



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Fitoextracción en suelos contaminados con níquel por la
especie *Raphanus sativus L.*

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

Melgarejo Estacio, Jessica Milagros (ORCID: 0000-0002-7258-4522)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de Los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A mis padres, Elvira y Miguel.

Y a mi hijo Noah.

Agradecimiento

A Dios por todo lo que me brinda.

A mis padres por su apoyo incondicional en mi formación profesional y personal.

A toda mi familia, quienes me animaron y oraron por mí.

Al Dr. Elmer Benites por su paciencia para el desarrollo de la presente investigación.

Índice de Contenido

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MARCO TEÓRICO	14
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1 Tipo y diseño de investigación	19
3.2 Variables y operacionalización	19
3.3 Población, muestra y muestreo	21
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	22
3.5 Procedimientos.....	23
3.6 Método de análisis de datos:.....	28
3.7 Aspectos éticos	28
IV RESULTADOS	29
V DISCUSIÓN	45
VI CONCLUSIONES.....	48
VII RECOMENDACIONES.....	49

Índice de tablas

Tabla 1.	Variables y operacionalización	20
Tabla 2.	Lista de muestras iniciales de suelo	25
Tabla 3.	Valores iniciales de la concentración de níquel en suelos	29
Tabla 4.	Valores finales de los suelos después de la fitoextracción de níquel.....	30
Tabla 5.	Altura final del <i>Raphanus sativus</i> l.....	31
Tabla 6.	Cantidad de hojas del <i>Raphanus sativus</i> l.....	32
Tabla 7.	Concentraciones de níquel en la biomasa aérea del <i>Raphanus sativus</i> l.	33
Tabla 8.	Eficiencia del <i>Raphanus sativus</i> l. en la remoción de níquel en suelos ...	34
Tabla 9.	Prueba Shapiro-Wilk	35
Tabla 10.	Prueba de Kruskal-Wallis para hipótesis general.....	37

Índice de figuras

Dedicatoria	ii
Figura 1. Proceso para la obtención de suelos ricos en níquel	24
Figura 2. Suelo con níquel en diferentes concentraciones.....	24
Figura 3. Proceso de tamizado para obtención de submuestra inicial.....	25
Figura 4. Semillas de la especie <i>Raphanus sativus l.</i>	26
Figura 5. Muestreo del <i>Raphanus sativus l.</i> en el tratamiento 1	27
Figura 6. Niveles de concentración inicial de suelos con níquel.....	29
Figura 7. Niveles de concentración final de suelos con níquel	30
Figura 8. Altura final promedio del <i>Raphanus sativus l.</i>	31
Figura 9. Cantidad de hojas del <i>Raphanus sativus l.</i>	32
Figura 10. Concentraciones de níquel en la biomasa aérea del <i>Raphanus sativus l.</i> 33	
Figura 11. Eficiencia del <i>Raphanus sativus l.</i> en la remoción de níquel en suelos	34
Figura 12. Prueba de hipótesis específica 1	38
Figura 13. Prueba de hipótesis altura del <i>Raphanus sativus l.</i>	40
Figura 14. Prueba de hipótesis cantidad de hojas del <i>Raphanus sativus l.</i>	40
Figura 15. Prueba de hipótesis específica 3	42
Figura 16. Prueba de hipótesis específica 4	43

Resumen

La investigación tuvo como objetivo, determinar la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus L.* para la remoción de níquel presente en suelos con diferentes concentraciones. El actual trabajo es de tipo aplicado con un diseño experimental. Donde se trató con suelos en ocho diferentes concentraciones de níquel (28, 30, 45, 73, 164, 271, 490, y 1040 ppm), la muestra estuvo conformada por 3 kg. de suelo por nivel, la cual se dividió en tres repeticiones. Se utilizó como técnica, la observación, teniendo como instrumentos la ficha de resultados; crecimiento y desarrollo de la especie en 33 días. Se concluyó que; a mayor concentración, mayor fue la capacidad de fitoextracción de níquel en la biomasa aérea del *Raphanus sativus L.*, con el siguiente orden derivados de los promedios en cada tratamiento; 5.24, 1.90, 4.15, 6.643, 5.39, 7.35, 18.33 y 34.11 ppm. Las variaciones fenológicas del *Raphanus sativus L.* manifiestan que la altura de la biomasa aérea va en aumento directamente proporcional a las altas concentraciones de níquel a excepción de los dos últimos tratamientos. En relación, al número de hojas no se evidencia diferencias significativas. Por otro lado, El *Raphanus sativus L.* presentó una mayor eficiencia en el tratamiento 5.

Palabras clave: *Raphanus sativus L.*, rabanito, níquel, suelos, fitoextracción

Abstract

The objective of the research was to determine the phytoextraction capacity of *Raphanus sativus* L. for the removal of nickel present in soils with different concentrations. The current work is of an applied type with an experimental design. Where soils were treated with eight different concentrations of nickel (28, 30, 45, 73, 164, 271, 490, and 1040 ppm), the sample consisted of 3 kg. of floor per level, which is divided into three repetitions. Observation was carried out as a technique, using the results sheet as instruments; growth and development of the species in 33 days. It was concluded that; the higher the concentration, the higher the nickel phytoextraction capacity in the aerial biomass of *Raphanus sativus* L., following the following order derived from the averages in each treatment; 5.24, 1.90, 4.15, 6.643, 5.39, 7.35, 18.33, and 34.11 ppm. The phenological variations of *Raphanus sativus* L. show that the height of the aerial biomass is increasing directly proportional to the high concentrations of nickel, an exception of the last two treatments. Regarding the number of leaves, no significant differences are evidenced. On the other hand, The *Raphanus sativus* L. presented greater efficiency in treatment 5 (27.44%).

Keywords: *Raphanus sativus* L., radish, nickel, soils, phytoextraction

I. INTRODUCCIÓN

Con la revolución industrial, la vida se ha vuelto bastante fácil, pero toda comodidad viene con un costo, un lado más oscuro que en este caso es el aumento de la contaminación global y como consecuencia la desestabilización del sistema natural (Muyulema et al., 2019). Se han detectado diferentes tipos de contaminantes introducidos al medio ambiente por diversas industrias, estos contaminantes inducen desequilibrio y efectos nocivos en los seres vivos. Los metales pesados se hallan entre los contaminantes que son extremadamente peligrosos para todas las formas de vida y puede causar la muerte (Ghori et al., 2016).

Los metales pesados hacen referencia a metales que poseen una masa atómica mayor a 20 y un peso específico mayor a 5. (Rascio y Navariizzo, 2011; Changfeng Li et al., 2019). En los procesos biológicos, los metales pesados se clasifican en dos tipos: metales pesados esenciales y metales pesados no esenciales. Los organismos necesitan metales pesados esenciales en una cantidad muy pequeña que incluyen el hierro, manganeso, cobre, zinc, níquel, cobalto y molibdeno. Por el contrario, los metales pesados no esenciales, no son requeridos por los organismos para vivir como cadmio, plomo, arsénico, mercurio y cromo (Ghori et al., 2016). Se hace uso de ambos tipos en actividades agrícolas e industriales como la fabricación de aleaciones resistentes a la corrosión, acero inoxidable, irrigación, fertilizantes en actividades agrícolas, etc (Xueping et al., 2020). Estos pueden movilizarse mediante escorrentía y lixiviación contaminando las aguas subterráneas y superficiales. En muchos casos estas últimas son usadas para el riego de cultivos y por consecuencia, se incorporan a la cadena trófica. (Suaña, 2018; Morales, 2020). Por ello es evidente el alto interés en estudios medioambientales.

En el caso del níquel, existe presencia de forma natural en todos los suelos y se deriva de la meteorización química, sedimentos artificiales o ambos (Junfeng et al., 2021), pueden contener niveles de níquel tan bajos como 0,2 mg/kg o tan

altos como 450 mg/kg. El contenido medio de níquel en el suelo es de aproximadamente 20 ppm; sin embargo, el nivel de contenido puede variar mucho dependiendo del modo de origen del material parental del suelo (Muhammad y Muhammad, 2011), como lugares que contienen rocas ultra básicas como es el caso de la serpentinita (más de 10.000 ppm de Ni). En el caso de las rocas sedimentarias el níquel contenido tiene un rango de entre 5 y 100 ppm con mayor valor en suelos arcillosos. La concentración de níquel en el suelo es dependiente de la roca formadora. Sin embargo, el níquel contenido puede deberse tanto al resultado del proceso de formación de dicho suelo como el de la contaminación (Muñiz et al., 2015).

A nivel mundial, las mayores emisiones antropogénicas provienen de la combustión de combustibles fósiles (principalmente carbón y petróleo), de la extracción y fundición de níquel (CCME, 2015). La mayor parte del níquel se utiliza para la producción de aleaciones de níquel con alta resistencia a la temperatura y a la corrosión, como el acero inoxidable (Ali et al., 2021). Por otro lado, cuando altas concentraciones de Ni son liberados al ambiente por la combustión de chimeneas y/o de hornos utilizados para la fabricación de aleaciones o por plantas de energía e incineradores de residuos sólidos, estas pequeñas partículas de polvo se acumulan en el suelo en donde se adhieren fuertemente a partículas que contienen hierro o manganeso, y en condiciones ácidas adecuadas, facilitan su movilización. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2005) lo que conduce a una grave contaminación de Ni en el suelo y en las aguas subterráneas (Reck et al., 2008; Zeng et al., 2017; Wang et al., 2020).

A pesar de que el níquel fue identificado a finales de 1980 como uno de los imprescindibles elementos para el suelo y las plantas, fue en el 2004 cuando la Asociación Estadounidense de Control de Alimentos Vegetales lo reconoció como el decimoséptimo elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, El rango normal de níquel en la mayoría de los tejidos de las plantas está entre los 0,05 y 5 ppm.; siendo el níquel el más bajo de todos los elementos esenciales (Liu, 2001; Liu et al., 2020).

Sin embargo, la entrada excesiva de Ni en el medio ambiente afecta inevitablemente la supervivencia de los organismos. Los impactos de este metal en los suelos provocan cambios, como la fertilidad y productividad del suelo, influencias en la comunidad microbiana, abundancia y diversidad, y las respuestas tóxicas de la patología de tejidos y órganos en el suelo (Xia et al., 2018; Wang et al., 2020).

Es decir, las altas concentraciones de Ni también crean efectos tóxicos en los cultivos del suelo. Estos incluyen reducciones en el crecimiento de diferentes especies de plantas, efectos adversos sobre el desarrollo y la calidad del fruto, así como la inhibición de las actividades enzimáticas (Wang et al., 2020). Por ejemplo, generalmente la contaminación del suelo con Ni de 100 ppm puede causar toxicidad a las plantas, sin embargo, los niveles tóxicos en diferentes especies de plantas y cultivares pueden oscilar entre 40 a 246 mg/kg de peso seco, a pesar de a estas concentraciones tóxicas, algunas plantas han sobrevivido. Además, se indica que pocas plantas tienen la capacidad de tolerar concentraciones más amplias de Ni en el suelo (Muhammad, 2018).

Para los seres humanos, se ha informado que la exposición ocupacional a largo plazo al Ni puede conducir a los diversos tipos de problemas como respiratorios, renales, cardiovasculares, daño al sistema nervioso, infertilidad, inmunodeficiencia (Wang et al., 2020), causar cánceres y enfermedades cardíacas. Por tanto, existe la necesidad de reducir los niveles tóxicos de níquel en suelos contaminados con este metal pesado (Muhammad, et al., 2018). Tal es el caso de Canadá, donde el consejo Ministros de Medio Ambiente ha establecido como límite 45 mg/kg de Ni en suelos agrícolas (CCME, 2015).

En Perú existen 16 plantas de procesamiento de hidrocarburos (OSINERMIN, 2020). La mayoría de ellos ubicados en zonas de alta vegetación. No se ha encontrado investigaciones acerca de este metal pesado en dichos suelos, sin embargo, no podemos descartar el riesgo de este contaminante en el futuro (Harasim & Filipek, 2015), es importante controlar el destino del níquel en el medio ambiente. Además, se cree que la falta de investigaciones se debe a que nuestro país no cuenta con estándares de calidad ambiental en suelos con respecto a dicho metal.

Por lo que, la fitoextracción o fitoacumulación se destaca por ser una técnica prometedora para la remediación del suelo (Ghori et al., 2016), biocompatible, eficaz, respetuoso con el medio ambiente y económicamente viable para limpiar suelos contaminados con metales (Muhammad, et al.,2018). Las plantas tienen un mecanismo natural para absorber y almacenar nutrientes de acuerdo con su biodisponibilidad en el suelo y las necesidades de la planta.

De modo tal que, después de todo lo expuesto se plantea como problema general ¿Cuál es la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus* L. en la remoción de ocho distintas concentraciones de níquel en suelo? Y como problemas específicos ¿Es posible comprobar la bioacumulación de níquel en la biomasa aérea del *Raphanus sativus* L. en la remoción de ocho distintas concentraciones de níquel en suelo?, ¿Qué características fenológicas del *Raphanus sativus* L. fueron afectadas al finalizar el tiempo de remoción de las ocho distintas concentraciones de níquel en suelo?, ¿La presencia de níquel en suelo se ve alterada por la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus* L.? y finalmente, ¿Cuál es la eficiencia en la remoción del níquel por la acción de fitoextracción del *Raphanus sativus* L.?

La justificación práctica del presente estudio se centra en la remediación de suelos mediante la fitoextracción del níquel empleando la especie *Raphanus sativus* L., buscando de esta forma que las alteraciones establecidas en el suelo por el incremento de la concentración de dicho elemento se vean minorizadas; la variable independiente, que en este caso la especie *Raphanus sativus* L. ingrese en contacto directo con la variable dependiente, que sería el elemento níquel por medio de las raíces, las mismas que absorben dicho elemento y son almacenadas en los tallos y hojas en un determinado lapso de tiempo con la intención de reducir y hasta, en el mejor de los casos, eliminar la presencia del exceso de concentración del elemento en mención en cada nivel establecido.

Así mismo, esta investigación se justifica teóricamente poniendo en práctica las bases teóricas y científicas de la fitoextracción de metales pesados siendo el níquel el principal objetivo, para dar solución a la realidad problemática descrita en el presente proyecto de investigación, con el propósito de aportar mayor conocimiento al ya existente sobre la fitoextracción, tomándola como una

técnica viable económicamente, con escasez de limitaciones, pero sobre todo por ser amigable con nuestro medio ambiente. De modo tal que sea incorporada como una de las primeras opciones en cuanto a la remediación de suelos con altos niveles de metales.

Finalmente se justifica metodológicamente el presente estudio teniendo como finalidad el de ser parte de una solución tentativa o, en su defecto, ser una herramienta empleada para la recuperación de recursos naturales, siendo el suelo medio directo afectado por la alteración que sufre en sus características fisicoquímicas y biológicas por las altas concentraciones del elemento níquel, el cual podría presentarse dentro del cuerpo natural.

Se plantea como objetivo general: Evaluar la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus* L. en la remoción de ocho distintas concentraciones de níquel en suelo. Así mismo, los objetivos específicos son: Comprobar la bioacumulación en la biomasa aérea del *Raphanus sativus* L. en la remoción de ocho distintas concentraciones de níquel en suelo, Determinar las características fenológicas del *Raphanus sativus* L. que fueron afectadas al finalizar el tiempo de remoción de las ocho distintas concentraciones de níquel en suelo, Identificar si la presencia de níquel en el suelo se ve alterada por la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus* L. y Evaluar la eficiencia en la remoción del níquel por la acción de fitoextracción del *Raphanus sativus* L.

Finalmente se planteó como hipótesis general que la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus* L. en la remoción de ocho distintas concentraciones de níquel en suelo es significativa. Y como hipótesis específicas la bioacumulación la biomasa aérea del *Raphanus sativus* L. incrementa en relación con la remoción de ocho distintas concentraciones de níquel en suelo, las características fenológicas del *Raphanus sativus* L. se vieron afectadas al finalizar el tiempo de remoción de las ocho distintas concentraciones de níquel en suelo, la presencia de níquel en suelo se ve alterada por la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus* y por último, la eficiencia en la remoción de níquel por acción de la fitoextracción del *Raphanus sativus* L. es significativa.

II. MARCO TEÓRICO

Hoyos (2015) tuvo como objetivo determinar la concentración de plomo y cadmio por bioacumulación en *Brassica oleracea subsp. capitata* (L.) Metzg. y *Raphanus sativus* L., regadas con aguas a diferentes concentraciones de cada metal. Para ello trabajaron con 20 plantas por especie, en el día 14 de desarrollo vegetativo, las trasplantaron aleatoriamente y de forma individual en pozas experimentales con suelo homogenizado franco arenoso libre de metales plomo y cadmio. Éstas, asimismo, fueron sometidas a tratamientos de 0, 100 y 300 ppm de cada metal con 4 repeticiones durante 60 días, recolectaron muestras de suelo, raíz y parte aérea de cada especie vegetal para los análisis correspondientes de plomo y cadmio por espectrofotometría de absorción atómica. Tuvo como resultado que ambas especies acumularon mayor concentración de plomo y cadmio en soluciones de 300 mg/l. siendo para la especie *B. oleracea* 127 ppm y 180 ppm de plomo y cadmio respectivamente y para el *Raphanus sativus* L. 112 ppm y 125 ppm de igual manera.

Muhammat (2018) llevó a cabo un experimento en macetas para evaluar el potencial de dos rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas (PGPR) a saber. *Bacillus* sp. CIK-516 y *Stenotrophomonas* sp. CIK-517Y para mejorar el crecimiento y la absorción de Ni del rábano (*Raphanus sativus*) en presencia de cuatro niveles diferentes de contaminación de Ni (0, 50, 100, 150 mg Ni kg⁻¹ suelo). Sus resultados mostraron que la cepa PGPR CIK-516 aumentó la longitud de la raíz (9-27%), la longitud de los brotes (8-27%), la biomasa seca de las raíces (2-32%), la biomasa seca de los brotes (9-51%), la circunferencia de las raíces (6-48%). %, clorofila total (4-38%) y contenido de nitrógeno de brotes (11-15%) en suelos contaminados y no contaminados con Ni.

Kaur et al. (2019) establecieron como objetivo en su trabajo evaluar la capacidad de fitoextracción de níquel de plantas de mostaza india (*Brassica juncea arawali*) con y sin aplicación de quelantes. Los quelantes elegidos para el estudio fueron el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y el ácido salicílico (SA). Se sembraron semillas de mostaza india en suelos contaminados con nitrato de níquel con concentraciones de 100, 200, 400 y 800 mg /l. Las plantas

se recolectaron en cuatro etapas. Se estudiaron diversos parámetros morfológicos, bioquímicos y potencial de fitoextracción de níquel de plantas. Se encontró que la germinación de las semillas y el porcentaje de supervivencia de la mostaza india se reducían al aumentar la concentración de Ni. La adición de SA mejoró la germinación y la supervivencia de *B. juncea*, mientras que el EDTA jugó un papel negativo. Los parámetros de crecimiento de las plantas como el número de ramas y hojas, la longitud de las raíces y la longitud de los brotes disminuyeron con el aumento de las concentraciones de Ni. En general, EDTA disminuyó todos los parámetros morfológicos, mientras que SA los estimuló. Las plantas tratadas con EDTA mostraron una acumulación de Ni un 83-90% más alta en comparación con el control para las dosis de Ni aplicadas de 100-800 mg / l respectivamente.

Kriti et al. (2021) realizaron una evaluación comparativa de la eficiencia de fitorremediación de dos especies de gramíneas tolerantes (viz. vetiver y limoncillo) en macetas con suelo contaminado con desechos electrolíticos (EW) de baterías de Ni y Cd simulados (EW1%, EW2% y EW4% p / p). La acumulación de Ni en Vetiver fue mayor en la biomasa aérea (36,8 ppm) y raíces (252,9 ppm) que en el limoncillo (12,5 ppm y 79,7 ppm, respectivamente). La misma tendencia de acumulación ocurrió con el Cd en las raíces de vetiver y limón (232.2 y 147.2 ppm, respectivamente), sin embargo, la acumulación en la biomasa aérea de vetiver (43.4 ppm) fue menor que en la hierba de limón (99.9). El factor de bioacumulación de metales en ambos pastos aumentó con la contaminación EW. El vetiver fue más tolerante a la toxicidad EW que el limoncillo, ya que exhibió menor declive en los parámetros morfológicos, menor aumento de TBARS frente a las dosis de EW. Las actividades de las enzimas SOD, APX, POD fueron mayores en el vetiver, mientras que solo GR en el limoncillo. La acumulación de Ni fue mayor que la de Cd, las raíces tuvieron una mayor acumulación de metales pesados y el vetiver fue un mayor acumulador de Ni y Cd de EW del suelo contaminado que el limoncillo.

El níquel está asociado geoquímicamente con el hierro y el cobalto, y los suelo con un alto contenido de estos elementos contiene generalmente una gran

cantidad de este metal. Su movilidad en los suelos depende de la composición, la textura y la estructura de la mineralogía. Los sumideros más importantes de níquel distintos de los minerales del suelo son óxidos amorfos de hierro y manganeso. La movilidad del níquel en el suelo es específica del lugar, dependiendo principalmente del tipo de suelo y el pH. La concentración de sulfato y el área de superficie de los óxidos de hierro del suelo también son factores clave que afectan la adsorción de níquel (Harasim & Filipek, 2015). Existen diversos tipos de sales de níquel que incluyen; sulfato, cloruro, nitrato, hidróxido de carbonato, acetato y óxido de níquel. Como también, diversos usos industriales y comerciales de níquel; y compuestos de este metal (CCME, 2015).

La fitorremediación es una estrategia ecológica prometedora en la que se utilizan plantas para la rehabilitación de suelos o entornos contaminados y, por lo general, comprende diferentes enfoques que incluyen fitoextracción, fitovolatilización, fitoestabilización, rizofiltración y fitodegradación. La fitoextracción es un enfoque de fitorremediación ampliamente utilizado que puede ser tanto natural como inducido por sustancias químicas. En la fitoextracción natural, las plantas absorben metales a través de las raíces y se trasladan a los brotes (Muhammad, et al., 2018). Existen distintas especies de plantas que acumulan metales pesados; sin embargo, la familia de las *Brassicaceae* tiene el potencial de acumular metales, especialmente la mostaza india (*Brassica juncea*), la cual utiliza la fitoextracción junto con la biofumigación debido a su actividad antimicrobiana. Por lo tanto, estas familias de plantas son útiles para mejorar el rendimiento de los cultivos y la calidad del suelo junto con la remediación de metales pesados (Kaur et al., 2019).

La *Brassicaceae* es una gran familia de angiospermas. La mayoría se distribuye en las zonas templadas del hemisferio norte, con centros de diversificación en Asia, Norte América y las regiones mediterráneas, también se indica que sus centros secundarios, corresponden a los himalayas y los Andes del sur. En Perú, *Brassicaceae* es un taxa ubicada mayoritariamente en zonas altoandinas, sobre el cual existen escasos estudios taxonómicos o fitogeográficos. La familia está simbolizada por 27 géneros y 111 especies, de los cuales 2 géneros

(*Catadysia* y *Dactylocardamun*) y 28 especies son endémicas (Monsalve, 2006; Mamani, 2018). Esta familia incluye muchas especies valiosas, ya que se encuentran plantas de uso medicinal, plantas ornamentales y especies que se utilizan para consumo humano como fuentes de aceites vegetales. En cuanto a las verduras representan una parte importante para el ser humano y se consideran como cultivos alimentarios importantes como son el brócoli, la col rizada, las hojas de mostaza, la coliflor, y el rabanito. Además, se les otorga la denominación de ser anticancerígenos (Mamani, 2018).

El rabanito es una planta herbácea anual que se utiliza comúnmente como cultivo de hortalizas. Todas las partes de esta planta tienen valor nutritivo y medicinal. Tiene un enorme potencial para curar trastornos respiratorios, hepáticos, cardiovasculares y gastrointestinales (Yasin et al., 2017). Algunos investigadores consideran a China como la posible cuna de esta hortícola. Se tiene la certeza de que los egipcios y babilonios se alimentaban de este tubérculo hace más de 4000 años por haberse encontrado representado en paredes interiores de la pirámide de Keops, en la que inscripción jeroglífica en la recoge cuánto rábano, cebolla y ajo eran consumidos por los trabajadores de la pirámide. Además, era utilizado por los egipcios para limpiar los intestinos en el embalsamamiento de las personas con menor poder adquisitivo (Villatoro, 2011). Durante el primer milenio A.C. Griegos y Romanos convirtieron al rábano en un alimento muy apreciado, extendiendo su consumo por toda Europa gracias a las provincias conquistadas por estos últimos. El Dr. Alain Touwaide del Departamento de Botánica del Museo Nacional de Historia Natural, Institución del Smithsonian de Washington, encontró unas pastillas con extractos de rábano en unos contenedores recuperados de un banco mercante romano del año 130 a.C. Históricamente, los rábanos han sido utilizados como plantas medicinales para una gran variedad de enfermedades como disfunción hepática y mala digestión.

En cuanto a sus características morfológicas, su raíz es pivotante, presenta colores y formas diversas que se inserta en la base de un tubérculo hipocotíleo comestible; el tallo es grueso, erecto, ramificado. En la floración emite un tallo que puede alcanzar hasta 1.5m; sus hojas son oblongadas, recortadas en los

bordes, están cubiertas de pelos hirsutos, al tacto son ásperas; las flores estas dispuestas en inflorescencia racimosas, alargadas con pedicelo ascendente corola violácea o blanquecinas con nervaduras violadas de 1.5 a 2 cm de diámetro; su fruto puede medir de 3 a 10 cm de longitud, son esponjosos en forma de pico. Las semillas son globosas de color rosado o castaño claras, cada fruto contiene de 1 a 10 semillas. Ciclo vegetativo anual. Según sus características fisiológicas, es una planta de estación fría. Las temperaturas para su desarrollo deben oscilar entre los 18-20°C. Se adapta a diferentes tipos de suelos, tales como los arcillosos, franco arenosos y neutros. Es poco tolerante a la salinidad del suelo. La temperatura del suelo para la germinación del rabanito debe fluctuar entre 7-33°C, teniendo como temperatura mínima 5°C, como máxima 35°C y como óptima 35°C. Su crecimiento se da a un pH de entre 5,5 y 6,8. Necesita un buen suministro de agua, evitando el encharcamiento (Flores, 2014).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Se basa en un enfoque cuantitativo, ya que utiliza la recolección y el análisis de datos para probar la hipótesis establecida, confiándose en la medición numérica y de conteo (Sampieri y Mendoza, 2019)

Según el “Departamento Universitario Obrero Campesino de la Universidad Católica” (DUOC UC, 2018) La investigación es de tipo aplicada, debido a que se busca innovar a través del conocimiento científico para resolver problemas concretos. Toda investigación de este tipo requiere el marco teórico y en la mayoría de los casos, en provecho de la sociedad (Muntané, 2010).

En cuanto al nivel de investigación que se obtiene, se define como un nivel de tipo explicativa ya que combina los métodos analíticos, sintéticos, deductivos (razonamiento lógico) e inductivos (generalizaciones amplias apoyada de observaciones específicas).

La investigación es un diseño experimental (Nicomedes 2018, p. 3). Porque se manipula con una estructura premeditada (la variable independiente) con la intención de comprobar los resultados por las alteraciones generadas por dicha variable sobre la variable dependiente (Sampieri y Mendoza, 2019). Siendo en el presente estudio la variable dependiente la concentración de níquel en el suelo en ocho diferentes niveles de concentración y la variable independiente, la capacidad de fitoextracción para la remoción de dicho metal (Tacillo, 2016, p. 82). Esto llevado de manera controlada por el investigador, debido a que se observará cual es la capacidad de fitoextracción de Ni a través del análisis de suelo antes y después del tratamiento y agregado a este el análisis del *Raphanus sativus* l.

3.2 Variables y operacionalización

- **Variable independiente:** Capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus* l.
- **Variable dependiente:** Remoción de 8 diferentes concentraciones de níquel en el suelo

Tabla 1. Variables y operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala o unidades
Capacidad de fitoextracción del <i>Raphanus sativus</i> L.	<p>La fitoextracción, como componente clave de la fitorremediación, utiliza especies de crecimiento rápido y alta biomasa, las plantas absorben metales a través de las raíces y se trasladan a las hojas (Muhammad, et al.,2018).</p> <p>El <i>Raphanus sativus</i> L. es una planta herbácea anual que se utiliza comúnmente como cultivo de hortalizas, es una planta de estación fría. Las temperaturas para su desarrollo oscilan entre los 18-20°C, se adapta a todo tipo de suelos y registra su crecimiento entre rangos de 5.5 a 6.8 de pH.</p>	<p>La capacidad de fitoextracción del <i>Raphanus sativus</i> L. será medido en las ocho distintas concentraciones de níquel en suelo mediante la bioacumulación en tallo y hojas por medio de análisis de laboratorio; y mediante las características fenológicas medidas en campo de forma manual.</p>	Bioacumulación en la biomasa aérea del <i>Raphanus sativus</i> L.	Concentración en tallo y hojas	ppm
			Características fenológicas	<p>Altura de la planta</p> <p>Número de hojas</p> <p>Número de plantas</p>	<p>cm</p> <p>Numeral</p> <p>Numeral</p>
Remoción de 8 diferentes concentraciones de níquel en el suelo	<p>El Ni es liberado a la atmósfera por minas, plantas de energía que queman petróleo o carbón, incineradores de basura y por industrias que lo fabrican. Las condiciones ácidas favorecen la movilización del níquel en el suelo y facilitan su filtración hacia el agua subterránea (CCME, 2015).</p>	<p>La remoción de ocho diferentes concentraciones de níquel en el suelo será medido mediante análisis de laboratorio.</p>	Presencia de níquel en el suelo	Concentración de níquel	ppm
			Eficiencia de remoción níquel	Reducción de níquel	%

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Según Sampieri (2019) se denomina población al grupo de todos los casos que coinciden con una sucesión de especificaciones. Por tanto, La elección de la población fue correspondiente a ocho diferentes concentraciones de níquel en relación con la intencionalidad del autor, siendo suelos previamente tratados para su enriquecimiento.

Criterio de inclusión

Según Arias et al., (2016) El criterio de inclusión detalla las características particulares del objeto de estudio para que sea parte de la investigación. De modo tal que dentro de la investigación se tuvo en cuenta:

- El suelo de cultivo de Lima metropolitana.
- Semillas certificadas

Criterio de exclusión

Hace referencia a características o condiciones que pueden alterar los resultados, por ello no son elegidos para el estudio (Arias et al., 2016).

- Suelo enriquecido con abono o fertilizantes para su cultivo

Muestra

Sampieri, (2019) manifiesta que, una muestra es un subgrupo de la población o universo de interés, de donde se recolectarán los datos pertinentes, es decir este debe ser representante de dicha población. De modo tal que, en la investigación se estableció una muestra de tipo intencional.

Muestreo

La presente investigación se basó en la estrategia de muestreo no probabilístico por conveniencia, por lo que la elección no depende de la probabilidad, sino de la relación con respecto a sus características y objetivo

de la investigación, por ello depende del criterio personal e intencional del investigador. (Sampieri, 2019). Por tanto, este proceso se llevó a cabo mediante el secado del suelo de cada macetero, se disgregó, se homogenizó y finalmente se tamizó para la recolección de la muestra.

Unidad de análisis

Según Díaz de León (2016) Se define como la unidad de los elementos que constituyen la población, la muestra. Por ello, se estableció cada macetero como unidad de análisis.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas

Es la manera de recorrer el proceso, el cual se delinea mediante el método, son estrategias empleadas para recoger la información y así generar el conocimiento de lo que se está investigando (Martínez, 2013). Se llevó a cabo la observación, el cual tiene como objetivo la obtención de la información mediante el contacto visual en mayor proporción (Álvarez, 2009; Martínez, 2013).

Instrumentos

Se utilizaron los siguientes:

Fichas de observación de campo: Instrumento que permitió el registro de las características fenológicas de las plantas en su proceso de crecimiento desde la siembra (número de plantas, altura de la planta y número de hojas).

Ficha de resultados de concentración de níquel en suelos: permitió la recolección de datos antes y después del tratamiento.

Ficha de resultados de concentración de níquel en plantas: Permitted la recolección de datos después de la cosecha de la especie *Raphanus sativus* L.

Validez

Para la validación de instrumentos de la investigación se manejó mediante el juicio de expertos, conformado por:

- Elmer Gonzales Benites Alfaro, Ingeniero Químico con Doctorado en Educación y estudios de Doctorado en Ingeniería Ambiental
- Juan Julio Ordoñez Gálvez, Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo sostenible
- Lucero Katherine Castro Tena, Ingeniera Ambiental

Confiabilidad

La confiabilidad de la presente investigación se apoyó en los resultados brindados por las empresas ALS Global Perú y SLAB Laboratorio de ensayo e investigación. Donde se analizaron suelos y plantas respectivamente.

3.5 Procedimientos

Etapa de concentración de níquel en el suelo

La investigación se realizó de forma ex situ. El suelo empleado fue de chacra de Lima Metropolitana; sin fertilizantes, abonos o cualquier otro agregado para su mejoramiento.

Se procedió a realizar el siguiente tratamiento para la obtención de suelo en 8 niveles de concentración de Níquel. Se inicio con el pesado de la platina de Ni, previamente se realizó el cálculo para determinar el peso en g necesario para cada concentración, este nos dio como resultado 0.05 g, 0.1 g, 0.5 g, 1 g, 2.5 g, 5 g, 10 g y 25 g de Ni. (cada uno se triplico para la obtención de tres repeticiones). Luego cada peso se llevó a alta temperatura con Ácido Nítrico (HNO_3) y Agua (H_2O) y la disolución resultante se neutralizó con Cal, seguida de su medición con un Ph-metro. Después, se procedió al secado del suelo en un horno a 180°C por 4 horas por cada bandeja. El siguiente paso fue disgregar el suelo, este proceso tomó cerca de 2 horas por bandeja.



Figura 1. Proceso para la obtención de suelos ricos en níquel

El tratamiento ya mencionado, dio como resultado Nitrato de Níquel (II) Hexahidratado $[\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ en sus diferentes concentraciones (figura 2).



Figura 2. Suelo con níquel en diferentes concentraciones.

Muestreo inicial del suelo

Para este proceso se homogenizó el suelo disgregado por cada nivel de concentración. Se obtuvieron 8 muestras de 250g, obteniéndose la tabla en donde se detalla los tratamientos con sus respectivos códigos (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de muestras iniciales de suelo

Tratamiento	Código
1	N50I
2	N100I
3	N500I
4	N1000
5	N2500I
6	N5000I
7	N10000I
8	N25000I



Figura 3. Proceso de tamizado para obtención de submuestra inicial.

Siembra de *Raphanus sativus* L.

Luego se adecuo cada concentración con sus repeticiones en maceteros junto con humus de lombriz, de este se agregó 100 g por macetero y se procedió a la siembra de la especie, lo que dio por consiguiente paso al proceso de observación y toma de datos de la investigación (figura 4).



Figura 4. Semillas de la especie *Raphanus sativus* L.

Muestreo y toma de datos de las características fenológicas del *Raphanus sativus* L.

Se realizó la medida de la altura de la planta (tallo y hojas) y el conteo del número de hojas para su posterior análisis (figura 5).



Figura 5. Muestreo del *Raphanus sativus* L. en el tratamiento 1

3.6 Método de análisis de datos:

Se establecieron las siguientes acciones para el método de estudio:

Para la descripción de los análisis descriptivos de la investigación se utilizó la media como medida de tendencia central

Para determinar la eficiencia del *Raphanus sativus* en la remoción de níquel en sus diferentes concentraciones se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Donde:

C_i= Concentración inicial

C_f: Concentración final

Se aplicó la prueba estadística Kruskal-Wallis para la aceptación o negación de la hipótesis planteada, siendo esta una prueba no paramétrica similar a la ANOVA cuando no se cuenta con una distribución normal de los resultados.

Para la elaboración de los gráficos se procesó con el software Microsoft Excel versión 2016, para la realización de tablas y gráficos de los datos recogidos.

3.7 Aspectos éticos

Dentro los aspectos éticos, se respetó la estructura de informe de investigación proporcionada por la Universidad César Vallejo. Adicionalmente se respetó la norma ISO – 690, propiedad intelectual de los investigadores, por lo cual se citó de manera adecuada los antecedentes y bibliografía de las fuentes utilizadas de la biblioteca virtual de la universidad (EBSCO) y fuentes externas a esta. Asimismo, durante el desarrollo de la investigación no se alteraron los resultados, siendo así una investigación totalmente transparente. Finalmente, se respetaron los criterios de integridad científica con el fin de asegurar que la investigación se desarrolle de manera ética.

IV RESULTADOS

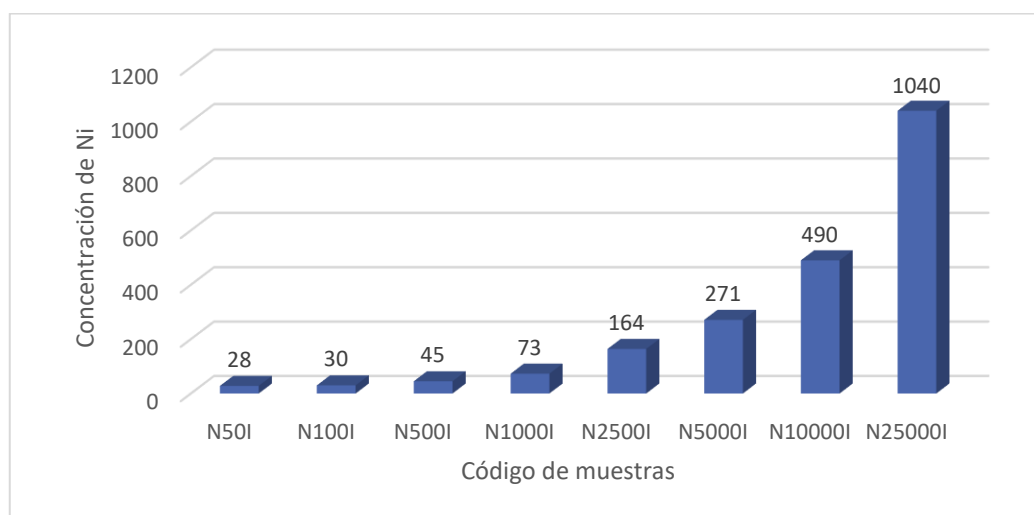
Los resultados se obtuvieron luego de 33 días de realizar la siembra del *Raphanus sativus* l.

4.1 Concentración inicial y final de níquel en suelos

Tabla 3. Valores iniciales de la concentración de níquel en suelos

Tratamiento	Código	Concentración (ppm / mg/kg)
1	N50I	28
2	N100I	30
3	N500I	45
4	N1000	73
5	N2500I	164
6	N5000I	271
7	N10000I	490
8	N25000I	1040

Fuente: Datos extraídos del resultado de laboratorio



Fuente: Gráfico extraído del programa Microsoft Excel 2016

Figura 6. Niveles de concentración inicial de suelos con níquel

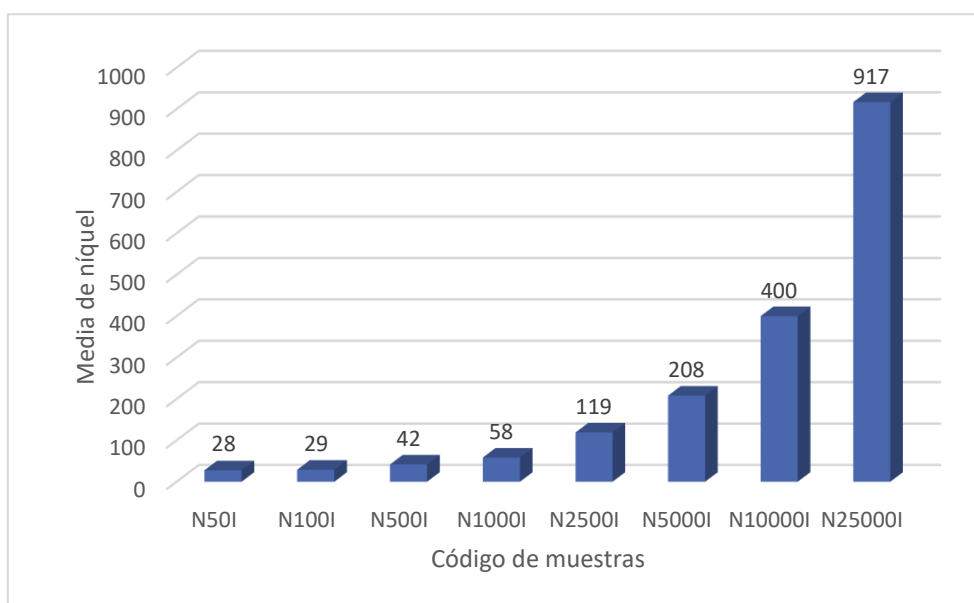
Interpretación:

Según las directrices canadienses de calidad ambiental para la salud humana se tiene un límite establecido (45 ppm) para suelos agrícolas. En la tabla 3 y figura 6, los resultados evidenciaron ocho distintos niveles de concentración de suelos, donde 5 niveles de concentración excedieron el límite.

Tabla 4. Valores finales de los suelos después de la fitoextracción de níquel

Tratamiento	Código	Concentración (ppm / mg/kg)
1	N50I	28
2	N100I	29
3	N500I	42
4	N1000	58
5	N2500I	119
6	N5000I	208
7	N10000I	400
8	N25000I	917

Fuente: Datos extraídos del resultado de laboratorio



Fuente: Gráfico extraído del programa Microsoft Excel 2016

Figura 7. Niveles de concentración final de suelos con níquel

Interpretación:

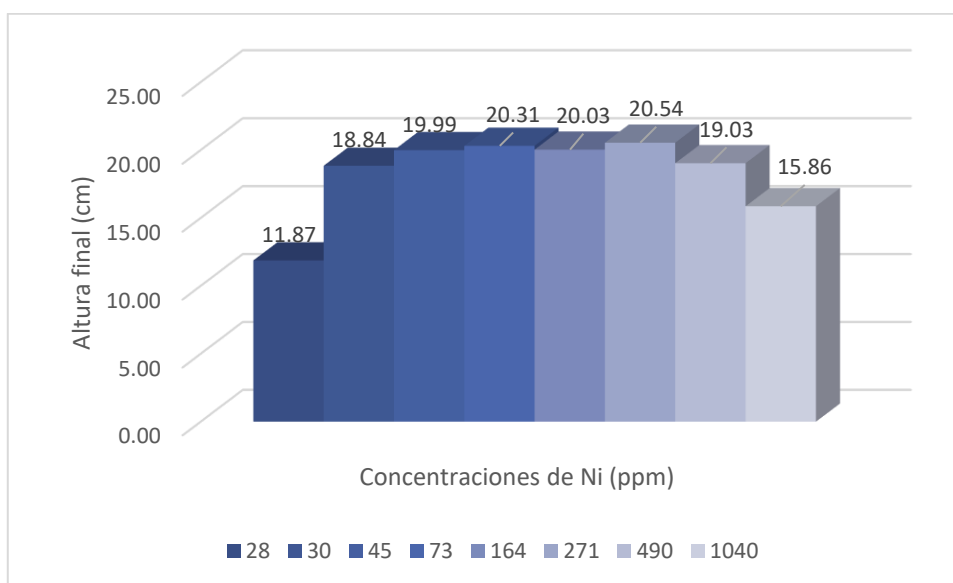
En la tabla 4 y figura 7, se muestra los resultados obtenidos de laboratorio, se evidenció que en los 33 días de tratamiento la concentración de níquel disminuyó. Sin embargo, se evidencia una mayor remoción de níquel a partir de la cuarta concentración (73 ppm).

4.2 Características fenológicas del *Raphanus sativus* L. después de la fitoextracción de suelos con níquel

Tabla 5. Altura final del *Raphanus sativus* L.

Ni (ppm)	Altura (cm)
28	11.87
30	18.84
45	19.99
73	20.31
164	20.03
271	20.54
490	19.03
1040	15.86

Fuente: Datos extraídos del resultado de laboratorio



Fuente: Gráfico extraído del programa Microsoft Excel 2016

Figura 8. Altura final promedio del *Raphanus sativus* L.

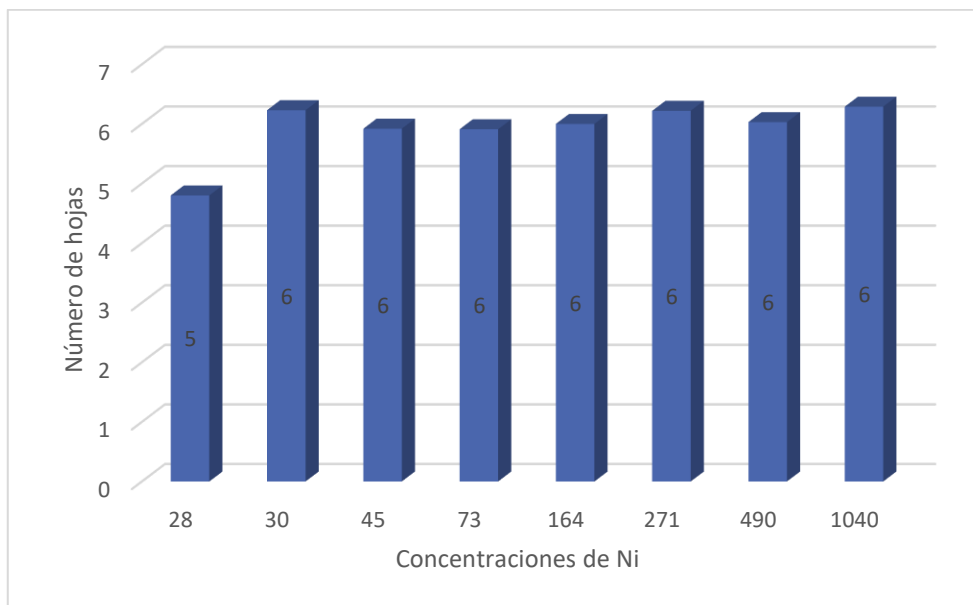
Interpretación:

En la tabla 5 y figura 8, se muestra como altura promedio máxima de 20.54 cm en la concentración de 271 ppm (tratamiento 6). Es decir, entre ambas concentraciones hubo un crecimiento directamente proporcional a la concentración de níquel en el suelo. Sin embargo, también se evidenció un decrecimiento en la dos últimas concentraciones más altas de dicho metal.

Tabla 6. Cantidad de hojas del *Raphanus sativus* L.

Ni (ppm)	numero de hojas
28	5
30	6
45	6
73	6
164	6
271	6
490	6
1040	6

Fuente: Datos extraídos del resultado de laboratorio



Fuente: Gráfico extraído del programa Microsoft Excel 2016

Figura 9. Cantidad de hojas del *Raphanus sativus* L.

Interpretación:

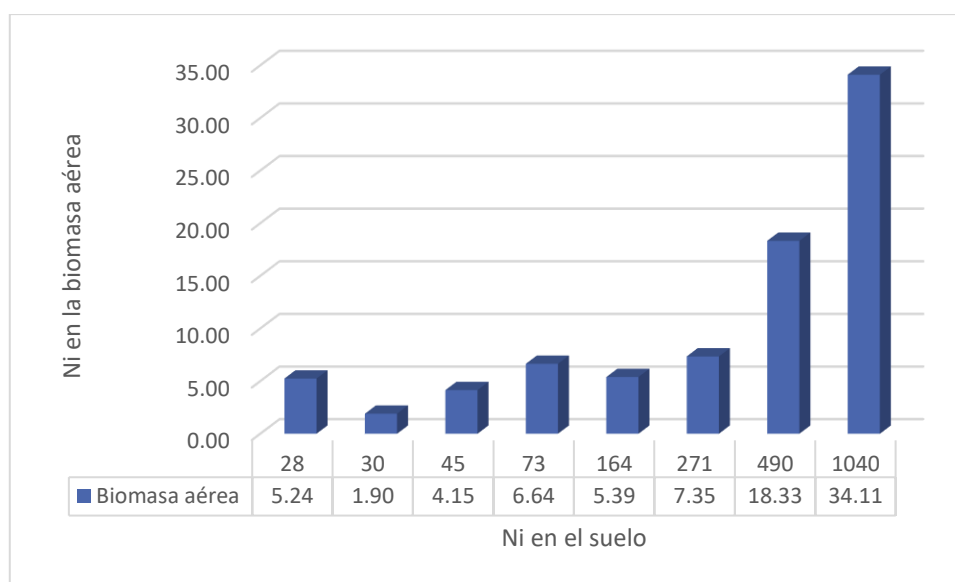
En la tabla 6 y figura 9, los resultados obtenidos con relación al número promedio de hojas del *Raphanus sativus* L. manifestaron que la diferencia entre las cantidades máximas y mínimas es de una hoja. De modo tal que las concentraciones no interfirieron en el número de hojas.

4.3 Níquel en la biomasa aérea del *Raphanus sativus* L.

Tabla 7. Concentraciones de níquel en la biomasa aérea del *Raphanus sativus* L.

Tratamiento	Níquel en el suelo (ppm)	Ni en la biomasa aérea (ppm)
T1	28	5.24
T2	30	1.90
T3	45	4.15
T4	73	6.64
T5	164	5.39
T6	271	7.35
T7	490	18.33
T8	1040	34.11

Fuente: Datos extraídos del resultado de laboratorio



Fuente: Gráfico extraído del programa Microsoft Excel 2016

Figura 10. Concentraciones de níquel en la biomasa aérea del *Raphanus sativus* L.

Interpretación

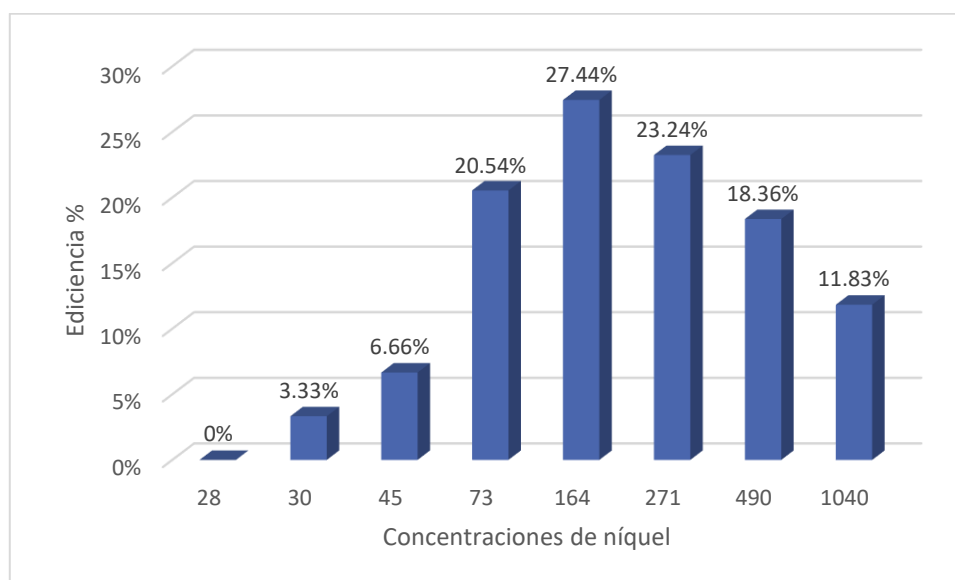
Los resultados obtenidos en la tabla 7 y figura 10, mostraron que, a mayor concentración de níquel en el suelo, mayor es la concentración en la biomasa aérea. Sin embargo, también se manifestó que hay una leve disminución en la fitoextracción de níquel en el suelo como se muestra en el tratamiento cinco (5.34 ppm), siendo este menor a su antecesor (6.64 ppm).

4.4 Eficiencia del *Raphanus sativus L.* en la fitoextracción de níquel

Tabla 8. Eficiencia del *Raphanus sativus L.* en la remoción de níquel en suelos

Código	Concentración inicial del suelo (ppm)	Concentración final del suelo (ppm)	Eficiencia (%)
N50I	28	28	0%
N100I	30	29	3.33%
N500I	45	42	6.66%
N1000	73	58	20.54%
N2500I	164	119	27.44%
N5000I	271	208	23.24%
N10000I	490	400	18.36%
N25000I	1040	917	11.83%

Fuente: Datos extraídos del resultado de laboratorio



Fuente: Gráfico extraído del programa Microsoft Excel 2016

Figura 11. Eficiencia del *Raphanus sativus L.* en la remoción de níquel en suelos

Interpretación:

En la tabla 8 y figura 11, se muestra que el *Raphanus sativus L.* presentó una mayor eficiencia de remoción en la concentración de 164 ppm en el día 33 de su desarrollo, removiendo el 27.44% de níquel inicial contenido en el suelo, mientras que para los siguientes niveles de concentración mostró una reducción; sin embargo, también se halló que hay mejor eficiencia que en los niveles más bajos.

4.5 Prueba de normalidad

Se verificó la normalidad de los datos para luego decidir el estadístico inferencial a utilizar. Por tanto, se optó por la prueba de Shapiro-Wilk debido a que se contó con datos menores a lo establecido en la literatura.

Planteamiento de hipótesis

H₀: Las concentraciones de níquel en el suelo obtenido después de la fitoextracción tienen una distribución normal.

H₁: Las concentraciones de níquel en el suelo obtenido después de la fitoextracción no tienen una distribución normal.

Nivel de significancia

Donde:

Confianza: 95%

Significancia (alfa): 5%

Prueba estadística empleada

Se analizó la prueba mediante SPSS versión 25

Tabla 9. Prueba Shapiro-Wilk

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
C28	,750	3	,000
C30	.	3	.
C45	,750	3	,000
C73	,750	3	,000
C164	,942	3	,537
C271	,976	3	,702
C490	1,000	3	1,000
C1040	,750	3	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors			

Fuente: Resultados extraídos del programa SPSS versión 25.

Criterio de decisión

Sig. \leq 0.05, Los datos no siguen una distribución normal

Sig. $>$ 0.05, Los datos siguen una distribución normal

Conclusión

Al 95% de confianza podemos afirmar que las concentraciones de níquel en el suelo obtenido después de la fitoextracción no tienen una distribución normal, por tal motivo se debe hacer uso de una prueba no paramétrica.

4.6 Prueba de hipótesis

Se constató mediante la prueba Kruskal-Wallis, ya que por la prueba de normalidad se determinó utilizar una prueba no paramétrica.

Planteamiento de hipótesis general

H₀: la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus L.* en la remoción de ocho distintas concentraciones de níquel en suelo no es significativa.

H₁: la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus L.* en la remoción de ocho distintas concentraciones de níquel en suelo es significativa.

Nivel de significancia

Donde:

Confianza: 95%

Significancia (alfa): 5%

Prueba estadística empleada

Se analizó la prueba mediante SPSS versión 25

Criterio de decisión

Sig. \leq 0.05, se rechaza H₀

Tabla 10. Prueba de Kruskal-Wallis para hipótesis general

Resumen de prueba de hipótesis general					
Hipótesis nula	Prueba	Estadístico	g	Sig.	Decisión
T 1 La distribución de Ci1 es la misma entre las categorías de Cf1.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,500	1	,480	Retener la hipótesis nula.
T 2 La distribución de Ci2 es la misma entre las categorías de Cf2.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	5,000	1	,025	Rechazar la hipótesis nula.
T 3 La distribución de Ci3 es la misma entre las categorías de Cf3.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	4,500	1	,034	Rechazar la hipótesis nula.
T 4 La distribución de Ci4 es la misma entre las categorías de Cf4.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	4,500	1	,034	Rechazar la hipótesis nula.
T 5 La distribución de Ci5 es la misma entre las categorías de cf5.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	4,355	1	,037	Rechazar la hipótesis nula.
T 6 La distribución de ci6 es la misma entre las categorías de cf6.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	4,355	1	,037	Rechazar la hipótesis nula.
T 7 La distribución de ci7 es la misma entre las categorías de cf7.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	4,355	1	,037	Rechazar la hipótesis nula.
T 8 La distribución de ci8 es la misma entre las categorías de cf8.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	4,500	1	,034	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Resultados extraídos del programa SPSS versión 25.

Conclusión:

En la tabla 10, se muestra la prueba de Kruskal-Wallis en el cual se describe el resultado obtenido por tratamiento a un nivel de significancia del 95%, se evidencia que, con respecto al primer tratamiento no hay significancia alguna.

Planteamiento de hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

H₀: La bioacumulación la biomasa aérea del *Raphanus sativus L.* no incrementa en relación con la remoción de ocho distintas concentraciones de níquel en suelo

H₁: La bioacumulación la biomasa aérea del *Raphanus sativus L.* incrementa en relación con la remoción de ocho distintas concentraciones de níquel en suelo

Nivel de significancia

Donde:

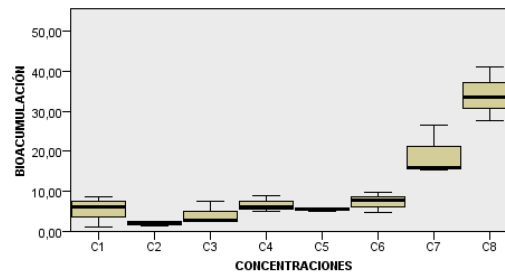
Confianza: 95%

Significancia (alfa): 5%

Prueba estadística empleada

Se analizó la prueba mediante SPSS versión 25

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes



N total	24
Estadístico de contraste	17,347
Grados de libertad	7
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,015

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

Figura 12. Prueba de hipótesis específica 1

Criterio de decisión

$p \leq 0.05$, se rechaza H_0

Conclusión

En la figura 12, se muestra que para hipótesis específica 1 la significancia es de 0,015, menor a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y debemos concluir que la bioacumulación la biomasa aérea del *Raphanus sativus L.* incrementa en relación con la remoción de las ocho distintas concentraciones de níquel en suelo.

Hipótesis específica 2

Altura y cantidad de hojas del *Raphanus sativus L.*

H_0 : Las características fenológicas del *Raphanus sativus L.* no fueron afectadas al finalizar el tiempo de remoción de las ocho distintas concentraciones de níquel en suelo

H_1 : Las características fenológicas del *Raphanus sativus L.* fueron afectadas al finalizar el tiempo de remoción de las ocho distintas concentraciones de níquel en suelo.

Nivel de significancia

Donde:

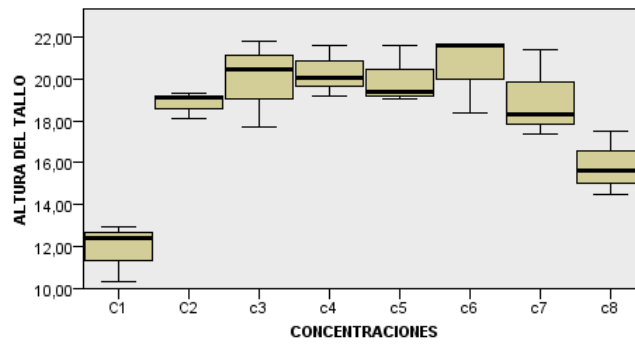
Confianza: 95%

Significancia (alfa): 5%

Prueba estadística empleada

Se analizó la prueba mediante SPSS versión 25

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes

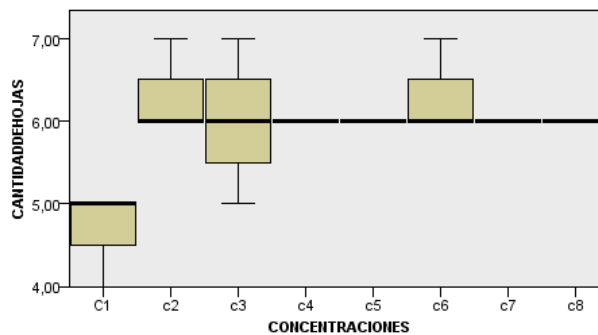


N total	24
Estadístico de contraste	15,122
Grados de libertad	7
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,034

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

Figura 13. Prueba de hipótesis altura del *Raphanus sativus* l.

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes



N total	24
Estadístico de contraste	12,528
Grados de libertad	7
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,084

Las estadísticas de prueba se ajustan para empates. Se realizan múltiples comparaciones porque la prueba global no muestra diferencias significativas en las muestras.

Figura 14. Prueba de hipótesis cantidad de hojas del *Raphanus sativus* l.

Criterio de decisión

Sig. \leq 0.05, se rechaza H_0

Conclusión:

En la figura 13, se muestra que para hipótesis específica 2 la significancia es de 0,034, menor a 0,05. Sin embargo, con respecto a la cantidad de hojas de dicha especie como se visualiza en la figura 14 se muestra una significancia de 0.84 mayor a 0,05 por tanto debemos concluir que, las características fenológicas del *Raphanus sativus l.* fueron afectadas al finalizar el tiempo de remoción de las ocho distintas concentraciones de níquel en suelo con respecto solo a la altura de la especie en estudio, mas no con la cantidad de hojas.

Hipótesis específica 3

H_0 : La presencia de níquel en suelo no se ve alterada por la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus l.*

H_1 : La presencia de níquel en suelo se ve alterada por la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus l.*

Nivel de significancia

Donde:

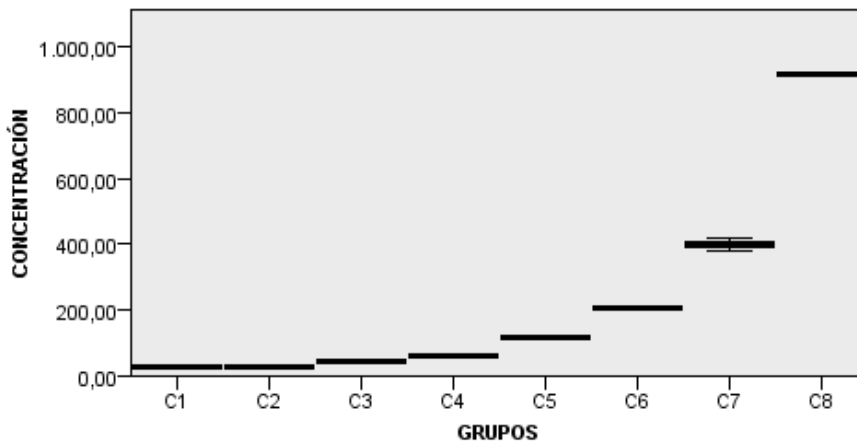
Confianza: 95%

Significancia (alfa): 5%

Prueba estadística empleada

Se analizó la prueba mediante SPSS versión 25

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes



N total	24
Estadístico de contraste	22,668
Grados de libertad	7
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,002

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

Figura 15. Prueba de hipótesis específica 3

Criterio de decisión

Sig. ≤ 0.05 , se rechaza H_0

Sig. > 0.05 , Se acepta la H_1

Conclusión:

En la figura 15, se muestra que para hipótesis específica 3 donde la significancia es de 0,002, menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y debemos concluir que la presencia de níquel en suelo se ve alterada por la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus* L.

Hipótesis específica 4

H₀: La eficiencia en la remoción de níquel por acción de la fitoextracción del *Raphanus sativus L.* no es significativa

H₁: 4 La eficiencia en la remoción de níquel por acción de la fitoextracción del *Raphanus sativus L.* es significativa

Nivel de significancia

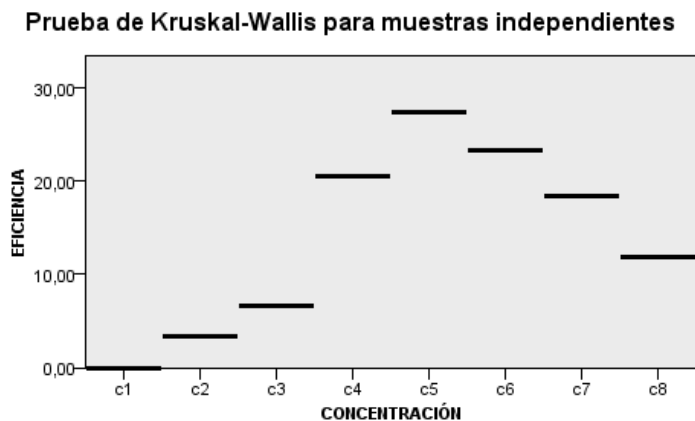
Donde:

Confianza: 95%

Significancia (alfa): 5%

Prueba estadística empleada

Se analizó la prueba mediante SPSS versión 25



N total	8
Estadístico de contraste	7,000
Grados de libertad	7
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,429

1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.
2. No se realizan múltiples comparaciones porque la prueba global no muestra diferencias significativas en las muestras.

Figura 16. Prueba de hipótesis específica 4

Criterio de decisión

Sig. \leq 0.05, se rechaza H_0

Sig. $>$ 0.05, Se acepta la H_1

Conclusión:

En la figura 16, se muestra que para hipótesis específica 4 muestra que la significancia es de 0,429, mayor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis alterna y debemos concluir que la eficiencia en la remoción de níquel por acción de la fitoextracción del *Raphanus sativus l.* no es significativa estadísticamente.

V DISCUSIÓN

Las plantas requieren niveles muy bajos de níquel, el cual les permite crecer y desarrollarse, su requerimiento es menor a 0.5 ppm (Liu et al., 2020). Sin embargo, existen especies que acumulan en su organismo elevadas concentraciones de este metal (Kidd et al., 2007). Así mismo, se sabe que naturalmente existe níquel en el suelo con un contenido medio de 20 ppm; sin embargo, es importante recalcar que el nivel de contenido puede variar mucho dependiendo del modo de origen del material parental del suelo.

En la presente investigación se enriqueció suelos con distintos niveles de este metal, de acuerdo con los resultados obtenidos se evidencia presencia de 28, 30, 45, 73, 164, 271, 490 y 1040 ppm en los suelos como se indica en la tabla 3; por otro lado, según las directrices canadienses de calidad ambiental se tiene un límite establecido de 45 ppm para suelos agrícolas (CCME, 2015); por tanto, cinco de los ocho niveles son considerados nocivos para los suelos de agricultura. Así mismo, los distintos suelos nos permitieron evaluar la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus l.* en la remoción de níquel en suelos con altas concentraciones.

De acuerdo con lo obtenido en los resultados, se evidencia el crecimiento del *Raphanus sativus l.* en cada concentración, siendo la altura promedio de 11.87, 18.84, 19.99, 20.31, 20.03, 20.54, 19.03, 15.86 cm en 33 días como se indica en la tabla 5 y figura 9 donde se evidencia una altura máxima en la concentración de 271 ppm (tratamiento 6). Además, se evidencia el decrecimiento en los tratamientos 7 y 8. De modo tal que, esta característica no concuerda con lo expuesto por Muhammad (2018) puesto que en su investigación indica que la máxima reducción en la altura en 60 días fue inversamente proporcional a la concentración, es decir a mayor concentración menor fue la altura de la biomasa aérea alcanzada por el *Raphanus sativus l.* llegando a un promedio de 12.3 cm en la concentración más alta (150 ppm), sin embargo, es importante recalcar que eso puede deberse a que se usaron distintos compuesto de níquel. Por otro lado, Hoyos (2014) manifiesta que la altura máxima en metales como plomo y cadmio, las alturas máximas alcanzadas en la biomasa aérea en el *Raphanus sativus l.* con concentraciones de 100 y 300 ppm es de (0.5 y 6.5) para plomo y (7 y 6.8 cm) para cadmio. De modo tal que, se deduce que el níquel no afecta gravemente la altura de la planta como

sucede en metales como Pd y Cd. Por su parte Kaur y otros (2019) manifiestan que la altura máxima de la especie *Brassica juncea arawali* alcanzó su altura máxima en la concentración de 100 ppm y decreció en las concentraciones de 200, 400 y 800 ppm durante 30 días. De modo tal que, tampoco se concuerda con los resultados en cuanto a la altura de especies de la misma familia; ya que, en la presente investigación la concentración de 271 ppm tiene la altura más alta (20.54 cm). Sin embargo, en la concentración de 490 ppm el *Raphanus sativus L.* muestra un decrecimiento en su altura. Finalmente se evidencia que el crecimiento entre especies de la misma familia es variable.

Así mismo, se determinó la concentración de níquel en el organismo del *Raphanus sativus L.* específicamente en la biomasa aérea de la especie, los resultados obtenidos muestran que la mayor concentración promedio acumulado tuvo un valor de 34.11 ppm en el tratamiento 8 (1040 ppm) tal como se detalla en la tabla 7. Este resultado difiere de los resultados de Muhammad (2018) quien manifiesta que, la mayor concentración se dio en la concentración de 50 ppm. Esto podría deberse a que la especie presenta una mejor captación de nitrato de níquel que de cloruro de níquel. Por otro lado, Hoyos (2014) hace mención el *Raphanus sativus L.* durante 60 días tuvo mayor acumulación de cadmio (108.78 ppm) en la concentración de 100 ppm y de plomo (49.5 ppm) en la concentración de 300 ppm. Por tanto, se deduce que hay mayor predisposición de acumular cadmio que plomo en la biomasa aérea durante ese tiempo. Para hacer comparaciones con respecto al níquel en la acumulación se tendría que evaluar a la especie en estudio durante 60 días para poder llegar a una conclusión más precisa. Por su parte Kaur y otros (2019) muestran que, durante 30 días la más alta acumulación de níquel de la especie *Brassica juncea arawali*, se dio en el tratamiento tres (400 ppm), siendo esta una concentración de 24 ppm para luego descender levemente en la concentración de 800 ppm. Por tanto, se puede concluir que cada especie tiene una capacidad diferente de acumulación en sus tejidos y demostrando que el *Raphanus sativus L.* acumula niveles directamente proporcionales al incremento de níquel en el suelo.

Por otra parte, también se ha podido determinar que el *Raphanus sativus L.* presenta una eficiencia en la remoción de níquel en cada tratamiento, siendo el más alto en

el tratamiento 5 (164 ppm) de 27.44% durante 33 días. Sin embargo, también existe una decreciente eficiencia en los dos últimos tratamientos. Es importante recalcar que a pesar de que disminuye la eficiencia, estas son más altas en comparación a los primeros 4 tratamientos. De modo que, a niveles cercanos a 164 ppm, habrá una mejor eficiencia en posibles futuras remediaciones en nuestro país.

Finalmente, los datos obtenidos en la presente investigación permiten determinar que el *Raphanus sativus L.* presenta características idóneas para la fitoextracción de altas concentraciones de níquel, por lo que representa una alternativa viable y económica para la remoción de dicho metal.

VI CONCLUSIONES

- 6.1 Se determinó que la capacidad de fitoextracción del *Raphanus sativus* L. en la remoción de ocho distintas concentraciones de níquel en suelo es significativa.
- 6.2 Se concluye que, a mayor concentración mayor fue la capacidad de fitoextracción de níquel en la biomasa aérea del *Raphanus sativus* L.,
- 6.3 Las variaciones fenológicas del *Raphanus sativus* L. manifiestan que la altura de la biomasa aérea va en aumento directamente proporcional a las altas concentraciones de níquel en los primeros seis tratamientos.
- 6.4 Se identificó que la presencia de níquel se vio alterado por la capacidad de fitoextracción de la especie *Raphanus sativus* L. de forma directamente proporcional al incremento en los niveles de níquel en el suelo.
- 6.5 El *Raphanus sativus* L. presenta diferentes niveles de eficiencia de remoción de níquel en un tiempo de 33 días, siendo el más alto en el tratamiento 5 (27.44%).

VII RECOMENDACIONES

- 7.1 Se propone extender el tiempo de experimentación (70 días) con el propósito de poder evaluar a la especie *Raphanus sativus L.* en la fitoextracción de níquel hasta la floración de dicha planta, ya que en la investigación no se mostraron daños fisiológicos severos como la necrosis de la hoja.
- 7.2 La siembra en espacios más amplios, a pesar de que la literatura y la presente investigación manifiestan una reducción en sus brotes, es importante determinar experimentalmente si es que la especie puede desarrollarse mejor en condiciones ideales.
- 7.3 Es necesario realizar un análisis completo de todos los metales en zonas de cultivo cerca a refinerías de hidrocarburos, el estudio se limitó a la experimentación ex -situ debido a la coyuntura nacional.
- 7.4 Aplicar la fitoextracción en distintas especies endémicas de la zona altoandina de la familia *Brassicaceae*, de la cual 28 existen en nuestro país y sobre las cuales existen estudios taxonómicos escasos. De modo que, se pueda establecer una data con diversas especies para la remoción de níquel.

REFERENCIAS

- ALI A. Kamal, Abdulkhaleq K. Mahmood, Shahad Duja, Remediation of clayey soil contaminated with nickel nitrate using enhanced Electro-Kinetics process and study the geotechnical properties of the remediated soil samples, *Materials Today: Proceedings*, Volume 42, Part 5, 2021, Pages 2516-2520, ISSN 2214-7853, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.572>
- ARIAS Gómez J, Villasís-Keever M, Miranda-Novales MG. El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Rev Alerg Méx.* 2016;63(2):201-206. Disponible en: <https://revistaalergia.mx/ojs/index.php/ram/article/view/181/309>
- CÉLINE Quantin, Vojtěch Ettler, Jérémie Garnier y Ondřej Šebek, Sources and extractibility of chromium and nickel in soil profiles developed on Czech serpentinites, *Comptes Rendus Geoscience*, Volume 340, Issue 12, 2008, Pages 872-882, ISSN 1631-0713, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crte.2008.07.013>.
- CCME. Canadian Council of ministers of the Environment. Directrices canadienses sobre la calidad del suelo para la protección del medio ambiente y salud humana. En: *la web* [En línea]. Canadá, 2015 [Consulta: 9 Abril 2021]. Disponible en: <https://ccme.ca/en/res/nickel-canadian-soil-quality-guidelines-for-the-protection-of-environmental-and-human-health-en.pdf>
- CHANGFENG LI, Kehai Zhou, Wenqiang Qin, Changjiu Tian, Miao Qi, Xiaoming Yan & Wenbing Han (2019) A Review on Heavy Metals Contamination in Soil: Effects, Sources, and Remediation Techniques, *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 28:4, 380-394, DOI: 10.1080/15320383.2019.1592108. [fecha de consulta: 28 de Abril de 2021]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15320383.2019.1592108>
- DIAZ DE LEÓN, Neftali Toledo. Población y muestra: Técnicas de investigación cualitativas y cuantitativas. Universidad Autónoma del Estado de México: Facultad de Arquitectura y Diseño. 2016. [Fecha de consulta: 20 Abril 2021]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/63099/secme-26877.pdf?sequence=1>

- DUOC UC. Departamento Universitario Obrero Campesino de la Universidad Católica: Centro de recursos para el aprendizaje y la investigación. 2018. [Fecha de consulta: 08 Mayo 2021]. Disponible en: <http://www2.duoc.cl/biblioteca/crai/diferencia-entre-la-investigacion-basica-y-la-aplicada>
- FLORES, María. Forrajicultura: Rábano (*Raphanus sativus*). Universidad técnica de Ambato. En: Slideshare [En línea]. Ecuador, 2014 [Consulta: 10 Abril 2015]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/majofsdcraphanus-sativus-rbano>
- GHORI, Z., Iftikhar, H., Bhatti, M. F., Nasar-um-Minullah, Sharma, I., Kazi, A. G., & Ahmad, P. (2016). Phytoextraction. *Plant Metal Interaction*, 385–409. doi:10.1016/b978-0-12-803158-2.00015-1. Disponible en: sci-hub.se/10.1016/b978-0-12-803158-2.00015-1
- GUERRERO, A. & HOYOS, M. Bioacumulación de plomo y cadmio en *Brassica oleracea* SUBSP. *CAPITATA* (L.) METZG. Y *Raphanus sativus* L. [En línea]. Perú: SCIÉENDO, ciencia para el desarrollo, revista de la Universidad Nacional de Trujillo. 2015. [Fecha de consulta: 11 Mayo 2021]. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/849>
- HARASIM, P.; Filipek, T. Nickel in the Environment. *Journal of Elementology*, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 525–534, 2015. DOI 10.5601/jelem.2014.19.3.651. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=101913554&lang=es&site=eds-live>.
- JUNFENG Zhu, Weichun Gao, Lei Ge, Wentian Zhao, Guanghua Zhang, Yuhua Niu, Immobilization properties and adsorption mechanism of nickel(II) in soil by biochar combined with humic acid-wood vinegar, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 215, 2021, 112159, ISSN 0147-6513. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112159>.
- KIDD, C. et al. Aplicación de plantas hiperacumuladoras de níquel en la fitoextracción natural: el género *Alyssum* L. Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (IIAG). En: AEET [En línea]. España, 2007 [Fecha de consulta: 20 Abril 2015]. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/126/123>

- KRITI et al. Nickel and cadmium phytoextraction efficiencies of vetiver and lemongrass grown on Ni–Cd battery waste contaminated soil: A comparative study of linear and nonlinear models. *Journal of Environmental Management*, [s. l.], v. 295. 2021. DOI 10.1016/j.jenvman.2021.113144. 2007 [Fecha de consulta: 20 Abril 2020] Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S0301479721012068&lang=es&site=eds-live>.
- LIU, Guodong; Simonne, Eric H & Li, Yuncong. Nickel nutrition in plants: University of Florida. 2020. [Fecha de consulta: 08 Mayo 2021]. Disponible en: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/hs1191>
- KAUR L; SHARMA & GADGIL. Response of Indian mustard (*Brassica juncea* arawali) plants under nickel stress with special reference to nickel phytoextraction potential. *EQA*, [s. l.], v. 34, n. 0, p. 17–33, 2019. DOI 10.6092/issn.2281-4485/8528. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.6a57d550aa4ce3854e855ffa419de9&lang=es&site=eds-live>.
- MAMAMI, Estrella. Taxonomía y distribución altitudinal de Brassicaceae Burnett en la Provincia de Arequipa. 2018. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6490/BImapae.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MARTÍNEZ, Verónica. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación. [en línea]. 2013. [Fecha de consulta 28 de Mayo del 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/6251321/M%C3%A9todos_t%C3%A9cnicas_e_instrumentos_de_investigaci%C3%B3n.
- MORALES, Mercy Jimena. Capacidad de absorción del girasol (*Helianthus annuus*) en suelos contaminados a diferentes concentraciones de plomo nivel laboratorio. [En línea]. Perú: Repositorio de tesis Universidad Peruana Unión, 2020. [Fecha de consulta: 11 Mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/3188>
- MUHAMMAD, A, et al. Nickel phytoextraction through bacterial inoculation in *Raphanus sativus*. *Chemosphere*. [en línea]. 2018 [Consulta: 10 Abril 2021]. ISSN 0045-6535. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/320119300_Nickel_phytoextraction_through_bacterial_inoculation_in_Raphanus_sativus/link/59d66e870f7e9b42a6a9ff56/download

- MUHAMMAD, A. S. A., & Muhammad, A. Essential Roles and Hazardous Effects of Nickel in Plants. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 2011. 125–167. doi:10.1007/978-1-4614-0668-6_6 [Fecha de consulta: 1 Abril 2020] Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21913127/>
-
- MUNIZ, Olegario et al. El níquel en suelos y plantas de Cuba. *cultrop* [online]. 2015, vol.36, suppl.1 [Fecha de consulta 27 de Mayo del 2021], pp.25-33. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500003&lng=es&nrm=iso. ISSN 0258-5936.
- MUNTANÉ, J. Introducción a la investigación básica. *Centro de investigación de investigación biomédica en red de enfermedades*. 2010. Vol.33. N°3. Mayo. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341343398_Introduccion_a_la_Investigacion_basica
- MUYULEMA, J.C.; Canga, S.M.; Pucha, P.M. y Espinoza, C.G.. Evaluación de la contaminación por metales pesados en suelos de la Reserva Ecológica de Manglares Cayapas Mataje (REMACAM) Ecuador. *RIIIT. Rev. int. investig. innov. tecnol.* [online]. 2019, vol.7, n.41 [Fecha de consulta 29 de Abril del 2021], pp.40-61. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-97532019000600003&lng=es&nrm=iso. Epub 05-Feb-2021. ISSN 2007-9753.
- NICOMEDES, Esteban. *Tipos de investigación*. 2018. [Fecha de consulta: 20 Abril 2021]. Disponible en: <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34#:~:text=Est%C3%A1n%20comprendidas%20en%20la%20investigaci%C3%B3n,la%20naturaleza%20y%20el%20propio>
- PREMaturi, R. et al. The Impact of Nickel Mining on Soil Properties and Growth of Two Fast-Growing Tropical Trees Species. *International Journal of Forestry Research*, [s. l.], p. 1–9. 2020. DOI 10.1155/2020/8837590. [fecha de consulta: 22 de Abril de 2021]. Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=146851471&lang=es&site=eds-live>.

- SAJAD, A. et al. Nickel phytoremediation potential of some plant species of the Lower Dir, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Limnological Review*, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 13–22. 2020. DOI 10.2478/limre-2020-0002. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.051098c180e41dda82f44da198de26c&lang=es&site=eds-live>.
- SAMPIERI, R. & MENDOZA, C. *Metodología de la investigación*. Ciudad de Mexico: McGraw-Interamericana Editores, S.A, 2019. ISBN:9781456260965.
- TACILLO, Elvis. *Metodología de la investigación*. 2016 [Fecha de consulta: 20 Abril 2021]. Disponible en: <http://repositorio.bausate.edu.pe/handle/bausate/36>
- VILLATORO, Myriam. *Caracterización nutricional y agronómica, análisis de la actividad biológica y selección de crucíferas para uso alimentario*. 2011 [Fecha de consulta: 08 Mayo 2015]. Disponible en: <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/5535/9788469459331.pdf?sequence=1>
- WANG, G., Xia, X., Yang, J., Tariq, M., Zhao, J., Zhang, M., Zhang, W. 2020. Exploring the bioavailability of nickel in a soil system: Physiological and histopathological toxicity study to the earthworms (*Eisenia fetida*). *Journal of Hazardous Materials*, 383, 121169. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.121169. Disponible en: sci-hub.se/10.1016/j.jhazmat.2019.121169
- XUEPING, C., Juan, Y., Zheng, C., Hongmei, Z., Wangda, C., Fayán, B., ... Xiaoyan, L. (2020). Acetotrophic methanogens are sensitive to long-term nickel contamination in paddy soil. *Environmental Science: Processes & Impacts*. doi:10.1039/d0em00029a. Disponible en: sci-hub.se/10.1039/d0em00029a
- YASINr N, Khan WU, Ashraf Y, Ali A. 2017. Comparative Physiological and Morphological Characterization of Salt Tolerance in *Raphanus sativus* L. *J Plant Biochem Physiol* 5: 177. doi:10.4172/2329-9029.1000177. Disponible en: <https://www.longdom.org/open-access/comparative-physiological-and-morphological-characterization-of-saltpolerance-in-raphanus-sativus-2329-9029-1000177.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

Certificado de resultados de análisis foliar



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS
QUÍMICOS S.A.C. SLAB

INFORME DE ENSAYO

IE-280621-01

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : JESSICA MILAGROS MELGAREJO ESTACIO
1.2 RUC : 48298615
1.3 Dirección : No precisa
1.4 Proyecto : ---

2. FECHAS

2.1 Inicio : 28 de Junio de 2021
2.2 Finalización : 05 de Julio de 2021
2.3 Emisión de informe : 06 de Julio de 2021
2.4 Observaciones : ---

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1 Temperatura : 19.8 °C
3.2 Humedad Relativa : 55.2 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

4.1 Ensayo solicitado : Determinación de Níquel
4.2 Método utilizado : Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES).

5. DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

TABLA N°1: DATOS DE LAS MUESTRAS

Código de Laboratorio	Código de Cliente	Tipo de Muestra	Descripción
S-1764	S50F1	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1765	S50F2	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1766	S50F3	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1767	S100F1	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1768	S100F2	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1769	S100F3	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1770	S500F1	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1771	S500F2	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

TABLA N°2: DATOS DE LAS MUESTRAS (continuación)

Código de Laboratorio	Código de Cliente	Tipo de Muestra	Descripción
S-1772	S500F3	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1773	S1000F1	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1774	S1000F2	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1775	S1000F3	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1776	S2500F1	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1777	S2500F2	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1778	S2500F3	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1779	S5000F1	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1780	S5000F2	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1781	S5000F3	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1782	S10000F1	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1783	S10000F2	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1784	S10000F3	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1785	S25000F1	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1786	S25000F2	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito
S-1787	S25000F3	Planta (Tallo – Hojas)	Hortaliza - Rabanito

Nota: Cada muestra representa el compósito de cantidades iguales en peso de tallo y hoja.

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.



DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

**ANEXO N°1:
VERIFICACIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO USADO ((ICP-OES)**

VERIFICACIÓN OPERACIONAL ESPECTROFOTÓMETRO ICP OPTIMA 4300DV

Código: 1876-741009REP-01
Estado: 02-Parcial, 02
Fecha de Emisión: 01/11/2020
Evaluador: RD
Nos. Registre: 2011191RD

ESPECTROFOTÓMETRO DE EMISIÓN
PERMAN ELIMEX ICP OPTIMA 4300DV

Compañía: **SISTEMA DE SERVICIOS Y ANALISIS QUIMICOS**
Dirección: **Urb Vipol de Naranjal, Calle 22Mz E, Lt 7- SMP**
Área: **Laboratorio**
Responsable: **Diego Vergaray**
Teléfono: **017216212**

Fecha de Evaluación: **19/11/2020**
Fecha Sugerida Re Evaluación: **Mayo 2021**
No. de Certificado: **2011191RD**

WWW.HUROLAB.COM | Calle Sebastián Berrero 1970 L11, Pisco Norte Los Olivos LIMA | Página 1 | 4

VERIFICACIÓN OPERACIONAL ESPECTROFOTÓMETRO ICP OPTIMA 4300DV

Código: 1876-741009REP-01
Estado: 02-Parcial, 02
Fecha de Emisión: 01/11/2020
Evaluador: RD
Nos. Registre: 2011191RD

CONFIGURACIÓN EVALUADA:

Modelo: **ICP4300DV** No. Serie: **0779027261** Código de Equipo: **SL LAB-100**

Equipo de Prueba: **Medidor de presión de gas** Número de Serie: **40897114**

Estándares Utilizados	Número de Lote	Fecha de Expiración
NO59 1579 Multi element Standard	2-059 JX1	30/01/2021
NO50 2021 Ultraclean V1100	01-102021V1	30/04/2021
NO58 2152 Cobalt 3	1-2474JX1	30/01/2021
NO53 2048 Van Pentavalent Mix	1-2057J11	30/03/2021

Suministrado por Cliente: **Slab** Observaciones: **Slab** Iniciales de Cliente: **Slab**

WWW.HUROLAB.COM | Calle Sebastián Berrero 1970 L11, Pisco Norte Los Olivos LIMA | Página 2 | 4

VERIFICACIÓN OPERACIONAL ESPECTROFOTÓMETRO ICP OPTIMA 4300DV

Código: 1876-741009REP-01
Estado: 02-Parcial, 02
Fecha de Emisión: 01/11/2020
Evaluador: RD
Nos. Registre: 2011191RD

No. DE CERTIFICADO: **2011191RD** FECHA DE EVALUACIÓN: **19 de Noviembre del 2020**

1. RESOLUCIÓN
RES ONLY XL. Se realizó prueba de la muestra RES-80268-1070 (normalmente se usa 750547) (comparativo) (Resolución) (ug)

ELEMENTO	ESPECIFICACION	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 133.806 Ppm	50.007	0.00903	Pasó
Ba 231.804 Ppm	50.004	0.00773	Pasó
Ni 341.476 Ppm	50.012	0.00958	Pasó
La 408.672 Ppm	50.023	0.01803	Pasó
Ba 455.402 Ppm	50.023	0.02282	Pasó

2. PRECISIÓN:
Precision-CL para la muestra RES-80268-1070.

ELEMENTO	ESPECIFICACION	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 133.806	± 1.0%	0.97	Pasó
Ba 231.806	± 1.0%	0.27	Pasó
Ni 341.476	± 1.0%	0.91	Pasó
La 408.672	± 1.0%	0.89	Pasó
Ba 455.402	± 1.0%	0.54	Pasó
Ba 493.408	± 1.0%	0.46	Pasó

3. RANGAL DETECCIÓN LIMIT
DL-CL para la muestra RES-80268-1070 (normalmente se usa 750547) (comparativo) (Resolución) (ug)

ELEMENTO	ESPECIFICACION	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 133.806	± 0.0 ug/L	05.84	Pasó
Ni 341.476	± 2 ug/L	1.226	Pasó
La 408.672	± 0.75 ug/L	0.2104	Pasó
La 379.476	± 3 ug/L	0.2793	Pasó
Ba 455.402	± 0.3 ug/L	0.0266	Pasó
Ba 493.408	± 0.6 ug/L	0.0104	Pasó

WWW.HUROLAB.COM | Calle Sebastián Berrero 1970 L11, Pisco Norte Los Olivos LIMA | Página 3 | 4

VERIFICACIÓN OPERACIONAL ESPECTROFOTÓMETRO ICP OPTIMA 4300DV

Código: 1876-741009REP-01
Estado: 02-Parcial, 02
Fecha de Emisión: 01/11/2020
Evaluador: RD
Nos. Registre: 2011191RD

No. DE CERTIFICADO: **2011191RD** FECHA DE EVALUACIÓN: **19 de Noviembre del 2020**

4. CALIBRACIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA

COEFICIENTES DV		COEFICIENTES VS	
-0.28594	≤ 1.00	0.29257	≤ 2.00
-1.20612	≤ 1.50	-0.58842	≤ 2.00
5.31735	≤ 6.00	4.44872	≤ 8.00
RSD ≤ 2.00 = 0.50		RSD ≤ 2.00 = 1.27	

Intensidad de la lámpara de mercurio: 7163276.0
Valor de SII: 1899

Conclusión: **Todas las pruebas pasaron satisfactoriamente.**
Este documento es CONSTANCIA que el instrumento ICP OPTIMA 4300DV con número de serie 0779027261
 Cumple
Las especificaciones del fabricante indicadas en este documento.

HUROLAB S.A.C.
LABORATORIO DE ENSAYOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS
REPRESENTANTE EMPRESA HUROLAB

WWW.HUROLAB.COM | Calle Sebastián Berrero 1970 L11, Pisco Norte Los Olivos LIMA | Página 4 | 4


DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

1.0 ACCREDITATION / REGISTRATION

INORGANIC VENTURES is accredited to ISO 17034, "General Requirements for the Competence of Reference Material Producers" and ISO/IEC 17025, "General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories". Inorganic Ventures is also an ISO 9001 registered manufacturer (QSR Certificate Number QSR-1034).



2.0 PRODUCT DESCRIPTION

Product Code: Multi Analyte Custom Grade Solution
 Catalog Number: WW-CAL-5
 Lot Number: P2-MEB676642
 Matrix: 5% (v/v) HNO₃
 Value / Analyte(s): 1 000 µg/mL ea:
 Iron, Magnesium, Lead,
 500 µg/mL ea:
 Thallium,
 200 µg/mL ea:
 Nickel,
 100 µg/mL ea:
 Beryllium

3.0 CERTIFIED VALUES AND UNCERTAINTIES

ANALYTE	CERTIFIED VALUE	ANALYTE	CERTIFIED VALUE
Beryllium, Be	100.0 ± 0.4 µg/mL	Iron, Fe	1 000 ± 4 µg/mL
Lead, Pb	1 000 ± 4 µg/mL	Magnesium, Mg	1 000 ± 4 µg/mL
Nickel, Ni	200.0 ± 0.9 µg/mL	Thallium, Tl	500.0 ± 3.3 µg/mL

Density: 1.036 g/mL (measured at 20 ± 4 °C)

Assay Information:

ANALYTE	METHOD	NIST SRM#	SRM LOT#
Be	ICP Assay	3105a	090514
Be	Calculated		See Sec. 4.2
Fe	ICP Assay	3126a	140812
Fe	EDTA	928	928
Mg	ICP Assay	3131a	140110
Mg	EDTA	928	928
Ni	ICP Assay	3136	120619
Ni	EDTA	928	928
Pb	ICP Assay	3128	101026
Pb	EDTA	928	928
Tl	ICP Assay	3158	993012

The following equations are used in the calculation of the certified value and the uncertainty. Reported uncertainties represent expanded uncertainties expressed at approximately the 95% confidence level using a coverage factor of k = 2.

Characterization of CRM/RM by Two or More Methods	Characterization of CRM/RM by One Method
<p>Certified Value, $X_{\text{CRM/RM}}$, where two or more methods of characterization are used is the weighted mean of the results:</p> $X_{\text{CRM/RM}} = \sum(w_i) X_i$ <p>X_i = mean of Assay Method i with standard uncertainty $u_{\text{char } i}$ w_i = the weighting factors for each method calculated using the inverse square of the variance: $w_i = (1/u_{\text{char } i}^2) / (\sum(1/u_{\text{char } i}^2))$</p> <p>CRM/RM Expanded Uncertainty (E) = $U_{\text{CRM/RM}} = k (u_{\text{char}}^2 + u_{\text{bb}}^2 + u_{\text{lt}}^2 + u_{\text{ts}}^2)^{1/2}$ k = coverage factor = 2 $u_{\text{char}} = (\sum(w_i)^2 (u_{\text{char } i}^2))^{1/2}$ where $u_{\text{char } i}$ are the errors from each characterization method u_{bb} = bottle to bottle homogeneity standard uncertainty u_{lt} = long term stability standard uncertainty (storage) u_{ts} = transport stability standard uncertainty</p>	<p>Certified Value, $X_{\text{CRM/RM}}$, where one method of characterization is used is the mean of individual results:</p> $X_{\text{CRM/RM}} = (X_a) / (u_{\text{char } a})$ <p>X_a = mean of Assay Method A with $u_{\text{char } a}$ = the standard uncertainty of characterization Method A</p> <p>CRM/RM Expanded Uncertainty (E) = $U_{\text{CRM/RM}} = k (u_{\text{char } a}^2 + u_{\text{bb}}^2 + u_{\text{lt}}^2 + u_{\text{ts}}^2)^{1/2}$ k = coverage factor = 2 $u_{\text{char } a}$ = the errors from characterization u_{bb} = bottle to bottle homogeneity standard uncertainty u_{lt} = long term stability standard uncertainty (storage) u_{ts} = transport stability standard uncertainty</p>

4.0 TRACEABILITY TO NIST

- This product is traceable to NIST via an unbroken chain of comparisons. The uncertainties for each certified value are reported, taking into account the SRM/RM uncertainty error and the measurement, weighing and volume dilution errors. In rare cases where no NIST SRM/RM are available, the term 'in-house std.' is specified.

4.1 Thermometer Calibration

- All thermometers are NIST traceable through thermometers that are calibrated by an accredited calibration laboratory.

4.2 Balance Calibration

- All analytical balances are calibrated by an accredited calibration laboratory and procedure. The weights used for testing are annually compared to master weights and are traceable to NIST.

4.3 Glassware Calibration

- An in-house procedure is used to calibrate all Class A glassware used in the manufacturing and quality control of CRM/RMs.

5.0 TRACE METALLIC IMPURITIES (TMI) DETERMINED BY ICP-MS AND ICP-OES (µg/mL)

N/A

6.0 INTENDED USE

- For the calibration of analytical instruments and validation of analytical methods as appropriate.

7.0 INSTRUCTIONS FOR THE CORRECT USE OF THIS REFERENCE MATERIAL

7.1 Storage and Handling Recommendations

- Store between approximately 4° - 30° C while in sealed TCT bag.

- While stored in the sealed TCT bag, transpiration of this CRM/RM is negligible. After opening the sealed TCT bag transpiration of the CRM/RM will occur, resulting in a gradual increase in the analyte concentration(s). It is the responsibility of the user to account for this effect. When the bottle is weighed both before and after being placed in storage, the mass difference observed will be a measure of transpiration mass loss.

- After opening the sealed TCT bag, keep cap tightly sealed when not in use and store between 4° - 24° C to minimize the effects of transpiration. Use at 20° ± 4° C to minimize volumetric dilution error when using the reported density. Do not pipette from the container. Do not return removed aliquots to container.

- For more information, visit www.inorganicventures.com/TCT

8.0 HAZARDOUS INFORMATION

- Please refer to the Safety Data Sheet for information regarding this CRM/RM.

9.0 HOMOGENEITY

- This solution was mixed according to an in-house procedure and is guaranteed to be homogeneous. Homogeneity data indicate that the end user should take a minimum sample size of 0.2 mL to assure homogeneity.

10.0 QUALITY STANDARD DOCUMENTATION

10.1 ISO 9001 Quality Management System Registration

- QSR Certificate Number QSR-1034

10.2 ISO/IEC 17025 "General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories"

- Chemical Testing - Accredited / A2LA Certificate Number 883.01

10.3 ISO 17034 "General Requirements for the Competence of Reference Material Producers"

- Reference Material Producer - Accredited / A2LA Certificate Number 883.02

Inorganic Ventures, 300 Technology Drive, Christiansburg, Va. 24073, USA; Telephone: 800.669.6799; 540.585.3030, Fax: 540.585.3012; inorganicventures.com; info@inorganicventures.com

11.0 CERTIFICATION, LOT EXPIRATION AND PERIOD OF VALIDITY

11.1 Certification Issue Date

February 09, 2019

- The certification is valid within the measurement uncertainty specified provided the CRM/RM is stored and handled in accordance with instructions given in Sec 7.1. This certification is nullified if instructions in Sec 7.1 are not followed or if the CRM/RM is damaged, contaminated, or otherwise modified.

11.2 Lot Expiration Date

- **February 09, 2023**

- The date after which this CRM/RM should not be used.

- The lot expiration date reflects the period of time that the stability of a CRM/RM can be supported by long term stability studies conducted on properly stored and handled CRM/RMs. Lot expiration is limited primarily by transpiration (loss of water from the solution) and infrequently by chemical stability.

11.3 Period of Validity

- Sealed TCT Bag Open Date: _____

- This CRM/RM should not be used longer than one year (or six months in the case of a 30 mL bottle) from the date of opening the aluminized bag or after the date given in Sec. 11.2, whichever comes first. This is contingent upon the CRM/RM being stored and handled in accordance with the instructions given in Sec. 7.1.

12.0 NAMES AND SIGNATURES OF CERTIFYING OFFICERS

Certificate Approved By:

Michael Booth
Supervisor, Quality Control



Certifying Officer:

Paul Gaines
CEO, Senior Technical Director



ANEXO 2

Certificado de resultados de análisis de suelos



ALS Peru S.A.
Calle 1 LT-1A M2-D, esq. Calle A
Urb. Industrial Bocanegra Callao 01
Lima
Phone: +51 1 574 5700 Fax: +51 1 574 0721
www.alsglobal.com/geochemistry

To: JESSICA MILAGRO MELGAREJO ESTACIO
URB. SANTO DOMINGO MZ. T2 LT.23 7MA ETAPA
CARABAYLLO
LIMA

Page: 1
Total # Pages: 2 (A)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 8-JUL-2021
Account: MELGMI

CERTIFICATE LI21168722

Project: FITOEXTRACCION
P.O. No.: RAPHANUS 2021
This report is for 32 samples of Pulp submitted to our lab in Lima, Peru on
2-JUL-2021.

The following have access to data associated with this certificate:

JESSICA MELGAREJO	MIGUEL MELGAREJO	JESSICA MELGAREJO
MIGUEL MELGAREJO		

SAMPLE PREPARATION

ALS CODE	DESCRIPTION
WEI-21	Received Sample Weight
LOG-26	Pulp Received - 95%pass 106um w. Barcode
LOG-QC	QC Test on Received Samples

ANALYTICAL PROCEDURES

ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
Ni-AA61	Trace Ni - four-acid digestion	AAS
Ni-AA62	Ore grade Ni - four acid / AA	AAS

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.
***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

Signature:

Rene Mamani, Laboratory Manager, Peru



ALS Peru S.A.
 Calle 1 LT-1A Mz-D, esq. Calle A
 Urb. Industrial Bocanegra Callao 01
 Lima
 Phone: +51 1 574 5700 Fax: +51 1 574 0721
 www.alsglobal.com/geochemistry

To: JESSICA MILAGRO MELGAREJO ESTACIO
 URB. SANTO DOMINGO MZ. T2 LT.23 7MA ETAPA
 CARABAYLLO
 LIMA

Page: 2 - A
 Total # Pages: 2 (A)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 8-JUL-2021
 Account: MELGMI

Project: FITOEXTRACCION

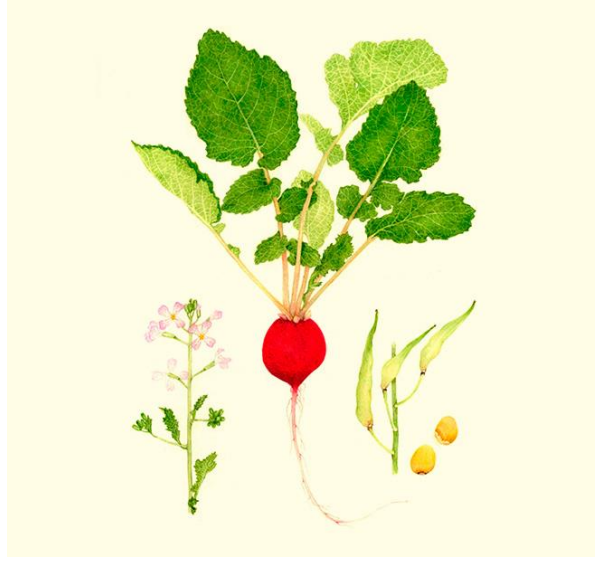
CERTIFICATE OF ANALYSIS LI21168722

Sample Description	Method Analyte Units LOD	WEI-21 Recvd Wt. kg 0.02	Ni-AA61 Ni ppm 5	Ni-AA62 Ni % 0.001
N5 0I		0.04	28	
N1 00I		0.03	30	
N5 00I		0.03	45	
N1 000I		0.04	73	
N2 500I		0.04	164	
N5 000I		0.06	271	
N1 0000I		0.05		0.049
N2 5000I		0.04		0.104
N5 0F1		0.10	27	
N5 0F2		0.11	27	
N5 0F3		0.10	29	
N1 00F1		0.07	29	
N1 00F2		0.08	29	
N1 00F3		0.07	29	
N5 00F1		0.06	41	
N5 00F2		0.09	43	
N5 00F3		0.07	41	
N1 000F1		0.07	57	
N1 000F2		0.06	59	
N1 000F3		0.06	59	
N2 500F1		0.12	123	
N2 500F2		0.07	116	
N2 500F3		0.05	118	
N5 000F1		0.06	203	
N5 000F2		0.10	214	
N5 000F3		0.08	207	
N1 0000F1		0.12		0.042
N1 0000F2		0.11		0.040
N1 0000F3		0.08		0.038
N2 5000F1		0.11		0.092
N2 5000F2		0.12		0.092
N2 5000F3		0.11		0.091

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

ANEXO 3

Raphanus sativus L.



Fuente: Google

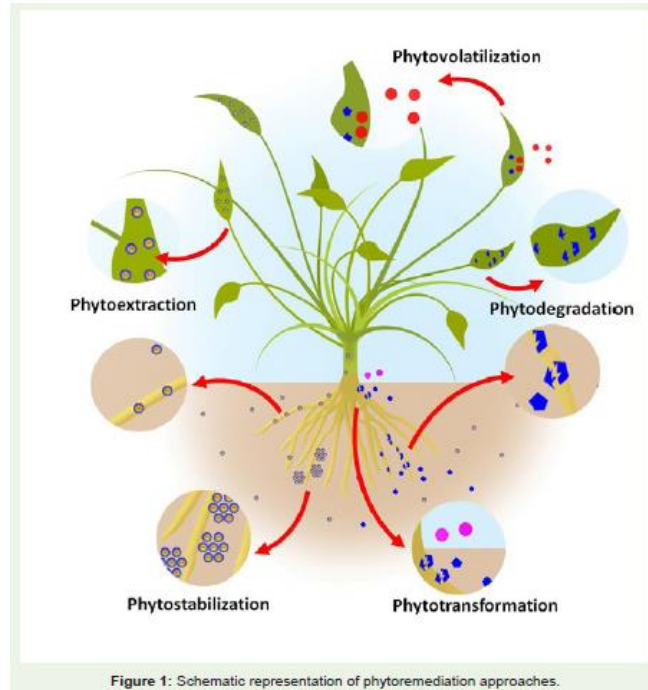
ANEXO 4

Crecimiento del *Raphanus sativus L.*



ANEXO 5

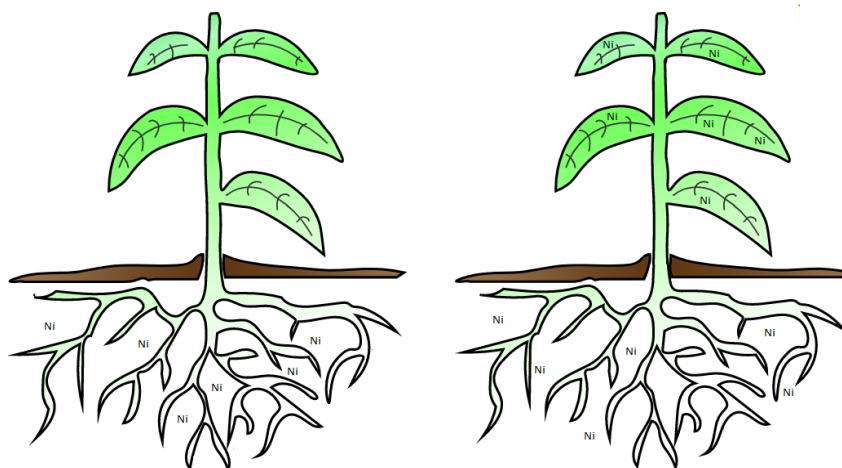
Representación esquemática de enfoques de fitorremediación



Fuente: Google

ANEXO 6

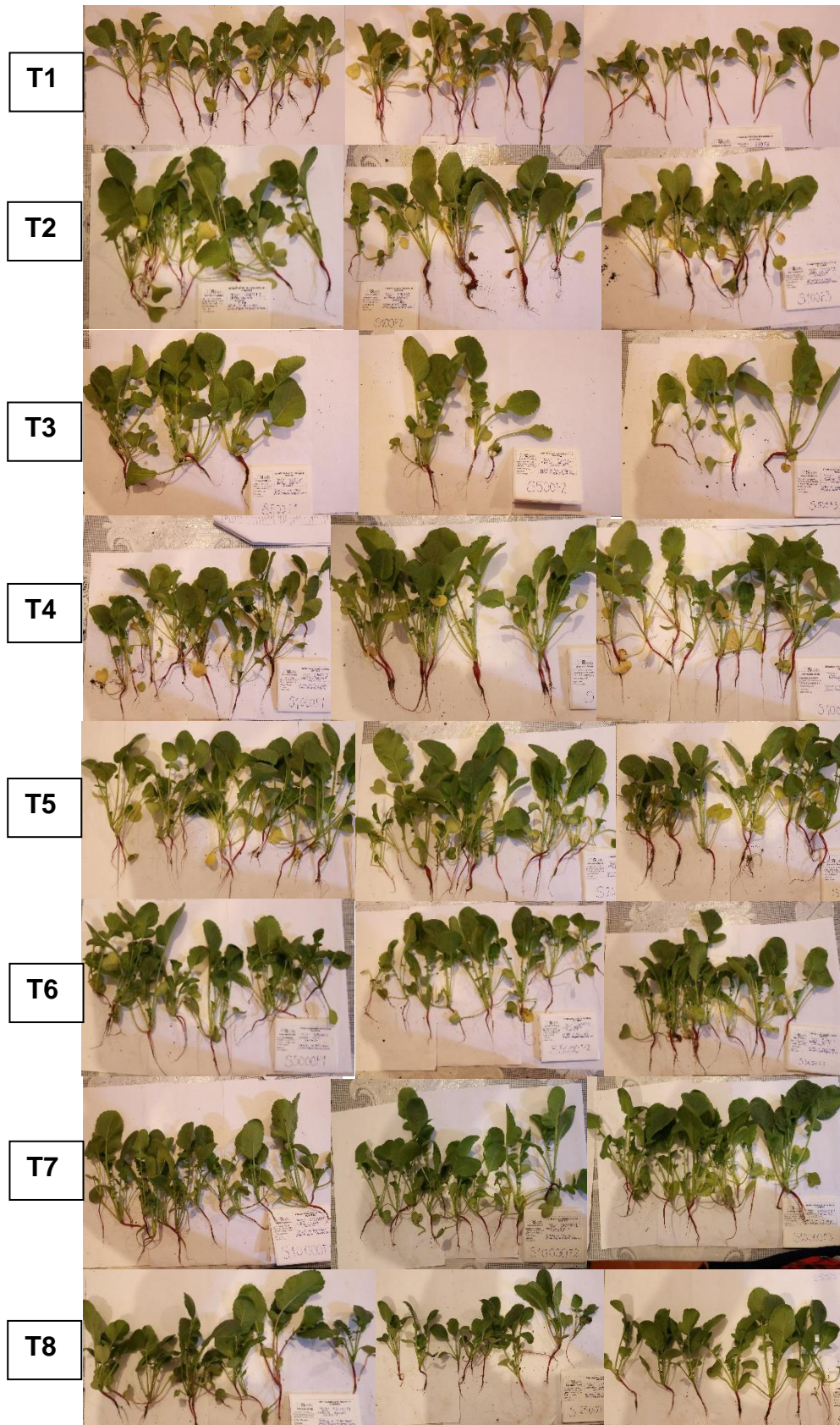
Representación esquemática una especie fitoextractora de níquel



Fuente: Google

ANEXO 7

Toma de medida del *Raphanus sativus* L. en el día 33



ANEXO 8

Día 8: primeras germinaciones

T1



T5



T2



T6



T3



T7



T4



T8



ANEXO 9

Día 15 de crecimiento del *Raphanus sativus* L.



ANEXO 10

Día 30: se visualiza a la especie *Raphanus sativus* L. cobrando un tono más oscuro en las concentraciones de 164, 271, 490 y 1040 ppm (columna derecha, de arriba hacia abajo) respectivamente.



ANEXO 11

Muestreo día 33



ANEXO 12

Directrices canadienses de calidad del suelo para la protección de la salud humana y medioambiental para el Níquel

Tabla 1. Pautas de calidad del suelo para el níquel (mg / kg).

	Uso del suelo			
	Agrícola	Residencial/ Paisaje modelado	Comercial	Industrial
Directriz	45	45	89	89
SQG_{HHH} no canceroso y 10⁻⁶ ILCR	200	200	310	1000
Vía limitante para SQG _{HHH}	Ingestión y contacto dérmico	Ingestión y contacto dérmico	Ingestión y contacto dérmico	Inhalación de partículas
SQG_{HHH} no canceroso y 10⁻⁵ ILCR	200	200	310	2500
Vía limitante para SQG _{HHH}	Ingestión y contacto dérmico	Ingestión y contacto dérmico	Ingestión y contacto dérmico	Migración fuera del sitio
SQG_E	45	45	89	89
Vía limitante para SQG _E	Contacto con el suelo	Contacto con el suelo	Contacto con el suelo	Contacto con el suelo
Directriz derivada en 1999 (Ni SQG original)	50	50	50	50
Criterio de pautas provisionales de calidad del suelo (CCME 1991)	150	100	500	500

Notas: SQG_E = guía de calidad del suelo para la salud ambiental; SQG_{HHH} = directriz de calidad del suelo para la salud humana. ILCR = cáncer de por vida incremental riesgo.

Los datos son suficientes y adecuados para calcular un SQG_{HHH} y un SQG_E. Por lo tanto, la pauta de calidad del suelo es la más baja de las dos (CCME 2006). La directriz original de calidad del suelo de níquel derivada en 1999 (basada únicamente en SQG_E) y los criterios provisionales de calidad del suelo (CCME 1991) son reemplazados por el 2015 guía de calidad del suelo de níquel CCME (2015).

Las pautas en esta hoja informativa son solo para orientación general. Las condiciones específicas del sitio deben tenerse en cuenta en la aplicación de estos valores. Los valores pueden aplicarse de manera diferente en varias jurisdicciones. El uso de algunos valores enumerados puede no estar permitido en el genérico nivel en algunas jurisdicciones. El lector debe consultar la jurisdicción apropiada antes de la aplicación de los valores.

ANEXO 13

Instrumento de recolección de datos

Ficha de control de crecimiento de especie <i>Raphanus sativus</i> L.													
Variable		N° de plantas			Promedio de altura de las plantas (cm)			Promedio de N° de hojas			Día: 33		
											Análisis de biomasa aérea		
		Concentraciones (ppm, mg/kg)			Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
Especie: <i>Raphanus sativus</i> L. Familia: <i>(Brassicacea)</i>	Concentración	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
	(28ppm)	14	13	12	12.97	12.35	10.30	5	5	4	1.01	8.50	6.22
	(30ppm)	13	8	9	18.1	19.3	19.08	6	6	6	1.27	2.04	2.40
	(45ppm)	6	4	4	21.80	17.70	20.48	7	5	6	2.60	2.51	7.35
	(73ppm)	13	11	11	19.24	21.63	20.05	6	6	6	8.82	4.92	6.19
	(164ppm)	14	13	11	19.43	21.64	19.04	6	6	6	5.85	5.42	4.90
	(271ppm)	12	9	11	18.43	21.60	21.60	7	6	6	9.73	7.72	4.60
	(490ppm)	13	11	11	17.39	18.34	21.36	6	6	6	23.62	15.92	15.45
	(1040ppm)	10	9	7	15.60	14.52	17.47	6	6	7	33.60	40.97	27.78

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 14

Fichas de validación de instrumento



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto: Benites Alfaro, Elmer Gonzales
- 1.2. Cargo e institución donde labora: -
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de recursos naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control de crecimiento de *Raphanus satuus L.*
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Melgarejo Estacio, Jessica Milagros

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 05/04/2021 del 201

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
Investigador CIP 71998
 DNI No. Telf.:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto: Ordoñez Gálvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: - Docente investigador de la UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de recursos naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control de crecimiento de *Raphanus sativus* L.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Melgarejo Estacio, Jessica Milagros

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

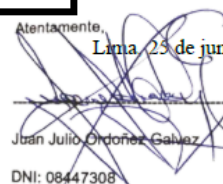
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Atentamente,
Lima, 25 de junio de 2021


 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del experto: Castro, Lucero
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de recursos naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control de crecimiento de *Raphanus sativus* L.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Melgarejo Estacio, Jessica Milagros

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 07 de julio del 20211


 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CIIP: 162994

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP.....
 DNI No..... Telf.:.....