Revista Biodiversidad Amazónica

Vol. 4 Núm. 1: e386 (2025)
https://doi.org/10.55873/rba.v4i1.386
e-ISSN: 2810-8752
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

Artículo original / Original article

Influencia del bioabono de Pistia stratiotes "repollito de agua" en la recuperación de N – P – K de suelos degradados en el fundo Pabloyacu Shitariyacu

Influence of Pistia stratiotes "water cabbage" biofertilizer on N - P - K recovery of degraded soils in the Pabloyacu farm

Diego Lozano-Ríos [1*]; Roydichan Olano-Arévalo [1]

[1] Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

*Autor de correspondencia: dlozanor@alumno.unsm.edu.pe

Recibido: 20/10/2024
Aceptado: 21/11/2024
Publicado: 30/01/2025

Resumen: El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia del bioabono de Pistia stratiotes ("repollito de agua") en la recuperación de suelos degradados en el fundo Pabloyacu. Se recolectaron 60 muestras de suelo en distintos puntos del área de estudio y se analizaron los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) antes y después de la aplicación del bioabono. Se aplicaron diferentes dosis y se midieron los niveles de nutrientes mensualmente durante tres meses. Los resultados evidenciaron que la aplicación del bioabono tuvo un efecto positivo en la recuperación del suelo, con incrementos significativos de N, P y K. La dosis óptima fue de 1000 gramos de bioabono por metro cuadrado, que generó la mayor mejora en la fertilidad. Al comparar los resultados con los parámetros establecidos en el Decreto Supremo N° 017-2009-AG, se observó que la clasificación de fertilidad de los suelos tratados pasó de niveles bajos y medios a medios y altos en los tres macronutrientes evaluados. En conclusión, el bioabono de Pistia stratiotes constituye una alternativa viable y efectiva para recuperar suelos degradados, incrementando la disponibilidad de nutrientes esenciales y contribuyendo a la sostenibilidad y productividad agrícola.

Palabras clave: biodiversidad; conservación; macronutrientes; suelos

Abstract: It presents your work as the objective of evaluating the influence of the bioabono of Pistia stratiotes ("repollito de agua") in the recovery of degraded seeds in the Pabloyacu fund. Collect 60 samples from different locations in the study area and analyze the nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) levels before and after the biochemical application. Apply different doses and adjust nutrient levels monthly during very short periods. The results showed that the application of the bioabono had a positive effect on the recovery of the fuel, with significant increments of N, P and K. The optimum dose was 1000 grams of bioabono per metro quadruple, which generated the greatest improvement in fertility. When comparing the results with the parameters established in the Supreme Decree No. 017-2009-AG, we observed that the classification of fertility of the only processed foods did not have low and medium to high levels in the very macronutrients evaluated. In conclusion, the bio-abono of Pistia stratiotes constitutes a viable alternative and effective in recovering some degraded ones, increasing the availability of essential nutrients and contributing to the sustainability and agricultural productivity.

Keywords: biodiversity; conservation; soils; macronutrients

Cómo citar / Citation: Lozano-Ríos, D. & Olano-Arévalo, R. (2025). Influencia del bioabono de Pistia stratiotes "repollito de agua" en la recuperación de N – P – de suelos degradados en el fundo Pabloyacu Shitariyacu. *Revista Biodiversidad Amazónica*, 4(1), e386. https://doi.org/10.55873/rba.v4i1.386

1. Introducción

A principios de 1987, la Comisión Mundial de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo publicó el libro "Nuestro Futuro Común", en el cual se define el desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades futuras (Mihelcic & Zimmerman, 2011). Sin embargo, en la actualidad, observamos una sociedad que tiende cada vez más a emitir sustancias contaminantes, especialmente aquellas originadas en actividades industriales, mineras, agropecuarias, artesanales y domésticas. Además, se hace un uso indiscriminado de los recursos, incluyendo el suelo, a través de actividades que van en contra de la conservación y el desarrollo sostenible (Garmendia et al., 2002).

En América Latina y el Caribe, se encuentran las mayores extensiones de tierras aptas para la agricultura en todo el mundo. Esto se debió a que, entre los años 2011 y 2015, aproximadamente el 47% de la superficie estaba cubierta de vegetación (FAO, 2015). No obstante, esta cifra ha estado disminuyendo debido a la expansión de la actividad agrícola, la cual ha traído consigo un uso excesivo de productos químicos, la degradación del suelo, la disminución de la diversidad biológica y la deforestación. Por otro lado, en nuestro país, los recursos de tierra cultivable son limitados debido a factores como la geografía, el clima, la baja fertilidad, la salinización, problemas de drenaje, entre otros. Las áreas con potencial para la agricultura representan una pequeña fracción del territorio nacional, tan solo el 7%, y además, están bajo amenaza constante de deterioro, con la salinización en la costa, la erosión gradual en la sierra y la pérdida de fertilidad en la Amazonia siendo problemas destacados (MINAGRI, 2016; SENAMHI, 2016).

El problema planteado de la presente investigación se centra en la influencia del bioabono a base de Pistia stratiotes, conocido como "repollito de agua", en la recuperación de suelos degradados del fundo Pabloyacu. Esta investigación se propone abordar la incertidumbre sobre cómo este bioabono puede afectar positivamente la salud y calidad del suelo en un contexto de degradación. El objetivo general de la investigación fue evaluar la influencia del bioabono de Pistia stratiotes "repollito de agua" en la recuperación de suelos degradados en el fundo Pabloyacu. Los objetivos específicos incluyen determinar los niveles de N, P y K de los suelos degradados pre y post tratamiento con bioabono de Pistia stratiotes "repollito de agua"; Comparacion de niveles de N – P – K de suelos degradados con los parametros de fertilidad, y finalmente, determinar la dosis óptima del bioabono de Pistia stratiotes "repollito de agua" en la recuperación de suelos degradados en el fundo Pabloyacu.

En el distrito de Moyobamba, específicamente en el área de estudio que corresponde al fundo Pabloyacu, propiedad de la Facultad de Ecología, se abarcan 266,99 hectáreas. Según la ZEE de 2007, el 88,79% de esta área está designada como zona de protección y conservación ecológica, mientras que el porcentaje restante se destina a la zona de recuperación. Esto señala la presencia de suelos degradados, una problemática que afecta al distrito, la provincia, el departamento y el país en su conjunto. El presente estudio planteo como hipótesis que, existe influencia significativa del bioabono de Pistia stratiotes "repollito de agua" en la recuperación de suelos degradados, creyendo de esta forma el contribuir a la recuperación de los suelos degradados, aprovechando los beneficios de esta planta acuática como una alternativa viable para mejorar la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos que han sufrido degradación.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

La investigación se desarrolló en el fundo Pabloyacu, ubicado en el distrito y provincia de Moyobamba, departamento de San Martín (Perú). El área comprende 266,99 ha, con predominio de suelos de conservación y cultivos permanentes. El trabajo se llevó a cabo durante un periodo de ocho meses (febrero–septiembre de 2024).

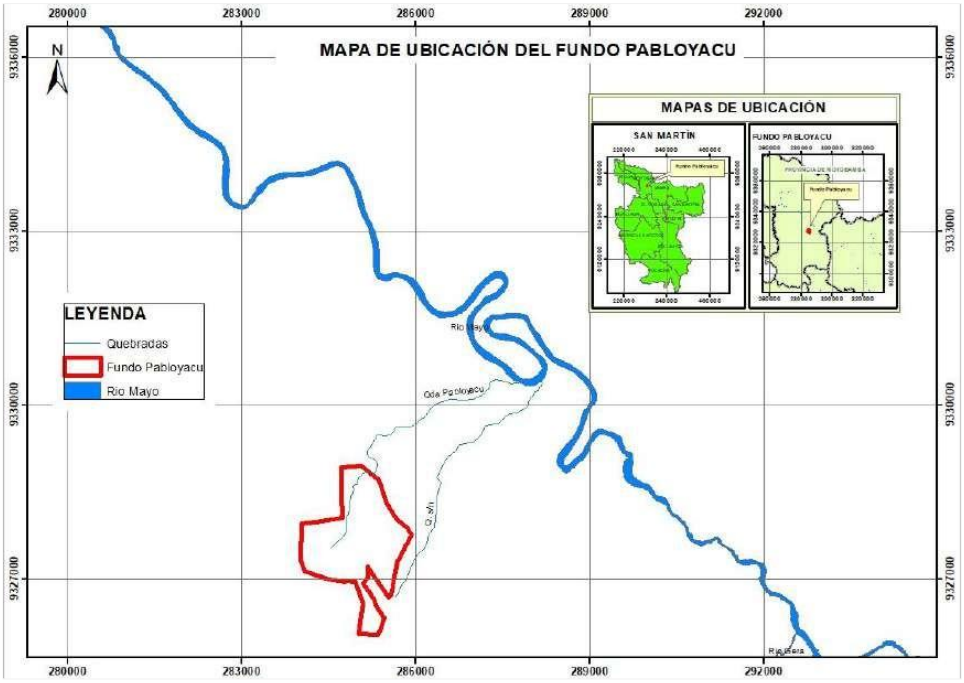

Figura 1. Mapa de ubicación del Fundo Pabloyacu

El territorio del fundo Pabloyacu posee dos clasificaciones de tierras, esto según la Zoonificación Ecológica Económica (ZEE), suelos de tipo X y del tipo C-P, consideradas como suelos de protección y cultivos permanentes-pastos, respectivamente.

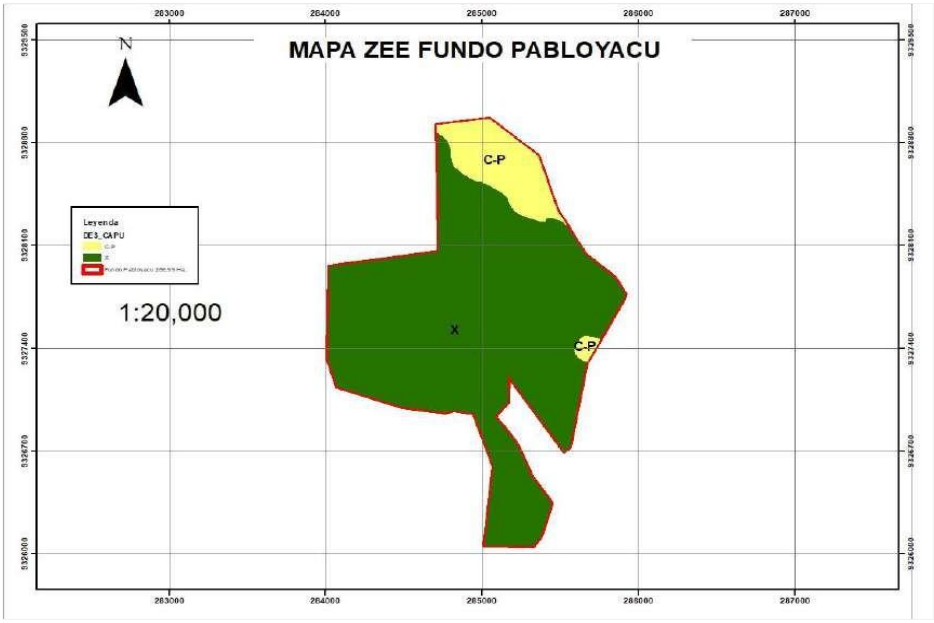

Figura 2. Mapa de zoonificación ecológica económica Fundo Pabloyacu

2.2. Diseño de investigación

El estudio fue de tipo aplicado y experimental, con un diseño en bloques completamente al azar. Se evaluó la influencia de diferentes dosis de bioabono de *Pistia stratiotes* en la recuperación de macronutrientes (N, P y K) en suelos degradados.

2.3. Muestra y tratamientos

Se recolectaron 60 muestras de suelo (1 kg cada una) en áreas degradadas, siguiendo un muestreo a 30 cm de profundidad con método en zigzag. Cada unidad experimental correspondió a 1 m². Los tratamientos aplicados fueron:

- **T0:** testigo (sin bioabono).
- **T1:** 500 g/m² de bioabono.
- **T2:** 750 g/m² de bioabono.
- **T3:** 1000 g/m² de bioabono.
- **T4:** 1500 g/m² de bioabono.

2.4. Procedimientos analíticos

Preparación de las muestras

Las muestras de suelo fueron secadas en estufa con circulación de aire a 25–30 °C. Posteriormente, se prepararon suspensiones mediante el método de extracción con tubos de 30 ml de agua destilada y reactivos Floc-Ex.

Determinación de N, P y K

Los análisis se realizaron con un fotómetro multiparámetro HANNA HI83225:

- **Nitrógeno:** se añadió una pastilla reactiva específica (WR CTA 3703A), y tras 5 min se comparó la coloración rosada con la escala de referencia.
- **Fósforo:** se adicionó una pastilla de fósforo (5422A), observándose la coloración azul tras 5 min, comparada con la escala correspondiente.
- **Potasio:** se incorporó una pastilla de potasio (5422A), y el color desarrollado se contrastó con la escala de referencia de potasio.

Cronograma de evaluaciones

Se realizaron mediciones de N, P y K en tres momentos:

- **Pretratamiento** (antes de aplicar el bioabono).
- **Postratamiento** al primer, segundo y tercer mes.

2.5. Análisis de datos

Los resultados fueron comparados con los parámetros de fertilidad de suelos establecidos en el D.S. N° 017-2009-AG (MEF, 2009). Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Dunnett ($p < 0,05$) para determinar diferencias significativas entre tratamientos y definir la dosis óptima de bioabono.

2.6. Consideraciones éticas y ambientales

Se respetaron principios de integridad científica y de protección ambiental. La disposición final de residuos se realizó de manera adecuada, priorizando la no afectación del ecosistema circundante.

3. Resultados

3.1. Niveles de N – P – K, en los suelos degradados (pre y post)

Se trabajó con los 60 puntos de muestreo, los cuales se agruparon en 5 sectores conteniendo 12 puntos de muestreo, para que finalmente trabajar con promedios, los cuales figuran en los valores pre obtenidos de las Figuras 6, 7 y 8, así también los valores post luego de aplicar el bioabono y

pasados tres meses, viéndose efectos favorables ascendentes en todos los tratamientos, a diferencia del testigo.

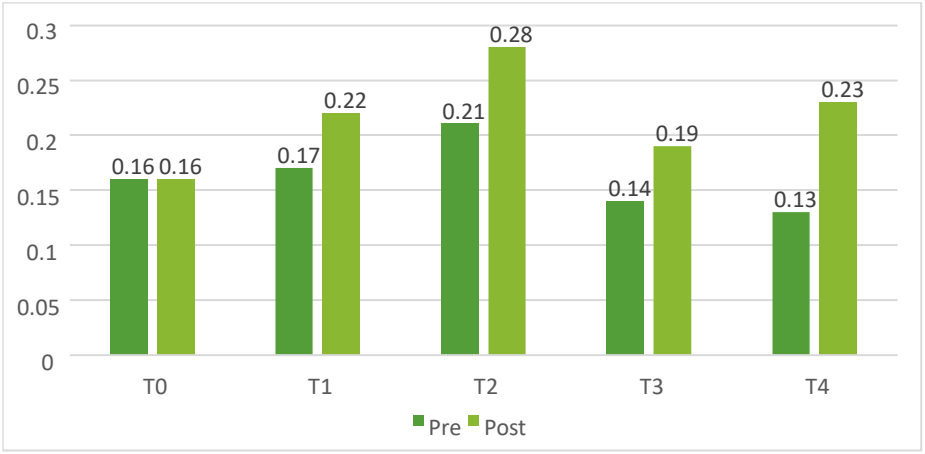

Figura 3. Niveles de nitrógeno pre y post a los tres meses

Los datos obtenidos a nivel de pre tratamiento, se encuentran en el nivel medio de fertilidad en nitrógeno, únicamente un valor con nivel alto en fertilidad de fertilidad, sin embargo, al realizar la aplicación de bioabono de Pistia stratiotes, se observó que todos los tratamientos lograron elevar considerablemente los niveles de nitrógeno, llegando incluso a pasar de un nivel de fertilidad media a un nivel de fertilidad alta, excepto T3.

En promedio se puede afirmar que todos los suelos muestreados poseen un nivel medio de fertilidad en fosforo, valores que se vieron incrementados al aplicar el bioabono de Pistia stratiotes, sin embargo, solo T1, logro el incremento para un nivel alto en contenido de fosforo.

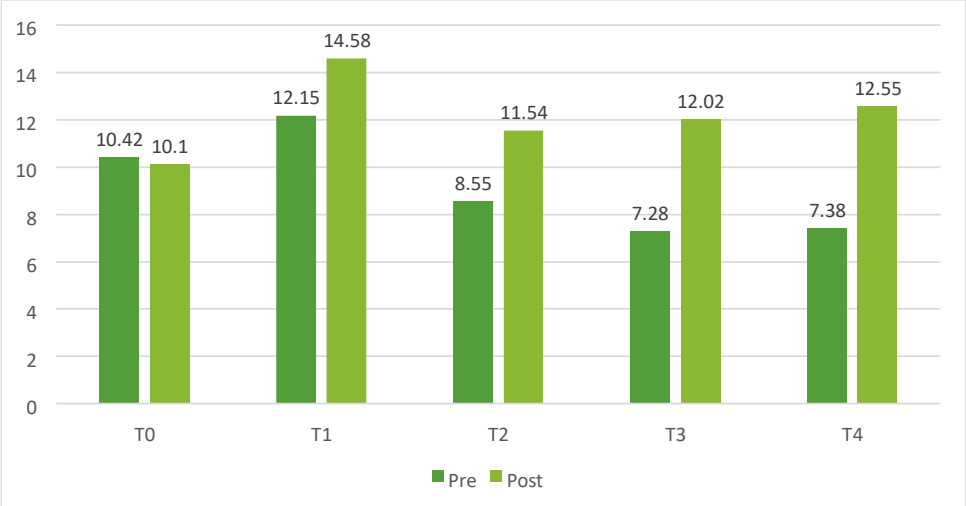

Figura 4. Niveles de fosforo pre y post a los tres meses

Para la disponibilidad de potasio en la etapa pre tratamiento, un 60% arrojaron un nivel bajo en fertilidad por potasio (Ver Figura 8), valores que se vieron incrementados al aplicar el bioabono de Pistia stratiotes, con lo cual el 60% ascendieron al nivel medio de fertilidad de suelos en potasio.

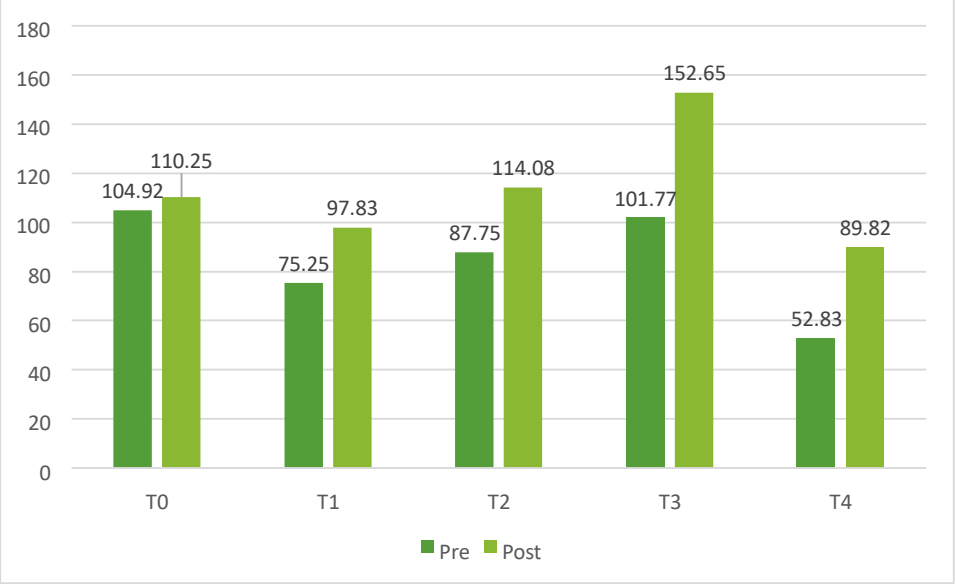

Figura 5. Niveles de potasio pre y post a los tres meses

3.2. Comparación de niveles de N – P – K de suelos degradados con los niveles de fertilidad para suelos

Los suelos pertenecientes al fundo Pabloyacu presentan un 71,6% de suelos con niveles alto de fertilidad en nitrógeno, seguido de un 18,33% de suelos con niveles medios en fertilidad, y un 10% de las muestras tomadas, arrojaron un nivel bajo en fertilidad de nitrógeno.

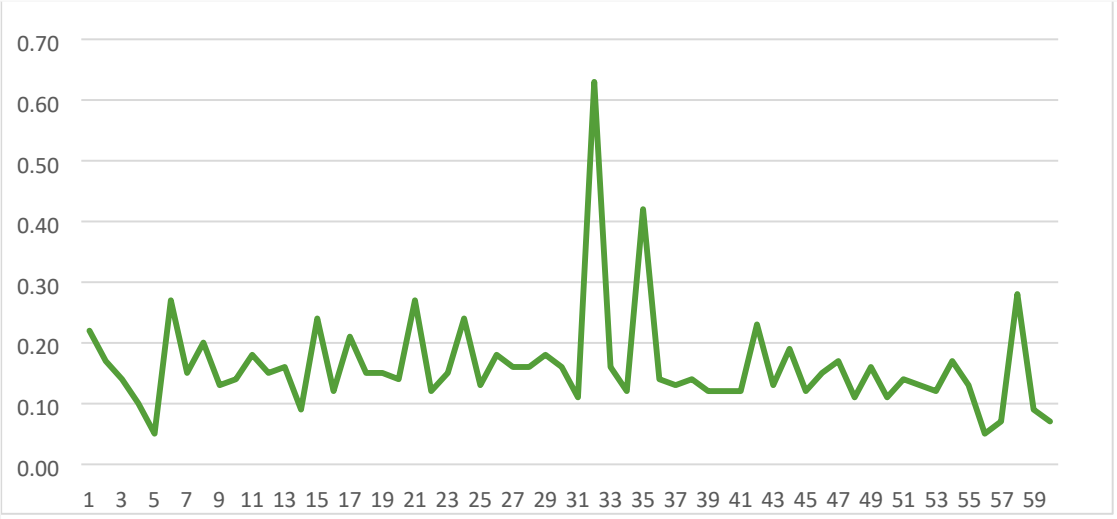

Figura 6. Niveles de nitrógeno pre tratamiento

Los suelos pertenecientes al fundo Pabloyacu presentan un 56,6% de suelos con niveles medios de fertilidad en fosforo, seguido de un 35% de suelos con niveles bajos en fertilidad, y un 8,33% de las muestras tomadas, arrojaron un nivel alto en fertilidad de fosforo.

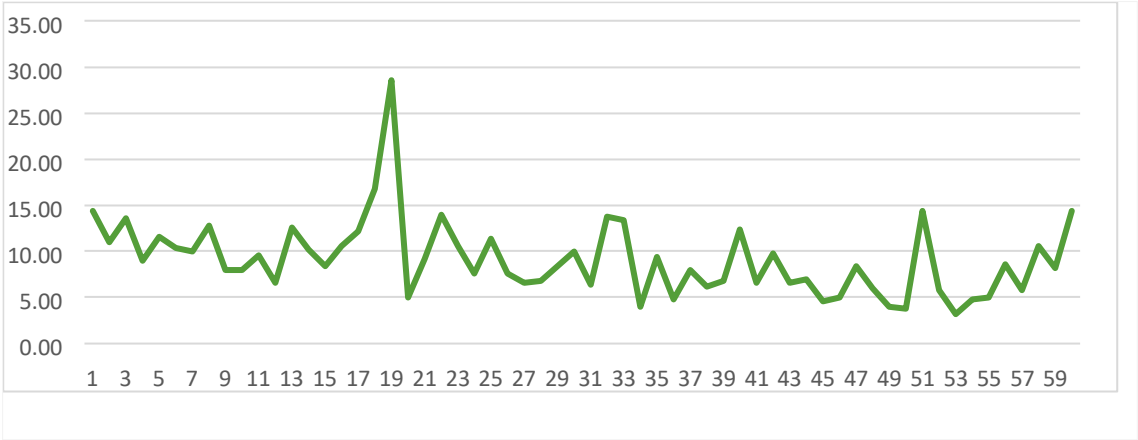

Figura 7. Niveles de fosforo pre tratamiento

Las muestras de suelos tomadas del fundo Pabloyacu presentan un 76,6% de suelos con niveles bajos de fertilidad en potasio, seguido de un 18,33% de suelos con niveles medios en fertilidad, y un 5% de las muestras tomadas, arrojaron un nivel alto en fertilidad de potasio.

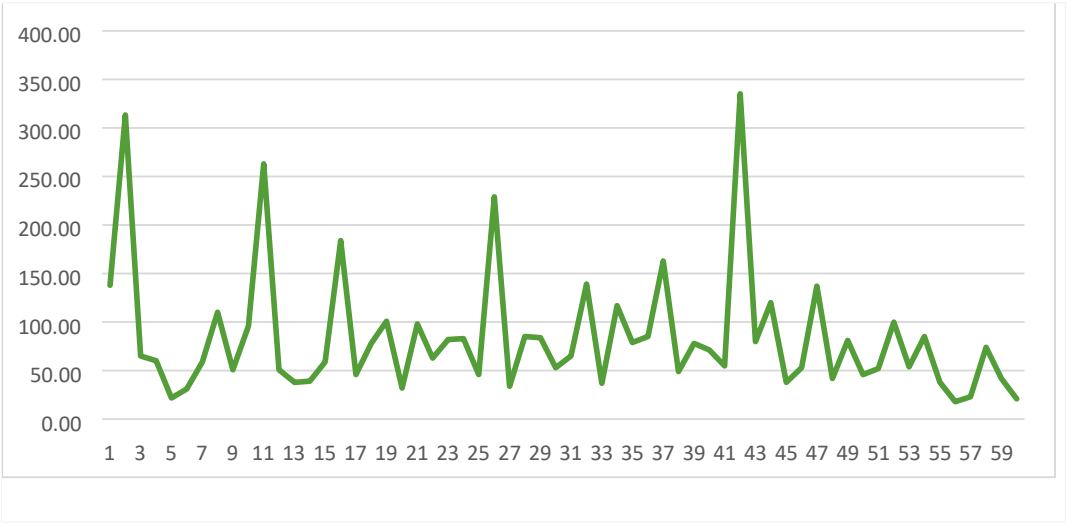

Figura 8. Niveles de potasio pre tratamiento

3.3. Determinación de dosis óptima del bioabono de Pistia stratites para la recuperación de suelos degradados

El diseño en bloques completamente aleatorizado fue trabajado considerando como unidad experimental un área de 1m x 1m, en donde se aplicó como tratamiento el bioabono con diferentes dosis, mientras que los bloques fueron representados por las mediciones de mes a mes por tres ocaciones.

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos post tratamiento para los niveles de nitrógeno, evidenciándose un incremento conforme aumento del tiempo de evaluación y la cantidad de bioabono de Pistia stratiotes.

Tabla 1. Niveles medidos de nitrógeno

Repeticiones	**T_0**	**T_1**	**T_2**	**T_3**	**T_4**
Mes 1	0,16	0,17	0,21	0,14	0,13
Mes 2	0,14	0,18	0,23	0,16	0,15
Mes 3	0,16	0,22	0,28	0,19	0,23

La Tabla 2 presenta un resumen descriptivo de los niveles de nitrógeno medidos en tres meses distintos. En el primer mes, se observa un promedio de 0,162 con un coeficiente de variación (CV) del 19,23%. En el segundo mes, el promedio aumenta ligeramente a 0,172 con un CV del 20,72%. En el tercer mes, el promedio sube significativamente a 0,216 con un CV del 20,86%. Estos resultados muestran una tendencia ascendente en los niveles de nitrógeno a lo largo del tiempo, especialmente en el tercer mes, destacando una mayor variabilidad en las mediciones. A nivel de tratamientos, fue T1 el que obtuvo mayor promedio (0,19) con un CV de 13,93%, llegando a ser el menor en comparación a los demás tratamientos.

Tabla 2. Variables descriptivas para niveles de nitrógeno

Resumen	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	CV%
Mes 1	5	0,81	0,162	0,00097	19,23
Mes 2	5	0,86	0,172	0,00127	20,72
Mes 3	5	1,08	0,216	0,00203	20,86
T_0	3	0,46	0,15333	0,00013	7,44
T_1	3	0,57	0,19	0,0007	13,93
T_2	3	0,72	0,24	0,0013	15,02
T_3	3	0,49	0,16333	0,00063	15,37
T_4	3	0,51	0,17	0,0028	31,13

Nota: T0= sin bioabono, T1=500 gr de bioabono, T2= 750 gr de bioabono, T3= 1000 gr ml de bioabono, T4= 1500 gr ml de bioabono, X= Analisis de N-P-K

La Tabla 3 muestra una probabilidad menor que la significancia (α =0,05), tanto para los bloques como para tratamientos, con lo cual se rechaza H0 y aceptamos H1, afirmando que con un nivel de confianza del 95% si existe diferencia significativa en los niveles de nitrógeno, esto considerando la cantidad de abono aplicado, así también entre el tiempo de aplicación.

Tabla 3. ANOVA de niveles medidos de nitrógeno

Origen variaciones	Suma cuadrados	G.L	Prom. cuadrados	F	Prob.	F crítico
Bloques	0,008	2	0,004126	11,462	0,00448	4,45897
Tratamientos	0,014	4	0,00355	9,861	0,0035	3,83785
Error	0,003	8	0,00036			
Total	**0,025**	**14**				

En la Tabla 4 se aprecia los resultados post tratamiento para los niveles de fosforo, evidenciándose un incremento conforme aumento del tiempo de evaluación y la cantidad de bioabono de Pistia stratiotes.

Tabla 4. Niveles medidos de fosforo

Repeticiones	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4
Mes 1	10,42	12,15	8,55	7,28	7,38
Mes 2	10,42	13,37	9,62	10,56	11,44
Mes 3	10,1	14,58	11,54	12,02	12,55

La Tabla 5 muestra los niveles de fósforo medidos en tres meses distintos. En el primer mes, el promedio fue de 91,56 con un CV del 22,91%. En el segundo mes, el promedio aumentó a 11,082 con un CV del 12,93%. En el tercer mes, el promedio alcanzó los 12,158 con un CV del 13,42%. Estos resultados indican un incremento continuo en los niveles de fósforo a lo largo del tiempo, con una notable variabilidad en el primer mes que disminuye en los meses siguientes.

Tabla 5. Variables descriptivas para niveles de fosforo

Resumen	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	CV%
Mes 1	5	45,78	9,156	4,40063	22,91
Mes 2	5	55,41	11,082	2,05282	12,93
Mes 3	5	60,79	12,158	2,66402	13,42
T_0	3	30,94	10,313	0,0341	1,79
T_1	3	40,1	13,366	1,47623	9,09
T_2	3	29,71	9,9033	2,29523	15,30
T_3	3	29,86	9,9533	5,89293	24,39
T_4	3	31,37	10,456	7,40743	26,03

Nota: T0= sin bioabono, T1=500 gr de bioabono, T2= 750 gr de bioabono, T3= 1000 gr de bioabono, T4= 1500 gr de bioabono, X= Analisis de N-P-K

La Tabla 6 muestra una probabilidad menor que la significancia (α =0,05), tanto para los bloques como para tratamientos, con lo cual se rechaza H0 y aceptamos H1, afirmando que con un nivel de confianza del 95% si existe diferencia significativa en los niveles de fosforo, esto considerando la cantidad de abono aplicado, así también entre el tiempo de aplicación.

Tabla 6. ANOVA de niveles medidos de fósforo

Origen variaciones	Suma cuadrados	G.L	Prom. cuadrados	F	Prob.	F crítico
Bloques	23,13	2	11,5660	8,351	0,011	4,459
Tratamientos	25,39	4	6,3475	4,583	0,032	3,838
Error	11,08	8	1,3850			
Total	**59,60**	**14**				

La Tabla 7 muestra los resultados post tratamiento para los niveles de potasio, pudiendo apreciarse un incremento conforme el pasar del tiempo de evaluación y la dosis de bioabono de Pistia stratiotes.

De los tratamientos evaluados, T3 destacó por presentar el mayor incremento, pasando de 101,77 mg/L en el mes 1 a 152,65 mg/L en el mes 3. Esto sugiere una relación estrecha entre la dosis de bioabono aplicado y el incremento significativo de potasio en el suelo con el paso del tiempo.

En suma, los resultados indican que la aplicación de bioabono de Pistia stratiotes contribuye al aumento progresivo de los niveles de potasio en el suelo. Dicho incremento resulta más marcado en los tratamientos con mayor dosis, destacando el tratamiento T3. Asimismo, el efecto positivo se acentúa con el transcurso de los meses, lo que sugiere que la disponibilidad de potasio mejora conforme avanza el periodo de evaluación y se asimilan los nutrientes aportados por el bioabono.

Tabla 7. Niveles medidos de potasio

Repeticiones	T0	T1	T2	T3	T4
Mes 1	104,92	75,25	87,75	101,77	52,83
Mes 2	101,4	90,3	96,53	147,56	76,61
Mes 3	110,25	97,83	114,08	152,65	89,82

Nota: T0= sin bioabono, T1=500 gr de bioabono, T2= 750 gr de bioabono, T3= 1000 gr de bioabono, T4= 1500 gr de bioabono, X= Analisis de N-P-K

La Tabla 8 presenta un análisis descriptivo de los niveles de potasio en tres meses diferentes. En el primer mes, se reporta un promedio de 84,52 con un CV del 25,20%. En el segundo mes, el promedio aumenta a 102,48 con un CV del 26,21%. En el tercer mes, el promedio se eleva a 112,93 con un CV del 21,46%. Estos resultados evidencian un incremento en los niveles de potasio a lo largo del tiempo, con una mayor variabilidad observada en el segundo mes.

Tabla 8. Variables descriptivas para niveles de potasio

Resumen	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	CV%
Mes 1	5	422,52	84,5	453,59	25,20
Mes 2	5	512,4	102,48	721,6	26,21
Mes 3	5	564,63	112,93	587,07	21,46
T_0	3	316,57	105,52	19,85	4,22
T_1	3	263,38	87,79	132,18	13,10
T_2	3	298,36	99,45	179,73	13,48
T_3	3	401,98	133,99	785,23	20,91
T_4	3	219,26	73,09	351,38	25,65

Nota: T0= sin bioabono, T1=500 gr de bioabono, T2= 750 gr de bioabono, T3= 1000 gr de bioabono, T4= 1500 gr de bioabono, X= Analisis de N-P-K

La Tabla 9 muestra una probabilidad menor que la significancia (α =0,05), tanto para los bloques como para tratamientos, con lo cual se rechaza H0 y aceptamos H1, afirmando que con un nivel de confianza del 95% si existe diferencia significativa en los niveles de potasio, esto considerando la cantidad de abono aplicado, así también entre el tiempo de aplicación.

Tabla 9. ANOVA de niveles medidos de potasio

Origen variaciones	Suma cuadrados	G.L	Prom. cuadrados	F	Prob.	F crítico
Bloques	2066,78	2	1033,39	9,503	0,0077	4,459
Tratamientos	6179,04	4	1544,76	14,205	0,0010	3,838
Error	869,96	8	108,74			
Total	**9115,77**	**14**				

La Tabla 10 presenta los resultados de la Prueba de Dunnett para los valores de nitrógeno, comparando diferentes tratamientos con el testigo (T0). Se observa que la diferencia de medias entre T2 y T0 es significativa (p=0,031) con un valor de 0,0867, mientras que las diferencias entre T1, T3 y T4 respecto a T0 no son significativas. Estos resultados indican que el tratamiento T2 tiene un efecto significativo en el incremento de los niveles de nitrógeno comparado con el testigo.

Tabla 10. Prueba de Dunnett para valores de nitrógeno

Tratamientos	Testigo	Diferencia de medias	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
T1	T_0	0,036667	0,027244	0,502	-0,04208	0,11541
T2	T_0	0,086667*	0,027244	0,031	0,00792	0,16541
T3	T_0	0,010000	0,027244	0,987	-0,06875	0,08875
T4	T_0	0,016667	0,027244	0,926	-0,06208	0,09541

Nota: * La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05

La Tabla 11 muestra los resultados de la Prueba de Dunnett para los valores de fósforo. Ninguna de las diferencias de medias entre los tratamientos y el testigo (T0) es significativa, con valores p que van desde 0,199 a 1,000. Estos resultados sugieren que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo en los niveles de fósforo comparados con el testigo.

Tabla 11. Prueba de Dunnett para valores de fósforo

Tratamientos	Testigo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1,000	,000	-17,73000	13,99222	0,549	-58,1742	22,7142
2,000	,000	-6,07000	13,99222	0,976	-46,5142	34,3742
3,000	,000	28,47000	13,99222	0,195	-11,9742	68,9142
4,000	,000	-32,43667	13,99222	0,126	-72,8809	8,0076

La Tabla 12 presenta los resultados de la Prueba de Dunnett para los valores de potasio. Al igual que con el fósforo, ninguna de las diferencias de medias entre los tratamientos y el testigo (T0) es significativa, con valores p que van desde 0.126 a 0.976. Estos resultados indican que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo en los niveles de potasio en comparación con el testigo.

Tabla 12. Prueba de Dunnett para valores de potasio

Tratamientos	Testigo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
T1	T_0	3,05333	1,51023	0,199	-1,3120	7,4186
T2	T_0	-0,41000	1,51023	0,996	-4,7753	3,9553
T3	T_0	-0,36000	1,51023	0,997	-4,7253	4,0053
T4	T_0	0,14333	1,51023	1,000	-4,2220	4,5086

4. Discusión

El análisis de los resultados obtenidos en este estudio revela que el bioabono de Pistia stratiotes tiene un efecto positivo en la recuperación de suelos degradados, específicamente en los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio. Comparando estos resultados con estudios previos, encontramos coincidencias y contrastes que ayudan a contextualizar y entender mejor los hallazgos.

Chadli et al. (2022) encontraron que los contenidos de nitrógeno y fósforo de Pistia stratiotes eran de aproximadamente 17 g de nitrógeno/kg y 13 g de fósforo/kg en la parte foliar, y 19 g de nitrógeno/kg y 11 g de fósforo/kg en la raíz. Estos valores concuerdan con los incrementos observados en nuestro estudio, donde el nitrógeno mostró una mejora más significativa en comparación con el fósforo y el potasio. Esto puede deberse a la mayor disponibilidad de nitrógeno en la biomasa de Pistia stratiotes, lo que facilita su incorporación en el suelo y, por ende, su incremento en los niveles medidos.

Damiani (2016) evaluó compost elaborado a partir de Pistia stratiotes y estiércol de bovino, encontrando un contenido de materia orgánica del 24.1%. Este alto contenido de materia orgánica contribuye significativamente a la conservación de suelos y mejora la disponibilidad de nutrientes, lo cual se refleja en nuestros resultados con incrementos en nitrógeno, fósforo y potasio. La materia orgánica también tiene la capacidad de retener más humedad, reduciendo la erosión y mejorando la estructura del suelo.

Quilcate (2019) examinó la influencia de sistemas agroforestales en la recuperación de suelos degradados, observando incrementos en materia orgánica y potasio disponible después de tres años y medio. Este estudio refuerza la idea de que la cobertura boscosa y el uso de enmiendas orgánicas como el bioabono de Pistia stratiotes son estrategias efectivas para mejorar la calidad del suelo y prevenir su degradación.

5. Conclusiones

El bioabono de Pistia stratiotes "repollito de agua" tiene una influencia positiva y significativa en la recuperación de suelos degradados en el fundo Pabloyacu. Su aplicación incrementó notablemente los niveles de nitrógeno, y de manera más moderada los niveles de fósforo y potasio en el suelo. La dosis óptima identificada fue de 1000 gr de bioabono por metro cuadrado, mejorando así la fertilidad y calidad del suelo, contribuyendo a su sostenibilidad y productividad.

Los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos degradados mostraron un incremento significativo después del tratamiento con bioabono de Pistia stratiotes. Los análisis post tratamiento indicaron que la aplicación de bioabono elevó los niveles de nitrógeno a una categoría de fertilidad media a alta, mientras que los niveles de fósforo y potasio también mejoraron, aunque en menor medida.

La comparación de los niveles de N, P y K pre y post tratamiento con los parámetros de fertilidad establecidos reveló que los suelos tratados con bioabono de Pistia stratiotes mejoraron su clasificación de fertilidad. Los niveles de nitrógeno se elevaron de bajos y medios a medios y altos, mientras que los niveles de fósforo y potasio pasaron de bajos a medios. Esto sugiere que el bioabono contribuye significativamente a la mejora de la fertilidad del suelo.

La dosis óptima de bioabono de Pistia stratiotes para la recuperación de suelos degradados fue identificada como 1000 gr por metro cuadrado. Esta dosis mostró los mejores resultados en la mejora de los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos, destacándose como la más efectiva para la rehabilitación de suelos degradados en el fundo Pabloyacu.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

L-R, D. y O-A, R.: conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, curación de datos escritura (preparación del borrador final).

Referencias bibliográficas

Chadli, C., Libiad, M., Khabbach, A., Bouslamti, R., & Ennabili, A. (2022). Functional aspects of Pistia stratiotes, an invasive plant of Al Jawahir (Fez) wadi lentic habitats. *Botanica Complutensis*, *46*, e80494. https://doi.org/10.5209/bocm.80494

Damiani, M. F. (2016). *Evaluación físico-químico de compost, elaborado a partir de Pistia stratiotes mas estiercol de bovino bajo cuatro métodos de compostaje* [Universidad Técnica de Babahoyo]. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3257

FAO. (2015). *Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. https://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/

Garmendia, A., Salvador, A., & Garmendia, L. (2002). *Evaluación de Impacto Ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental* (1.ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa.

Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2012). *Analisis y diseños de experimentos* (3.ª ed.). Mc Graw Hill.

Mihelcic, J., & Zimmerman, J. (2011). *Ingenieria Ambiental: Fundamentos Sustentabilidad Diseño* (1.ª ed.). Alfaomega Grupo Editor.

MINAGRI. (2016). *La Zonificación Ecológica y Económica de los suelos*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. https://www.midagri.gob.pe/portal/43-sector-agrario/suelo/333-la-zonificacion-ecologica-economica

Ministerio de Economía y Finanzas. (2009). *Aprueban Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor*. DECRETO SUPREMO No 017-2009-AG. Diario oficial El Peruano. https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1874820-3

Navarro García, G. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas* (1.ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa.

Quilcate, P. (2019). *Influencia de tres modelos de sistemas agroforestales con cobertura en la recuperación de suelos degradados en Yurimaguas, Loreto* [Universidad Cientifica del Sur]. https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/770

SENAMHI. (2016). *Atlas de erosión de suelos por regiones hidrológicas del Perú*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. https://idesep.senamhi.gob.pe/portalidesep/files/tematica/atlas/erosión_de_suelo/Atlas_Erosion_Suelos_por_Regiones_Hidrologicas_Peru.pdf

Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Vásquez, I., Díaz, J., Vásquez, C., Castro, A., Tapia, M., & Alcántara, J. (2016). Manejo y gestión de cuencas hidrográficas. En *Fondo Editorial-UNALM*. Universidad Nacional Agraria La Molina Instituto Nacional de Investigación Agraria - INIA. https://acortar.link/KCyUa

Zapata-Hernández, R. D. (2009). El compostaje y los índices para evaluar su estabilidad. En *Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero* (pp. 33-42). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0003_2

Anexos

Figura 9. Delimitación de área para tratamientos

Figura 10. Toma de muestras de suelo

Figura 11. Limpieza de superficie del suelo a muestrear

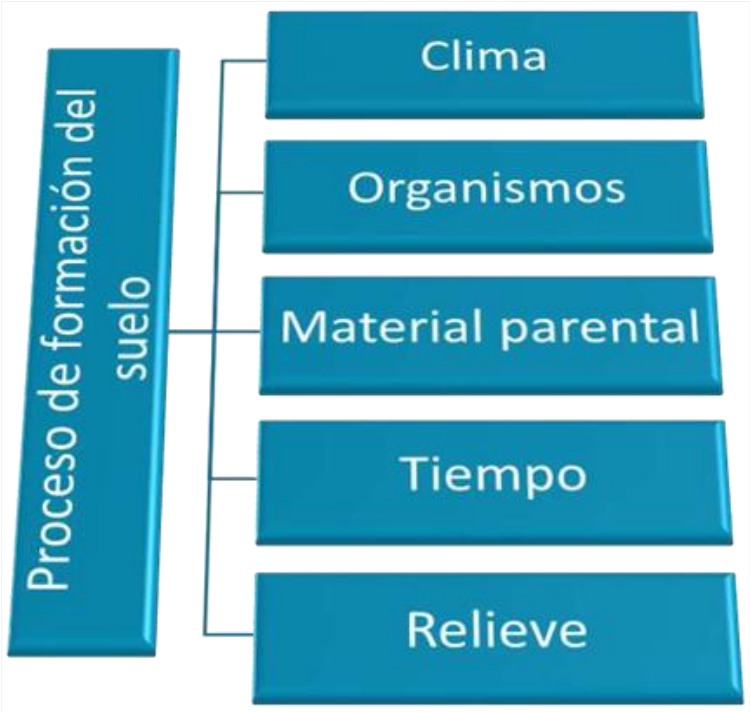

Figura 12. Factores de formación de un suelo (Navarro García, 2013)

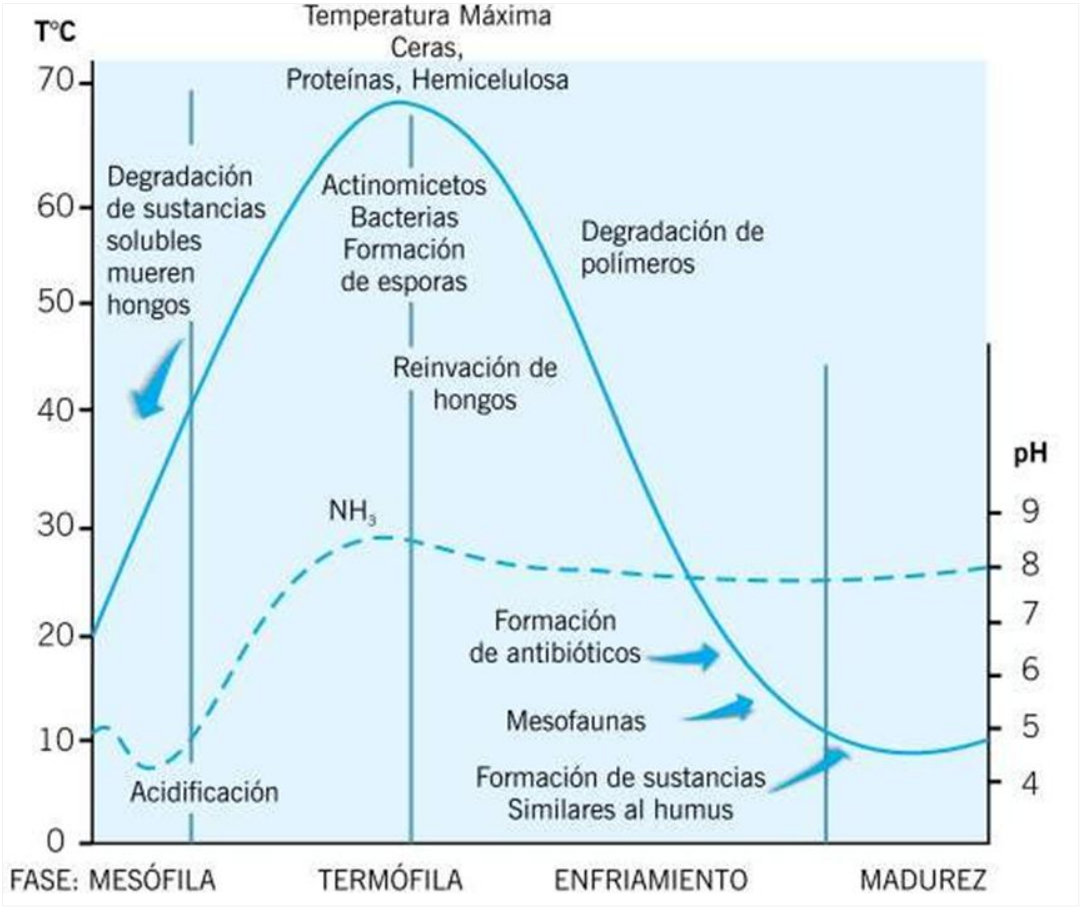

Figura 13. Variación de parámetros durante etapas de compostaje (Zapata-Hernández, 2009)

Figura 14. Estado de equilibrio en los procesos naturales (Vásquez et al., 2016)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_0	Valor-p
Tratamientos	$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^{k} \frac{Y_{i\bullet}^2}{n_i} - \frac{Y_{\bullet\bullet}^2}{N}$	$k-1$	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{k-1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$	$N-k$	$CM_E = \frac{SC_E}{N-k}$		
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{\bullet\bullet}^2}{N}$	$N-1$			

Figura 15. Análisis de varianza (ANOVA) simplificado (Gutiérrez & De la Vara, 2012)

Figura 16. Obtención del bioabono mediante compostaje