



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“INFLUENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DEL BIOL EN EL CRECIMIENTO DEL *Taraxacum officinale* EN UN SUELO CONTAMINADO CON PLOMO, EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA - 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autora:

Flor de Maria Quispe Aedo

Asesor:

MSc. Ing. Juan Carlos Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A mi madre Margarita Aedo, por su cariño y apoyo infinito desde siempre, a pesar de nuestra distancia física, siempre se preocupó por mi educación y sé que este logro significa mucho para ella al igual que para mí.

A mi hermana Sthefany Graciela, por involucrarse conmigo en este proceso experimental y por ser una excelente alentadora.

A mis tíos Efraín y Carlos Aedo, por sus contribuciones en mi estudio de investigación y su apoyo moral, desde la distancia.

Finalmente, dedico esta investigación al Centro de Investigación Agrometeorológica de la Universidad Nacional de Cajamarca, por el respeto y la confianza brindada desde el momento en que llegué a realizar mis Prácticas Pre - Profesionales y por brindarme la oportunidad de realizar mi estudio experimental en sus instalaciones del Silvo Agropecuario de la Facultad de Ciencias Agrarias; también, por compartir generosamente sus conocimientos y por guiarme hasta la etapa final de mi investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza de asumir con buena actitud todos los momentos buenos y no tan buenos que se presentaron durante este trayecto.

A mi asesor, MSc. Ing. Juan Carlos Flores Cerna; por su apoyo, tiempo, orientación y sus contribuciones para finalizar con éxito este proceso de investigación.

A mi co-asesor, Ing. Luis Eduardo Romero Díaz, expresar mi reconocimiento y gratitud por su apoyo continuo en la realización de este arduo trabajo; también, por su tiempo, paciencia y contribuciones realizadas hasta el final esta investigación.

A mi docente del curso de Proyecto de Tesis, Mg. Blgo Marco Sánchez Peña, por contribuir con sus ideas y aportes que me sirvieron para concretar mi tema de investigación; también, por su tiempo y amabilidad durante el proceso experimental.

A la Ing. MSc. Ing. Gladys Sandi Licapa Redolfo, por haberme orientado con sus conocimientos durante el trayecto de Proyecto de Tesis; también, por sus palabras que me fortalecieron e impulsaron en la realización de esta investigación.

Al Ing. Franklin K. Díaz Zamora, por su participación y aportes en la elaboración del biol.

Agradezco de forma especial al MSc. Wilfredo Poma Rojas, Ing. José Silva Mego, Sr: Luis Barboza Carrión, a la Srta. Alicia Saldaña, al Sr. Paulino Cusquisiban, al Sr. Segundo Cusquisiban y al Sr. Julio Ishpilco, por su apoyo extraordinario.

También, al Sr. Samy Florian Muñoz, por facilitarme todas las bandejas de madera de su área de trabajo.

Finalmente, expresar mi gratitud hacia mis amigos: Gisela Laboriano Solis, Kely Pérez Tarrillo, Flor de María Sangay Cabrera, Shelvin Cordova Rojas, Alberto Miranda Muñoz y Grober Cotrina Julcamoro, quienes me apoyaron en los momentos que los solicité.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.1.1. Bases teóricas.....	25
1.2. Formulación del problema	38
1.3. Objetivos	39
1.3.1. Objetivo general	39
1.3.2. Objetivos específicos	39
1.4. Hipótesis	39
1.4.1. Hipótesis general	39
1.4.2. Hipótesis específicas	39
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	40
2.1. Tipo de investigación.....	40
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y método).....	40
2.2.1. Población y muestra.....	40
2.2.2. Materiales e instrumentos	40
2.2.3. Método.....	44
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	45
2.3.1. Técnicas.....	45

2.3.2.	Instrumento	45
2.3.3.	Recolección y análisis de datos.....	45
2.4.	Procedimiento	47
2.4.1.	Ubicación del experimento	47
2.4.2.	Datos meteorológicos	47
2.4.3.	Características de la especie <i>Taraxacum officinale</i>	50
2.4.4.	Análisis físico – químico del suelo experimental	50
2.4.5.	Características nutricionales del biol	50
2.4.6.	Análisis del contenido de plomo en el <i>Taraxacum officinale</i>	51
2.4.7.	Características del plomo	51
2.4.8.	Características generales del experimento	52
2.4.9.	Tratamientos estudiados.....	53
2.4.10.	Distribución experimental.....	53
2.4.11.	Conducción del experimento.....	54
2.4.12.	Fase de campo.....	54
2.4.13.	Fase experimental	61
2.4.14.	Evaluaciones	64
2.4.15.	Aspectos éticos	66
CAPÍTULO III. RESULTADOS		67
3.1	Resultados de los análisis de los laboratorios	67
3.2	Resultados estadísticos de las 7 evaluaciones.....	68
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		73
4.1	Discusión	73
4.2	Conclusiones	83
REFERENCIAS		84
ANEXOS		89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Nutrientes elementales de las plantas	26
Tabla 2 Rango de temperatura y tiempo de fermentación anaeróbica	29
Tabla 3 Etapas de la digestión anaeróbica.....	30
Tabla 4 Ventajas y desventajas del biol.....	33
Tabla 5 Taxonomía del <i>Taraxacum officinale</i>	34
Tabla 6 Origen, hábitat y características botánicas del <i>Taraxacum officinale</i>	35
Tabla 7 Distribución, usos y riesgos del plomo	37
Tabla 8 Materiales e insumos durante el proceso de fermentación del biol.....	41
Tabla 9 Materiales utilizados durante el proceso del almacigo, acondicionamiento de las bandejas de madera y construcción del vivero.....	42
Tabla 10 Materiales, equipos, instrumentos y contaminante durante la fase experimental.....	43
Tabla 11 Tratamientos en estudio.....	45
Tabla 12 Esquema de análisis de varianza ANOVA para el diseño estadístico de Bloques Completamente Randomizados.....	46
Tabla 13 Datos meteorológicos durante la fase de campo del periodo de fermentación del biol	49
Tabla 14 Datos meteorológicos durante la fase experimental del periodo vegetativo del <i>Taraxacum officinale</i>	50
Tabla 15 Características de la especie <i>Taraxacum officinale</i>	50
Tabla 16 Características del nitrato de plomo	51
Tabla 17 Características generales del experimento.....	52
Tabla 18 Tratamientos en estudio y sus características.....	53

Tabla 19 Distribución aleatorizada de los tratamientos experimentales	53
Tabla 20 Instalación del biodigestor.....	55
Tabla 21 Carga del biodigestor.....	56
Tabla 22 Obtención de plántulas de <i>Taraxacum officinale</i>	57
Tabla 23 Colores correspondientes para cada tratamiento experimental	58
Tabla 24 Delimitación experimental	59
Tabla 25 Preparación de las concentraciones de biol	63
Tabla 26 Análisis de los macronutrientes del biol.....	67
Tabla 27 Análisis de los micronutrientes del biol	67
Tabla 28 Análisis físico – químico del suelo experimental.....	67
Tabla 29 ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en la altura de planta	68
Tabla 30 ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en el número de hojas	68
Tabla 31 ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en el área foliar de hojas	69
Tabla 32 Prueba de significación de Tukey al 5 % para efecto de las concentraciones de biol del área foliar de hojas	70
Tabla 33 ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en la materia seca de hojas.....	70
Tabla 34 ANOVA para la Influencia de las concentraciones del biol en la materia seca de la raíz	71
Tabla 35 ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en la longitud de raíz.....	71

Tabla 36 ANOVA para la influencia de las concentraciones de biol

en el contenido de plomo en el *Taraxacum officinale* 72

Tabla 37 Operacionalización de variables 89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución de los tratamientos en la fase de establecimiento.....	44
Figura 2 Influencia de las concentraciones del biol en la altura de planta	73
Figura 3 Influencia de las concentraciones del biol en el número de hojas	75
Figura 4 Influencia de las concentraciones del biol en el área foliar de hojas	76
Figura 5 Influencia de las concentraciones del biol en la materia seca de hojas.....	77
Figura 6 Influencia de las concentraciones del biol en la materia seca de la raíz	78
Figura 7 Influencia de las concentraciones del biol en la longitud de raíz.....	79
Figura 8 Influencia de las concentraciones de biol en el contenido de plomo en el <i>Taraxacum officinale</i>	81
Figura 9 Temperatura y Humedad Relativa - Durante el periodo de fermentación del biol - 2019	91
Figura 10 Temperatura y Humedad Relativa - Durante el periodo vegetativo del <i>Taraxacum officinale</i>	91
Figura 11 Croquis del experimento	92
Figura 12 Análisis físico - químico del suelo experimental	93
Figura 13 Análisis de las características nutricionales del biol	94
Figura 14 Análisis del contenido de plomo en el <i>Taraxacum officinale</i>	95
Figura 15 Desarrollo vegetativo a los 50 días	96
Figura 16 Presencia de hojas rizadas a los 60 días	96
Figura 17 Cambios de color en las hojas (color fucsia y amarillo) a los 70 días	96
Figura 18 Raíces de los tratamientos en estudio al finalizar el experimento	96
Figura 19 Proceso de fermentación anaeróbica del biol.....	97
Figura 20 Recolección de semillas de <i>Taraxacum officinale</i>	97

Figura 21	Peso y siembra de las semillas en el almácigo	97
Figura 22	Forrado de la pendiente y área de drenaje.....	97
Figura 23	Acondicionamiento de las bandejas para la recepción de plantas.....	97
Figura 24	Selección de las plantas del almácigo	97
Figura 25	Preparación de las concentraciones de biol al 0 %, 25 %, 50 % y 75 % de biol	97
Figura 26	Extracción del agua filtrada con una jeringa.....	97

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cantidad de plomo por tratamiento	62
--	----

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es determinar la influencia de las concentraciones del biol en el crecimiento del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo, en el Distrito de Cajamarca - 2019. En pruebas a nivel de vivero, se emplearon diferentes concentraciones de biol (0, 25, 50 y 75 %) mediante aplicación foliar en plántulas de *Taraxacum officinale*. El experimento se realizó mediante un Diseño Experimental por Bloques Completamente Randomizados, con 4 tratamientos (T₁, T₂, T₃ y T₄) y 3 repeticiones, haciendo un total de 12 tratamientos.

Los resultados se evaluaron mediante el análisis del desarrollo de la planta; a través de 7 evaluaciones. Los resultados analizados demuestran que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos empleados. Según las evaluaciones, los mejores tratamientos fueron los que contenían concentraciones de 25 % (T₂) con mayor efecto en altura de planta (36.27 cm), área foliar (65.2 cm²) y mayor absorción de Plomo (38.74 ppm), y al 75 % (T₄) siendo mayor su efecto en número de hojas promedio (17 hojas), rendimiento de materia seca de hojas (85.9 %), materia seca de raíz (74.4%) y longitud de raíz (19.93 cm).

Se concluye que las concentraciones de biol influyeron positivamente en el crecimiento del *Taraxacum officinale*.

Palabras clave: Concentraciones de biol, Diente de león, *Taraxacum officinale*, plomo, metales pesados en el suelo, fitoextracción.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La presencia de metales pesados en el ambiente se origina por causas naturales y básicamente por el inadecuado manejo de los residuos que dejan las actividades antrópicas: Industrias mineras y metalúrgicas; estos residuos son altamente potentes para degradar y contaminar los suelos; también, la compactación y la remoción de la superficie que realizan en sus actividades, arruina su estructura original, disminuyendo la materia orgánica, el pH, entre otros, todos estos cambios generan en casos extremos la pérdida de cubierta vegetal, dejando un suelo desnudo expuesto fácilmente a la erosión hídrica y eólica, fomentando la dispersión de los residuos tóxicos al ambiente, estos hechos provocan un peligro para la cadena alimenticia (Bech et al., 2017).

La acumulación y distribución de estos metales en el suelo se convirtió en un problema mundial, por este motivo se empezó a estudiar plantas de diferentes especies con capacidad de sobrevivir en superficies contaminadas, independientemente de las concentraciones de metales que puedan acumular; sin embargo, las plantas demostraron acumular elevadas concentraciones de metales en las hojas más que en las raíces, este hecho afecta negativamente en la morfología de la planta (Wahsha y Al Rshaidat, 2014).

De hecho, las concentraciones elevadas de metales en los suelos, reduce su fertilidad y actividad microbiana; también, presentan bajo pH e insuficiente capacidad de retención de agua, como efecto las plantas tienen un crecimiento deficiente; no obstante, las que acumulan bajas concentraciones de metales en sus tejidos su morfología no se ve afectada (Ashraf et al., 2011).

En cuanto a las elevadas concentraciones de metales absorbidos en las hojas, al sobrepasar su capacidad en su organismo, la planta reduce el transporte de metales hacia las hojas y raíces, esto puede ocurrir en plantas excluidoras al estar expuestas a suelos con alto potencial de metales pesados (Bech et al., 2012).

El *Taraxacum officinale* es una especie conocida en diversos países del mundo, debido a su amplia dispersión de semillas por acción del viento; también, es considerado en múltiples estudios experimentales, debido a su capacidad resistente y tolerante con los metales pesados (Giacomino et al., 2016).

Vaculík et al. (2013) mencionan que algunas plantas medicinales como el *T. officinale* crecen naturalmente en áreas mineras e industriales acumulando elevadas concentraciones de metales en sus órganos, por tanto si estas plantas son cosechadas de estas áreas con fines medicinales serían peligrosas para la salud.

El *Taraxacum officinale*, es considerado un bioindicador de elementos tóxicos; sin embargo, al estar en un ambiente degradado su desarrollo vegetativo es deficiente, según la cantidad de acumulación de metales que presente la planta; asimismo, al ser tolerante a elevadas cantidades de metales pueden colonizar suelos sin cubierta vegetal de manera natural (Bini et al., 2012). Otros autores consideran a esta planta como un excluidor; es decir, restringe la traslocación de metales pesados hacia los brotes independientemente de las cantidades de metales que existan en la superficie; se utiliza plantas excluidoras especialmente en suelos con poca vegetación, con la finalidad de evitar que el viento disperse las sustancias tóxicas y contamine otros lugares, por ende podría ser utilizado en proyectos de fitoestabilización (Wahsha et al., 2015).

Algunos metales pesados, como: As, Cd, Hg, Pb y Se, no son esenciales en el funcionamiento fisiológico de las plantas, no obstante el Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni y Zn, son metales esenciales para su metabolismo y desarrollo; pero si las concentraciones de estos últimos sobrepasan los niveles óptimos, pueden causar una intoxicación en las plantas (Rascio y Navari, 2011).

Debido al crecimiento deficiente que presentan las plantas al acumular metales pesados en sus órganos, en esta investigación se aplicó el biol foliarmente. Es un abono orgánico líquido bastante utilizado en las comunidades andinas de los departamentos del Perú, este fertilizante orgánico fortalece el crecimiento de las plantas, raíces y frutos, incrementando la producción y mejoramiento de los cultivos (Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA], 2008). Esto se debe a que el biol al ser aplicado foliarmente; es decir, directamente a las hojas y al tener rápida absorción, promueve un desarrollo foliar (parte aérea de la planta) bastante favorable; asimismo, al ser aplicado en diferentes concentraciones se obtuvo que a mayor dilución del biol en agua se logra mejores resultados en el aporte de *macronutrientes* y *micronutrientes* a las plantas (Clavijo et al., 2018).

Todos los nutrientes tienen una función específica en la nutrición de las especies vegetativas, en el grupo de los *macronutrientes* están los *nutrientes primordiales* (Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K)) y los *nutrientes secundarios* (Magnesio (Mg), Azufre (S) y Calcio (Ca)) y en el grupo de los *micronutrientes* o *microelementos* están el (Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) y Boro (B), estos elementos son claves en el desarrollo de las plantas: germinación, crecimiento, fotosíntesis y reproducción; debido a que son su fuente de nutrición (García et al., 2010).

Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Este estudio fue desarrollado por la Universidad Ca' Foscari de Venecia, Italia y por la Universidad de Florencia, con el objetivo de investigar la capacidad de acumulación de metales pesados y su comportamiento morfológico en plantas de *Taraxacum officinale* que crecieron en un área minera. En las características morfológicas, destacaron daños en la parte aérea: diferencia en el color de las hojas, débil grosor de las hojas y un crecimiento deficiente. Respecto a la capacidad de acumulación del *T. officinale*, indicaron que presentó niveles mucho más altos en las hojas (193 mg/kg) que en las raíces (142 mg/kg) y que su acumulación depende de las características del suelo que de las concentraciones de metales en el suelo (Bini et al., 2012).

Maleci et al. (2013) en su investigación desarrollada en la Universidad de Florencia, en el año 2011, determinaron las concentraciones de metales pesados en las hojas de *Taraxacum officinale* extraídas con su mismo suelo de 3 sitios distintos de un área minera y fueron trasplantadas en maceteros y las evaluaron por 3 años de cultivo; además, examinaron el efecto causado en su morfología, observando disminución en el grosor de las hojas. Respecto a la concentración de plomo en sus hojas, en uno de los sitios fue de 10.80 mg/kg, indicaron que posiblemente sea por la lixiviación, debido a la lluvia de 2 años y el riego con agua de grifo hayan disminuido gradualmente la cantidad de elementos tóxicos en el suelo y las hojas.

Investigadores de 3 universidades: Universidad de Jordania, Aqaba; Universidad de

Yarmouk, Jordania y por el departamento de Ciencias Ambientales de la Universidad Ca' Foscari de Venecia, Italia, investigaron la distribución y movilidad de metales pesados (Cu, Pb, Zn y Fe) en suelos de minas abandonas en Italia y su transferencia en diferentes especies vegetativas, entre ellas está el *Taraxacum officinale*. Sus resultados respecto a la acumulación de Pb, muestran que en sus hojas acumularon 134 mg/kg y en las raíces 102 mg/kg; por lo tanto, el *T. officinale* en esta investigación presentó concentraciones más altas en las hojas que en las raíces (Wahsha et al., 2015).

En la Universidad de Jordania en Aqaba, analizaron la concentración de 5 metales pesados (Cr, Cu, Pb, Zn y Fe) en 4 especies diferentes, entre ellas el *Taraxacum officinale* y se realizó en minas abandonadas al Noreste de Italia. De acuerdo a sus resultados, las cantidades de Pb que almacenó en las hojas fue de 65 mg/kg y en las raíces 57.5 mg/kg. Este estudio sugirió al *T. officinale* como una planta indicadora de metales pesados; debido a que acumuló mayor concentración de metales en las hojas (Wahsha y Al Rshaidat, 2014).

Un grupo de investigadores de 3 Universidades de diferentes países: Universidad de Barcelona, España; Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Azul, Argentina y la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile; seleccionaron 16 especies diferentes, entre ellas el *Taraxacum officinale* que crecieron en la mina San Bartolomé (Ecuador); analizaron la acumulación de metales pesados (As, Cd, Cu, Pb y Zn) en las hojas y raíces de las plantas seleccionadas. En sus resultados de acumulación de Pb en las hojas del *T. Officinale*, acumuló 2533 mg/kg y en las raíces acumuló 1913 mg/kg, presentando concentraciones de Pb mucho más altos en las hojas que en las raíces (Bech et al., 2017).

Angelova y Ivanov (2018) de la Universidad Agrícola, Plovdiv, Bulgaria; investigaron la distribución de metales pesados: Pb, Zn y Cd en el *Taraxacum officinale*; además, analizaron las posibilidades de utilizar esta especie como planta indicadora en la evaluación de suelos contaminados; en sus evaluaciones obtuvieron un mejor resultado en los brotes, puesto que la traslocación y acumulación de los metales fueron significativamente mayor en esta parte de la planta; asimismo, el factor de traslocación del plomo (Pb) fue mayor a uno, lo que significa que tuvieron mayor traslocación de este metal en los brotes que en las raíces. Finalmente, en esta investigación, consideraron al *Taraxacum officinale* como un buen indicador de metales pesados.

Cobo (2012) en su estudio realizado en Quito, Ecuador, evaluó el efecto del biol a base de excretas de vacuno en la producción de pimiento (*Capsicum annum L*) bajo condiciones de invernadero, en el cual utilizó 5 concentraciones de biol: T₁: 90 %, T₂: 70 %, T₃: 50 %, T₄: 30 % y T₅: control; respecto a sus resultados en altura de planta, obtuvo lo siguiente: T₁: 90 % (0.96 m), T₂: 70 % (1.00 m), T₃: 50 % (1.02 m), T₄: 30 % (0.98 m) y T₅: control (0.96 m), logrando un promedio general de altura de planta para todos los tratamientos de 0.98 m y el más alto 1.02 m que pertenece al T₃: 50 % de biol, siendo el más efectivo.

En el Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en México, utilizaron aplicaciones de biol: con y sin la aplicación de biol foliar (17 mL/panta) entre otros fertilizante, para analizar su efecto producido en el crecimiento de Heliconia (*Heliconia psittacorum cv. Tropical*). Emplearon un diseño por bloques completamente al azar con 4 repeticiones. Evaluaron: área foliar, número de brotes, entre otros. En sus resultados de aplicación foliar del biol, obtuvieron resultados

significativos a los 120 y 180 días en el área foliar y en los brotes a partir de los 90 días, esto podría explicarse, debido a que las hojas son el órgano de la planta que mejor aprovecha los nutrientes del biol en su metabolismo (Linares et al., 2016).

Tambo et al. (2016) de la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, utilizaron biol a base de excretas de bovino en la producción y calidad de cebada (*Hordeum vulgare*) y evaluaron su efecto en el número de brotes, entre otros; asimismo, utilizaron un tratamiento testigo (solo aplicación de agua) y un tratamiento de 50 % de biol. Respecto a sus resultados en el número de brotes, el tratamiento de 50 % de biol, obtuvo 9.5 y el tratamiento testigo obtuvo 7.5. Concluyeron que el biol permite estimular el desarrollo de las plantas, debido a su fuente de micronutrientes y macronutrientes.

Antecedentes Nacionales

Alva (2013) analizó la capacidad bioacumuladora de la especie vegetativa *Taraxacum officinale*, el periodo experimental fue durante 28 días en condiciones de laboratorio. Utilizó los siguientes tratamientos de plomo (Pb): 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm y 150 ppm. En sus resultados reportados, la raíz obtuvo mayor acumulación de Pb a diferencia de las hojas, lo que indica que el *T. officinale* evidentemente es una especie acumuladora de este metal; sin embargo, la mayor longitud la obtuvo con el tratamiento sin Pb; asimismo, obtuvo pérdida de hojas en sus concentraciones con Pb; de igual forma obtuvo un rendimiento deficiente en la materia seca de hojas y raíces.

Padilla y Valderrama (2015) en su estudio realizado en la Universidad Nacional de

Trujillo, evaluaron el efecto de 2 metales pesados: plomo (Pb) y cobre Cu), en el cambio de color y crecimiento de las raíces y tallos de *Spilanthes urens*, durante 15 días en condiciones de laboratorio. Sus concentraciones fueron: (0 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm y 100 ppm). De acuerdo a sus resultados, señalaron que el Pb y el Cu provocaron alteraciones bioquímicas y fisiológicas en la planta (cambios de color en las raíces y tallos durante el crecimiento), debido a la toxicidad de los metales en concentraciones mayores. Finalmente, concluyeron que ambos metales son totalmente independientes en el crecimiento de la raíz y tallo, puesto que no afectó en el desarrollo del *Spilanthes urens*.

Miranda (2018) evaluó el efecto de 3 concentraciones de biol a base de excretas de vaca, cerdo y cuy en el desarrollo de la planta Bolaina Blanca (*Guazuma crinita*); este estudio fue realizado en Pucallpa. La aplicación foliar se realizó en concentraciones de (5 L de biol en 15 L de agua), equivalente a 25 % de biol y lo aplicó durante 4 meses. Su fase experimental se realizó en un vivero y utilizó el diseño por bloques completamente al azar. Sus parámetros evaluados fueron: altura de planta, número de hojas, entre otros. En sus resultados obtuvo que el biol a base de “excretas de cuy” fue el que obtuvo mejores resultados con el aporte de sus nutrientes, obteniendo en altura de planta (85 cm), en área foliar (50 cm), en número de hojas (36 unidades).

Julon (2016) realizó su investigación en condiciones de vivero en Satipo, Huancayo, utilizó biol a base de excretas de vacuno en el crecimiento de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke, *Guazuma crinita* Mart y *Swietenia macrophylla* King. Su diseño experimental fue Completamente al Azar, con 4 concentraciones de biol (0 %, 25 %, 50 % y 100 %). Sus variables de evaluación fueron: altura de planta,

número de hojas, área foliar, tamaño de raíz, entre otros. En sus resultados, el 25 % de biol logró los mejores resultados en todas sus variables de evaluación y en sus 3 especies vegetativas, excepto en el número de hojas de la especie *Cedrelinga catenaeformis Ducke*. La autora resalta que el 100 % de biol causó quemaduras y caídas de hojas en las 3 especies.

Gomez (2018) en su investigación realizada en Puno, evaluó 3 tipos de biol a base de excretas de cuy, ovino y vacuno en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*); asimismo, utilizó 3 concentraciones de biol: 0 %, 15 % y 30 %. Su diseño experimental fue Completamente al Azar y sus variables de estudio fueron: altura de planta, biomasa de raíz, entre otros. En sus resultados de altura de planta, la concentración de 30 % de biol a base de excretas de vacuno fue el que tuvo mayor altura (27.13 cm); con respecto a la biomasa de raíz, la concentración del 30 % de biol a base de excretas de cuy fue el que obtuvo el mejor resultado, obteniendo 3.36 kg/0.10 m².

Munive et al. (2018) evaluaron el efecto de enmiendas orgánicas en suelos degradados por: plomo (Pb) y cadmio (Cd) de 2 localidades (Mantaro (MA) y Muqui (MU)), utilizaron el maíz (*Zea mays* L.) como especie fitorremediadora en 3 tratamientos (T₁: compost de Stevia, T₂: Vermicompost de Stevia y el T₃: químico). Sus evaluaciones fueron en: altura de planta, materia seca de hojas y raíces, acumulación de Pb y Cd en la planta. En sus resultados reportaron que en el suelo de (MU) las plantas del T₂ y T₁ acumularon la mayor cantidad de Pb en sus raíces. Los suelos del (MA) obtuvieron resultados favorables en altura de planta, materia seca de hojas y raíces.

Antecedentes Locales

En un área minera en el distrito de Hualgayoc, seleccionaron 7 especies diferentes entre ellas el *Taraxacum officinale* y evaluaron si estas especies tienen capacidad de ser hiperacumuladoras de metales tóxicos, mediante el Factor de traslocación ($TF > 1$) y la acumulación total de metales en la parte aérea > 1000 mg/kg. La acumulación de Pb que obtuvo el *T. officinale* en sus 2 puntos de muestreo fueron los siguientes: en el punto (CA2) la raíz acumuló (1913.8 mg/kg) y en las hojas (2533.1 mg/kg), obteniendo un TF de 1.3 y en el punto (CA3) la raíz acumuló (2908.3 mg/kg) y en las hojas (1816.6 mg/kg), obteniendo un TF de 0.6 siendo inferior a uno, lo que significa que esta especie no es considerada hiperacumuladora. (Bech et al., 2015).

Reina (2019) en su investigación desarrollada en Cajamarca evaluó el efecto de 3 dosis de biol a base de excretas de vacuno, en el peso seco de la asociación trébol (*Trifolium pratense* L.) y rye grass (*Lolium multiflorum* L), utilizó un diseño experimental por bloques completamente al azar de 4 tratamientos (T_1 : control, T_2 : 5 L, T_3 : 10 L, T_4 : 15 L). Sus resultados obtenidos en el peso seco de sus tratamientos fueron los siguientes: en el T_1 obtuvo 10 %, en el T_2 obtuvo 24 %, en el T_3 obtuvo 25 % y en el T_4 obtuvo el mismo valor de 25 %, mostrando que los tratamientos con mayor cantidad de biol (T_3 y T_4) obtuvieron mejor rendimiento en la materia seca, la autora mencionó que ambos resultados se deben a que el biol llegó a su punto máximo de absorción.

Pereyra (2019) de la Universidad Nacional de Cajamarca, sede Celendín, determinó la traslocación, efectos morfológicos e índices de crecimiento por efecto del plomo (Pb) en plántulas de piña (*Ananas comosus* (L) Merrill), utilizó 4 concentraciones de

Pb (C₀: 0.0 ppm, C₁: 310.8 ppm, C₂: 621.6 ppm, C₃: 932.3 ppm). Sus evaluaciones fueron: peso seco de hojas y raíces, longitud de raíz, número de hojas, daños morfológicos y acumulación de Pb en la parte aérea y radicular. En sus resultados obtuvo que, a mayor concentración de Pb, mayor cantidad acumuló la planta en sus raíces; en las demás evaluaciones, obtuvo una tendencia decreciente a mayor concentración. En los daños morfológicos señaló: clorosis, delgadez, hojas dobladas, marchitez, necrosis en hojas y raíces; además, de un crecimiento vegetativo deficiente.

Justificación

Esta investigación se realizó en el Silvo Agropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), considerando con la necesidad de contar con información de la eficiente influencia de las concentraciones de biol en el crecimiento del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo, en el distrito de Cajamarca – 2019.

En la trascendencia de este estudio se pretende determinar de qué manera influyen las concentraciones del biol en el crecimiento del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo. Es importante; porque, nos permite contar con una base de datos, siendo este estudio una de las muchas investigaciones que muestra la preocupante realidad que tenemos frente a la contaminación de suelos por metales tóxicos en superficies explotadas por la minería.

Tiene rigores de investigación científica desde la revisión sistemática, la identificación del problema, hasta las inferencias estadísticas y las conclusiones.

Existen pocas investigaciones al respecto, el presente estudio servirá como referencia de futuras investigaciones en relación a la importancia de la influencia de las concentraciones del biol en el crecimiento del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo.

1.1.1. Bases teóricas

A. Abonos o fertilizante orgánicos

Es toda sustancia de origen vegetal y animal que se utiliza en la agricultura, su interés reside en que los abonos orgánicos contienen gran cantidad de nutrientes (*macronutrientes* y *micronutrientes*) que son incorporados directamente al suelo o de manera foliar, con la finalidad de recuperar suelos degradados mejorando su fertilidad, al mismo tiempo facilitar el desarrollo de las plantas aumentando su rendimiento y mejorando la calidad de los cultivos (García et al., 2010).

En la Tabla 1 se detallan los nutrientes esenciales que las plantas necesitan:

Tabla 1

Nutrientes elementales de las plantas

Macronutrientes	
Nutrientes Primarios	Nutrientes Secundarios
<p>Nitrógeno (N)</p> <p>Es la fuente de crecimiento y desarrollo de la planta; además, les aporta mayor contenido de proteínas.</p>	<p>Magnesio (Mg)</p> <p>Es el constituyente principal de la molécula de clorofila. Es el elemento principal para la fotosíntesis y formación de pigmentos.</p>
<p>Fósforo (P)</p> <p>Estimula el desarrollo radicular; también, es importante para la transferencia y almacenamiento de energía. Las plantas que carecen de este elemento tienen un desarrollo débil.</p>	<p>Azufre (S)</p> <p>Constituyente esencial de proteínas, vitaminas, coenzimas y glicósidos. Este elemento forma parte de la proteína ferredoxina.</p>
<p>Potasio (K)</p> <p>Mejora la fotosíntesis, el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y enfermedades. Las plantas que carecen de este</p>	<p>Calcio (Ca)</p> <p>Es esencial para el crecimiento de las raíces. Su aplicación; también, es</p>

elemento tienen deficiente crecimiento y son
vulnerables al ataque de parásitos.

esencial para reducir la acidez del
suelo.

Micronutrientes

Hierro (Fe)

Da el color verde característico a las hojas de las plantas (clorofila) y también, interviene en la transferencia de energía.

Manganeso (Mn)

Al igual que el Fe participa en la formación de clorofila y cuando hay carencia este elemento se produce clorosis (hojas amarillas).

Zinc (Zn)

Produce auxinas naturales que regulan el crecimiento de las plantas.

Cobre (Cu)

De igual forma que el Mg y el Fe participa en la fotosíntesis y aporte de proteínas.

Molibdeno (Mo)

Actúa en la fijación de nitrógeno.

Cloro (Cl)

Participa en el mantenimiento de la turgencia celular.

Boro (B)

Participa en el transporte de azúcares y también, es esencial para el crecimiento de las plantas.

Níquel (Ni)

Este elemento es esencial para formar la ureasa en las plantas.

Fuente: (García et al., 2010, p. 20)

B. Características de la digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo, inicia con los residuos orgánicos (vegetales y animales) que durante el trayecto de la fermentación se convierten en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos; además, sus bacterias son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores (e.g. H_2O_2); asimismo, más del 90 % de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose solo un 10 % de la energía en crecimiento bacteriano, frente al 50 % consumido en un sistema aeróbico. (Varnero, 2011, p. 42)

La biomasa degradada que queda al finalizar el periodo de fermentación no desprende malos olores y se hallan libres de larvas, huevos y de gérmenes patógenos, obteniendo un excelente biol para ser utilizado como fertilizante de suelos de alto valor nutricional. (Servicio Agrícola y Ganadero [SAG], 2012, p. 143)

A continuación, se detalla algunas de las características de la digestión anaeróbica:

- **Nutrientes (niveles de sales)**

Para los microorganismos de la digestión anaeróbica son esenciales los macronutrientes: nitrógeno (N) y fósforo (P) y micronutrientes: hierro (Fe), cobalto (Co), molibdeno (Mo), selenio (Se), calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn), tungsteno o wolframio (W) y boro (B), a niveles de mg/L. (Varnero, 2011)

- **Temperatura**

Los procesos anaeróbicos son altamente dependientes de la temperatura; cabe decir

que, a medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad de crecimiento de los microorganismos; por lo tanto, se acelera el proceso de digestión anaeróbica. A continuación, se detalla en la Tabla 2 los rangos de temperatura en los que trabajan los microorganismos anaeróbicos.

Tabla 2

Rango de temperatura y tiempo de fermentación anaeróbica

Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Psychofilica	4 - 10 °C	15 - 18 °C	20 - 25 °C	Sobre 100 días
Mesophilica	15 - 20 °C	25 - 35 °C	35 - 45 °C	30-60 días
Thermophilica	25 - 45 °C	50 - 60 °C	75 - 80 °C	10-15 días

Fuente: (Varnero, 2011)

- **Rangos de pH y alcalinidad**

Los diversos grupos bacterianos del proceso de fermentación anaeróbico presentan niveles de pH de rango óptimo en torno a la neutralidad, como se afirma el óptimo es entre 5.5 y 6.5 para acidogénicos y entre 7.8 y 8.2 para metanogénicos; por otro lado, el pH recomendable para cultivos mixtos es entre 6.8 y 7.4; no obstante, el pH neutro es el más adecuado. (Varnero, 2011, p. 42)

- **Agitación**

Zanabria (2019) afirma: “La agitación es importante en el proceso de la fermentación anaeróbica; porque, permite mejorar la productividad, asegurando una buena homogeneidad de la sustancia en el biodigestor y favorece los intercambios térmicos; también, permite la desgasificación de los lodos” (p. 17).

Esta última parte es importante; porque, en la desgasificación de lodos (burbujeo constante) que se produce en la parte externa del ducto que conecta la manguera para la salida de gases, es un indicador positivo en el proceso de la fermentación anaeróbica; por el contrario, cuando deja de burbujear, indica que la materia orgánica se ha sedimentado al fondo del biodigestor y se tiene que agitar para que continúe eficazmente el proceso de fermentación.

C. Etapas de la digestión anaerobia

Varnero (2011) indica: “Los estudios bioquímicos y microbiológicos, dividen el proceso de la digestión anaeróbica de la materia orgánica en 4 etapas”. A continuación, se detallan en la Tabla 3:

Tabla 3

Etapas de la digestión anaeróbica

Orden	Etapas de la digestión anaeróbica	Definición
1	Hidrólisis	Es el primer paso para el inicio de la degradación anaeróbica de sustratos orgánicos complejos; por lo tanto, la hidrólisis es el que proporciona sustratos orgánicos para la fermentación; además, esta etapa depende de la temperatura del proceso, del tiempo de retención hidráulico, de la composición bioquímica del sustrato (porcentaje de lignina, carbohidratos, proteínas y grasas), del nivel de pH, de la concentración de ion amonio NH_4^+ .

- 2 **Fermentativa
o acidogénica** La presencia de este grupo de bacterias acidogénicas, no solo radica en el hecho que producen alimento para las bacterias acetogénicas que actúan en la siguiente etapa, sino que eliminan cualquier traza del oxígeno disuelto del sistema; por otro lado, la mayoría de los microorganismos acidogénicos, también participaron en la etapa anterior de la hidrólisis.
- 3 **Acetogénica** Las bacterias acetogénicas solo pueden sobrevivir en simbiosis con el género que consume hidrógeno y tienen un período de regeneración de hasta 84 horas. Un tipo especial de microorganismos acetogénicos, son llamados homoacetogénicos; este tipo de bacterias son capaces de crecer heterotróficamente en presencia de azúcares.
- 4 **Metanogénica** Los microorganismos metanogénicos completan el proceso de la fermentación anaeróbica mediante la formación de metano, a partir de sustratos monocarbonados o con dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato, H_2 / CO_2 , formato, metanol y algunas metilaminas.

Fuente: (Varnero, 2011)

D. Biodigestor

Un biodigestor es un contenedor o depósito cerrado herméticamente que proporciona un ambiente apropiado para que la materia orgánica se descomponga en ausencia de oxígeno a este proceso se le llama digestión o fermentación anaeróbica; por consiguiente, tiene un conducto de salida para la desgasificación de los lodos; por otra parte, el biodigestor puede ser de plástico, metal, ladrillo, entre otros; también, se puede adaptar de diferentes formas: cilíndrica, rectangular, ovoide, etc (Arrieta, 2016).

De acuerdo a Avila (2016) citado en Auris y Morales (2019) “Los biodigestores toman su nombre del término “digestivo o digestión”, son sistemas ecológicos y pueden ser elaborados de diferentes materiales (concreto, polietileno, hormigón, entre otros), son sellados herméticamente para producir biogás y biol” (p. 20).

E. Biol

El biol es un abono orgánico líquido que contiene gran cantidad de materia orgánica; asimismo, aporta nutrientes esenciales que el suelo necesita, mejorando el régimen hídrico para un óptimo desarrollo de las plantas; también, aporta nutrientes que actúan como fitoreguladores que estimulan la elongación de raíces y el desarrollo foliar de la planta; además, el biol protege a las plantas de las plagas de insectos y cambios meteorológicos (Manual de Biol, 2013).

Por su parte, Varnero (2011) indica que los bioprocesos utilizados para estabilizar los residuos orgánicos se producen en una digestión de tipo aeróbica (compostaje, lombricultura) o de tipo anaeróbica (fermentación con producción de biogás); en relación a la composición química de ambos productos orgánicos, es variable, dado que depende de la materia prima que se ha utilizado y del tiempo de fermentación.

Adicionalmente Guanopatín (2012) señala: “Las concentraciones de biol, pueden aplicarse mojando bien las hojas 3 ó 5 veces, solo si se encuentra en inadecuadas condiciones y dependiendo de la edad del cultivo” (p. 9). A continuación, se presentan las ventajas y desventajas del biol:

Ventajas y desventajas del biol

Tabla 4

Ventajas y desventajas del biol

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Su elaboración no tiene una receta determinada; por lo tanto, los insumos pueden variar, es de fácil preparación y se puede realizar en diferentes tipos de envases. • Es amigable con el ambiente; porque, se obtiene de productos orgánicos sanos y saludables y es de bajo costo. • Mejora el crecimiento y desarrollo foliar de la planta; además, de la calidad y cantidad del cultivo. • Funciona como repelente, protegiendo a la planta de los ataques de plagas. • Es de rápida absorción y mejora el vigor de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su proceso de fermentación es lento; por lo tanto, la utilización del biol es a largo plazo. • En áreas extensas se necesita utilizar una mochila fumigadora para su aplicación. • Después de su cosecha, solo se puede utilizar entre 3 a 6 meses, pasado este tiempo su efecto ya no es muy eficiente • La inadecuada aplicación puede quemar las hojas de la planta.

Fuente: (INIA, 2008)

F. Aplicación y dosis de biol

SAG (2012) afirma: “Las dosis de biol se puede aplicar a los brotes, al suelo, a las semillas y bulbos de la planta, tiene un efecto paulatino, por lo que poco a poco va mejorando la fertilidad del suelo” (p. 143).

Con respecto a la aplicación foliar se debe disolver entre 15 a 20 %, aplicando de 3 a 5 aplicaciones por ciclo de cultivo; se recomienda que en la aspersión del biol se debe utilizar un adherente con la finalidad de evitar que el biol se evapore o se lave por acción de los cambios meteorológicos (SAG, 2012; Cobo, 2012).

G. Taxonomía del *Taraxacum officinale*

En la Tabla 5 se detalla la taxonomía de la especie vegetativa *T. officinale*.

Tabla 5

Taxonomía del Taraxacum officinale

Taxonomía del <i>Taraxacum officinale</i>	
Nombre científico	<i>Taraxacum Officinale</i>
Nombre común	Diente de león
Reino	Plantae
Subreino	<i>Traqueobionta</i> (plantas vasculares)
Súper división	<i>Spermatophyta</i> (planta con semillas)
División	<i>Magnoliophyta</i> (plantas con flor)
Clase	<i>Magnoliopsida</i> (dicotiledóneas)
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Asterales</i>
Familia	<i>compositae</i>
Género	<i>Taraxacum</i>
Especie	<i>T. Officinale</i>

Fuente: (Ayala, 2019)

H. Origen, hábitat y características botánicas del *Taraxacum officinale*

Tabla 6

Origen, hábitat y características botánicas del Taraxacum officinale

Origen, hábitat, características botánicas y del <i>Taraxacum officinale</i>	
Origen	Es una hierba de origen europeo y se encuentra introducida en todas las regiones del Perú, desde los 0 – 3500 m.s.n.m.
Hábitat	Se encuentra con facilidad en superficies húmedas, por ejemplo: en los caminos, praderas y generalmente en los jardines; además, puede adaptarse a diferentes climas (resiste ambientes climáticos extremos) y tipos de sustratos.
Características botánicas	Es una planta perenne en diversos países del mundo, crece hasta una altura de 12 pulgadas, sus hojas son dentadas y brillantes de un color verde oscuro, están situadas en forma de una roseta a nivel del suelo, esta forma le permite canalizar agua de lluvia hacia el centro de su raíz principal; por otro lado, sus flores amarillas se aprecian durante la mayor parte del año y cuando madura cierra sus pétalos y se forma una gran cantidad de semillas que son dispersados por acción del viento.

Fuente: (Montoya, 2014; Murray, 2013)

I. Uso medicinal del *Taraxacum officinale*

Murray (2013) refiere que el *Taraxacum officinale* en el uso medicinal los herbolarios lo utilizan como remedio para los dolores digestivos, enfermedades del hígado y también lo utilizan para la retención de líquidos, entre otras acciones detalladas a continuación:

- Tiene efectos digestivos, al ser un depurativo elimina las sustancias tóxicas de nuestro organismo generadas por una inadecuada alimentación.

- Mejora el control de azúcar en la sangre, debido a que contiene gran cantidad de inulina en la raíz.
- Es un tónico para el hígado, debido a que favorece la secreción de la bilis.
- Actúa como un excelente diurético, porque favorece la expulsión de la orina y ayuda al drenaje de nuestro organismo, evitando la retención de líquidos.

J. Suelo

Es la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual crecen las plantas; además, aporta nutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), fundamentales para el crecimiento de las plantas; también, brinda a las raíces una adecuada disponibilidad de oxígeno; asimismo, los suelos con alta cantidad de materia orgánica poseen gran capacidad para almacenar elevadas cantidades de agua, esto permite favorecer a las plantas durante las temporadas de sequía (INIA, 2015; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015).

García et al. (2010) afirman: “El suelo es el lugar que da soporte y sustento a las plantas y en el que interactúan diversos organismos de nuestro ecosistema que generan restos de descomposición de biomasa que se va concentrando en el suelo” (p. 25).

K. Plomo

Vallés et al. (2018) afirman: “El plomo (Pb) es un elemento químico de la tabla periódica, con número atómico 82 y peso atómico 207.2; asimismo, se encuentra en la naturaleza en pequeñas cantidades y en diferentes ámbitos”.

Falcon (2016) señala: “ El plomo en la planta se acumula preferentemente en la raíz y en las hojas” (Munive et al., 2018, p. 557).

Según el Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2020) menciona: “El Perú a nivel de Latinoamérica ocupa el primer lugar en la producción de plomo y a nivel mundial ocupa el cuarto lugar”.

En la siguiente tabla se detalla la distribución, usos y riesgos de este metal.

Tabla 7

Distribución, usos y riesgos del plomo

Distribución y usos del plomo		Riesgos
Minerales que contienen plomo	Uso	
La galena (sulfuro de plomo)	Aproximadamente un 40 % se utiliza en forma metálica, el 25 % en aleaciones y el 35 % en	El riesgo del plomo es su toxicidad, las intoxicaciones se producen principalmente por: la solubilidad de minerales de plomo, fundición, planchas y conducción; también, señala que cuando el plomo metálico se calienta a una temperatura de 550 °C, se originan vapores de plomo que se oxidan. Asimismo, en el organismo, el plomo inorgánico no se metaboliza, sino que se absorbe, se distribuye y se excreta; es decir, si este metal en la sangre no se retiene, se excreta a través de los riñones, por medio de la orina.
La cerusita (carbonato)	compuestos químicos; asimismo, los óxidos de este metal se utilizan en	
La anglesita (sulfato)	las placas de las baterías eléctricas, en la fabricación de pinturas y	
La corcoita (cromato)	también, como componentes de barnices, esmaltes y	
La piromorfita (fosfato)	vidrio.	

Fuente: (Nordberg et al., 2012)

L. Efecto del suelo contaminado por metales tóxicos en el crecimiento de las plantas

Las plantas requieren algunos metales (Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, V y Zn), pero en cantidades pequeñas; estos metales cumplen diferentes funciones en su proceso de nutrición; sin embargo, cuando las concentraciones son elevadas les afecta adversamente, tanto de forma directa: en la inhibición de las enzimas citoplasmáticas y daño en las estructuras celulares (debido al estrés oxidativo), como de forma indirecta: sustitución de nutrientes primordiales, disminución del número de microorganismos; ambas formas se da básicamente; porque, estos metales no se pueden descomponer. Los metales (Pb, Cd, Hg y As) no son esenciales en el organismo de las plantas y de ningún ser vivo; por tanto, las raíces al traslocar elevadas concentraciones a las hojas les causa daños morfológicos (Chibuike y Obiora, 2014).

1.2. Formulación del problema

- ¿Cuál es la influencia de las concentraciones del biol en el crecimiento del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo, en el distrito de Cajamarca - 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de las concentraciones del biol en el crecimiento del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo, en el distrito de Cajamarca- 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de las concentraciones de biol al 25 %, 50 % y 75 % en el desarrollo foliar y radicular del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo, en el distrito de Cajamarca- 2019.
- Determinar la cantidad de plomo absorbido en el *Taraxacum officinale* bajo la influencia de las concentraciones del biol al 25 %, 50 % y 75 %.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- Las concentraciones del biol influyen significativamente en el desarrollo vegetativo del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo, en el distrito de Cajamarca - 2019.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La concentración al 75 % de biol influye positivamente en el desarrollo foliar y radicular del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo.
- La concentración del biol al 75 % registra una absorción mayor de plomo en el *Taraxacum officinale*.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

De acuerdo con los objetivos y variables planteados, el tipo de investigación es cuantitativa experimental, porque brinda una posibilidad de repetición y un enfoque sobre puntos específicos; además, de que facilita la comparación entre estudios similares (Hernández et al., 2014).

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y método)

2.2.1. Población y muestra

Población: 1440 plantas de *Taraxacum officinale*.

Muestra: 100 plantas por cada tratamiento de cada bloque.

2.2.2. Materiales e instrumentos

Esta investigación se desarrolló en 2 fases:

- Fase de campo.
- Fase experimental.

Los materiales, equipos, instrumentos e insumos que se utilizaron en cada fase se detallan a continuación:

Materiales e insumos durante la fase de campo

Tabla 8

Materiales e insumos durante el proceso de fermentación del biol

Para 60 Litros de capacidad					
• Materiales	cantidad	Unidad	• Insumos	Cantidad	Unidad
Manguera de 1/4 in	1	m	Agua	60	L
Bidón de 67.5 L	1	L	Excretas de cuy	7	kg
Silicona en barra	1	-	Suero de leche	1	L
Pistola para silicona	1	-	Sal mineral para vacuno	1	kg
Botella plástica de 1.5 L	1	L	Chancaca	1	kg
Soporte de botella	1	-	Chicha de jora	1/2	L
Bolsa plástica de color negro	1	-	Levadura	200	g
Letrero de madera	1	-	Ceniza de madera	1	kg
-	-	-	Trébol	250	g
-	-	-	Alfalfa	1.25	kg
-	-	-	Cascara de huevo molido	200	g

Tabla 9

Materiales utilizados durante el proceso del almacigo, acondicionamiento de las bandejas de madera y construcción del vivero

Materiales durante el proceso del almacigo, acondicionamiento de las bandejas de madera y construcción del vivero					
• Almacigo	Cantidad	Unidad	• Construcción del vivero	Cantidad	Unidad
Pala	1	-	Cinta métrica de fibra de vidrio de carrete abierto	1	m
Cordel	6.5	m	Rastrillo	1	-
Semillas de <i>Taraxacum officinale</i>	400	g	Barreta	1	-
• Acondicionamiento de las bandejas de madera			Estacas	7	-
Bandejas de madera	72	-	Martillo	1	-
Lijas de (grano 100)	3	-	Clavos de 2.5 in	1/2	kg
Pintura de madera	4	-	Postes de madera 2.50 m	7	m
Thinner	1	-	Baretas 2.50 m	12	m
Brochas	2	-	Carrizos	50	-
polietileno negro	15	m	Plástico transparente	12	m
Engrapadora	1	-	Malla raschel verde de 50 %	12	m
Grapas	1	-	Alambre galvanizado N° 8	21.2	m
Tijera	1	-	-	-	-

Materiales e insumos durante la fase experimental

Tabla 10

Materiales, equipos, instrumentos y contaminante durante la fase experimental

• Materiales	Cantidad	Unidad	• Equipos e instrumentos	Modelo	Marca	Unidad
Balde de 18 L	2	L	Balanza analítica	PCB 2500 - 2	KERN	g
Palo de madera de 140 cm	1	cm	Balanza mecánica	-	-	kg
Jarras graduadas de 1 L	3	L	Estufa	-	-	-
Depósito de 50 L	1	L	Espectrofotómetro de absorción atómica	Contra	Analytik Jena	-
Jeringa de 60 mL	1	mL	• Contaminante	Concentración		
Regadera	1	-				
Guantes multiusos	1	-				
Colador de tela	1	-				
Cinta adhesiva	1	-				
Libreta de apuntes	1	-	Nitrato de plomo	253.3		g
Lapicero	1	-				
Regla	1	cm				

2.2.3. Método

El presente estudio se condujo mediante un diseño experimental, utilizando el Diseño de Bloques Completamente Randomizados (DBCR), con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por 18 bandejas y cada unidad experimental estuvo compuesto por 120 plantas de *Taraxacum officinale*.

- **Bloques y tratamientos**

Se realizó un total de 4 tratamientos, distribuidos al azar en 3 bloques, con un número de repeticiones igual a los bloques, como se muestra en la *Figura 1*.

Croquis del experimento

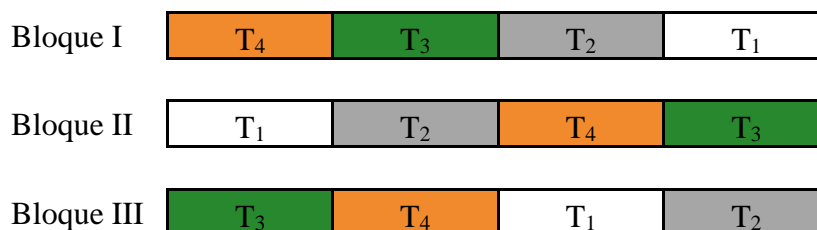


Figura 1 Distribución de los tratamientos en la fase de establecimiento

- **Tratamientos en estudio**

Factor B: Concentraciones de biol.

- B₀ = 0 %
- B₁ = 25 %
- B₂ = 50 %
- B₃ = 75 %

Factor P: Concentración de plomo.

- P₀ = 100 ppm

Tabla 11

Tratamientos en estudio

Tratamientos	Clave	Características de los tratamientos
	B ₀	0 % (testigo sin aplicación de biol)
Concentraciones de biol	B ₁	25 % de biol
Factor B	B ₂	50 % de biol
	B ₃	75 % de biol
Concentración de plomo	P ₀	100 ppm
Factor P		

Nota: Factor B: concentraciones de biol, *Factor P:* concentración de plomo

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas

La técnica de investigación que se utilizó en la presente investigación, fue el análisis estadístico, para el cual se organizó la información en hojas de cálculo Excel, al finalizar el periodo experimental de 3 meses de duración de instalado el estudio experimental.

2.3.2. Instrumento

Dado que el instrumento, es aquello con el que nos valemos para hacer una investigación científica, así como para cada técnica corresponde un instrumento, el presente estudio tiene como instrumento el análisis de varianza (ANOVA). La investigación tiene como base 2 fuentes de variabilidad: factor de bloques, factor de tratamientos y el factor error.

2.3.3. Recolección y análisis de datos

Recolección

Se comenzó con una solicitud de autorización de la Directora de Ingeniería Ambiental, para proceder a la investigación y recojo de información. La recolección de datos se procedió de la siguiente manera:

- **Primero:** Fase de campo.
- **Segundo:** Fase experimental.

Análisis de datos

Los datos obtenidos en las evaluaciones fueron ordenados y clasificados en una hoja de Excel, seguidamente se agruparon y ordenaron de acuerdo a las exigencias de los análisis que se realizaron, luego con el programa estadístico se realizó una prueba de ANOVA (análisis de varianza), para determinar si existían diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio. De existir diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, se realizó una prueba adicional de comparaciones múltiples de Tukey. Esta prueba permitió conocer cuales tratamientos son superiores, por tanto los más recomendables para continuar las investigaciones.

Tabla 12

Esquema de análisis de varianza ANOVA para el diseño estadístico de Bloques Completamente Randomizados

FV	SC	GL	CM	F₀	F_t
Bloques (b)	byy	b-1=2	B	B/E	F _{0,05(2,6)}
Tratamientos (t)	tyy	t-1=3	T	T/E	F _{0,05(3,6)}
Error	(bt)yy	(b - 1)(t - 1) =6	E	BT/E	
Total	Gyy	bt -1 =11			

Nota: **FV:** fuentes de varianza. **SC:** suma de cuadrados. **GL:** grados de libertad. **CM:** cuadrados medios. **F_t:** F tabular. **b.** número de bloques. **t.** número de tratamientos.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Ubicación del experimento

Por su naturaleza la presente investigación se desarrolló en el Silvo Agropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), ubicado en el Distrito, Provincia y Departamento de Cajamarca. Geográficamente, la UNC se localiza a una latitud: 07°10'03" S, longitud: 78° 29'35" W y a una altitud de 2536 msnm.

2.4.2. Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos se tomaron de la Estación Meteorológica Agrícola Principal “Augusto Weberbauer”, ubicado dentro de la UNC, estos datos corresponden al periodo en que se realizó la fase de campo (elaboración del biol) y la fase experimental (periodo vegetativo del *Taraxacum officinale*).

Se tomaron datos de 3 parámetros meteorológicos: Temperatura (°C), Humedad Relativa (%) y Precipitación (mm), dado que estos parámetros son importantes, tanto para el proceso de fermentación anaeróbica del biol, como para el proceso vegetativo del *Taraxacum officinale*, debido a que estos parámetros influyen directamente en ambos procesos.

Temperatura (°C)

Se tomaron datos de la temperatura: máxima, mínima y media, este parámetro se trabajó con los datos promedio de cada uno de los meses especificados en la Tabla 13 y 14.

Es importante señalar que, para medir este parámetro se utilizan termómetros de máxima y de mínima; es decir, se mide el valor máximo y mínimo de la temperatura

durante el transcurso del día. Asimismo, para medir la temperatura máxima se utiliza un termómetro de mercurio, el cual registra la temperatura más alta durante el transcurso de la mañana y las primeras horas de la tarde, este valor es registrado a las 19: 00 p.m. por el observador, mientras que para medir la temperatura mínima se utiliza un termómetro de alcohol, el cual registra la temperatura más baja durante el transcurso de la madrugada y las primeras horas de la mañana, este valor es registrado a las 7: 00 a.m. por el observador.

Humedad Relativa (%)

Este parámetro se trabajó con los datos promedios de cada uno de los meses especificados en la Tabla 13 y 14.

La humedad relativa se mide con el termohigrógrafo (registrador gráfico). Los datos de este parámetro, el observador los registra tres veces al día, a las 7:00 a.m., 13:00 p.m. y 19:00 p.m.

Precipitación (mm)

Este parámetro se trabajó con los datos que abarcan el total de lluvia de cada uno de los meses especificados en la Tabla 13 y 14.

La precipitación se mide mediante 2 instrumentos: pluviómetro (lectura directa) y pluviógrafo (registrador gráfico). Los datos, el observador los registra 2 veces al día, a las 7:00 a.m. que corresponde a la cantidad de lluvia acumulada durante la madrugada y las primeras horas de la mañana y a las 19: 00 p.m. que corresponde a la cantidad acumulada durante el transcurso del día.

- **Datos meteorológicos durante el periodo de fermentación del biol**

En la Tabla 13, se detallan los datos meteorológicos, comprendidos entre los meses de julio y diciembre 2019. Ver *Figura 9*, en el (ANEXO N° 2).

Tabla 13

Datos meteorológicos durante la fase de campo del periodo de fermentación del biol

Mes /año	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Temperatura Media °C	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
Jul-19	21.4	6.1	13.7	57	11.8
Ago-19	21.9	5.6	13.7	50	0.01
Set-19	22.1	7.4	14.8	59	7.6
Oct-19	21.5	9.3	15.4	67	121.8
Nov-19	22	9.8	15.9	64	60.4
Dic-19	21.5	10.9	16.2	72	162.7

Fuente: Estación Meteorológica Agrícola Principal “Augusto Weberbauer” - Universidad Nacional de Cajamarca. Lat: 07°10'03” S, Long: 78° 29'35” W – Alt: 2536 msnm.

- **Datos meteorológicos durante la fase experimental del periodo vegetativo del**

Taraxacum officinale

En la tabla 14, se detallan los datos meteorológicos, comprendidos entre los meses de diciembre de 2019 y febrero de 2020, que coincidió con el periodo vegetativo del *Taraxacum officinale*, se tomaron datos de la temperatura máxima, mínima y media; además, de la precipitación pluvial. Ver *Figura 10*, en el (ANEXO N° 2).

Tabla 14

*Datos meteorológicos durante la fase experimental del periodo vegetativo del
Taraxacum officinale*

Mes /año	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Temperatura Media °C	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
Dic-19	21.5	10.9	16.2	72	162.7
Ene-20	22.1	9.6	15.9	63	38.2
Feb-20	23	10.9	17	67	31.2

Fuente: Estación Meteorológica Agrícola Principal “Augusto Weberbauer” - Universidad Nacional de Cajamarca. Lat: 07°10'03” S, Long: 78° 29'35” W – Alt: 2536 msnm.

2.4.3. Características de la especie *Taraxacum officinale*

Tabla 15

Características de la especie Taraxacum officinale

Especie	Procedencia	Forma de vida	Tipo de floración	Tipo de fruto
<i>T. officinale</i>	Europa	Perenne	Hermafrodita	Aquenios pardos de 2 a 3 mm

Fuente: (Ballón, 2017)

2.4.4. Análisis físico – químico del suelo experimental

Se analizó el suelo antes de ser contaminado con Pb en el Laboratorio de Servicio del Suelo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en el Distrito de Baños del Inca, con la finalidad de saber los nutrientes que contenía el suelo utilizado.

2.4.5. Características nutricionales del biol

La caracterización físico – química se realizó al biol para determinar su contenido de

macronutrientes y micronutrientes. Este análisis consistió en evaluar los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, materia orgánica en solución, macronutrientes (N, P y K) y micronutrientes (Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, y B total), cuyas unidades de medida se muestran en el (ANEXO N° 5), estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). Con los resultados de los análisis se comprobó las bondades de interés agronómico que representa el biol como abono orgánico líquido.

2.4.6. Análisis del contenido de plomo en el *Taraxacum officinale*

El análisis del contenido de plomo en las plantas del *Taraxacum officinale* se analizó en el LASPAF – UNALM, con la finalidad de determinar la cantidad de plomo que acumularon las plantas de cada tratamiento experimental y también, saber cuál de las concentraciones de biol, obtuvo mejores resultados.

2.4.7. Características del plomo

En esta investigación como fuente de plomo (Pb) se utilizó nitrato de plomo $Pb(NO_3)_2$. Sus características se reportan en la Tabla 16.

Tabla 16

Características del nitrato de plomo

Características	Nitrato de plomo
Fórmula	$Pb(NO_3)_2$
Estado físico	Sólido
Color	Blanco
Reactividad	Oxidante

pH	3 a 4
Fabricación	Se produce por reacción del óxido de plomo (II) con ácido nítrico.
Concentración	253.3 g
Forma de aplicación	Soluble en 18 L de agua

2.4.8. Características generales del experimento

Tabla 17

Características generales del experimento

Características generales del experimento	
Número de repeticiones	3
Número de tratamientos	4
1	Características de los bloques experimentales
Número de bloques	3
Longitud del bloque	6 m
Ancho del bloque	80 cm
Separación entre bloques	20 cm
2	Características de los tratamientos experimentales
Separación entre surcos	5 cm
Separación entre plantas	5 cm
Número total de bandejas por tratamiento	6
Número de surcos por bandeja	4
Número de bandejas por bloque	24
Largo de la bandeja	45 cm
Ancho de la bandeja	40 cm
Área de la bandeja	1800 cm ²

3 Características del campo experimental

Largo del campo	7.50 m
Ancho del campo	3.70 m
Área total del experimento	27.8 m ²

2.4.9. Tratamientos estudiados

Los tratamientos estudiados se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 18

Tratamientos en estudio y sus características

Tratamientos	Claves	Características de los tratamientos
T ₁	B ₀ P ₀	Biol 0 % + 100 ppm Pb
T ₂	B ₁ P ₀	Biol 25 % + 100 ppm Pb
T ₃	B ₂ P ₀	Biol 50 % + 100 ppm Pb
T ₄	B ₃ P ₀	Biol 75 % + 100 ppm Pb

Nota: **Factor B:** concentraciones de biol, **Factor P:** concentración de plomo

2.4.10. Distribución experimental

En la Tabla 19, se muestra la forma como se han aleatorizado las unidades experimentales dentro de cada bloque.

Tabla 19

Distribución aleatorizada de los tratamientos experimentales

Bloques	Tratamientos
I	T ₄ , T ₃ , T ₂ , T ₁
II	T ₁ , T ₂ , T ₄ , T ₃
III	T ₃ , T ₄ , T ₁ , T ₂

2.4.11. Conducción del experimento

Se inició con una fase pre-experimental y análisis de la muestra del biol en el Laboratorio. En esta investigación se evaluó la calidad nutricional del biol, a partir de excretas de cuy y de diferentes insumos, mediante el proceso de fermentación anaeróbica.

2.4.12. Fase de campo

a) Procesamiento del biol

A partir del mes de julio de 2019, se empezó con la recolección de materiales e insumos, recolección de excretas de cuy, instalación del biodigestor, elaboración del biol, carga del biodigestor y cosecha del biol.

- **Recolección de materiales**

Los materiales utilizados se detallan en la Tabla 8.

- **Recolección de insumos**

Los insumos tuvieron dos orígenes. La cantidad de 1 L de suero de leche fresca, provino de un establo de leche del Distrito de Baños del Inca, mientras que los demás insumos: 1 kg de sal mineral, 1 kg de chancaca, 200 g de ajenojo, 2 unidades de ajíes, ½ L de chicha de jora, 200 g de levadura, 1 kg de ceniza, 250 g de trébol, 1.25 kg de alfalfa y 200 g de cascara de huevo, se obtuvieron del mercado central de la ciudad de Cajamarca. (Tabla 8).

- **Recolección de excretas de cuy**

Las excretas se obtuvieron de los corrales de crianza de cuyes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Se empezó a recolectar en condiciones semi - secas desde el 13 de julio de 2019 y se recolectó 7 kg.

- **Instalación del biodigestor**

El procedimiento empleado se detalla en la Tabla 20.

Tabla 20

Instalación del biodigestor

Orden	Instalación del biodigestor
1	Se acondicionó un biodigestor artesanal utilizando un bidón de plástico de 67.5 litros de capacidad, antes de ser utilizado se lavó varias veces con agua potable y lava vajilla.
2	Se verificó que el suncho de la tapa y el seguro de inviolabilidad, garantizaran que no ingresara aire al bidón.
3	A la tapa se le hizo un pequeño orificio de ½ pulgada, para conectar una manguera transparente de un 1 m de largo de ¼ de pulgada, seguidamente se selló los bordes tanto internos como externos con silicona.
4	La manguera sirvió para la salida de los gases hacia la parte interior del bidón, la manguera tuvo 5 cm de largo, para garantizar que estuviera en la parte vacía del bidón; hacia la parte exterior la manguera se introdujo en una botella plástica llena con agua, para evitar el ingreso del aire al proceso de fermentación.

- **Insumos del biol**

La fórmula para la investigación fue propuesta por mi docente del curso de Proyecto de Tesis, Mg. Blgo. Marco Sánchez Peña, utilizando insumos accesibles y cantidades sugeridas por la literatura (Tabla 8).

- **Carga del biodigestor**

Fue realizado el 25 de julio de 2019. Se instaló el bidón en ambiente adecuado

para su fermentación anaerobia y luego se procedió a cargar en el siguiente orden:

Tabla 21

Carga del biodigestor

Orden	Capacidad del envase (67.5 litros)
1	Se agregó 30 litros de agua.
2	Se vertió 7 kg de excretas de cuy y se removió energéticamente por un tiempo de 10 minutos.
3	Con un cuchillo de cocina se picó las hierbas (alfalfa, trébol, ajenjo) y ajíes, para que la descomposición sea más rápida; después se agregaron los demás insumos, sin ningún orden en especial, removiéndolos continuamente.
4	Se trituró la chancaca en pequeños trozos.
5	Junto a la primera pre - mezcla se fueron agregando los trozos de chancaca, la sal mineral, la ceniza, el suero de leche, la chicha de jora, las hiervas correctamente picadas, la cáscara de huevo molido y la levadura.
6	Se agregó otros 30 litros de agua y se removió hasta que todos los insumos estén completamente mezclados con las excretas de cuy.
7	Se hizo un pequeño orificio a la cubierta de bolsa en un lado específico para que pueda pasar la manguera.
8	Finalmente, se cubrió la base superior con la cubierta de bolsa y se procedió a tapar el bidón, con bastante cuidado y procurando que no tenga fugas de aire se colocó el suncho de la tapa y se cerró el seguro de inviolabilidad del envase cilíndrico.

Fuente: (Alvarez, 2010)

El proceso de fermentación anaerobia, fue durante 148 días (25/07/2019 al 20/12/2019).

- **Cosecha del biol**

El 20 de diciembre de 2019 se cosechó el biol, separando la parte líquida, utilizando 3 coladores de diferente tamiz (tipos de malla). Una vez separado el abono foliar líquido de aproximadamente 50 litros, se colocó en un envase limpio y se procedió a tapar hasta ser utilizado.

b) Recolección de semillas de *Taraxacum officinale*

Se recolectó el 09 de setiembre de 2019, semillas de *Taraxacum officinale*, procedentes de las instalaciones del “Silvo Agropecuario” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Las semillas de *Taraxacum officinale* se recogieron cuando su flor amarilla cumplió su fase de maduración; este procedimiento se realizó durante las horas de la mañana, debido a que en el transcurso de la tarde, la velocidad del viento es más intenso y las semillas tienden a volar. Posteriormente, las semillas se almacenaron en una bolsa de papel, hasta el día de la siembra.

c) Obtención de plantas de *Taraxacum officinale*

Se realizó un almácigo el 08 de noviembre de 2019, se utilizó 400 g de semillas de *Taraxacum officinale* y se desarrolló en el siguiente orden:

Tabla 22

*Obtención de plántulas de *Taraxacum officinale**

Orden	Obtención de plántulas de <i>Taraxacum officinale</i>
1	Con una cinta métrica se delimitó un área de 2.60 m x 50 cm
2	Con una herramienta (pala) se suavizó ligeramente el suelo.

-
- 3 En el suelo preparado se le realizó pequeñas líneas con una distancia de 5 cm.
 - 4 Se dispersó las semillas en cada línea y se fue cubriendo con el mismo suelo.
 - 5 Transcurrido 7 días germinaron sus semillas.
-

d) Recolección y acondicionamiento de las jabs de madera (bandejas)

Se reutilizó 72 bandejas de madera de 40 cm de ancho por 45 cm de largo y 16 cm de altura, procedentes del mercado de frutas. Con 3 pliegos de lijas de (grano 100) se pulieron cada una de las bandejas y se dividieron en 4 grupos, debido a que son 4 tratamientos (T₁, T₂, T₃ y T₄), obteniendo 18 bandejas para cada tratamiento experimental. Después, se realizó el pintado y forrado de bandejas.

Pintado de bandejas

Se pintó con 4 colores seleccionados (blanco, gris, verde oscuro y anaranjado), cada color representó a cada uno de los tratamientos experimentales (T₁, T₂, T₃ y T₄), con la finalidad de identificar rápidamente el tratamiento al momento de la aplicación de las concentraciones de biol y evitar confusiones al momento de la aplicación. En la Tabla 23 se muestra el color correspondiente para cada tratamiento.

Tabla 23

Colores correspondientes para cada tratamiento experimental

Tratamientos	Concentración de biol	Color de bandejas
T ₁	0 %	Blanco
T ₂	25 %	Gris
T ₃	50 %	Verde oscuro
T ₄	75 %	Anaranjado

Forrado de bandejas con polietileno negro

Se forró el interior de las bandejas con una cubierta de polietileno negro, con la finalidad de evitar que las paredes internas de la bandeja entren en contacto directo con las raíces, de igual manera que el suelo no se adhiriera a la madera de las bandejas; asimismo se realizó en 4 agujeros en 3 filas del polietileno para facilitar el drenaje.

e) Preparación del terreno

Se realizó de la siguiente manera:

- **Construcción del vivero y delimitación experimental**

Las medidas del perímetro de construcción fueron de 7.50 m de largo por 3.70 m de ancho, estas medidas se realizaron en base al croquis experimental. Ver *Figura 11* (ANEXO N° 3).

El proceso empleado para la delimitación experimental, se realizó el 15 de noviembre de 2019. En este proceso se le dio forma al croquis del diseño experimental, como se muestra en la siguiente *Figura 1*.

Tabla 24

Delimitación experimental

Delimitación experimental	
Habilitación de la pendiente	Al tener una superficie plana, se optó por realizar una pendiente de suelo de 15 cm de altura a cada uno de los bloques (I, II, III), con la finalidad de que el agua pueda filtrar al área de drenaje.

Forrado de la pendiente y área de drenaje

En cada bloque (I, II, III), se forró la pendiente y el área de drenaje con polietileno negro, con la finalidad de proteger la superficie del invernadero y evitar que se contamine con plomo (Pb). Ver *Figura 22*.

Ubicación de las bandejas

Las bandejas se ubicaron según el croquis experimental. Asimismo, es importante mencionar que, 6 bandejas conformaron 1 tratamiento.

Peso del suelo por bandeja

Con una balanza en kilos (kg) se pesó 22 kg de suelo cernido con un tamiz para tierra y se vertió en cada una de las bandejas.

- **Fertilización**

Se realizó, de acuerdo a la concentración de plomo (100 ppm) y de biol (0 %, 25 %, 50 % y 75 %); asimismo, la concentración de plomo fue la misma para cada tratamiento en los 3 bloques, mientras que las concentraciones de biol fueron diferentes para cada tratamiento. El biol se aplicó, después de 7 días de haberse realizado el trasplante; asimismo, las siguientes aplicaciones se siguieron realizando cada 7 días. El proceso de aplicación fue de 11 veces (26/12/2019 al 05/03/2020).

- **Riego**

El primer riego que se efectuó el 19 de diciembre de 2019, fue el riego de machaco, con la finalidad de favorecer la labor de preparación del suelo; después, se realizó un segundo riego de enseño, antes del trasplante. Los riegos que se realizaron posteriormente, fueron de 3 a 4 veces por semana, de acuerdo a la necesidad de la planta, siendo el último riego el 05 de marzo de

2020. Asimismo, es importante resaltar que cada bandeja recibió 1 L de agua desclorada durante los riegos realizados; además, los riegos se realizaron en las primeras horas de la mañana, con la finalidad de que las plantas se mantengan hidratadas durante el día.

- **Deshierbo**

Los deshierbos se realizaron manualmente, el primer deshierbo se realizó a los 20 días (07 de enero de 2020), después del trasplante; los siguientes deshierbos se realizaron continuamente cada semana que duró el experimento.

- **Control de plagas y enfermedades**

Se observó la presencia de roya en el follaje de la planta de *Taraxacum officinale*, ocasionada por *Puccinia* sp.

2.4.13. Fase experimental

La fase experimental se llevó a cabo en un vivero instalado en un área específica en el Silvo Agropecuario de la UNC.

a. Peso del plomo (Pb)

Se realizó el 10 de diciembre de 2019. Como fuente de plomo (Pb) se utilizó nitrato de plomo $Pb(NO_3)_2$ y se utilizó 100 ppm de Pb por tratamiento (T₁, T₂, T₃ y T₄). Se realizó la siguiente ecuación:

Desarrollo

Ecuación 1 Cantidad de plomo por tratamiento

$$\begin{aligned} \frac{100 \text{ mg Pb}}{\text{kg suelo}} \times \frac{331.2 \text{ mg Pb(NO}_3)_2}{207,2 \text{ mgPb}} &= \frac{100 \text{ mg Pb}}{\text{kg suelo}} \times 1.5984 \text{ Pb(NO}_3)_2 \\ &= \frac{159,84 \text{ mg Pb(NO}_3)_2}{\text{kg suelo}} \times 22 \text{ Kg suelo} \\ &= 159,84 \text{ mg Pb(NO}_3)_2 \times 22 \\ &= 3.526 \text{ g Pb(NO}_3)_2 \times 72 \\ &= 253.19 \text{ g Pb(NO}_3)_2 \times 72 = 18 \rightarrow 18 \times 4 \\ &= \frac{253.19}{4} = 63.3 \text{ g Pb(NO}_3)_2 \end{aligned}$$

Finalmente, se pesó en una balanza analítica en gramos (g) la cantidad de 63.3 g en 4 concentraciones iguales.

b. Dilución y aplicación de plomo al suelo

Este proceso se realizó el 11 de diciembre de 2019, en el siguiente orden:

- En un balde de 18 L de capacidad se diluyó 63.3 g de Pb(NO₃)₂. Este proceso se repitió 4 veces.
- Con una jarra graduada de 1 L de capacidad, se aplicó 1 L de la dilución de nitrato de plomo a cada una de las bandejas.

c. Remoción del suelo contaminado con plomo (Pb)

Después de aplicar las diluciones de Pb, se dejó secar el suelo y se removió con una espátula, con la finalidad de que el contaminante se mezcle uniformemente con el suelo.

d. Acondicionamiento de las bandejas recepción de las plantas

Se realizó el 18 de diciembre de 2019, con un repicador de madera se realizó 20 orificios en el suelo de cada una de las bandejas.

e. Extracción de la planta de *Taraxacum officinale* del almacigo

Se realizó el 19 de diciembre de 2019. Cuando las plantas presentaron sus 4 primeras hojas, se las extrajo con ayuda de un deshierbador metálico, para poder levantar la superficie.

f. Trasplante del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo

El 19 de diciembre de 2019, se trasplantó 20 plantas de *Taraxacum officinale* en cada bandeja, con una distancia de 5 cm cada una, para su posterior evaluación.

g. Preparación de las concentraciones de biol

La preparación de las concentraciones de biol (0 %, 25 %, 50 % y 75 %) se realizó en base a la capacidad de un atomizador de 400 mL; asimismo, se mezcló con una cantidad específica de agua, cada concentración. Por otro lado, para obtener las cantidades exactas de biol y agua de cada concentración se resolvió mediante la operación de regla de 3 simple.

Tabla 25

Preparación de las concentraciones de biol

Capacidad del atomizador 400 mL		
Concentraciones de biol (%)	Cantidad de biol (mL)	Cantidad de agua (mL)
0	0	400
25	100	300
50	200	200
75	300	100

h. Aplicación foliar del biol

Se aplicó el biol al (0 %, 25 %, 50 % y 75 %) a cada unidad experimental correspondiente, en intervalos de 7 días después del trasplante, hasta antes de la formación de semillas del *Taraxacum officinale*. El proceso de aplicación de biol fue de 11 veces, del (26/12/2019 al 05/03/2020).

2.4.14. Evaluaciones

Antes del inicio de las evaluaciones se seleccionaron 4 plantas centrales por bandeja, con un total de 24 plantas por tratamiento, con el propósito de evaluar el impacto de los tratamientos de plomo (Pb) y biol aplicado. Al finalizar el periodo experimental, se retiraron las plantas de las bandejas experimentales, donde se realizaron las siguientes evaluaciones:

1) Altura de planta

Se midió al término del periodo experimental, con una regla graduada de 90 cm, a partir del cuello de la raíz, hasta el ápice de la planta del *Taraxacum Officinale*.

2) Número de hojas

Se evaluaron 4 plantas de los surcos laterales de cada bandeja, para luego obtener un promedio por tratamiento.

3) Área foliar de hojas

Fue estimada en base a 2 hojas de cada planta procedente de cada tratamiento. Esta determinación se realizó al final del periodo experimental, las hojas de las plantas se colocaron sobre la superficie de una hoja bond A3 y se fotografió

para posteriormente procesarlas en un software de procesamiento de imagen digital (IMAGE J).

4) Acumulación de biomasa fresca y seca por planta

Se tomó las hojas de 2 plantas provenientes de cada tratamiento, al final del periodo experimental, después se pesó las hojas frescas en una balanza digital, seguidamente se colocó las hojas en papel para colocarlos al interior de una estufa por un periodo de 24 horas a una temperatura de 72 °C para obtener la biomasa seca, transcurrido este tiempo se procedió a pesar nuevamente cada hoja, los datos obtenidos se registraron en una tabla de Excel.

5) Acumulación de materia fresca y seca de raíz

Se tomó las raíces de 2 plantas provenientes de cada tratamiento, al final del periodo experimental, después se pesó las raíces frescas en una balanza digital, seguidamente se colocó las raíces en papel para colocarlos al interior de una estufa por un periodo de 24 horas a una temperatura de 72 °C para obtener la metería seca, transcurrido este tiempo se procedió a pesar nuevamente cada hoja, los datos obtenidos se registraron en una tabla de Excel.

6) Longitud de raíz

Se evaluó al término del periodo experimental. Con una regla graduada de 90 cm se registró las medidas de la longitud de la raíz de *Taraxacum Officinale*.

7) Contenido de plomo en la planta

Las muestras de cada tratamiento se las extrajo al finalizar el periodo experimental; fueron lavadas cuidadosamente con agua desclorada y después se los colocó en bolsas de papel rotuladas para su envío al LASPAF de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina, para determinar el contenido de plomo (Pb) de cada tratamiento, el Laboratorio empleó la siguiente metodología:

- Fue por vía húmeda, se tomó 1 g de muestra y se digesto con una mezcla de ácido nitroperclórico, atacando la muestra foliar en una plancha caliente, luego de la digestión ácida se diluyó la solución a un volumen de 25 mL.
- La solución obtenida se analizó en el equipo de Absorción Atómica, modelo Contra Marca Analytik Jena. El método seguido está guiado por las normas del AOAC. Official methods of analysis of AOAC International.

2.4.15. Aspectos éticos

En la presente investigación se están considerando los aspectos éticos pertinentes en cuanto a la citación adecuada de fuentes, utilizando las normas del manual de redacción de UPN, en ese sentido; también, se presentaron datos fidedignos, confiables y ajustados a la investigación de campo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Resultados de los análisis de los laboratorios

- **Análisis especial de la materia orgánica del biol**

Tabla 26

Análisis de los macronutrientes del biol

Muestra	pH	C.E. Ds/m	Sólidos Totales g/L	M.O en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
1	5.08	21.40	34.27	18.54	1141.00	374.23	1775.00

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelos, Plantas, Aguas y Fertilizante - LASPAF (2020).

Tabla 27

Análisis de los micronutrientes del biol

Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
3725.00	437.50	457.50	42.63	6.75	6.95	138.75	3.44

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelos, Plantas, Aguas y Fertilizante - LASPAF (2020).

- **Análisis físico – químico del suelo experimental**

Tabla 28

Análisis físico – químico del suelo experimental

Muestra	pH	MO %	P ppm	k ppm
1	7.7	3.53	16.22	365

Fuente: INIA – Distrito de Baños del Inca (Cajamarca - 2020).

3.2 Resultados estadísticos de las 7 evaluaciones

- ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en la altura de planta

Tabla 29

ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en la altura de planta

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	15.41	7.70	0.68 ns	5.79	10.92
Tratamientos	3	82.32	27.44	2.42 ns	4.76	9.78
Error	6	68.11	11.35			
Total	11	165.84				

CV = 10.02 %. ns = no significativo.

Nota: El ANOVA de la Tabla 29, muestra que no existe diferencia estadística significativa para los tratamientos, lo cual indica que las concentraciones de biol no afecta la altura de la planta de *Taraxacum officinale*. El coeficiente de variación (CV = 10.02 %) es adecuado e indica que la conducción del experimento y los resultados obtenidos son confiables.

- ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en el número de hojas

Tabla 30

ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en el número de hojas

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	3.48	1.74	0.73 ns	5.14	10.92
Tratamientos	3	3.17	1.06	0.44 ns	4.76	9.78
Error	6	14.37	2.40			
Total	11	21.02				

CV = 9.55 %. ns = no significativo.

Nota: El ANOVA de la Tabla 30, muestra que no existe diferencia estadística significativa para los

tratamientos en estudio, lo cual indica que las concentraciones de biol aplicadas en las plantas de *Taraxacum officinale*, no afecta en el número de hojas. El coeficiente de variación (CV = 9.55 %), es adecuado e indica que la conducción del experimento y los resultados obtenidos son confiables.

▪ **ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en el área foliar de hojas**

Tabla 31

ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en el área foliar de hojas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	160.98	80.49	1.75 ns	5.14	10.92
Tratamiento	3	1822.39	607.46	13.17**	4.76	9.78
Error	6	276.65	46.11			
Total	11	2260.03				

CV = 13.46 %. **= alta significación estadística al 99%. ns = no significativo.

Nota: El ANOVA de la Tabla 31, muestra la existencia de una alta significación estadística para los tratamientos, lo cual indica que el área foliar de las hojas de *Taraxacum officinale*, es variable en función a la concentración de biol, lo cual afecta significativamente el área foliar de las hojas del *T. officinale*. El coeficiente de variación (CV = 13.46 %), es adecuado e indica que la conducción del experimento y los resultados obtenidos son confiables.

Tabla 32

Prueba de significación de Tukey al 5 % para efecto de las concentraciones de biol del área foliar de hojas

Tratamiento	Área foliar (cm ²)	Significación al 5 %
T ₂	65.2	A
T ₃	54.12	A
T ₄	51.42	A
T ₁	31.08	B

Nota: La prueba de Tukey (Tabla 32) evidenció que, el tratamiento de las hojas tratadas con 25 % de biol (T₂), mejoró en 109 % el área de las hojas, en comparación con el tratamiento testigo (0 % de biol). Respecto al efecto de una concentración mayor de biol de 50 % y 75 % en suelo contaminado con 100 ppm de plomo cada uno (T₃ y T₄), la prueba de significación de Tukey al 5 % indica que estas concentraciones contribuyen al incremento del área foliar de las hojas de *Taraxacum officinale* en 65 % y 74 % en el área foliar, comparado con el tratamiento testigo (T₁) 0 % de biol.

- **ANOVA para la influencia de las concentraciones de biol en la materia seca de hojas**

Tabla 33

ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en la materia seca de hojas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	2.94	1.47	0.23 ns	5.14	10.92
Tratamiento	3	46.41	15.47	2.44 ns	4.76	9.78
Error	6	38.00	6.33			
Total	11	87.35				

CV = 2.69 %. ns = no significativo.

Nota: El ANOVA de la Tabla 33, muestra que no hay nivel de significancia estadística para los

tratamientos en estudio, lo cual indica que las concentraciones de biol aplicadas a las plantas, no afecta significativamente en el peso fresco y seco de hojas. El coeficiente de variación ($CV = 2.69\%$), es adecuado e indica que la conducción del experimento y los resultados obtenidos son confiables.

▪ **ANOVA para la Influencia de las concentraciones del biol en la materia seca de la raíz**

Tabla 34

ANOVA para la Influencia de las concentraciones del biol en la materia seca de la raíz

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0:05	0:01
Bloque	2	32.31	16.15	0.29 ns	5.14	10.92
Tratamiento	3	342.22	114.07	2.04 ns	4.76	9.78
Error	6	335.32	55.89			
Total	11	709.84				

CV = 9.63 %. *ns = no significativo.*

Nota: El ANOVA para la Tabla 34, no mostró significación estadística para ninguno de los tratamientos; por lo tanto, asumimos que todos los tratamientos partieron en igualdad de condiciones y que no afecta significativamente en la materia seca de la raíz. El coeficiente de variación ($CV = 9.63\%$), es adecuado e indica que la conducción del experimento y los resultados obtenidos son confiables.

▪ **ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en la longitud de raíz**

Tabla 35

ANOVA para la influencia de las concentraciones del biol en la longitud de raíz

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	20.03	10.01	0.76 ns	5.14	10.92

Tratamiento	3	122.06	40.69	3.07 ns	4.76	9.78
Error	6	79.51	13.25			
Total	11	221.60				

CV = 24.9 %. ns = no significativo.

Nota: El ANOVA de la Tabla 35, muestra que no existe diferencia significativa, lo cual indica que las concentraciones de biol no afecta el desarrollo de la longitud de la raíz. El coeficiente de variación (CV = 24.9 %), es adecuado e indica que la conducción del experimento y los resultados obtenidos son confiables.

- **ANOVA para la influencia de las concentraciones de biol en el contenido de plomo en el *Taraxacum officinale***

Tabla 36

*ANOVA para la influencia de las concentraciones de biol en el contenido de plomo en el *Taraxacum officinale**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	129.38	64.69	2.56 ns	5.14	10.92
Tratamiento	3	294.46	98.15	3.88 ns	4.76	9.78
Error	6	151.89	25.31			
Total	11	575.73				

CV = 15.45 %. ns = no significativo.

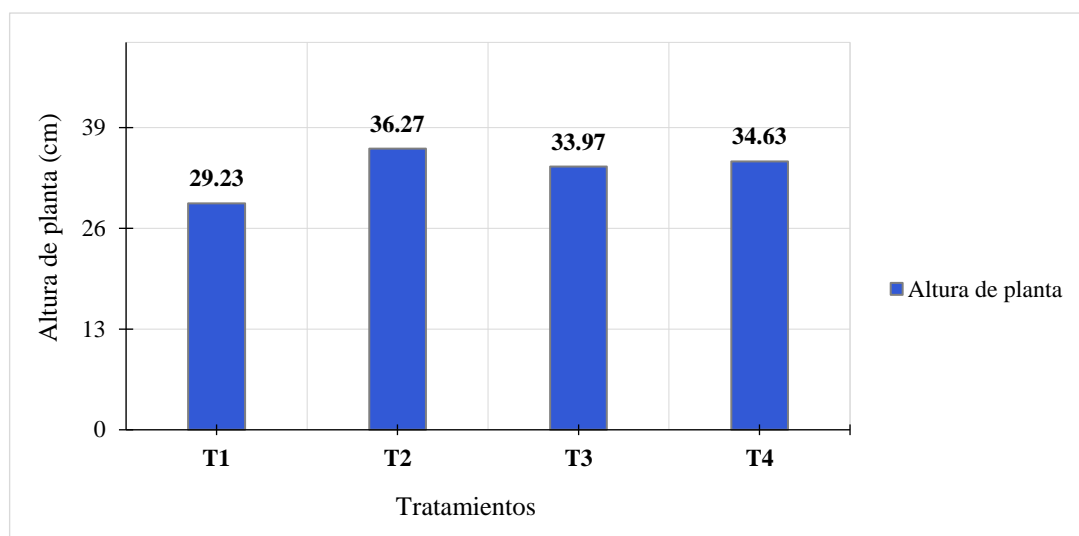
Nota: El ANOVA de la Tabla 34, muestran que no existe diferencia significativa estadística para los tratamientos en estudio, lo cual indica que el contenido absorbido de plomo por el *Taraxacum officinale* es independiente de las concentraciones de biol. El coeficiente de variación (CV = 15.45 %), es adecuado e indica que la conducción del experimento y los resultados obtenidos son confiables.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

▪ Influencia de las concentraciones del biol en la altura de planta

Figura 2 Influencia de las concentraciones del biol en la altura de planta



En la *Figura 2* se observa la influencia de las concentraciones de biol en la altura de la planta, siendo el tratamiento T₁ (0 % de biol) el que logró una menor altura de planta de 29.23 cm, comparado con los demás tratamientos que contenían concentraciones crecientes de biol de 25 %, 50 % y 75 %, obteniendo como resultados 36.27 cm, 33.97 cm y 34.63 cm respectivamente.

Estos resultados muestran el efecto benéfico del biol al ser aplicados foliarmente a las hojas aumentando positivamente la altura de plantas; sin embargo, la concentración de biol adecuada para lograr un mayor efecto es indeterminada; ya que, no hay una tendencia lineal visible y no existe una diferencia estadística significativa. Finalmente, en la *Figura 2* podemos deducir que a una concentración baja de 25 % de biol (T₂) es suficiente para lograr mayor altura de planta.

Julon (2016) y Miranda (2018) en sus investigaciones realizados en suelos agrícolas, reportaron que obtuvieron mayor altura de planta con la concentración de 25 % de biol. Estos resultados concuerdan con lo obtenido en esta investigación, puesto que el biol a una concentración de 25 % de biol presenta el mismo efecto en el *T. officinale* de un suelo contaminado con plomo.

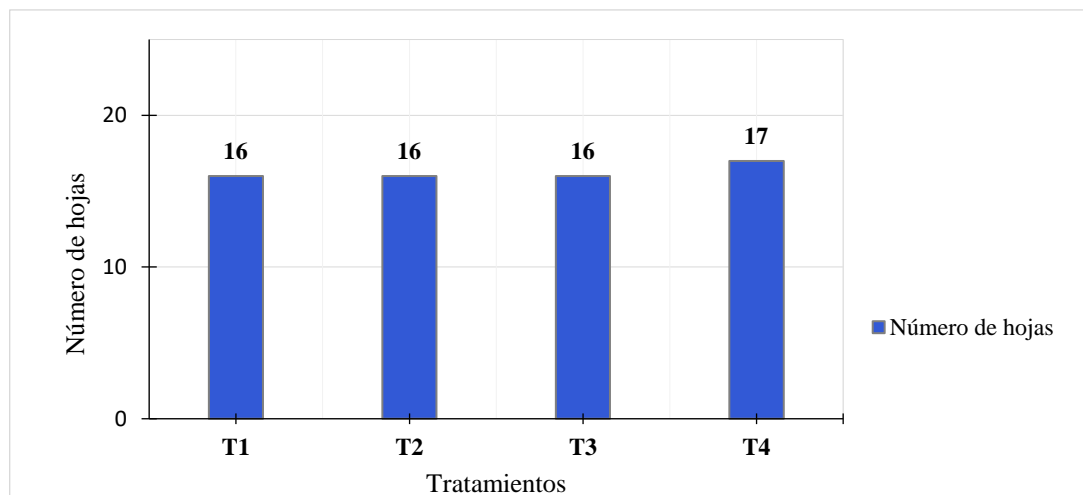
Cobo (2012) muestra que las concentraciones medias de biol tienen mejor efecto, logrando mayor altura de planta a una concentración de (50 % de biol a base de excretas de vacuno); sin embargo, a concentraciones mayores a esta no tienen efecto en la altura de planta. Los resultados obtenidos en la altura de planta del *Taraxacum officinale* son consistentes con los reportes de esta investigación; ya que, el tratamiento T₄ (75 % de biol) obtuvo menor altura que el tratamiento (T₂).

Gomez (2018) evaluó 3 tipos de biol a base de excretas de cuy, ovino y vacuno en 3 diferentes concentraciones, aplicados a la cebada (*Hordeum vulgare*), sus resultados señalan que obtuvo mayor altura de planta a una concentración de 30 % de biol a base de excretas de vacuno; por otra parte, la selección de excretas para la elaboración del biol es importante, debido a que unos contienen nutrientes más favorables que otros.

Padilla y Valderrama (2015) en sus resultados reportaron que el plomo a una concentración de 100 ppm no influye en el crecimiento de las plantas; sin embargo, todo incremento en la altura de planta del *Taraxacum officinale* es correspondido a los efectos beneficiosos del biol. Pereyra (2019) y Bini et al. (2012) reportaron que el plomo a concentraciones elevadas origina un crecimiento deficiente en las plantas. Munive et al. (2018) reportaron la influencia positiva del compost y vermicompost en el crecimiento de sus especies vegetativas en suelos contaminados con Pb y Cd.

▪ **Influencia de las concentraciones del biol en el número de hojas**

Figura 3 Influencia de las concentraciones del biol en el número de hojas



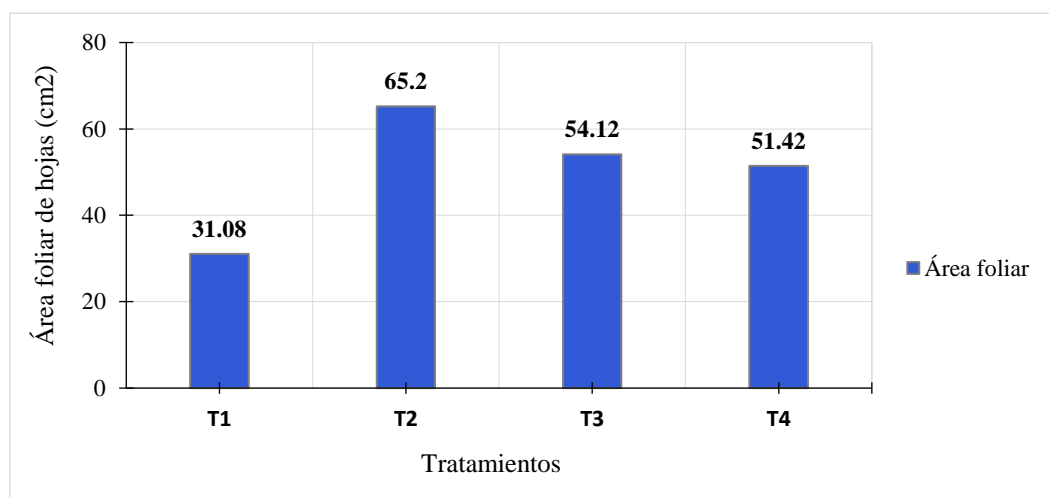
En la *Figura 3* se observa que tanto el tratamiento (T₁) como los tratamientos T₂ y T₃ tienen 16 hojas, contrariamente al tratamiento T₄ el cual registra 17 hojas; sin embargo, estos resultados muestran que el biol no influye en el número de hojas sino más bien que este depende de la fisiología de cada planta.

Julon (2016) y Miranda (2018) obtuvieron mayor número de hojas con la concentración (25 % de biol); sin embargo, con la misma concentración aplicado al *Taraxacum officinale* no muestra un incremento de hojas, puesto que obtuvo la misma cantidad (16 hojas) que el T₁ (0 % de biol) y el T₃ (50 % de biol). Tambo et al. (2016) obtuvieron mayor número de hojas con el 50 % de biol. Los resultados de la *Figura 3* pueden ser la influencia de la cantidad de plomo que acumularon las plantas en cada uno de los tratamientos, debido a que el tratamiento T₄ (75 % de biol) que logró una ligera ventaja (17 hojas) fue el que acumuló la menor cantidad de plomo. En esta evaluación se produjo cambios morfológicos: diferente coloración en las hojas de *Taraxacum officinale* (un color verde menos intenso, con manchas amarillas y fucsias); también, presentaron hojas rizadas o dobladas. Estos resultados concuerdan con los estudios de Pereyra (2019) y Alva (2013) reportaron la pérdida

de hojas, delgadez, hojas dobladas, marchitez y necrosis, debido a la toxicidad del plomo a diferentes concentraciones. Bini et al. (2012) y Maleci et al. (2013); también, reportaron que sus plantas presentaron deficiencia en sus hojas, debido a la concentración de metales pesados en esta área.

▪ **Influencia de las concentraciones del biol en el área foliar de hojas**

Figura 4 Influencia de las concentraciones del biol en el área foliar de hojas



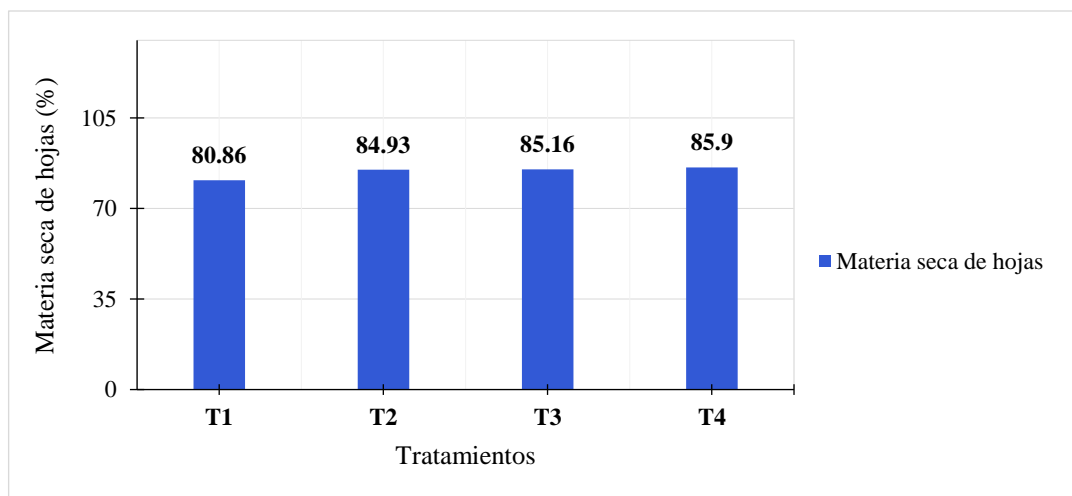
En la *Figura 4* se observa que al mantener una concentración baja de biol (T₂) en un nivel de 25 %, el área foliar de las hojas es de 65.2 cm² y al aumentar la concentración de biol en 50 % y 75 % el área foliar disminuye en 54.12 y 51.42 cm², respectivamente. Sin embargo, los demás tratamientos con biol muestran una mayor área foliar comparado con el tratamiento testigo (T₁), el cual registra valores de 31.08 cm², lo cual demuestra el efecto benéfico del biol al ser aplicados en las plantas sembradas en un suelo contaminado con plomo, dando como resultado hojas más grandes.

Julon (2016) y Miranda (2018) muestran que, en sus evaluaciones del área foliar, el biol tiene mejor efecto con la concentración al 25 % de biol, lo cual concuerdan con los datos obtenidos en esta investigación independientemente de que el *Taraxacum officinale* se haya desarrollado en un suelo contaminado con plomo, el biol a 25 % influyó significativamente. Por su parte Linares et al. (2016) resalta los beneficios

del biol aplicado foliarmente a la planta, debido a que las hojas son el órgano que mejor aprovecha los macronutrientes y micronutrientes del biol en su metabolismo. Clavijo et al. (2018) concuerdan con los resultados obtenidos en el área foliar de las hojas del *T. officinale*, en su estudio mencionan que a mayor dilución del biol en agua se logra mejores resultados en el aporte de *macronutrientes* y *micronutrientes*; asimismo, al ser aplicado foliarmente permite que las hojas presenten rápida absorción, promoviendo un desarrollo foliar bastante favorable.

▪ **Influencia de las concentraciones de biol en la materia seca de hojas**

Figura 5 Influencia de las concentraciones del biol en la materia seca de hojas



En la *Figura 5* se demostró que, en ausencia de biol (0 %) en la materia seca de hojas registra el menor peso de 80.86 % (número de hojas en promedio) comparado con los tratamientos que contenían distintas concentraciones de biol de 25 %, 50 % y 75 %, obteniendo como resultados 84.93 %, 85.16 % y 85.9 %, los cuales muestran una tendencia creciente a medida que aumenta las concentraciones de biol a excepción del tratamiento T₁ que obtuvo el menor peso.

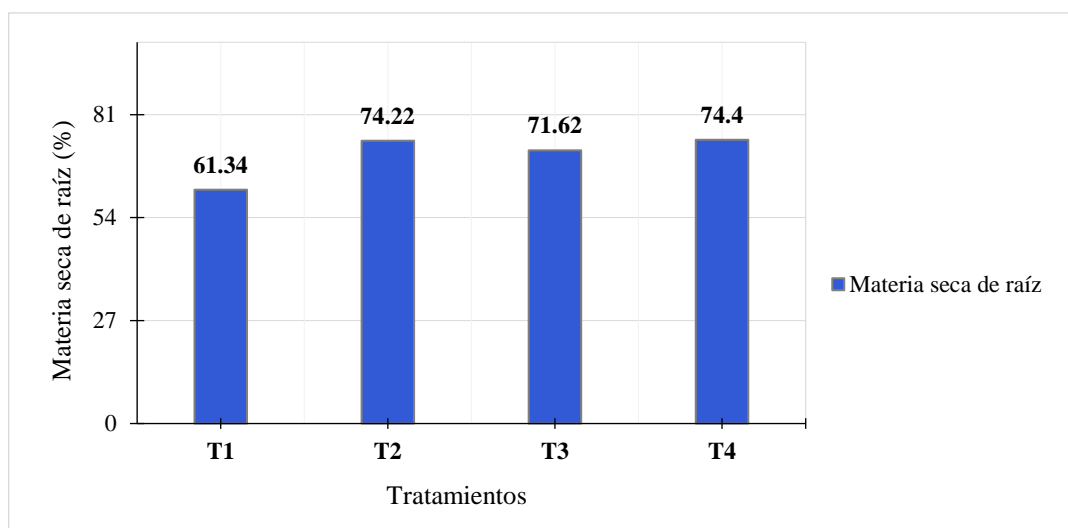
Reina (2019) en su investigación utilizó 4 tratamientos de biol y reportó una tendencia creciente en sus resultados; sin embargo, señaló que el biol llegó a su punto

máximo de absorción en sus 2 últimos tratamientos (T₃ y T₄), debido a que ambos obtuvieron el mismo rendimiento.

Munive et al. (2018) reportaron el efecto positivo de 2 abonos orgánicos, obteniendo mayor rendimiento en materia seca de hojas en el suelo que presentó menor contaminación de Pb y Cd. Alva (2013) y Pereyra (2019) señalaron que a mayor concentración de Pb el rendimiento de la materia seca fue menor. En comparación con los resultados del *Taraxacum officinale* el T₁ (0 % de biol) obtuvo el menor porcentaje en la materia seca de hojas (80.86 %) y al tener el aporte del biol se obtuvo una tendencia creciente en cada uno de los tratamientos.

- **Influencia de las concentraciones del biol en la materia seca de la raíz**

Figura 6 Influencia de las concentraciones del biol en la materia seca de la raíz

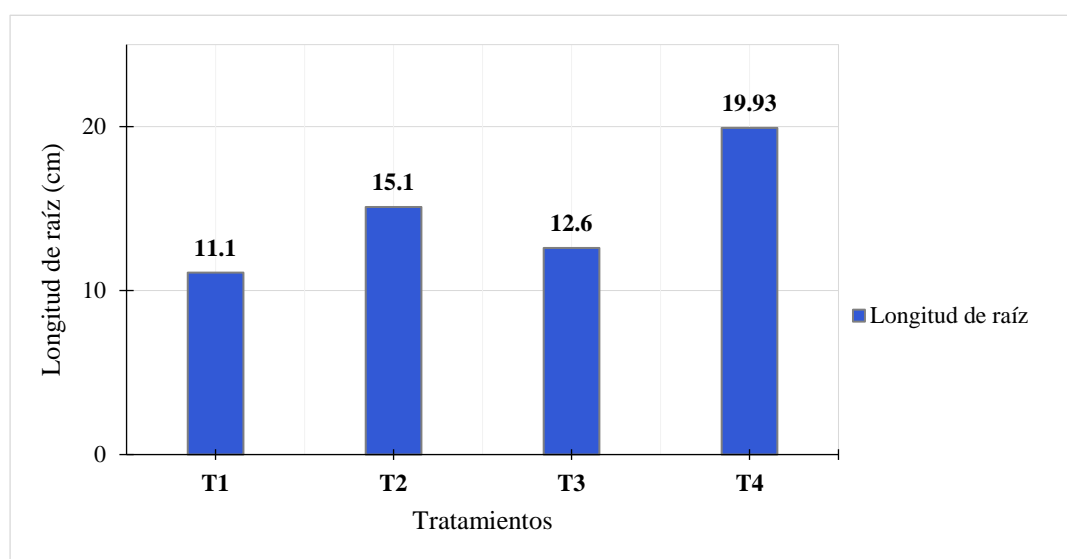


En la *Figura 6* se observa un incremento del porcentaje de materia seca a medida que aumenta la concentración de biol a excepción del T₃ que presentó un incremento del 16.7 % en comparación de los tratamientos T₂ y T₄ que alcanzaron 20.9 % y 21.2 % de materia seca, comparados en base al T₁; sin embargo, pese a que no existe diferencia estadística significativa, sí existe una diferencia porcentual en el incremento de materia seca, entre el T₁, con los tratamientos con biol, lo cual nos hace suponer los efectos benéficos del biol.

Munive et al. (2018) reportaron el efecto positivo del compost y vermicompost, obteniendo mayor rendimiento en materia seca de raíces en el suelo que presentó menor contaminación de Pb y Cd. Gomez (2018) reportó que obtuvo un incremento en la biomasa de raíz a mayor concentración de biol, es importante señalar que la autora utilizó 3 diferentes tipos de biol a base de excretas de: cuy, ovino y vacuno; obteniendo mejores resultados con la concentración de 30 % de biol a base de excretas de cuy. Pereyra (2019) en sus concentraciones con Pb el rendimiento de materia seca de raíces fue decreciente a mayor concentración. En comparación con los resultados del *Taraxacum officinale*, el Pb sí afectó ligeramente las raíces del tratamiento testigo (0 % de biol), dado que obtuvo el menor valor en el rendimiento de materia seca de raíz 61.34 % y al tener el aporte del biol, el T₄ (75 % de biol) logró el mayor rendimiento 74.4 %.

- **Influencia de las concentraciones del biol en la longitud de raíz**

Figura 7 Influencia de las concentraciones del biol en la longitud de raíz



En la *Figura 7* se observa la influencia de las concentraciones de biol en la longitud de la raíz, siendo el tratamiento T₁ el que logró una menor longitud de raíz (11.1 cm), comparado con los demás

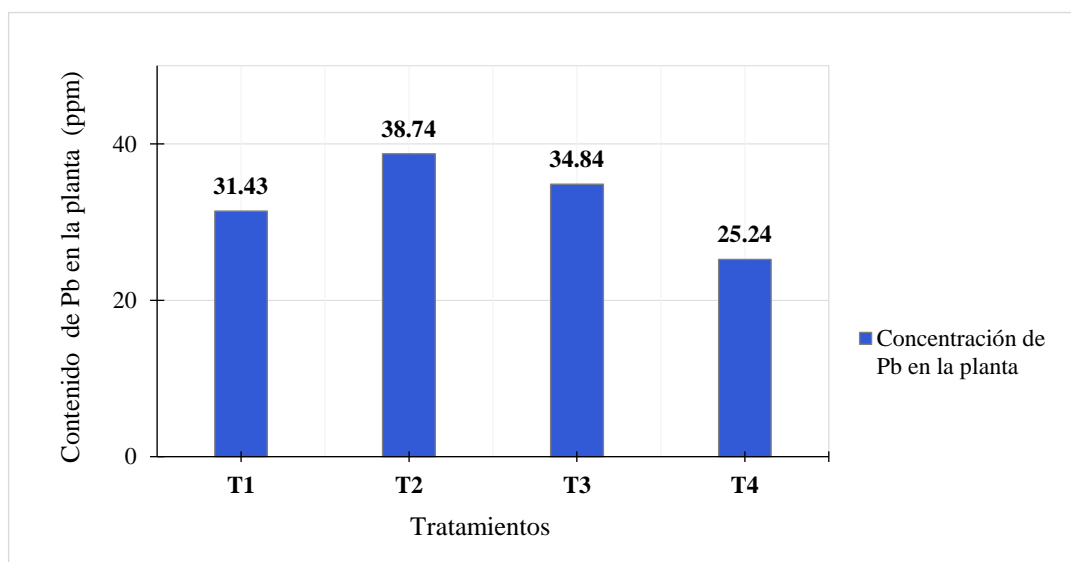
tratamientos que contenían concentraciones crecientes de biol de 25 %, 50 % y 75 %, obteniendo como resultados 15.1 cm, 12,6 cm, y 19,93 cm respectivamente, siendo este último el que mostró un mayor crecimiento radicular comparado con los demás tratamientos; sin embargo, no existe diferencia significativa.

Julon (2016) obtuvo mayor longitud de raíz en 3 diferentes especies vegetativas con la concentración (25 % de biol a base de excretas de vacuno). En comparación con la longitud de raíz del *Taraxacum officinale*, el 25 % de biol (T₂) fue el segundo tratamiento con la mayor longitud 15.1 cm; no obstante, la mayor longitud se obtuvo con la concentración al 75 % de biol (T₄) con 19.93 cm. Estos resultados, pueden estar relacionado con la baja acumulación de Pb que presentó el T₄; también, depende de los nutrientes que contenga el biol a base de diferentes excretas de animales, como reportaron otros autores en sus resultados (Gomez, 2018; Miranda, 2018).

Padilla y Valderrama (2015) reportaron que sus concentraciones de Pb no influyeron en la longitud de sus raíces, pero sí provocaron alteraciones bioquímicas y fisiológicas en la planta, como: cambios de color en las raíces y tallos durante el crecimiento. Por otra parte, Alva (2013) y Pereyra (2019) señalaron que a medida que aumentaron sus concentraciones de plomo se evidenció una tendencia decreciente, obteniendo la menor longitud de raíz en su mayor concentración. Asimismo, es importante señalar que el periodo experimental de los estudios de ambos autores fue de (28 y 60 días) individualmente. En comparación con la longitud de la raíz del *Taraxacum officinale* del T₁ (0 % de biol) el plomo no afectó en el crecimiento radicular; sin embargo, presentó una raíz principal delgada y con gran cantidad de raíces secundarias; no obstante, los tratamientos con biol presentaron raíces más fuertes y con mayor longitud.

- **Influencia de las concentraciones de biol en el contenido de plomo en el *Taraxacum officinale***

Figura 8 Influencia de las concentraciones de biol en el contenido de plomo en el *Taraxacum officinale*



En la *Figura 8* se observa que, con una concentración baja de biol de 25 % se obtiene una mayor absorción de plomo (38.74 ppm); sin embargo, al aumentar la concentración de biol al 50 %, el contenido de plomo en la planta disminuye a 34.84 ppm; no obstante, aun registra un valor elevado comparado con el tratamiento testigo (0 % de biol); finalmente, con una concentración alta de biol de 75 % la absorción del plomo se ve reducida alcanzado un nivel de 25.24 ppm, lo cual representa un decrecimiento del 19.19 % de contenido de plomo en la planta comparado con el tratamiento testigo.

Munive et al. (2018) reportaron el efecto positivo de sus 2 abonos orgánicos, logrando acumular mayor cantidad de plomo en las raíces que en las hojas de las plantas de maíz; asimismo, esta acumulación corresponde al suelo de su localidad que presentó mayor concentración de Pb.

La capacidad de acumulación del *Taraxacum officinale* en suelos mineros parece depender de las características del suelo que de las concentraciones de metales pesados en el suelo, debido a que en diversas investigaciones obtuvieron que la

concentración de Pb presentó niveles mucho más altos en las hojas que en las raíces, mientras que en otros estudios llevados a cabo en un mismo contexto y con la misma especie, indicaron que las concentraciones de metales fueron mayores en las raíces que en las hojas. (Bini et al., 2012; Wahsha y Al Rshaidat, 2014; Wahsha et al., 2015; Bech et al., 2015; Bech et al., 2017; Angelova y Ivanov, 2018). Asimismo, Bech et al. (2012) mencionaron que probablemente sea por su alta toxicidad.

Alva (2013) y Pereyra (2019) reportaron que, a mayor concentración de plomo mayor cantidad de este metal acumuló la planta; además, señalaron que obtuvieron mayor acumulación en las raíces de sus especies.

4.2 Conclusiones

Considerando los hallazgos, en esta investigación se presentan las siguientes conclusiones:

- Se determinó la influencia de las concentraciones de biol al 25 %, 50 % y 75 % en el crecimiento del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo, en el Distrito de Cajamarca – 2019; se observa que el tratamiento (T₂) con 25 % de biol fue el que mostró mejores resultados con respecto a la evaluación de altura de planta (36.27 cm).
- Se evaluó la influencia de las concentraciones de biol al 25 %, 50 % y 75 % en el desarrollo foliar y radicular del *Taraxacum officinale* en un suelo contaminado con plomo; se observa que el tratamiento (T₂) con 25 % de biol fue el que mostró la existencia de una alta significación estadística con mejores resultados en la evaluación de área foliar de hojas (65. 2 cm²); en cuanto a la evaluación del promedio de número de hojas (17 unidades) se observó mejor respuesta con el tratamiento (T₄) con 75 % de biol, con efectos similares para las evaluaciones de rendimiento de materia seca de hojas (85.9 %), rendimiento de materia seca de raíz (74.4 %) y longitud de raíz de 19.93 cm.
- Se determinó la cantidad de plomo absorbido en el *Taraxacum officinale* bajo la influencia de las concentraciones de biol; se observó que el *T. officinale*, absorbió una mayor cantidad de plomo (38.74 ppm) con la concentración de 25 % de biol (T₂) que se encuentra en los tejidos de esta especie en comparación de las demás concentraciones.

REFERENCIAS

- Alva, B. (2013). Capacidad bioacumuladora de plomo, a diferentes concentraciones, en raíz, tallo y hoja de *Taraxacum officinale* en condiciones de laboratorio. *Google Académico, 1*, 51-60.
- Alvarez, F. (2010). Preparación y uso del biol. Lima, Perú.
- Angelova, V., y Ivanov, K. (2018). Heavy metal conten in Dandelion (*Taraxacum officinale* web.). *Researchgate.net, 10*(55-61). doi:10.22620/agrisci.2018.23.008
- Arrieta, W. (2016). Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado. (*tesis de pregrado*). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Ashraf, M., Maah, M., y Yusoff, I. (2011). Heavy metals accumulation in plants growing in ex tin mining catchment. *Researchgate.net, 2*, 401-416. doi:10.1007 / BF03326227
- Auris, R., y Morales, F. (2019). Evaluación de la influencia de la temperatura en el tiempo de producción de biogás de excretas de bovino en el Centro poblado de Callqui Grande - Huancavelica. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Avila, C. (2016). Uso de biodigestores en la industria pecuaria. (*tesina*). Universidad Autónoma del estado de México, Toluca, México.
- Ayala, J. (2019). Efectividad antimicrobiana del extracto etanólico del *Taraxacum officinale* (diente de león) al 50 % y 100 % sobre cepas de *Staphylococcus aureus*. (*tesis de pregrado*). Universidad central de Ecuador, Quito, Ecuador.
- Ballón, P. (2017). Caracterización y valor nutricional del diente de león (*Taraxacum officinale* F. H. Wiggers.) en la cuenca baja del río Mariño - Abancay. (*tesis de pregrado*). Universidad Tecnológica de los Andes, Apurímac, Abancay, Perú.
- Bech, J., Roca, N., Tume, P., Ramos - Miras, J., Gil, C., y Boluda, R. (2015). Screening for new accumulator plants in potential hazards elements polluted soil surrounding Peruvian mine tailings. *ScienceDirect*. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2015.07.009

- Bech, J., Roca, N., y Tume, P. (2017). Hazardous Element Accumulation in Soils and Native Plants in Areas Affected by Mining Activities in South America. *ScienceDirect*, 419-461. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809588-1.00016-5>
- Bech, J., Duran, P., Roca, N., Poma, W., Sánchez, I., Barceló, J., . . . Poschenrieder, C. (2012). Shoot accumulation of several trace elements in native plant species from contaminated soils in the Peruvian Andes. *ScienceDirect*, 106-111. doi:10.1016/j.gexplo.2011.04.007
- Bini, C., Wahsha, M., Fontana, S., y Maleci, L. (2012). Effects of heavy metals on morphological characteristics of *Taraxacum officinale* Web growing on mine soils in NE Italy. *ScienceDirect*, 101-108. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.07.009>
- Chibuike, G., y Obiora, S. (2014). Heavy Metal Polluted Soils: Effect on Plants and Bioremediation Methods. *ScienceDirect*, 2014, 1-12. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2014/752708>
- Clavijo, E., Ruiz, P., Pérez, C., Tarqui, M., y Ticona, O. (2018). Desarrollo vegetativo de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* L.) bajo la aplicación de niveles de biol bovino en el municipio de Viacha. *Scielo.org*, 5, 43-49.
- Cobo, R. (2012). Efecto de la fertilización a base de biol en la producción de pimiento (*Capsicum annum* L) híbrido Quetzal bajo condiciones de invernadero. (*tesis de pregrado*). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Falcon, J. (2016). Fitoextracción de metales pesados en suelo contaminado con *Zea mays* L. en la Estación Experimental El Mantaro - Junín en el año 2016. (*Tesis de Maestría*). Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín, Perú.
- FAO. (2015). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i4890s.pdf>
- García, P., Lucena, J., Ruano, S., Nogales, M., López, L., Betrán, J., . . . Pérez, J. (2010). Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. *Ministerio de medio ambiente y rural marino*, 14-114. Obtenido de [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm30-57890.pdf)

- Giacomino, A., Malandrino, M., Colombo, M., Miaglia, S., Maimone, P., Blancato, S., . . .
Abollino, O. (2016). Metal Content in Dandelion (*Taraxacum officinale*) Leaves:
Influence of Vehicular Traffic and Safety upon Consumption as Food.
Researchgate.net, 1-9. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2016/9842987>
- Gomez, A. (2018). Solución nutritiva de biol a base de estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.)
ovino (*Ovis aries*) y vacuno (*Bos taurus*) en la producción de forraje verde
hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Puno. (*tesis de pregrado*). Universidad
Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Guanopatín, M. (2012). Aplicación de biol en el cultivo establecido de alfalfa (*Medicago*
sativa). (*tesis de pregrado*). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). En *Metodología de la Investigación*.
México: Mexicana.
- INIA. (2008). Producción y uso del biol - Proyecto Perú conservación in situ de los cultivos
nativos y sus parientes silvestres PER/98/G33. *Instituto Nacional de Investigación*
Agraria, 3-10. Obtenido de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/115>
- INIA, T. (2015). El suelo: Semana de Ciencia y Tecnología. Jornada 2015. *Tacuarembó -*
Uruguay. Obtenido de
[http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/
El%20Suelo%20de%20mayo.pdf](http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/El%20Suelo%20de%20mayo.pdf)
- Julon, I. (2016). Influencia del biol en el crecimiento de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke,
Guazuma crinita Mart y *Swietenia macrophylla* King en vivero - distrito de río negro.
(*tesis de pregrado*). Universidad Nacional del Centro del Perú , Junín, Satipo, Perú.
- Linares, A., López, C., Tinoco, C., Velasco, J., y López, G. (2016). Aplicación de biol,
fertilizante inorgánico y polímeros superabsorbentes en el crecimiento de heliconia
(*Heliconia psittacorum* cv. Tropical). *Redalyc.org*, *XXIII*, 35-48.
doi:10.5154/r.rchsh.2016.02.004
- Maleci, L., Buffa, G., Wahsha, M., y Bini, C. (2013). Morphological changes induced by
heavy metals in dandelion (*Taraxacum officinale* Web.) growing on mine soils.
Researchgate.net, 1-13. doi:10.1007/s11368-013-0823-y

- Manual de Biol. (2013). *Sistema Biobolsa*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SISTEMA%20BIOBOLSA%20s.f.%20Manual%20del%20BIOL.pdf
- MINEM. (12 de Febrero de 2020). *Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/81486-peru-entre-los-primeros-lugares-del-ranking-mundial-de-produccion-y-reservas-mineras>
- Miranda, E. (2018). Efecto de tres tipos de abono orgánico líquido (biol) en la etapa de desarrollo en vivero de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* C. Martius) en Pucallpa Perú. *Researchgate.net*, 10, 371-382. doi:<https://doi.org/10.26495/rtzh1810.327529>
- Montoya, J. (2014). Inventario de plantas medicinales, aromáticas y tintoreas en la zona de paramo - Jalca en el sitio piloto Cajamarca (Cuenca del Cajamarquino y del Jequetepeque). (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Munive, R., Loli, O., Azabache, A., y Gamarra, G. (2018). Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. *Scielo.org*, 4, 551-560. doi:10.17268/sci.agropecu.2018.04.11
- Murray, M. (2013). *Taraxacum officinale* (Dandelion). *Researchgate*. doi:10.1016/B978-1-4377-2333-5.00127-9
- Nordberg, G., Langard, S., Sunderman, F., Mager, J., Osinsky, D., Markkanen, P., y Dinman, B. (2012). *Metales: propiedades químicas y toxicidad*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+63.+Metales+propiedades+qu%C3%ADmicas+y+toxicidad>
- Padilla, S., y Valderrama, C. (2015). Efecto del plomo y cobre en los cambios de color y crecimiento de la raíz y tallo de *Spilanthes urens* en condiciones de laboratorio. *Rebiol*, 35, 14-22.
- Pereyra, P. (2019). Bioacumulación y translocación de plomo en plántulas in vitro de piña (*Ananas comosus* (L.) Merrill), en función de su concentración en medio de cultivo. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Celendín, Perú.
- Rascio, N., y Navari, F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *ScienceDirect*, 169-181. doi:10.1016/j.plantsci.2010.08.016

- Reina, E. (2019). Efecto de tres dosis de biol en el peso seco, de la asociación Trebol (*Trifolium pratense* L.) y Rye grass (*Lolium multiflorum* L.). (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- SAG. (2012). Agricultura Orgánica Nacional. *Servicio Agrícola y Ganadero*, 143. Obtenido de http://www.sag.cl/sites/default/files/agricultura_org._nacional_bases_tecnicas_y_situacion_actual_2013.pdf
- Tambo, D., Céspedes, R., y Esprella, B. (2016). Evaluación del efecto de biol bovino en la producción y calidad de cebada (*Hordeum vulgare* L) en época de invierno en la Estación experimental Choquenaria, Viacha - La Paz. *Scielo.org*, 3, 55-66.
- Vaculík, M., Jurkovic, L., Matejkovic, P., Molnárová, M., y Lux, A. (2013). Potential Risk of Arsenic and Antimony Accumulation by Medicinal plants Naturally Growing on Old Mining Sites. *Researchgate.net*, 1-16. doi:10.1007/s11270-013-1546-9
- Vallés, M., Fuentes, E., y Pons, J. (2018). El plomo: un problema medioambiental y para la salud. *UBADIVULGA*. Obtenido de <https://www.uab.cat/web/detalle-noticia/el-plomo-un-problema-medioambiental-y-para-la-salud-1345680342040.html?noticiaid=1345777559254>
- Varnero, M. (2011). Manual de biogás. *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Ministerio de energía (MINERGÍA), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Global Environment Facility (GEF)*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- Wahsha, M., y Al Rshaidat, M. M. (2014). Potentially Harmful Elements in Abandoned Mine Waste. *Researchgate.net*, 199-220. doi:10.1007/978-94-017-8965-3_5
- Wahsha, M., Nadimi, M., y Bini, C. (2015). Land contamination by toxic elements in abandoned mine areas in Italy. *Researchgate.net*. doi:10.1007/s11368-015-1151-1
- Zanabria, J. (2019). Evaluación de la calidad de biol de segunda y tercera generación de estiércol de cuy producido en un biodigestor instalado en el Instituto Regional de la Costa de la UNALM. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Operacionalización de variables

Tabla 37

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Instrumento de medición
Variable dependiente (Y)		Indicadores	
Desarrollo foliar y radicular del <i>Taraxacum Officinale</i>	El desarrollo del <i>Taraxacum officinale</i> está bajo la influencia de las concentraciones de biol, un aumento de su concentración modificará los indicadores a evaluar. Mejora el metabolismo vegetal de las plantas y al ser aplicado a las semillas de los cultivos permite agrandar la cantidad de raíces y la capacidad de fotosíntesis de la planta, mejorando su calidad.	Altura de la planta	Regla graduada
		Número de hojas	Ninguno
		Área foliar de hojas	Software (IMAGE J)
		Materia seca de hojas y raíz	Estufa
		Longitud de raíz	Regla graduada
		Contenido de plomo (ppm)	Espectrofotómetro de Absorción Atómica

Variable independiente (X)			
Concentraciones de biol	El Biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes, etc. Sus distintas concentraciones tendrán un efecto en el desarrollo del <i>Taraxacum officinale</i> .	Biol 0 %	Volumetría
		Biol 25 %	Volumetría
		Biol 50 %	Volumetría
		Biol 75 %	Volumetría
Plomo	Es un metal tóxico presente en el suelo su peligrosidad de este contaminante está dada en su concentración.	100 ppm	Espectrofotómetro de Absorción Atómica

ANEXO N° 2. Datos meteorológicos

Figura 9 Temperatura y Humedad Relativa - Durante el periodo de fermentación del biol - 2019

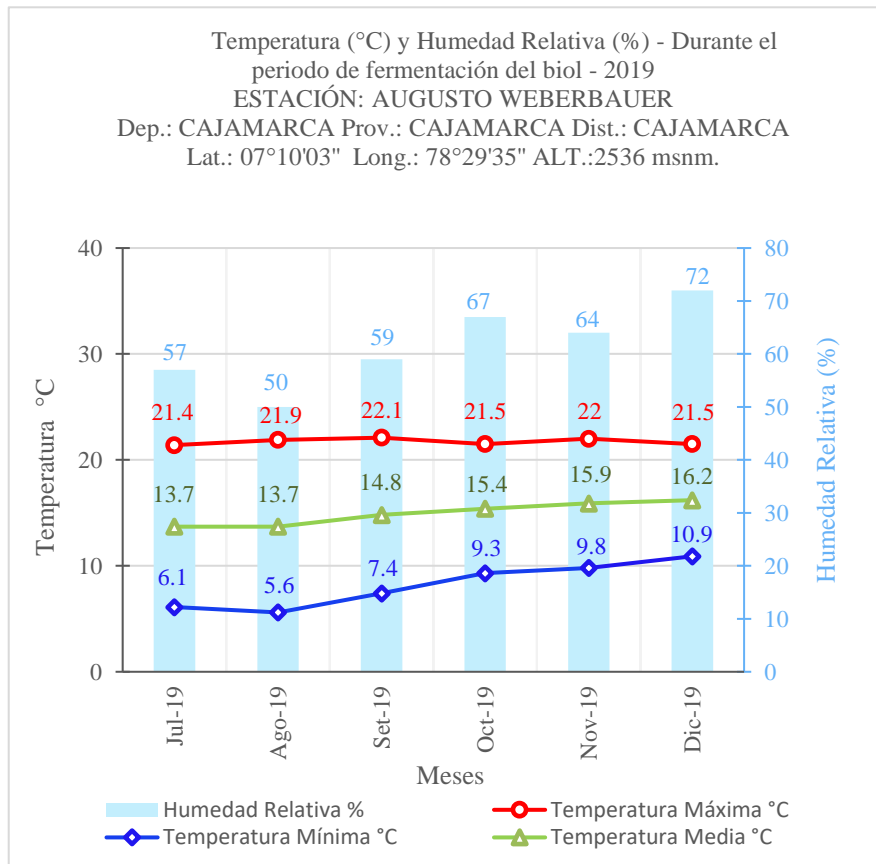
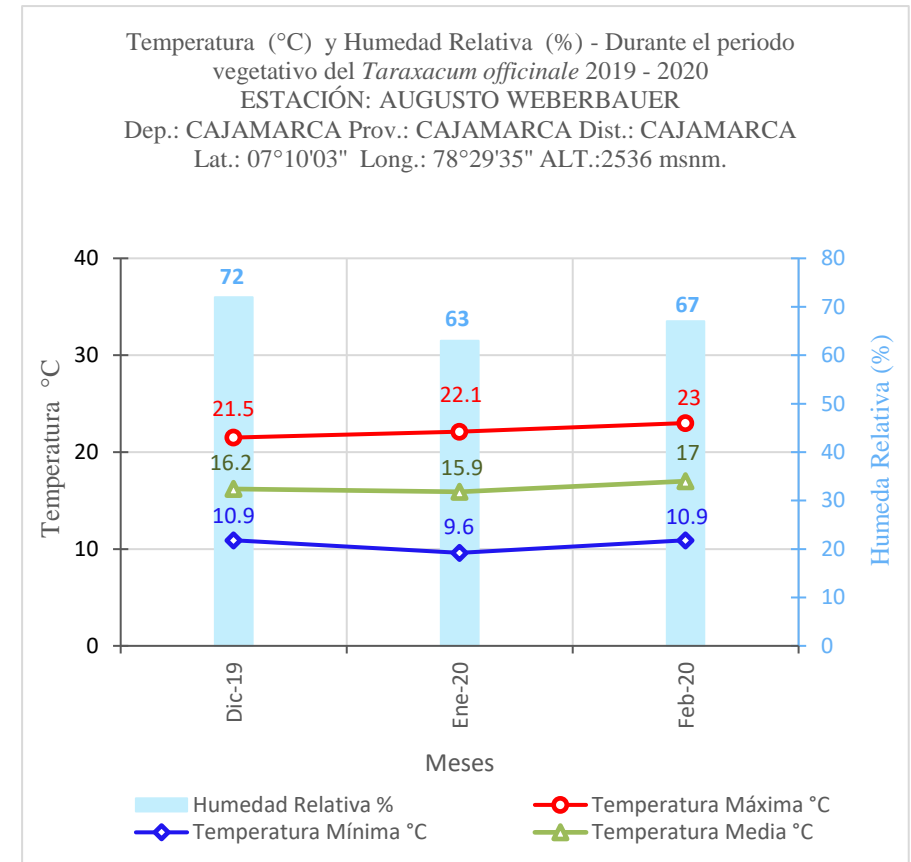
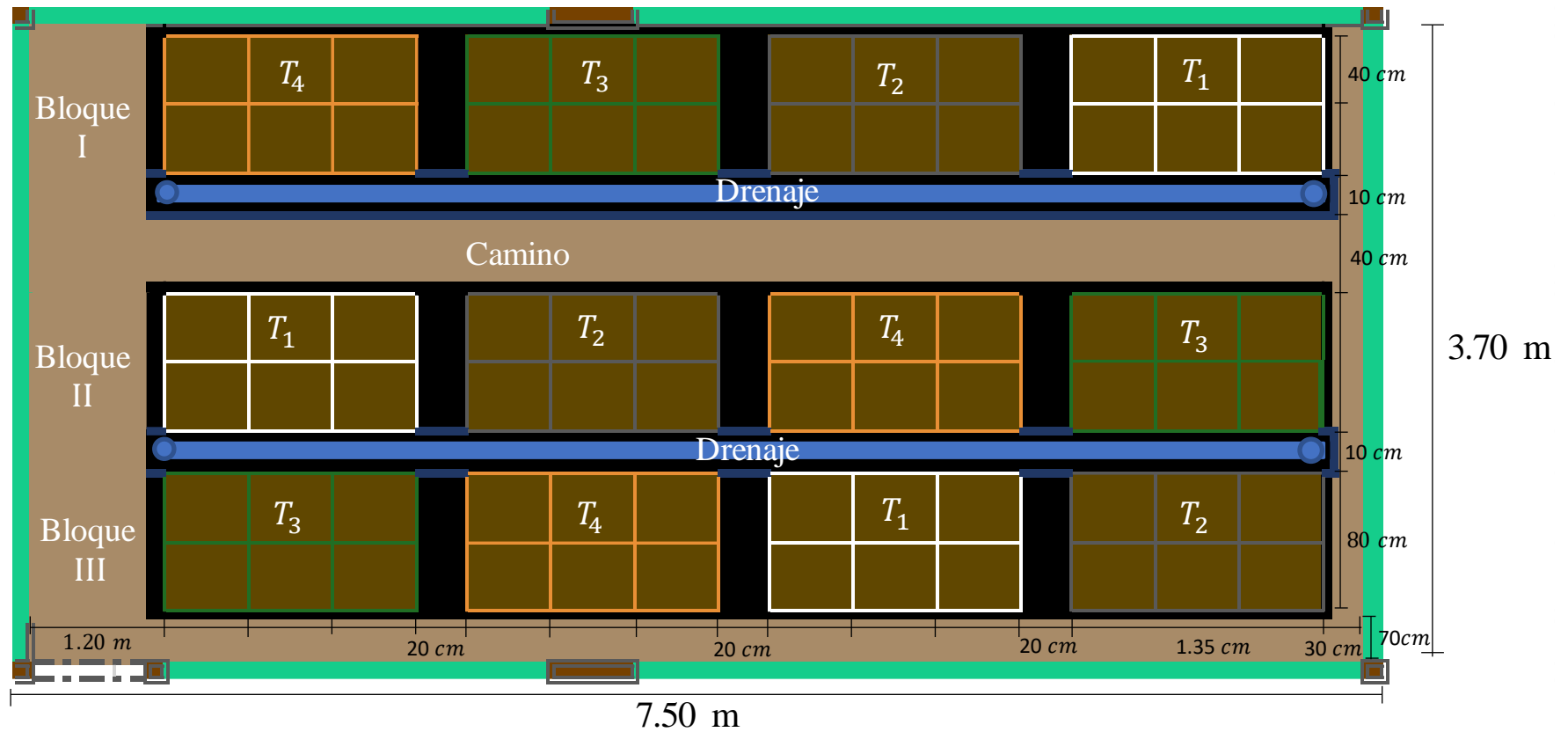


Figura 10 Temperatura y Humedad Relativa - Durante el periodo vegetativo del *Taraxacum officinale*



ANEXO N° 3. Croquis del experimento

Figura 11 Croquis del experimento



ANEXO N° 4. Análisis físico – químico del suelo experimental

Figura 12 Análisis físico - químico del suelo experimental



“Año de la Universalización de la Salud”

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

Nombre : FLOR DE MARIA QUISPE AEDO

Procedencia: Cajamarca - UNC - Silvo Agropecuario

Fecha: 05-03-2020

NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de Análisis
Silvo Agropecuario	SU0203-EEBI-20	9206948	776841	2536	Fertilidad

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural				
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%					
7,7	--	3,53	16,22	365								

INTERPRETACION:

pH (Reacción) : MODERADAMENTE ALCALINO
 Materia orgánica (M.O.) : MEDIO
 Fósforo (P) : ALTO
 Potasio (K) : ALTO
 Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar: **DIENTE DE LEON**

Nutriente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL				
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha				
	50	30	30	--								

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :

APLICAR 3,00 TON/HA DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
 Estación Experimental Baños del Inca
 Ing. Julio A. Velásquez Camacho
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS
 EL PERÚ PRIMERO

Jr. WIRACOCHA S/N BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA
 T: 076348386
 Email: binca@inia.gob.pe
 www.minagri.gob.pe

ANEXO N° 5. Análisis de las características nutricionales del biol

Figura 13 Análisis de las características nutricionales del biol



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : FLOR DE MARÍA QUISPE AEDO
PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ CAJAMARCA/ CAJAMARCA
MUESTRA DE : BIOL
REFERENCIA : H.R. 71340
BOLETA : 3917
FECHA : 10/01/20

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
1624		5.08	21.40	34.27	18.54	1141.00	374.23	1775.00

N° LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
1624		3725.00	437.50	457.50

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
1624		42.63	6.75	6.95	138.75	3.44



Gerardo La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

ANEXO N° 6. Análisis del contenido de plomo en el *Taraxacum officinale*

*Figura 14 Análisis del contenido de plomo en el *Taraxacum officinale**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : FLOR DE MARÍA QUISPE AEDO
PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ CAJAMARCA/ CAJAMARCA
MUESTRA : DIENTE DE LEÓN
REFERENCIA : H.R. 72353
BOLETA : 4167
FECHA : 12/08/2020

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
1064	BLOQUE I T1	33.15
1065	BLOQUE I T2	34.15
1066	BLOQUE I T3	38.33
1067	BLOQUE I T4	29.10
1068	BLOQUE II T1	31.58
1069	BLOQUE II T2	49.93
1070	BLOQUE II T3	37.65
1071	BLOQUE II T4	24.45
1072	BLOQUE III T1	29.55
1073	BLOQUE III T2	32.13
1074	BLOQUE III T3	28.53
1075	BLOQUE III T4	22.18



B. La Torre
Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

ANEXO N° 7. Características morfológicas

Figura 15 Desarrollo vegetativo a los 50 días



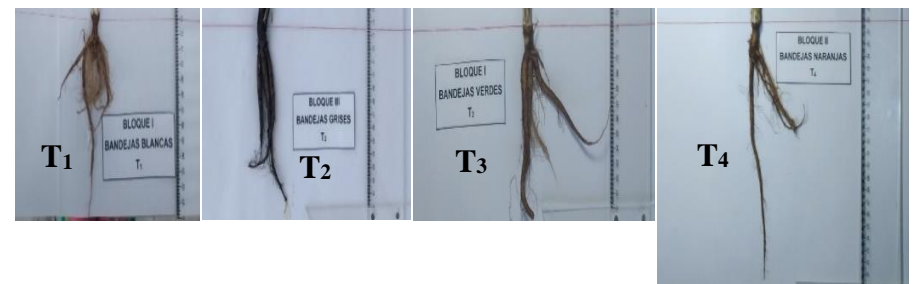
Figura 16 Presencia de hojas rizadas a los 60 días



Figura 17 Cambios de color en las hojas (color fucsia y amarillo) a los 70 días



Figura 18 Raíces de los tratamientos en estudio al finalizar el experimento



ANEXO N° 8. Fotografías

Figura 19 Proceso de fermentación anaeróbica del biol



Figura 23 Acondicionamiento de las bandejas para la recepción de plantas



Figura 20 Recolección de semillas de *Taraxacum officinale*



Figura 24 Selección de las plantas del almácigo



Figura 21 Peso y siembra de las semillas en el almácigo



Figura 25 Preparación de las concentraciones de biol al 0 %, 25 %, 50 % y 75 % de biol



Figura 22 Forrado de la pendiente y área de drenaje



Figura 26 Extracción del agua filtrada con una jeringa

