suelo, favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua. Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos, actúa como alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo porque:

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente nitrógeno.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.
- Mejora la porosidad, y por consiguiente la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del suelo.
- Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- El compost es una fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana.
- Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana.

Tabla 4
Composición del compostaje

Composición	Porcentaje (%)
Humedad	40 - 45 %
Nitrógeno	1.5 - 2 %
Fósforo	2 - 2.5 %
Relación C/N	10 – 11%
Ácidos húmicos	2.5 - 3 %
Carbono orgánico	14 - 30 %
Calcio	2 - 8 %
Magnesio	1 - 2.5 %
Cobre	0.05%
Hierro	0.02%
Manganeso	0.06%

Manual de compostaje para municipios. Rubén (2002).

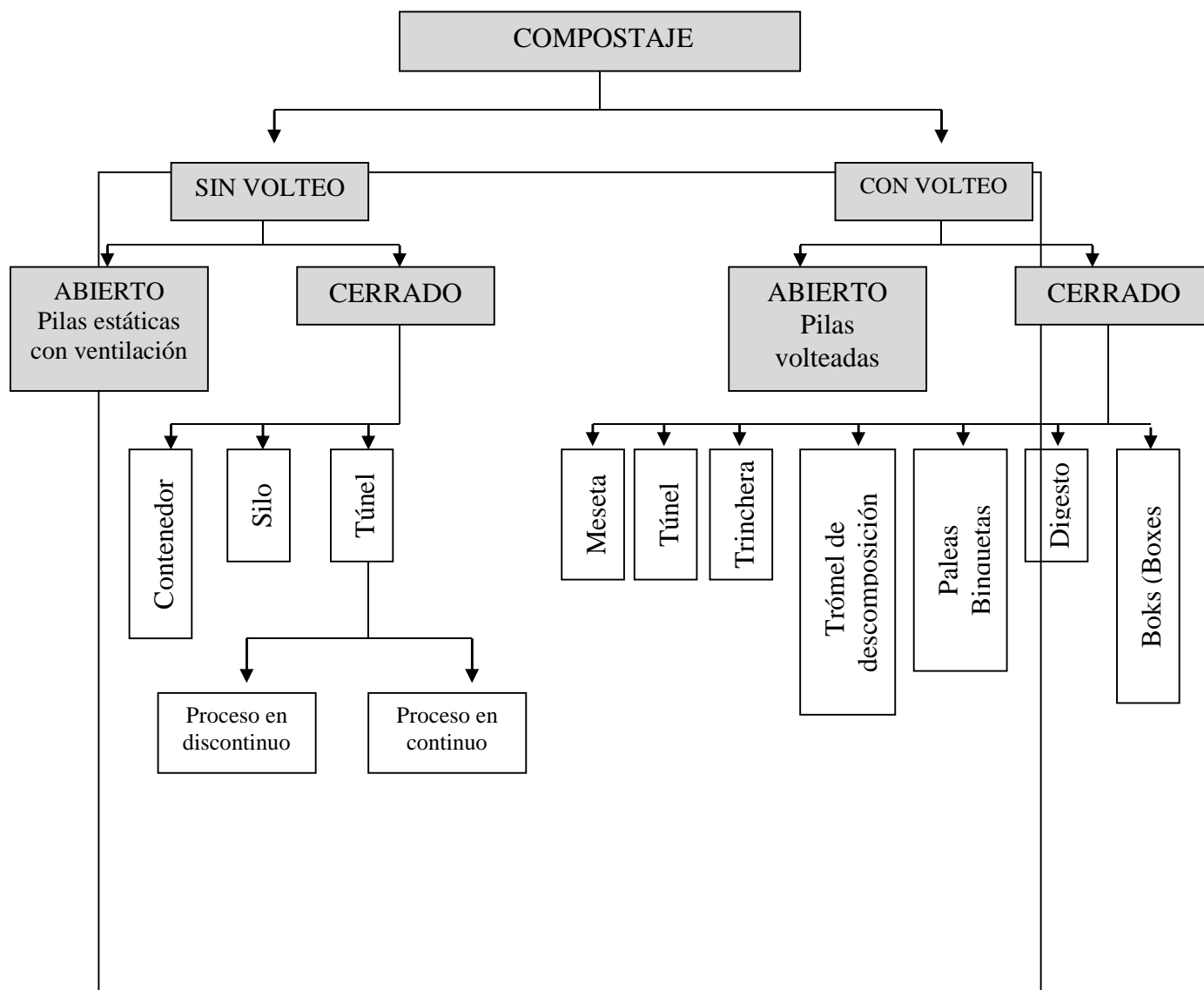
viii) Proceso del compostaje

Cuadros (1995), afirma que el proceso por el cual se elabora la composta se ha denominado “compostaje”. Las tecnologías para el compostaje son variadas y los productos finales también varían en su composición, color, textura, etc., según los residuos y el proceso que les dio origen.

Este proceso requiere de oxígeno (aeróbico) y agua en cantidad suficiente; genera cierta cantidad de calor (proceso exotérmico), bióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua. Los organismos implicados en el proceso son un conjunto de bacterias, hongos y micro fauna.

Al finalizar el proceso, la composta es estable, esto es, no se descompone, no crecen en ella animales, hongos o bacterias y puede almacenarse largo tiempo sin perder sus propiedades.

Figura 5
Compostaje



Manual de Compostaje para municipios Rubén (2002).

División del proceso de compostaje según la temperatura

De acuerdo al Manual de Compostaje para municipios de Rubén (2002).

• Mesolítico

La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

• Termófilico

Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

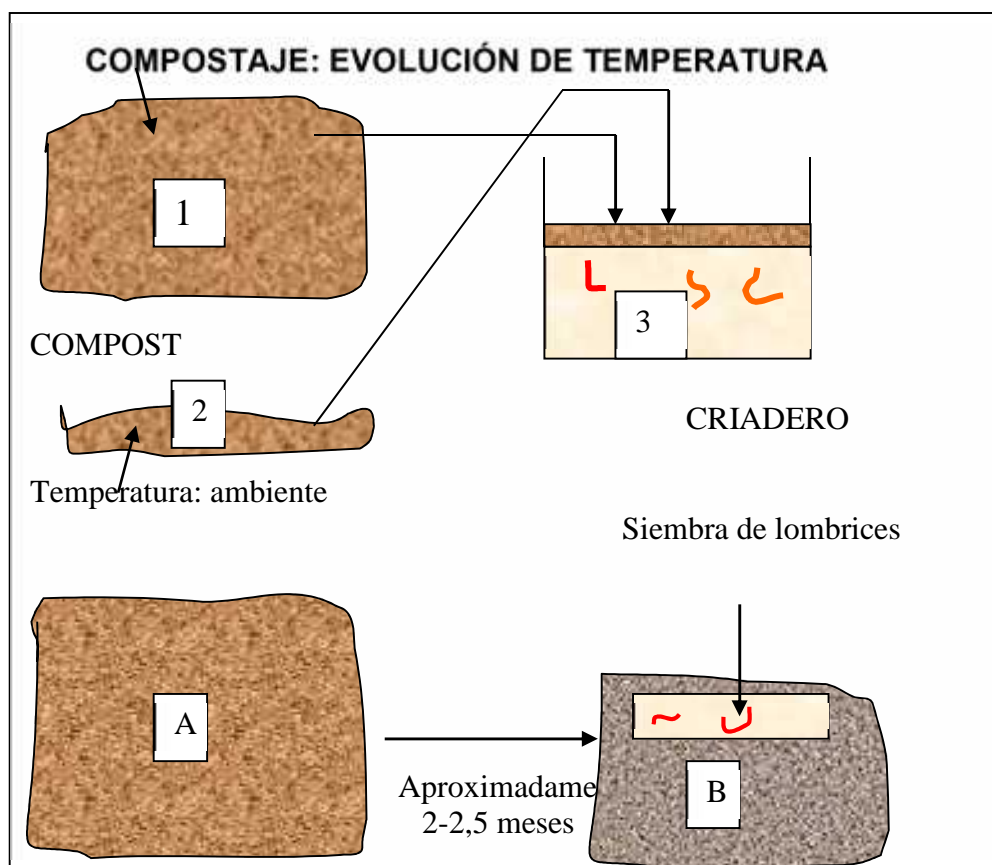
• De enfriamiento

Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvaden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

• De maduración

Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

Figura 6
Evolución de temperatura



Manual de Compostaje para municipios Rubén (2002).

ix) Técnicas de compostaje

a) Compost en superficie

Según, el manual de compostaje de Rubén 2002, recomienda esparcir sobre el terreno una delgada capa de material orgánico más menos de 10 cm. dejándolo descomponerse y penetrar poco a poco en el suelo. Según se va dando el proceso natural de incorporación al suelo se esparcen nuevos restos. Cuanto más desmenuzado esté más rápida será la absorción.

En zonas no muy calurosas se puede depositar sin ningún tipo de protección. En situaciones de menor humedad ambiental y precipitaciones es mejor cubrirlos con una delgada capa de paja picada, hierba, coníferas, etc.

Los organismos vivos del suelo son los que irán incorporándose a los restos esparcidos y se encargarán de incorporarlos en los diferentes niveles del suelo.

b) Compost en montón

Rubén (2002), señala que cuando hay una cantidad abundante y variada de residuos vegetales y orgánicos se puede llevar a cabo este tipo de compostaje que a su vez tiene una gran cantidad de variantes como:

Compostaje de podas vegetales

Después de acumular restos vegetales de todo tipo, se trituran estos y se mantienen sumergidos en agua en alguna alberca o bidón, durante 24 o 48 horas se mantiene durante 21 días.

Compostaje residuos vegetales y estiércol

Se trituran los residuos y se remojan durante 3 días. Se recolectan hierbas aromáticas en toda la variedad posible y se remojan a su vez durante 24 horas. Después se hace un montón de capas alternas de 15 cm. de residuos vegetales, otra de estiércol de oveja o caballo y una tercera de las hierbas aromáticas, se deja durante 21 días. Después se deshace y se vuelve a rehacer en forma piramidal de 2,2 m de base por 1,6 m de altura y se deja 90 días.

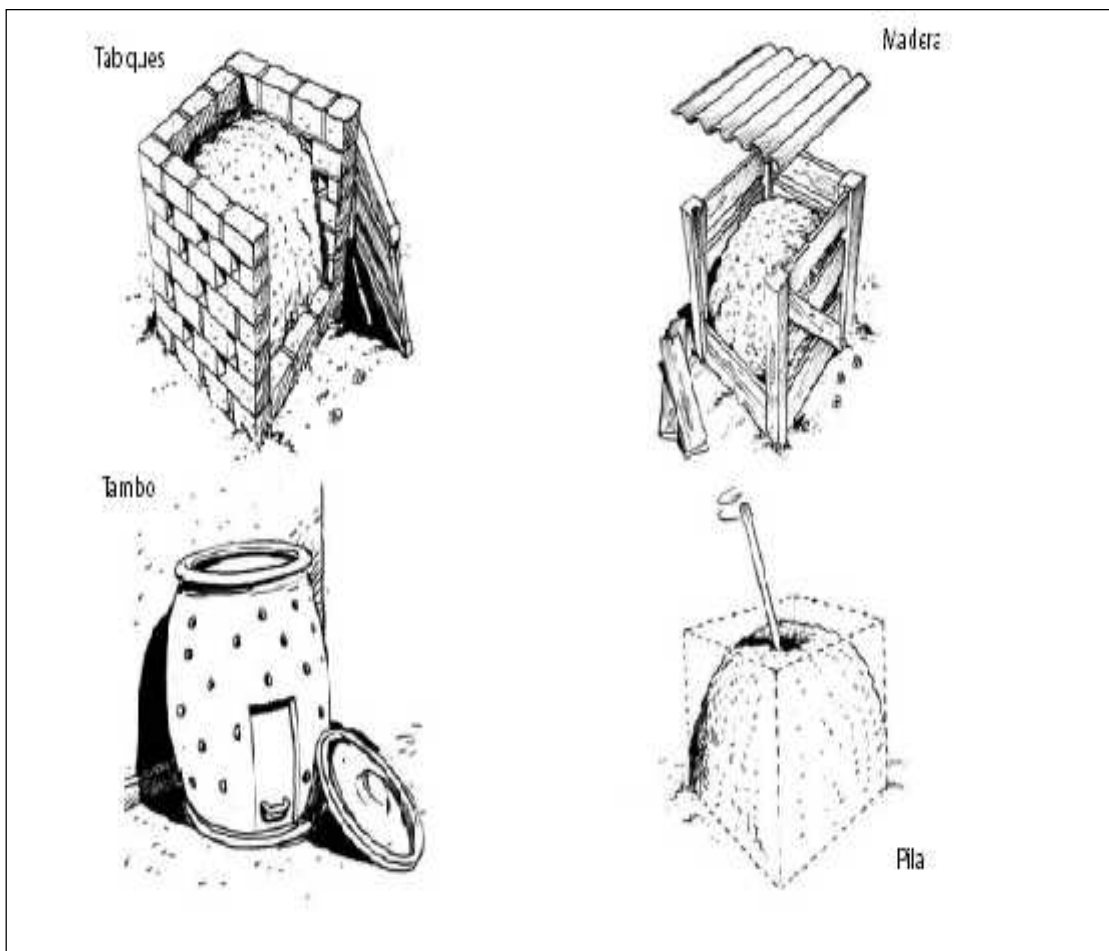
Compostaje de coníferas

Se trituran las ramas y junto a las hojas se ponen a remojo durante siete días. Se sacan y se amontonan durante 21 días. se cubre con una capa fina de tierra y otra superior de ramas y se mantiene durante 90 días. Resulta muy aconsejable regar periódicamente con purín de ortigas para activar la lenta descomposición.

Compostaje de hojas

Se hace un montón con series de capas que comienzan con de 25 cm. de hojas, otra de dos dedos de ramas trituradas, se le monta otra de residuos de cocina o cortes de césped y después otra de hojas. Siempre la última capa será de hojas. Se cubre el montón con tierra para evitar que se vuelen las hojas y al cabo de un mes lo mezclaremos y airearemos.

Figura 7
Técnicas del compostaje



Manual de Compostaje para municipios Rubén (2002).

2.3 Definición de términos básicos

- **Compost:** es un abono orgánico 100% natural, de color café oscuro, de dulce aroma y rico en nutrientes. Se usa como tierra y abono para nuestras plantas. ¡lo enriquece y por lo tanto, entrega vida a las plantas
- **Compostaje:** es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener el compost.
- **Compuestos orgánicos persistentes:** son un conjunto de compuestos químicos que resisten en grado variable la degradación fotoquímica, química y bioquímica; lo que causa que su vida media sea elevada en el ambiente como insecticidas, fungicidas, nematicidas, herbicidas, los policlorobifenilos (PCBs), dioxinas y furanos.
- **Cromatografía:** es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, la cual tiene aplicación en todas las ramas de la ciencia; es un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla, permitiendo identificar y determinar las cantidades de dichos componentes.
- **ECA:** Estándar de Calidad Ambiental
- **Edafología:** Estudio de suelo, sus orígenes, formación y sus características fisicoquímicas.
- **Humus.** Se denomina Humus a aquella materia orgánica amorfa, con estructura química no reconocible de tipo polímero, con alto peso molecular, hidrofílica y de reacción ácida.
- **Lixiviación:** Es un proceso físico de transferencia de materia que ocurre cuando un solvente líquido atraviesa un sólido.

- **Plaguicidas:** Es un tipo de plaguicida químico usado para matar nematodos que parasitan a las plantas. Son tóxicos que poseen alta volatilidad y fácilmente migran a través del suelo.
- **Porosidad:** Es una propiedad del suelo, determinada como consecuencia de la textura y estructura del suelo, es decir su sistema de espacios vacíos o poros.
- **Suelo:** Compuesto por partículas inorgánicas como arcillas, minerales, materia orgánica, agua, microorganismos.
- **Textura:** Es una propiedad del suelo, determinada por la proporción en la que se encuentran las partículas elementales de varias dimensiones que lo conforman.

CAPÍTULO III HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General:

La degradación de los plaguicidas sintéticos de los suelos agrícolas se logra mediante la aplicación del compostaje bajo condiciones controladas de pH, temperatura, humedad y materia orgánica.

3.1.2 Hipótesis Específicas:

- a) Las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas sintéticos presentan pH y concentración.
- b) Las características fisicoquímicas del suelo agrícolas son conductividad eléctrica, pH, porcentaje de materia orgánica y porcentaje de humedad.
- c) Los parámetros para aplicar el compostaje son: relación C/N, porcentaje de materia orgánica, pH, T°, porcentaje de humedad,

3.2 Definición conceptual de las variables:

La variable independiente: X

El compostaje es materia orgánica de residuos agrícolas, aporta población microbiana para la degradación de los plaguicidas bajo condiciones controladas como la temperatura, humedad, relación C/N, pH.

La variable dependiente: Y

Proceso degenerativo de las estructuras moleculares orgánicos de los plaguicidas que reduce su capacidad química dando lugar a nuevos compuestos inocuos.

3.3 Operacionalización de la variable:

$$Y = f(X)$$

Para demostrar y comprobar la hipótesis anteriormente formulada, se operacionaliza las variables que a continuación se indican:

Tabla 5
Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Variable Dependiente Y: Degradación de plaguicidas sintéticos de los suelos agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> Propiedades fisicoquímicos 	<ul style="list-style-type: none"> pH concentración de plaguicidas 	Análisis fisicoquímico Análisis cromatográfico
Variable Independiente X: Aplicación del compostaje	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros fisicoquímicos 	<ul style="list-style-type: none"> % materia orgánica pH temperatura % de humedad relación C/N 	Análisis fisicoquímico

CAPÍTULO IV DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de la investigación.

Tipo de Investigación: Aplicada

Diseño de la Investigación: El diseño de la presente investigación obedecerá a un modelo experimental - longitudinal.

4.2 Método de investigación

Muestreo: Probabilístico, aleatorio

Unidad de análisis: suelos agrícolas

Procedimientos:

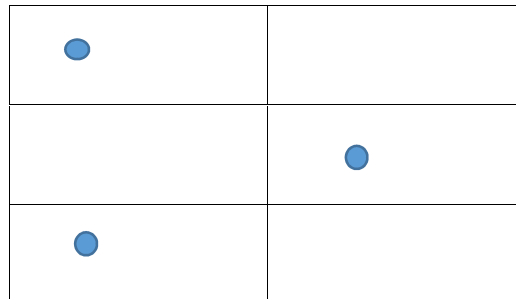
- Reconocimiento de la zona de estudio
- Ubicación de las zonas de muestreo
- Toma de muestras de suelos agrícolas
- Análisis fisicoquímico de suelos
- Análisis de plaguicidas en suelos
- Preparación del compostaje
- Aplicación de compostaje
- Monitoreo de la aplicación del compostaje
- Análisis de plaguicidas después de la aplicación del compostaje
- Resultados
- Discusión

4.3 Población y muestra

Población: suelos agrícolas ubicado en el distrito de Carabayllo-Lima

Muestra: 3 estaciones y por cada estación se tomó 3kg de suelos a profundidad de 30cm.

Figura 8
Tipo de muestro Zigzag



4.4 Lugar del estudio y periodo desarrollado

La zona agrícola del distrito de Carabaylo, localizado al norte de la ciudad de Lima, cercano al distrito de Santa Rosa de Quives, por el sur cercano al distrito de Comas, ubicado por los márgenes del río Chillón.

Se ha desarrollado en un periodo de 7 meses considerando desde la toma de muestras, preparación del compostaje, aplicación de compostaje al suelo, luego el monitoreo.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Se utilizó el Manual de Prácticas de la Materia Edafología de Cano (2006), Chiapas, México. El Manual de compostaje para Agricultura Ecológica de Álvarez de la Puente (2010), la Consejería de Agricultura y Pesca Junta de Andalucía Universidad de Huelva Spain y el Manual de Compostaje para municipios, de Rubén (2002), Ecuador. para los siguientes parámetros fisicoquímicos.

- Materia orgánica
- Relación C/N
- pH
- Humedad
- Concentración de plaguicidas

Tratamiento de muestras

Para el tratamiento de muestras de suelos se utilizó la Guía metodológicas de suelos de Aurrecochea (2004) y el Manual de Prácticas de la Materia Edafología, de Cano (2006). Las muestras de suelos han sido tratadas de acuerdo al ISO 11465.

I) Determinación de las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas

- Concentración de los plaguicidas

➤ Determinación concentración de plaguicidas en el suelo por Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS)

La GC-MS es un método de cuantificación de plaguicidas. Las condiciones cromatográficas son para el inyector temperaturas entre 220-270°C, el acoplamiento de cromatografía de gases con inyector de vaporización de temperatura programable por ionización electrónica, acoplado a espectrometría de masas con selección de ion precursor (GC/PTV/ EI/MS2)

II) Determinación de las características fisicoquímicas de los suelos

- Materia orgánica
- pH
- Conductividad eléctrica
- Humedad

➤ Determinación del porcentaje de materia orgánica en el suelo.

De acuerdo al manual de prácticas de la materia edafológica de Cano (2006).

En el suelo el carbono puede hallarse de diferentes formas :

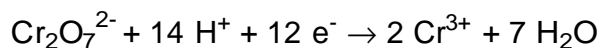
- La determinación cuantitativa de la materia orgánica se realiza analizando el carbono orgánico. Los métodos de análisis son:

✓ **Métodos por vía seca:**

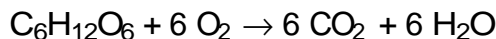
El contenido de materia orgánica se obtiene por diferencia de pesada después de una combustión de 5 horas en una mufla a 550°C

✓ **Métodos por vía húmeda** se lleva a cabo de la siguiente manera:

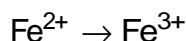
- Reducción del Cr⁶⁺



-Oxidación de la materia orgánica.



- Valoración del exceso de oxidante con una sal ferrosa, la sal de Mohr.



En caso de muestras muy ricas en materia orgánica es preferible duplicar la cantidad de dicromato potásico y ácido sulfúrico.

Procedimiento.

Se pulverizó en un mortero unos 10 g de muestra del suelo, luego se pesó 0,5 de muestra y se añadió 10 ml de solución 1 N de dicromato potásico, se agitó el erlenmeyer para asegurar una mezcla homogénea, se añadió 20 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se dejó reposar el matraz durante 20 minutos, se añadió unos 100 ml de agua destilada y dejó enfriar para luego se agregó 10 ml de ácido fosfórico concentrado con 5 gotas del indicador (difenilamina). Se valoró con la

solución ferrosa, anotando el volumen gastado con el viraje de azul oscuro a verde. Previamente se realizó un ensayo en blanco con todos los reactivos menos el suelo. Donde:

$$\%C\text{-orgánico} = (V_B - V_M) \cdot 10^{-3} \times N_{Fe} \times (12 / 4p) \times 100 / (100 - \%H) \times f$$

V_B : volumen de sal ferrosa gastado en el ensayo en blanco.

V_M : volumen de sal ferrosa gastado con la muestra.

N_{Fe} : normalidad de la sal ferrosa.

p : de la muestra en g.

f : factor de recuperación (su valor es de 1.3)

Para pasar de carbono orgánico a materia orgánica, se debe multiplicar por el factor de Van Bemmelen, ya que la materia orgánica contiene carbono orgánico.

$$\% M.O. = \% C \times 1,724$$

Los resultados se expresan como porcentaje de materia orgánica.

➤ **Determinación de relación de Carbono / Nitrógeno**

Según, Aurrecochea (2004), señala que esta relación indica la fracción de carbono orgánico frente al nitrógeno, siendo esta relación un valor numérico que determina la proporción de Carbono/Nitrógeno que podemos encontrar en el suelo por lo que la totalidad del nitrógeno orgánico presente en un residuo orgánico es disponible por ser biodegradable.

Porta, López y Poch (2014). Estos autores indican para el cálculo se debe considerar:

Materia orgánica (%)

$$M.O = C.O (\%) \times 1.72$$

Nitrógeno total (%)

$$N.T = M.O \times 0.05$$

Carbono total

$$C.T = (V \times Da \times C.O(\%))/1000$$

Relación C/N

$$C/N = C.T / N.T$$

C.O = carbono orgánico

Da = densidad aparente (1.225kg/m³ (de 10 a 30 cm de profundidad)

V = volumen de suelo

M.O = materia orgánica

➤ pH:

Este parámetro se determina sobre el extracto acuoso de la mezcla del compostaje más suelo. Siendo la proporción de la mezcla/agua de 1/5, para lo cual se pesó 10 g. de mezcla tamizado en una balanza digital con precisión 0,01 g. y se llevó a un erlenmeyer en la que se agregó 50 ml de agua destilada. Se agitó y se dejó reposar por unos minutos luego se filtró el líquido y se introdujo el medidor de pH.

III) Preparación una pila de compost

- **Preparación**

Se ha trabajado con las recomendaciones del Manual de compostaje para Agricultura Ecológica del 2010 de José María Álvarez de la Puente de la Consejería de Agricultura y Pesca Junta de Andalucía Universidad de Huelva Spain.

Se realizó directamente en el suelo, un lugar poco transitada pero accesible.

Por la cantidad abundante y variedades de residuos vegetales y orgánicos, se ha llevado a cabo este tipo de compostaje.

Se acumuló restos vegetales de todo tipo, para las capas del compostaje se comenzó con hojas secas, leña quemada. A continuación, se añadió restos de verduras, frutas con hojas secas, paja, y otra capa con los restos de la huerta, con

un poco de agua para aportar cierta humedad, se fue añadiendo capas de residuos de hojas frescas hasta cubrir con una capa de hierbas por encima.

Figura 9

La pila de compost inicialmente con residuos vegetales



Figura 10

La pila de compost con adición de residuos de hojas frescas



Figura 11

La pila de compost cubriendo con capa de hierbas frescas



- **Fases del proceso de compostaje**

Una vez que se ha realizado la mezcla de restos orgánicos vegetales como poda, hojarasca, etc., se inició el proceso de compostaje propiamente dicho, que consta de dos fases bien diferenciadas que son: la fase de descomposición y la fase de maduración.

La fase de descomposición

Llamada también fase de fermentación. En esta fase, los microorganismos actúan rompiendo los enlaces de las moléculas de los restos orgánicos; esta rotura de los enlaces y formación de otros compuestos simples se libera energía, lo que provoca un aumento de temperatura y consume mucho oxígeno. (Álvarez de la Puente, 2010)

Desde un punto de vista microbiológico durante esta fase se producen dos etapas:

1) Etapa de crecimiento: Es el período de aclimatación de los microorganismos a su nuevo medio y el inicio de la multiplicación y de la colonización de los residuos. El

proceso es iniciado por bacterias mesófilas que trabajan a temperatura aproximada de 45-50°C; se degradan los compuestos más biodegradables y dura unos 2-4 días. Como resultado de este proceso se comienza a calentar la masa de residuo orgánico. Los organismos liberan ácidos por lo tanto hay una disminución del pH en el medio. (Álvarez de la Puente,2010)

2) Etapa termófila: Debido a la actividad de las bacterias y el aumento de la temperatura en la pila de los residuos, aparecen organismos termófilos (bacterias y hongos) que actúan a temperaturas mayores (entre 50 y 60° C), produciendo una rápida degradación de la materia orgánica. La temperatura alcanzada durante esta fase del proceso garantiza la higienización y eliminación de gérmenes patógenos, larvas y semillas. Pasado este tiempo disminuye la actividad biológica y se estabiliza el medio. Durante la fase de descomposición la pila se incrementa la temperatura y cuando se mezcla desprende vapor de agua y calor. Al finalizar esta fase, el volumen de la pila o montón ha disminuido. Esta fase del proceso duró 3 semanas. Durante esta fase, se controló cuidadosamente las condiciones de trabajo para evitar: temperaturas excesivas en el secado del material, condiciones anaerobias pérdida de NH₃, lo que provocaría pérdida de nutrientes y cierto impacto ambiental.

Figura 12

La pila de compost en fase de descomposición



c) Fase de maduración

Esta fase comienza cuando la materia orgánica está prácticamente descompuesta, la temperatura sigue descendiendo hasta llegar a temperatura ambiente, el pH tiende a la neutralidad, se genera la estabilización de la materia orgánica llegando la relación C/N a 12.

Figura 13

La pila de compost en fase de maduración



b) Aplicación del compostaje al suelo

A continuación, se muestra las tres estaciones donde se aplicaron el compostaje. E1, E2 y E3.

Para la aplicación del compostaje primeramente se retiró una capa superficial de suelo de 50cm de largo por 50 cm de ancho y una profundidad de 20 cm y se mezcló con 2 kg de compostaje, dejando reposar por cuatro meses.

Figura 14

Aplicación de compostaje en el suelo en la estación (E1)



Figura 15

Aplicación de compostaje en el suelo en la estación E2



Figura 16

Aplicación de compostaje en el suelo en la estación E3



4.6 Análisis y procedimientos de datos

Para el presente trabajo de investigación se aplicó como técnica estadística el paquete estadístico SPSS por Windows Versión 22, para la estadística descriptiva y el coeficiente de Pearson para ver la correlación entre los parámetros medidos.

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

5.1.1 Análisis fisicoquímicos iniciales del suelo

Tabla 6
Características fisicoquímicas del suelo

Parámetros	E1	E2	E3
Materia orgánica (%)	1.80	1.25	1.35
pH	6.20	6.50	6.30
CE (dSm-1)	2.54	2.52	2.48

Figura 17
Características fisicoquímicas del suelo

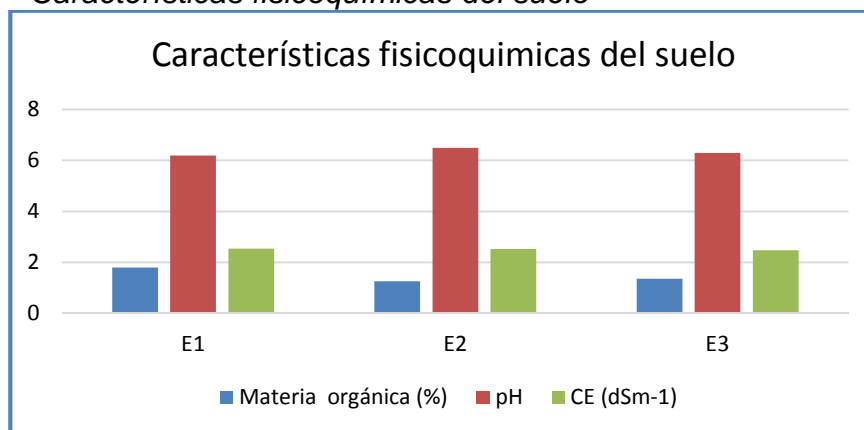


Tabla 7
Parámetros del compostaje inicial

Parámetros	
Temperatura (°C)	55
Humedad (%)	60
pH	6.8
Relación C/N (%)	50

Figura 18
Parámetros del compostaje inicial

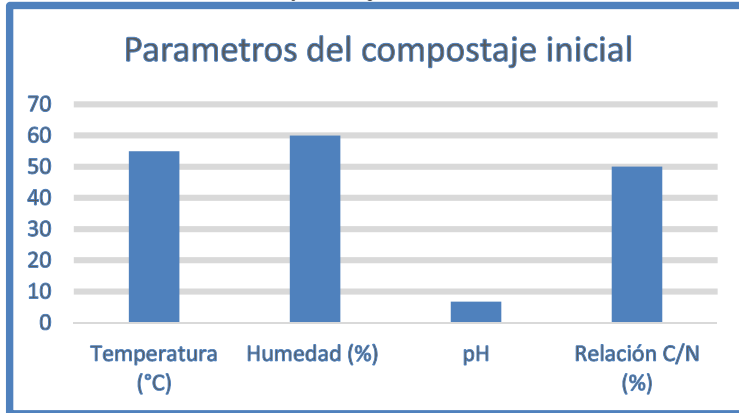
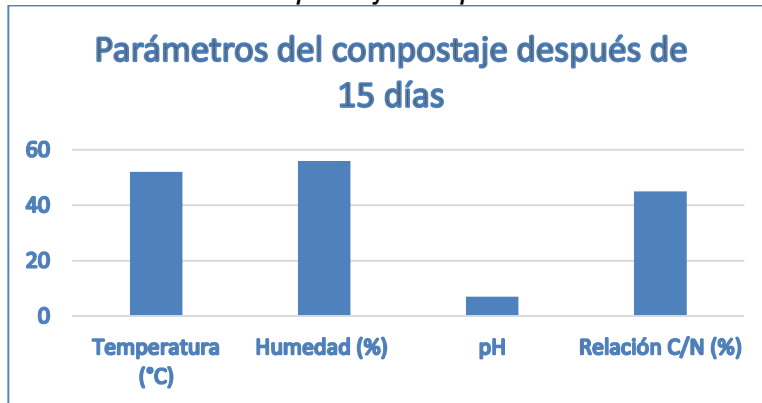


Tabla 8
Parámetros del compostaje después de 15 días

Parámetros	
Temperatura (°C)	52
Humedad (%)	56
pH	7
Relación C/N (%)	45

Figura 19
Parámetros del compostaje después de 15 días



5.2 Resultados inferenciales

Monitoreo de la aplicación del compostaje

Una vez aplicado el compostaje en las estaciones E1, E2 y E3 se realizaron el monitoreo en estas estaciones, considerando los parámetros de temperatura, humedad, pH y relación C/N.

a) Modelamiento de los parámetros con la aplicación del compostaje

Figura 20

Porcentaje de materia orgánica en un periodo de 20 semanas

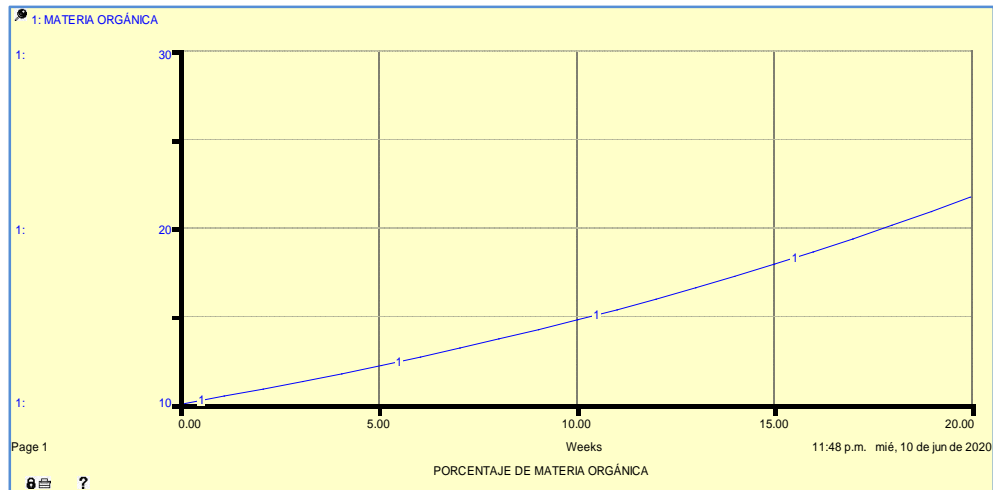


Figura 21

La temperatura en un periodo de 20 semanas

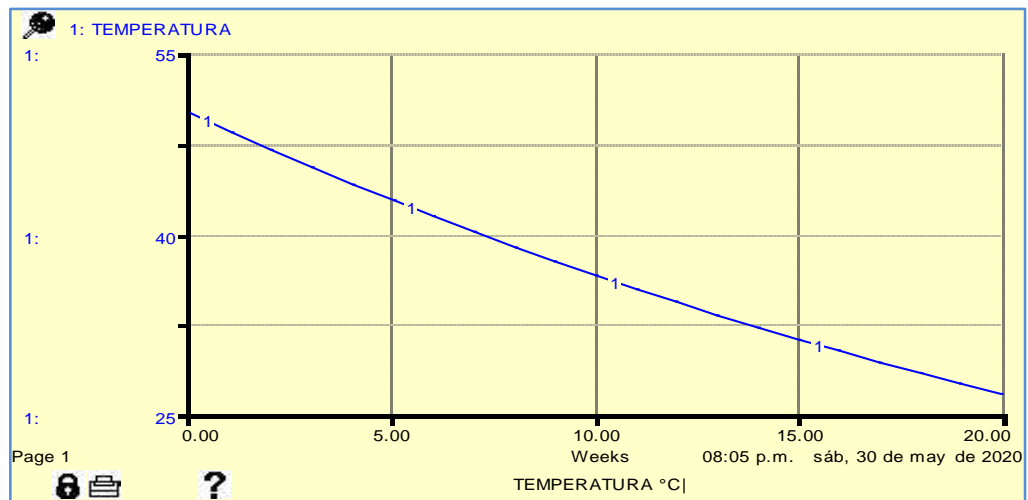


Figura 22
Porcentaje de humedad en un periodo de 20 semanas

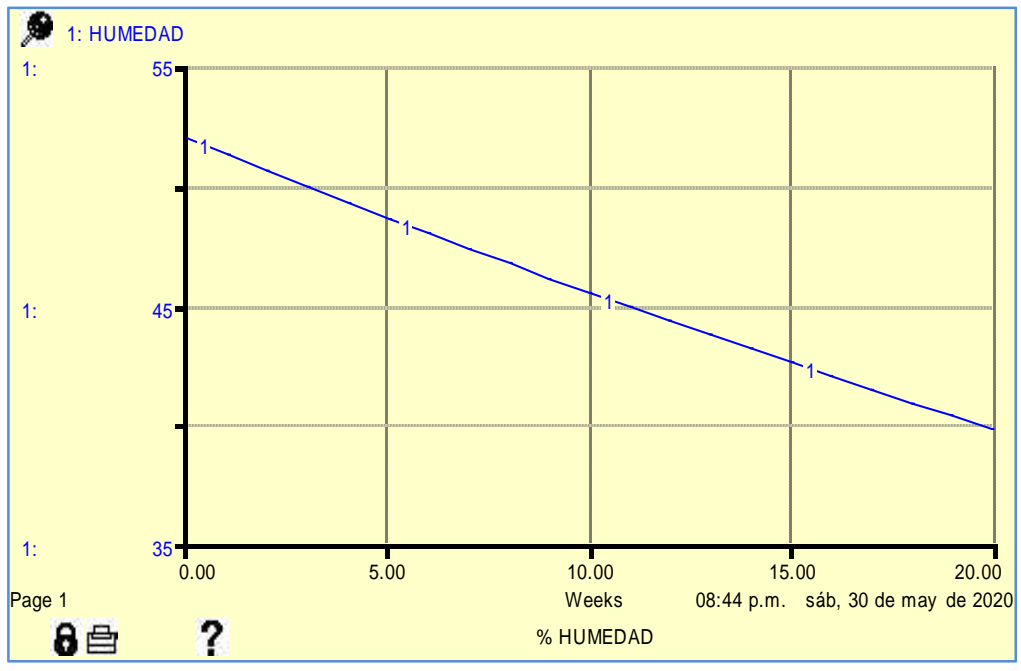


Figura 23
pH en un periodo de 20 semanas

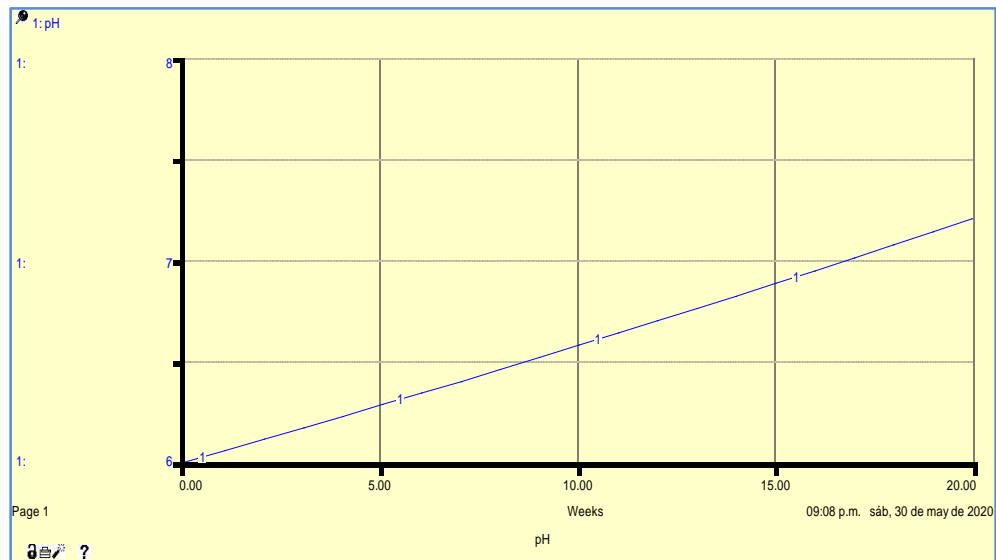


Figura 24

Relación de carbono/ nitrógeno en un periodo de 20 semanas

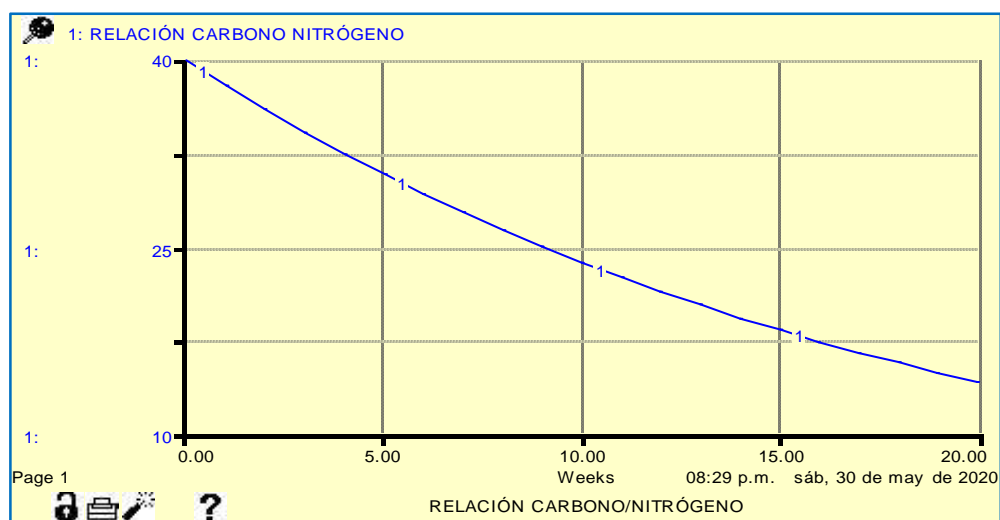


Tabla 9

Parámetros con la aplicación del compostaje en la semana 6

Parámetros	Valor
Materia orgánica	12.62%
Temperatura	41.36°C
Humedad	47.98%
pH	6.34
Relación C/N	29.20%

Tabla 10

Parámetros con la aplicación del compostaje en la semana 10

Parámetros	Valor
Materia orgánica	14.73%
Temperatura	36.25°C
Humedad	45.47%
pH	6.58
Relación C/N	23.67%

Tabla 11*Parámetros con la aplicación del compostaje en la semana 12*

Parámetros	Valor
Materia orgánica	15.92%
Temperatura	34.22°C
Humedad	44.20%
pH	6.70
Relación C/N	21.31%

b) Análisis de plaguicidas (después de la aplicación del compostaje)

Para los análisis de plaguicidas en forma experimental se determinó mediante un Cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS) que es un método de cuantificación. Las condiciones cromatográficas para el inyector las temperaturas fueron entre 220-270°C.

El buen funcionamiento del acoplamiento de cromatografía de gases es con un inyector de vaporización de temperatura programable por ionización electrónica, acoplado a espectrometría de masas con selección de ion precursor (GC/PTV/EI/MS2).

Tabla 12*Concentración de plaguicidas en el suelo*

Plaguicidas	Concentración (µg kg ⁻¹)
Endosulfan	3.60
Mirex	12.00
Lindano	6.00

Modelamiento de las concentraciones de las plaguicidas

Figura 25

Concentración de plaguicidas en un periodo de 20 semanas

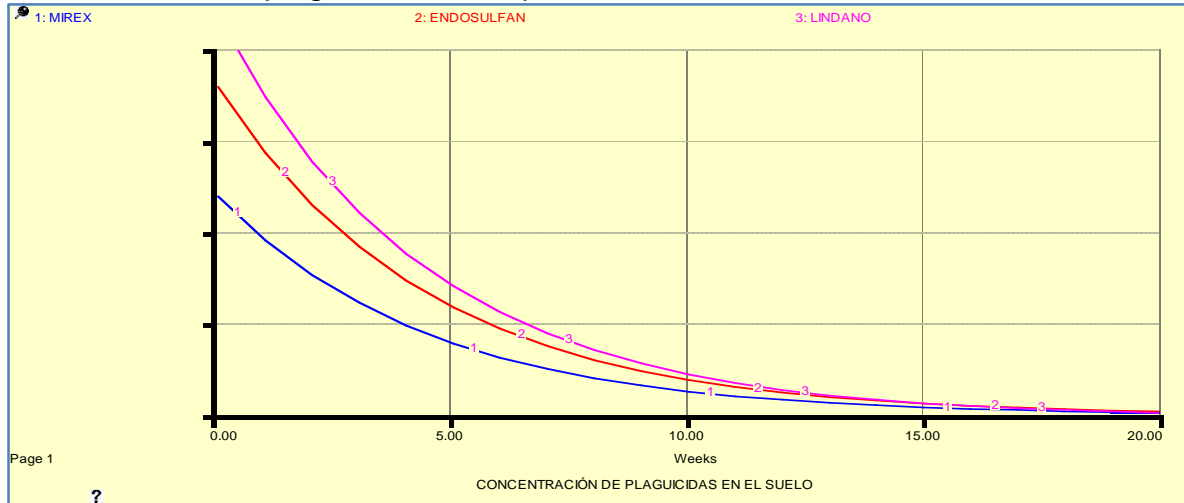


Tabla 13

Concentración de plaguicida en el suelo después de la aplicación del compostaje

Semanas	Mirex ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Lindano ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Endosulfan ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Inicial	12.00	6.00	3.60
1	9.60	4.80	2.88
2	7.68	3.84	2.30
3	6.14	3.07	1.84
4	4.92	2.46	1.47
5	3.93	1.97	1.18
6	3.15	1.57	0.94
7	2.52	1.26	0.75
8	2.01	1.01	0.60
9	1.61	0.81	0.48
10	1.29	0.64	0.39
11	1.03	0.52	0.31
12	0.82	0.41	0.25
13	0.66	0.33	0.20
14	0.53	0.26	0.16
15	0.42	0.21	0.13
16	0.34	0.17	0.10
17	0.27	0.14	0.08
18	0.22	0.11	0.06
19	0.17	0.09	0.05
20	0.14	0.00	0.00

Tabla 14*Concentración de plaguicidas en el suelo en la semana 6*

Plaguicidas	Concentración ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Mirex	3.15
Lindano	1.57
Endosulfan	0.94

Tabla 15*Concentración de plaguicidas en el suelo en la semana 10*

Plaguicidas	Concentración ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Mirex	1.29
Lindano	0.64
Endosulfan	0.39

Tabla 16*Concentración de plaguicidas en el suelo en la semana 12*

Plaguicidas	Concentración ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Mirex	0.82
Lindano	0.41
Endosulfan	0.25

Tabla 17
Concentración final de plaguicidas en el suelo

Plaguicidas	Concentración ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Mirex	0.14
Lindano	0.00
Endosulfan	0.00

Para la verificación de las concentraciones de los plaguicidas se ha enviado una muestra al laboratorio de Análisis Químico externo.

Tabla 18
Concentración final de plaguicidas en el suelo (análisis en laborat. externo)

Plaguicidas	Concentración ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Mirex	0.1378
Lindano	0.0000
Endosulfan	0.0000

Laboratorio de Análisis Químico SAC.

5.3 Resultados estadísticos de acuerdo al problema y la hipótesis

Para analizar los datos obtenidos se aplicó la correlación de Pearson, se presenta en la tabla 19.

Tabla 19*Correlación de Pearson análisis estadístico de los parámetros*

		MATERIA ORGANICA	pH	RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO	HUMEDAD
MATERIA ORGANICA	Correlación de Pearson	1	.796	.896(*)	.983(**)
	Sig. (bilateral)		.058	.016	.000
pH	Correlación de Pearson	.796	1	.906(*)	.804
	Sig. (bilateral)	.058		.013	.054
RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO	Correlación de Pearson	.896(*)	.906(*)	1	.939(**)
	Sig. (bilateral)	.016	.013		.005
HUMEDAD	Correlación de Pearson	.983(**)	.804	.939(**)	1
	Sig. (bilateral)	.000	.054	.005	

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).
Software SPSS 22.

Existe una correlación positiva lo que indica que cuando las concentraciones de pH, porcentaje de humedad, relación de carbono/nitrógeno, son parámetros que guardan relación directa con el porcentaje de materia orgánica.

Tabla 20*Correlación de Pearson análisis estadístico de los plaguicidas*

		ENDOSULFAN	MIREX	LINDANO
ENDOSULFAN	Correlación de Pearson	1	.984(**)	.988(**)
	Sig. (bilateral)		.000	.000
	N	3	3	3
MIREX	Correlación de Pearson	.984(**)	1	.975(**)
	Sig. (bilateral)	.000		.001
	N	3	3	3
LINDANO	Correlación de Pearson	.988(**)	.975(**)	1
	Sig. (bilateral)	.000	.001	
	N	3	3	3

** La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).
Software SPSS 22

Existe una correlación positiva lo que indica que los compuestos orgánicos en los suelos agrícolas se degradan porque existe una influencia directa del compostaje.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Para la aplicación del compostaje para la degradación de los plaguicidas sintéticos de los suelos agrícolas, obedece a la caracterización como pH, porcentaje de materia orgánica, conductividad eléctrica.

Las características principales del compostaje: fueron relación C/N, pH, temperatura, porcentaje de humedad y porcentaje de materia orgánica.

Los plaguicidas determinados en los suelos agrícolas fueron: mirex, lindano y endosulfan. Luego, al cabo de veinte semanas las concentraciones de los plaguicidas se redujeron: mirex 0,14 $\mu\text{g kg}^{-1}$ lindano y endosulfan a valores de trazas, para las condiciones aeróbicas es decir, para el desarrollo de la actividad biodegradadora para los plaguicidas los valores óptimos fueron: porcentaje de materia orgánica: 21.70%, temperatura: 26,57°C, porcentaje de humedad: 39,76% pH:7,21, relación C/N: 14,01. Quedando demostrado que el compostaje degrada a los plaguicidas de los suelos agrícolas

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

El presente trabajo desarrollado coincide con Sauri y Castillo (2002), sobre la utilización del compostaje en procesos para la remoción de contaminantes como plaguicidas en la agricultura, además los efectos de mejorador de suelos y en la remoción de contaminantes como los hidrocarburos y plaguicidas debido a que la composta tiene una alta diversidad microbiana. Sus resultados reportaron un amplio rango de contaminantes ambientales que se degradan rápidamente con la aplicación del compostaje como plaguicidas, insecticidas y herbicidas. El estudio señala, que existen evidencias significativas y la adición de composta madura

pueden emplearse de manera exitosa y económica con contaminantes químicos, coincidiendo con los estudios realizados por Velasco y Volke (2003), ellos también señalan que el composteo es un proceso biológico mediante el cual es posible convertir residuos orgánicos en materia orgánica estable como el compostaje madura, gracias a la acción de diversos microorganismos. Por ello afirman que el uso del compostaje madura, es de bajo costo y tecnológicamente efectiva para remediar suelos contaminados por residuos orgánicos peligrosos como pesticidas. En ambos casos, es necesario optimizar cinco parámetros: la aireación, la temperatura, el contenido de humedad, la relación carbono/nitrógeno (C/N) y el pH. Debido a que los contaminantes orgánicos comúnmente no se encuentran en concentraciones suficientes para soportar

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

El autor de la investigación se responsabiliza por la información emitida en presente informe final de investigación, de acuerdo al Reglamento del Código de Ética de la Investigación de la UNAC, Resolución de Consejo Universitario N° 260-2019-CU., donde se señala los principios éticos como norma de comportamiento conductual, así como también el autor está de acuerdo con el reglamento en donde reconoce que la investigación es una función esencial y obligatoria en la UNAC, por ello el investigador es responsable de los procesos y procedimientos de diseño, desarrollo y evaluación de su investigación para lo cual se actualiza permanentemente sus conocimientos y dedica el tiempo suficiente para desarrollar sus proyectos de investigación.



CONCLUSIONES

- ✓ Se concluye que el compostaje degrada a los plaguicidas de los suelos agrícolas, constituyéndose así una buena alternativa para remediar suelos contaminados, porque al cabo de veinte semanas las concentraciones de los plaguicidas se redujeron: mirex 0,14 $\mu\text{g kg}^{-1}$ lindano y endosulfan a valores de trazas y para el desarrollo de la actividad biodegradadora para los plaguicidas los valores óptimos fueron: porcentaje de materia orgánica: 21.70%, temperatura: 26,57°C, porcentaje de humedad: 39,76%, pH:7,21, relación C/N: 14,01.
- ✓ Las disminuciones de las concentraciones se observaron en el período de tiempo de 10 semanas que corresponde al mes de mayo, siendo para el mirex 1.29 $\mu\text{g kg}^{-1}$, para el lindano 0.64 $\mu\text{g kg}^{-1}$ y para el endosulfan 0.39 $\mu\text{g kg}^{-1}$, llegando a la semana 12 para mirex de 0.82 $\mu\text{g kg}^{-1}$, para el lindano 0.41 $\mu\text{g kg}^{-1}$ y para el endosulfan 0.25 $\mu\text{g kg}^{-1}$, lo que significa que la aplicación del compostaje a los suelos con contenido de plaguicidas, es muy viable ya que las concentraciones van disminuyendo en un período de tiempo, además se comprueba con lo señalado en el marco teórico, que por la abundancia de microorganismos que se generan en el compostaje se logra degradar a los plaguicidas.
- ✓ El valor obtenido de la relación de carbono/nitrógeno de 14.01%, es un valor óptimo que significa que el compostaje es rico en carbono y en nitrógeno, si este valor hubiese sido menor significaría que las concentraciones de nitrógeno, fueron altas y el nitrógeno se transformaría en amoníaco, dificultando la adecuada actividad biológica. Para lograr una óptima relación carbono/nitrógeno se han agregado materiales ricos en carbono (paja y virutas de madera) y materiales ricos en nitrógeno (estiércoles), para una descomposición completa y una moderada mineralización.
- ✓ La disminución de las concentraciones de los plaguicidas en los suelos se ha logrado con la aplicación del compostaje esto se da por una degradación química ya que estas se transforman en sustancias simples por medio de reacciones bioquímicas que ocurren en la superficie del suelo y en el interior,

además, depende de los factores, como el crecimiento vegetal, que va influir en la disminución progresiva de los residuos y a las causas físicas como la volatilización que dependerá de cada materia activa y de las condiciones de temperatura, viento y de la solubilización que se trataría de la disolución del plaguicida por el efecto de la humedad. (Hernández, Ojeda, López y Arras, 2010).

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda utilizar los compostajes para degradar concentraciones de los compuestos orgánicos por los resultados obtenidos

- ✓ Se debe fomentar una conciencia ambiental para el uso del compostaje no solamente para degradar los compuestos orgánicos, sino también utilizar como fertilizantes naturales, así sustituir los fertilizantes químicos para contar con alimentos sanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aurrecochea, J. L. (2004). Guía Metodológica para Análisis Químico de suelos. Universidad de Valencia. España.
- Álvarez de la Puente, J. M. (2010). El Manual de compostaje para Agricultura Ecológica de la Consejería Agricultura y Pesca Junta de Andalucía Universidad de Huelva Spain.
- Campitelli, P. (2014). *Compostaje: Obtención de abonos de calidad para las plantas*. Argentina: Editorial Brujas.
- Campos, E., Castells, X., Flotats, X. (2012). Procesos biológicos: la digestión anaerobia y el compostaje. España: Edición 1ra.
- Cano, G, A. (2006). Manual de prácticas de la materia edafología. Chiapas Gobierno del Estado. México.
- Castro, P.A.; Ramos, J.P. (2005). Determinación de residuos de plaguicidas órgano fosforados en muestras de tomate de la ciudad de Bogotá. Universidad de los Andes. Colombia.
- Codex Alimentarius FAO/OMS (1997). Normas alimentarias para proteger la salud del consumidor y asegurar la aplicación de prácticas equitativas en el comercio de los alimentos.
- Costa, F., García, C., Hernández, T., Polo, A. (1995). Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. C.S.I.C., España.

- Cox, L. (1994). Comportamiento de los herbicidas tiazafurón, clopyralida y metolachlor en sistemas suelo-agua. Universidad de Sevilla.
- Cuadros, G. S. (1995). Tratamiento de los residuos sólidos urbanos por procesos de fermentación aerobia y anaerobia. CIEMAT. Madrid.
- Cheng, H.H. y Lehman, R.G. (1985). Characterization of herbicide degradation under field conditions. Weed ScL 33 (2), 4-8.
- Dalzell, H.; Biddlestone, A.; Gray, K.; Thurairajam, K. (1991). Manejo del suelo producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. FAO. Roma.
- Del Puerto, A; Suarez, S; Palacio, (2014). Effects of pesticides on health and the environment Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). La Habana, Cuba.
- Díaz D.S. (2011). Compostaje de residuos orgánicos y seguridad medio ambiental. Universidad de Burgos. España.
- Díaz L.F., Savage G.M., Eggerth L.L. and Golueke C.G. (1993). Composting and recycling municipal solid waste. Lewis Publishers. USA.
- EPA, Environmental Protection Agency. (1998). An analysis of composting as an environmental remediation technology. EPA530-R-98-008.USA.
- Food and Agricultural Organization (2006). Base referencial mundial del recurso suelo. Roma. Italia.
- García, F. (2009). Toxicología de plaguicidas. Universidad de Murcia. España

Gonzales, V; Irigoyen, C; Ortega, M; y Jáquez, M (2013), Comportamiento de plaguicidas persistentes en el medio ambiente. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional, México.

Gómez, S; Correa, G; Hernández, A. (2006). Biodegradación de asfaltenos del Prestige mediante la aplicación de las técnicas de compostaje-vermi compostaje, Residuos, Julio-Agosto, XVI, pp. 48-50.

Hernández, O., Ojeda, D., López, J y Arras, Y. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Revista Tecnociencia Vol. IV, N°1- Enero- abril.

Humer M., Lechner P. (1999). Compost as a landfill cover material for the elimination of methane emissions. Proceedings ORBIT 99. pp. 500-505. Germany.

Idrovo, AJ. (1999). Intoxicaciones masivas con plaguicidas en Colombia. Biomédica 19:62-70.

Kanazawa, J. (1989). Relationship between the soil sorption constants for pesticide adsorption and their physico-chemical properties. Environ. Toxicol. Chem. 8: 470-475.

Khan, S. V. (1972). Adsorption of pesticides by humic substances. a Review Environ. Lett. 3:7-9.

Lesson G. and Winer A.M. (1991). Biofiltration: An innovative air pollution control technology for VOC emissions. Journal of the Air and Waste Management Association. 41. pp. 1045-1054.

- López B, Andrade R, Herrera S, González C y García de la Figal C. (2017).
Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la
producción de azúcar de caña
- Maqueda. C. et al. (1986). Interacción del herbicidas clordimeform con ácidos
húmicos y fúlvicos de diferentes suelos. Medio Ambiente N° 4: 112-114.
- Monroy O. y Viniegra G. (1990). Biotecnología para el aprovechamiento de
los desperdicios orgánicos. México.
- Mora, D.J. (2006) Contribuciones del compost al mejoramiento de la fertilidad
del suelo. Universidad de Costa Rica.
- Morrinson, R y Boyd, R (1998). Química Orgánica. Addison Wessley Logman
5ta edición.
- Navarro B. S. (1984). Dinámica de los plaguicidas en el suelo. En: Plaguicidas
en el suelo. Monografías del Medio Ambiente N°4: 12- 22. De Junta de
Andalucía.
- Peterson, L.W.et al (1996). Relation between specific surface area and soil phy-
sical and chemicals properties. Soil Sci. 161, N°1, pp.8-20
- Porta, C; López, A y Poch, C (2014). Edafología: Usos y protección. Mundi-
Prensa. Madrid. 3era Ed.
- Rodríguez, S.M. y Córdova, V. A. (2006). Manual de Compostaje municipal.
Tratamiento de residuos sólidos México.

- Rojas, R. (2010). Desarrollo de métodos para la reducción de la contaminación por plaguicidas en aguas subterráneas mediante adición residuos orgánicos a los suelos.
- Rubén, E, (2002). Manual de Compostaje para municipios, Municipalidad de Loja, Ecuador.
- Sauri R.M. y Castillo B.E. (2010). Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Stella Software Versión 8.0 (2006). Dynamic Modeling System. (Simulación, Modelamiento basado en Sistemas Dinámicos en el tiempo).
- Tchobanoglous, G.; Theisen, H.; Vigil, S. (1994). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Mc Graw Hill/Interamericana de España.
- Upegui, S. S. (2010). Evaluación de mezclas compost inmaduro/suelo de Moravia y fuentes de nutrientes para la degradación de los pesticidas clorpirifos, malatión y metil paratión. Medellín, Colombia.
- Velasco, J; Volke S. (2003). El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos. México Gaceta Ecológica, núm. 66, enero-marzo, pp. 40-45. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México.
- Widman, A. F. (2005). Uso del compostaje provenientes de residuos sólidos municipales como mejorador de suelos para cultivos en Yucatán. Estudios preliminares. Universidad Autónoma de Yucatán. México.

ANEXOS

- ✓ Matriz de Consistencia

“DEGRADACIÓN DE PLAGUICIDAS SINTÉTICOS DE SUELOS AGRÍCOLAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL COMPOSTAJE”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODO
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿Cómo el compostaje lograría degradar los plaguicidas sintéticos de los suelos agrícolas?</p> <p>Problema Específico</p> <p>a) ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas sintéticos?</p> <p>b) ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de los suelos agrícolas?</p> <p>c) ¿Cuáles son las principales condiciones fisicoquímicas para la aplicación del compostaje?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Aplicación del compostaje para la degradación de plaguicidas sintéticos de suelos agrícolas.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>a) Determinar las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas sintéticos</p> <p>b) Determinar las características fisicoquímicas de los suelos agrícolas</p> <p>c) Determinar las principales condiciones fisicoquímicas para la aplicación del compostaje</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL:</p> <p>La degradación de los plaguicidas sintéticos de los suelos agrícolas se logra mediante la aplicación del compostaje bajo condiciones de pH, temperatura y humedad.</p> <p>Hipótesis Específicos:</p> <p>a) Las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas sintéticos son el pH y su concentración.</p> <p>b) Las características fisicoquímicas del suelo agrícolas son conductividad eléctrica, pH, materia orgánica, humedad.</p> <p>c) Los parámetros de las condiciones para aplicar el compostaje son: relación C/N, pH, T°, humedad y materia orgánica</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Y: Degradación de plaguicidas sintéticos de los suelos agrícolas</p> <p>Variable independiente</p> <p>X: Aplicación del compostaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH • concentración de plaguicidas <ul style="list-style-type: none"> • pH • temperatura • humedad • relación C/N • materia orgánica 	<p>Análisis fisicoquímico</p> <p>Análisis cromatográfico</p> <p>Análisis fisicoquímico</p>