

Residuos de industria de aceite de soja para incrementar aptitud del suelo y rendimiento en cultivo de *Lactuca sativa*

Yaniny T. Tarazona Valenzuela, Ing., Carlos A. Castañeda Olivera, Dr. and Elmer G. Benites Alfaro, Dr.
Universidad César Vallejo, Campus Los Olivos, Lima, Peru
ytatianatarazonav@gmail.com, caralcaseo@gmail.com, ebenitesa@ucv.edu.pe

Resumen— Uno de los desechos de la industria del aceite de soja es la tierra de tonsil. Así, en este trabajo de investigación se evaluó el comportamiento de esos residuos industriales en la agricultura. Para ello, se realizó un trabajo experimental con la siembra de *Lactuca sativa* utilizando diferentes dosis de tierra tonsil (10, 15, 20 y 25%), evaluando cuál de estas dosis es más adecuada para obtener una mejor producción. Se determinó que la tierra de tonsil afecta favorablemente la aptitud del suelo, y consecuentemente mejora el rendimiento de la *Lactuca sativa*. Se evidenció que la dosis de tierra tonsil de 10% es adecuada para mejorar los parámetros fisicoquímicos del suelo de cultivo como fósforo (P), potasio (K) y capacidad de intercambio catiónico (CIC). Finalmente, se concluye que la tierra de tonsil es una alternativa favorable para mejorar la aptitud de los suelos que podrían ser aprovechados para el cultivo de la *Lactuca sativa*.

Palabras clave— tierra de tonsil, aptitud del suelo, *Lactuca sativa*, rendimiento en cultivo.

Abstract— One of the wastes from the soybean oil industry is tonsil soil. Thus, in this research work, the behavior of these industrial wastes in agriculture was evaluated. For this purpose, an experimental work was carried out with the sowing of *Lactuca sativa* using different doses of tonsil soil (10, 15, 20 and 25%), evaluating which of these doses is more adequate to obtain a better production. It was determined that tonsil soil favorably affects soil suitability, and consequently improves the yield of *Lactuca sativa*. It was evidenced that the tonsil soil dose of 10% is adequate to improve the physicochemical parameters of the cultivation soil such as phosphorus (P), potassium (K) and cation exchange capacity (CEC). Finally, it is concluded that tonsil soil is a favorable alternative to improve the suitability of soils that could be used for the cultivation of *Lactuca sativa*.

Keywords— tonsil soil, soil suitability, *Lactuca sativa*, cultivation yield.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación es uno de los principales problemas en la actualidad debido a las actividades antropogénicas e industriales que generan agentes contaminantes que provocan deterioro en el ambiente con impactos negativos y generación de enfermedades a la población. Los residuos industriales es el resultado de los procesos de fabricación, transformación, uso, consumo, limpieza o mantenimiento generados por la actividad industrial, y se incrementan debido a la falta de una gestión adecuada y disposición final. Los residuos sólidos

industriales en general son una parte importante de los residuos sólidos, pero no han recibido la atención de la gente durante mucho tiempo [1]. Casi todos los sectores económicos generan residuos sólidos y algunos factores que influyen en la generación de estos son el crecimiento demográfico y económico, la educación, la ocupación y los patrones de consumo [2], [3]. Cualquier residuo puede considerarse como contaminante al ambiente según las circunstancias [4].

Ante esta situación, el estado peruano, en el año 2004 aprobó la Ley Nro. 27314 - Ley general de residuos sólidos que aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final. Uno de los principios se centra en la minimización de los residuos mediante la cuantificación de acuerdo con sus características y su viabilidad para su reutilización, reciclaje y/o comercialización, buscando de esta manera la máxima reutilización en lugar de enviarlos a vertederos. El Ministerio del Medio Ambiente (MINAM) sostiene que los residuos industriales son un subproducto indeseable que finalmente afectará a los seres humanos y al medio ambiente y, por lo tanto, debe manejarse adecuadamente con el objetivo de evitar consecuencias negativas [5]. A nivel nacional existen industrias formales e informales que no manejan adecuadamente sus residuos e interesándose en obtener ganancias y dejando de lado la preservación del ecosistema. La Ley Nro. 27314 es una oportunidad para mejorar el servicio y la gestión de residuos en todo el Perú y se sostiene sobre tres pilares como: reducir residuos como primera prioridad, la eficiencia en el uso de los materiales y los residuos vistos como recursos y no como amenaza [6]. Por otro lado, el programa de las naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA) evalúa las condiciones y tendencias ambientales en todo el mundo para mejorar el bienestar humano, y de esa manera reducir significativamente los riesgos ambientales [7].

El principal problema de los residuos industriales es que no tienen reutilización, sino que no conocemos sus características para poder darles utilidad en la generación de otros productos y así evitar la masa de residuos industriales. Un caso común ocurre en las industrias de aceite de soja que generan desechos como la tierra tonsil que no se reutilizan y son enviados a los rellenos sanitarios. Una industria de estas genera una cantidad aproximada de 648 kilos por día, es decir, 19 toneladas por mes. Estos residuos se eliminan en todas las

Digital Object Identifier: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.199>
ISBN: 978-958-52071-8-9 **ISSN:** 2414-6390
DO NOT REMOVE

industrias dedicadas a la refinación de aceite. Asimismo, los componentes que pueden contener la tierra tonsil son ácidos grasos y fósforo que pueden ser aprovechados. Por lo tanto, la investigación reaprovechó la tierra tonsil conociendo sus características físicas y químicas para encontrar oportunidades de mejora en el manejo de residuos, así como analizar los beneficios para la agricultura, y de esta manera reducir el impacto en el ambiente. La investigación también buscó dar solución a los problemas de residuos como una alternativa en la gestión integral de residuos para las industrias dedicadas a este rubro.

El objetivo de la investigación fue determinar en qué medida el uso de la tierra tonsil, proveniente de la industria de aceite de soja, incide en el mejoramiento de la aptitud del suelo para la producción de lechuga en el pueblo de Huaracillo-Huánuco, Perú. Para ello, se determinó las características fisicoquímicas del suelo y la fenología de la *Lactuca sativa* cultivada.

II. METODOLOGÍA

A. Tipo de estudio y diseño de la investigación

La investigación fue aplicada y de tipo experimental exploratorio para su propósito porque el conocimiento generado requirió del uso de la tierra tonsil, recolección de datos de campo para la identificación de la fenología de la *Lactuca sativa* y determinación de las características físicas y químicas del suelo. La técnica principal usada para recoger los datos fue la observación que tuvo como objetivo un hecho actual y su producto una información que expresa algunas características del resultado [8].

La metodología experimental fue realizada por fases: Reconocimiento del suelo ubicado en el pueblo de Huaracillo en Huánuco, identificación de la planta a utilizar en el estudio

(*Lactuca sativa*), acondicionamiento del área de estudio, muestreo y composición del suelo, aplicación de la tierra tonsil en diferentes dosis (10%, 15%, 20% y 25%) y finalmente se determinó la eficiencia de rendimiento de la *Lactuca sativa*, para un periodo de 3 meses.

Para asegurar la eficiencia de la tierra tonsil se trabajó con tres grupos experimentales, tal como se muestra en la Fig. 1. Los datos experimentales fueron recolectados desde el inicio de la siembra de la *Lactuca sativa* hasta su cosecha.

B. Metodologías analíticas para el suelo

Los análisis de suelos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en Lima, Perú. Los métodos utilizados fueron los siguientes:

Para Textura del suelo (% de arena, limo y arcilla): Se analizó con el método hidrómetro.

Para la salinidad: Se tomó en cuenta la medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo/agua de 1:1 o en la extracción de pasta de saturación.

Para el pH: Las medidas fueron realizadas con el potenciómetro en la suspensión suelo/agua de relación 1:1 o en suspensión de suelo/KCl N con la relación 1:2.5

Para la Materia orgánica (MO): Se usó el método de Walkley y Black, oxidación de carbono orgánico con dicromato de potasio, (%MO=Cx1.724).

Determinación del Nitrógeno de total: Se hizo por el método del micro Kjeldahl.

Determinación del Fósforo disponible: Se usó el método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃= 05M, pH 8.5

Determinación del Potasio disponible: Se hizo por extracción con acetato de amonio (CH₃-COONH₄)N, pH 7.0.

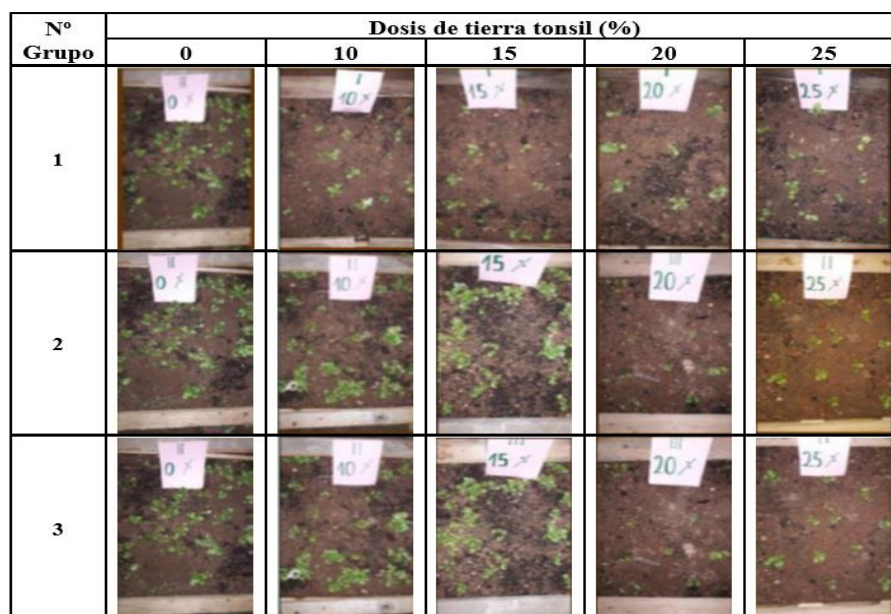


Fig. 1 Grupos experimentales de cultivo de *Lactuca sativa*

III. RESULTADOS

A. Efecto de la tierra tonsil en las características físicas del suelo

El suelo inicialmente contiene arena, limo y arcilla en 49, 28 y 23%, respectivamente (0% de tierra tonsil). Luego de agregar las dosis de tierra tonsil se observó un incremento en el porcentaje de arena de 49, 53, 53 y 55% para dosis de tierra tonsil adicionada en los porcentajes de 10, 15, 20 y 25%, respectivamente. Con las mismas adiciones de tierra tonsil, la composición de limo obtuvo una ligera disminución y la composición de arcilla permanece casi estable, en promedio de 23%. En la Tabla I se muestra la textura del suelo luego de agregar el residuo (tierra tonsil).

TABLA I
EFECTO DE LA TIERRA TONSIL EN EL SUELO DE CULTIVO

Porcentaje de tierra tonsil en el suelo	Composición del suelo			Textura
	Arena	Limo	Arcilla	
	%	%	%	
10% (1kg)	49	26	25	Fr.Ar.A
15% (1.5kg)	53	24	23	Fr.Ar.A
20% (2kg)	53	22	23	Fr.Ar.A
25% (2.5kg)	55	24	21	Fr.Ar.A
0 %	49	28	23	Fr.

B. Efecto de la tierra tonsil en las características químicas del suelo

En la Tabla II se muestra las características químicas del suelo como pH, Conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), fósforo (P) y potasio (K) luego de agregar la tierra tonsil.

Se observa que el pH inicial en el suelo fue ácido (4,53) y se alteró positivamente para 6.36 cuando se aplicó la dosis de 10% de tierra tonsil. Para dosis mayores de tierra tonsil, el pH disminuye progresivamente.

La variación de la conductividad eléctrica en el suelo incrementa conforme la dosis de tierra tonsil se incrementa. El valor máximo alcanzado de conductividad eléctrica fue de 3.69 dS/m cuando se aplicó 25% de tierra tonsil.

La materia orgánica en el suelo disminuyó con la aplicación de tierra tonsil, siendo su disminución de 4.19% cuando se aplica 1kg o 10% de tierra tonsil.

Se incrementó los valores de fósforo en presencia de tierra tonsil, siendo el máximo incremento de 14.5 ppm cuando se aplicó solo 1kg o el 10% de tierra tonsil. En cuanto al Potasio, se incrementó en 34 y 40 ppm cuando se aplicó dosis de tierra tonsil de 10 y 15%, respectivamente. En dosis de tierra tonsil

de 20 y 25%, el Potasio disminuyó en 120 y 26 ppm, respectivamente.

TABLA II
PROPIEDADES FÍSICAS – QUÍMICAS DEL SUELO DE CULTIVO SEGÚN PORCENTAJE DE TIERRA DE TONSIL

Tierra tonsil	pH	C.E.	MO	P	K
(%)	(1-14)	(dS/m)	%	ppm	ppm
10%	6.36	2,38	4,83	35,1	846
15%	5,23	2,88	6,68	28,9	852
20%	5,07	2,64	5,98	34,7	692
25%	4,54	3,69	6,11	28,1	786
0%	4,53	1,46	9,02	20,6	812

C. Efecto de la tierra tonsil en la fenología de la *Lactuca sativa*

En la Tabla III se muestra la altura de la planta *Lactuca sativa* en función de la adición de tierra tonsil. Se tuvo que al agregarse este producto al 10%, las plantas lograron mayor crecimiento, conforme se aprecia en la muestra M5, que corresponde al mayor tiempo de cultivo

TABLA III
EFECTO DE LA TIERRA TONSIL EN EL CRECIMIENTO (ALTURA) DE LA *LACTUCA SATIVA*

Muestra	Dosis de tierra tonsil (%)				
	0	10	15	20	25
	Altura (cm)				
M1	1.50	2,00	1,73	1,00	1,00
M2	3.40	5,00	3,78	1,50	1,00
M3	6.40	10,00	6,58	4,30	3,50
M4	8.80	12,20	9,08	5,40	3,50
M5	10.60	15,50	11,13	6,40	3,50

En la Tabla IV se muestra el número de hojas en el crecimiento de la *Lactuca sativa* con la adición de tierra tonsil en el suelo de cultivo. Se observó que al 10% de suelo con tierra tonsil se incrementó el número de hojas en la planta al ir creciendo con el tiempo.

TABLA IV

EFFECTO DE LA TIERRA TONSIL EN EL NÚMERO DE HOJAS DE LA *LACTUCA SATIVA*

Muestra	Dosis de tierra tonsil (%)				
	0	10	15	20	25
	Número de hojas (Nro.)				
M1	3.00	4,00	3,30	2,00	1,00
M2	3.50	5,00	3,80	1,50	1,00
M3	7.70	9,20	8,00	6,80	4,50
M4	9.80	11,30	10,10	7,40	5,50
M5	9.80	13,00	11,30	7,40	5,50

En la Tabla V se muestra el diámetro de hojas de la *Lactuca sativa* en función de la adición de tierra tonsil en el suelo de cultivo. Destacan los valores a 10 y 15% de dosis de tierra tonsil, con mayores diámetros de hojas conforme la planta crecía en el tiempo.

TABLA V

EFFECTO DE LA TIERRA TONSIL EN EL DIÁMETRO DE HOJAS DE LA *LACTUCA SATIVA*

Muestra	Dosis de tierra tonsil (%)				
	0	10	15	20	25
	Diámetro (cm)				
M1	1.14	1,50	1,20	1,00	1,00
M2	1.14	1,86	1,75	1,00	1,00
M3	2.00	2,50	2,00	1,50	1,00
M4	2.50	3,00	2,50	1,20	1,00
M5	4.00	4,83	4,67	2,50	1,00

En la Fig. 2 se muestra las imágenes del crecimiento de la *Lactuca sativa* en función de las diferentes dosis de tierra tonsil y del periodo de tiempo (semanas).

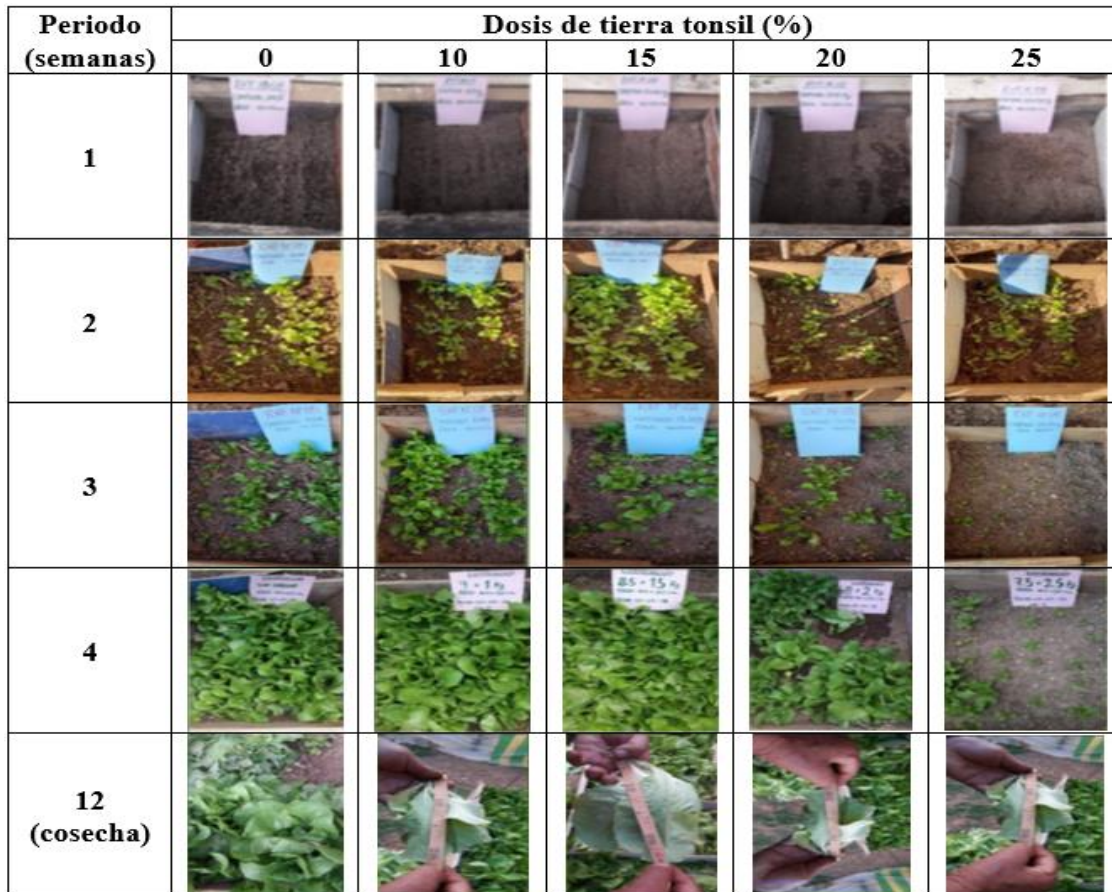


Fig. Imágenes del crecimiento de la *Lactuca sativa* en función de las diferentes dosis de tierra tonsil y del periodo de tiempo

III. DISCUSIÓN

Se determinó que el suelo tuvo un pH inicial de 4.37, es decir de naturaleza ácida, luego de adicionar tierra tonsil, el pH elevó a 6.36, favoreciendo el desarrollo de la *Lactuca sativa* que normalmente crece en un rango de pH de 5.8-7.2. El pH del suelo generalmente se considera adecuado para la agricultura cuando está entre 6 y 7. El pH tiene mucha importancia en los suelos de cultivo agrícola, literatura científica indica que a rangos menores que 4.5 se considera suelos muy ácidos, ya que interviene en la disponibilidad de los nutrientes para la absorción radicular de las plantas [9].

La tierra tonsil permitió mejorar la textura del suelo pasando de franco a franco-arenoso y con mejores cualidades para la agricultura, reduciendo el limo y manteniendo el nivel de arcillas. Similar resultado fue encontrado en la investigación realizada por Alegre [10] que usó enmiendas orgánicas para incrementar significativamente las características físicas del suelo como humedad y porosidad, y consecuentemente la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Hubo aumento de fósforo en el suelo productivo con la aplicación de tierra tonsil, pero este no influyó en las características fenológicas de la *Lactuca sativa* debido a que no tuvo una correlación significativa. Este efecto también fue corroborado por Chumpitaz [11], quien en su investigación obtuvo un resultado semejante y afirmó que el fósforo no influyó en el cultivo de sandías.

Es evidente decir que la mejora de las características del suelo afecta favorablemente a las características de los cultivos que son realizados en el lugar de estudio. El residuo (tierra tonsil) de la industria del aceite de soja es un desecho industrial que permite mejorar las características del suelo y puede ser aprovechado como una buena alternativa de utilidad. Casos parecidos con otro tipo de residuos se han verificado, por ejemplo, Salazar [12] investigó el uso de excretas humanas para mejorar las propiedades del suelo.

La fertilidad del suelo de ensayo se encontraba con parámetros de fertilidad en el nivel alto de acuerdo a la categorización hecha por Chang [13], tomando en cuenta la materia orgánica (mayor a 4 ppm), fósforo disponible (mayor a 14 ppm) y potasio disponible (mayor a 240 ppm); sin embargo, al adicionar tierra tonsil mejoró más estos parámetros de macronutrientes. Un aspecto que también se tiene que tener presente es la textura del suelo, en este caso se determinó que tenía una textura “franca”, es decir se encontró similares cantidades de arena, limo y arcillas, estos suelos tienen mejores condiciones físicas y químicas, este hecho permite afirmar que es la textura considerada como una de las mejores para suelos con fines de cultivo por su influencia en la fertilidad del suelo que permite una mejor aireación, mejor retención de agua así como de mejor capacidad de retención de nutrientes, entre otras ventajas [14].

Con los resultados obtenidos se vienen ensayando pruebas para determinar si en rangos menores a 10% la tierra tonsil mejora las características de otros tipos de suelos. Asimismo, otras de las variables que se analizarán y se tendrá en cuenta son los diferentes pisos altitudinales, las especies vegetales que más se pueden acomodar y beneficiar con la tierra tonsil teniendo en cuenta que a mayor concentración de potasio y fósforo favorecen el crecimiento de las plantas.

IV. CONCLUSIONES

El uso de residuos de la industria del aceite de soja denominado “tierra tonsil” permitió mejorar las características físicas y químicas del suelo, así como elevar los niveles de nutrientes esenciales que permitieron incrementar la aptitud del suelo para el cultivo de la *Lactuca sativa*, observándose una mejora directa en las características fenológicas como altura, tamaño y número de hojas. La mejor dosis fue al 10% residuos de tierra tonsil.

La adición de tierra tonsil en el suelo de cultivo mejoró el pH, favoreciendo la calidad del suelo y consecuentemente el desarrollo de la *Lactuca sativa*. Asimismo, la tierra tonsil elevó el nivel de fósforo y de potasio en el suelo, mejorando los procesos metabólicos, la fotosíntesis, transferencia de energía de los compuestos orgánicos y minerales que influyen en el crecimiento de la planta, resistencia a las plagas y favorecen la floración verde.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad César Vallejo, Campus Los Olivos, Lima-Perú por el soporte brindado para la realización y difusión de la investigación.

REFERENCIAS

- [1] Y. Liu, D. Guo, L. Dong, Y. Xu, and J. Liu, “Pollution Status and Environmental Sound Management (ESM) Trends on Typical General Industrial Solid Waste,” *Procedia Environ. Sci.*, vol. 31, pp. 615–620, 2016.
- [2] P. Lestari and Y. Trihadiningrum, “The impact of improper solid waste management to plastic pollution in Indonesian coast and marine environment,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 149, no. August, p. 110505, 2019.
- [3] J. Malinauskaitė *et al.*, “Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe,” *Energy*, vol. 141, pp. 2013–2044, 2017.
- [4] J. M. Coe, G. “Bud” Antonelis, and K. Moy, “Taking control of persistent solid waste pollution,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 139, pp. 105–110, 2019, December 2018.
- [5] MINAM-Ministerio del Ambiente, “Ley general del ambiente - Ley N° 28611,” Lima-Perú, 2005.
- [6] MINAM-Ministerio del Ambiente, “Nueva ley de gestión integral de residuos sólidos, Ley N° 27314, D.L. N°1278,” 2020. [Online]. Available: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/nueva-ley-de-residuos-solidos/>.
- [7] PNUMA-Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, “Avances y progresos científicos en nuestro cambiante medio

- ambiente,” Nairobi-Kenya, 2010.
- [8] T. J. C. Aranda, “Metodología de la investigación científica: Manual para elaboración de tesis y trabajos de investigación”, Asunción-Paraguay: Marben Editora y Grafica, 2016.
- [9] E.J. Plaster, “La Ciencia del Suelo y su Manejo”, Ediciones THOMSON. Madrid España, 2005
- [10] J. C. Alegre O., “Efecto de enmiendas orgánicas sobre la agregación y estabilidad de los agregados, porosidad, humedad equivalente y CIC de un suelo de la costa, La Molina,” Universidad Nacional Agraria La Molina, 1977.
- [11] J. L. V. N. Chumpitaz, “Niveles de fósforo y su efecto en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) CV. Black Fire en Cañete,” Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016.
- [12] J. J. V. Salazar, “Uso de excretas humanas procesadas sobre las propiedades físicas del suelo y el crecimiento del maíz híbrido en invernadero,” Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016.
- [13] J. Porta, M. López, C. Roquero, “Edafología para agricultura y el medio ambiente”, Universidad de León, 2003.
- [14] M. Andrades, E. Martínez, “Fertilidad del suelo y parámetros que la definen”, Universidad de la Rioja, Servicio de Publicaciones, 3ra Edición, 2014.