

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**EFICIENCIA FITORREMEDIADORA DE GRAMÍNEAS
FORRAJERAS EN SUELOS CON EXCESO DE NITRÓGENO
PROVENIENTE DE ABONAMIENTOS FRECUENTES, BAÑOS DEL
INCA – 2020**

Autor:

Bach. Yadira Lucy Arli Quispe Cabrera

Bach. Fiorela Milagros Zavaleta Vásquez

Asesor:

Mg. Ing. Alcibiades Aurelio Martos Díaz

Cajamarca – Perú

2020

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**EFICIENCIA FITORREMEDIADORA DE GRAMÍNEAS
FORRAJERAS EN SUELOS CON EXCESO DE NITRÓGENO
PROVENIENTE DE ABONAMIENTOS FRECUENTES, BAÑOS DEL
INCA – 2020**

**Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el
Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos**

Autor:

Bach. Yadira Lucy Arli Quispe Cabrera

Bach. Fiorela Milagros Zavaleta Vásquez

Asesor:

Mg. Ing. Alcibiades Aurelio Martos Díaz

Cajamarca – Perú

2020

COPYRIGHT © 2020 BY
FIORELA ZA VALETA VASQUEZ
YADIRA LUCY ARLI QUISPE CABRERA
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y

PREVENCIÓN DE RIESGOS

APROBACIÓN DE TESIS

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

**EFICIENCIA FITORREMIADORA DE GRAMÍNEAS FORRAJERAS EN
SUELOS CON EXCESO DE NITRÓGENO PROVENIENTE DE ABONAMIENTOS**

FRECUENTES, BAÑOS DEL INCA – 2020

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

DEDICATORIA

A mis padres Lucía y Guillermo mi mayor motivación para no rendirme, por haber sido el mejor ejemplo en mi vida, por su apoyo absoluto de principio a fin en cada decisión y meta que me he trazado, gracias a ellos por su trabajo, sacrificio y confianza incondicional que me han brindado.

A mi hermano Kevin, quien con sus consejos, fortaleza y apoyo me ha impulsado a seguir adelante en todo momento.

Yadira Lucy Arli Quispe Cabrera.

Este proyecto de tesis se lo dedico a mis padres Juan y Rosa por su sacrificio y esfuerzo al darme una carrera universitaria para mi futuro, por apoyarme y brindándome todo su amor, paciencia y buen ejemplo, por inculcarme buenos principios, agradezco de todo corazón a Dios porque permite que ellos estén conmigo.

A mi hermano Luis, por ser mi amigo y apoyarme cuándo más lo he necesitado.

A mis amigas, por todos los momentos compartidos.

Fiorela Milagros Zavaleta Vásquez.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento está dirigido en primer lugar a Dios, por todas las bendiciones que nos ha ofrecido, por estar presente en el transcurrir de nuestras vidas, brindándonos fuerza, paciencia y sabiduría para poder culminar nuestras metas trazadas.

Agradecemos a nuestros padres, por todo el amor, confianza, y apoyo incondicional que nos han dado a lo largo de nuestras vidas, a ellos por enseñarnos a luchar por nuestras metas con esfuerzo y dedicación, basadas siempre en valores y principios.

A la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, por ser nuestra alma mater durante nuestros 5 años de estudios universitarios, así como también a los diferentes docentes por su guía y sus conocimientos.

A nuestro asesor, el ingeniero Aurelio Alcibíades Martos Díaz, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a sus conocimientos, así como también por habernos tenido paciencia para guiarnos durante el desarrollo de la tesis.

al Instituto Nacional de Innovación Agraria y al laboratorio de la institución, haciendo hincapié en el ingeniero William Carrasco Chilón, señor Pedro Mantilla Rudas, y al ingeniero Wuesley Álvarez García, por su apoyo en el desarrollo de esta investigación.

RESUMEN

La fitorremediación es una tecnología conocida por ser de reducido coste económico y sobre todo por ser amigable con el ambiente, permitiendo remediar ecosistemas naturales que han sido contaminados, esta técnica consiste en la utilización de especies vegetales, las cuales se encargan de capturar o absorber tales contaminantes mediante sus raíces, tallos y hojas; en la presente investigación se ha utilizado cuatro especies de gramíneas forrajeras para evaluar su eficiencia fitorremediadora de suelos con exceso de nitrógeno a causa de abonamientos frecuentes.

El objetivo de esta investigación es Determinar la eficiencia fitorremediadora de las gramíneas Forrajeras; Phalaris (*Phalaris arundinacea*), Dactylis (*Dactylis glomerata*), Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) y Festuca (*Festuca arundinacea*) en suelos con exceso de nitrógeno proveniente de abonamientos frecuentes en Baños del Inca.

Al culminar el desarrollo del experimento y habiendo obtenido y procesado los resultados, se ha determinado que el T1 que corresponde a la gramínea Phalaris (*Phalaris arundinacea*), tiene una eficiencia fitorremediadora de 18,51%; el T2 - Dactylis (*Dactylis glomerata*) de 17,65%, el T4 – Festuca (*Festuca arundinacea*) y el T3 - Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) tienen una eficiencia fitorremediadora de 13,05% y 8,01% respectivamente.

Es así que, para temas de fitorremediación de nitrógeno proveniente de abonamientos frecuentes, se recomienda el uso de Phalaris (*Phalaris arundinacea*) y Dactylis (*Dactylis glomerata*) debido a que son estas especies las que poseen semejanza estadística, y ambas tienen una eficiencia fitorremediadora mayor comparadas con las gramíneas Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) y Festuca (*Festuca arundinacea*) con diferencias estadísticamente significativas y que presentaron menor porcentaje de absorción de nitrógeno.

ABSTRACT

Phytoremediation is a technology known for being of low economic cost and above all for being friendly to the environment, allowing to remedy natural ecosystems that have been contaminated, this technique consists of the use of plant species, which are responsible for capturing or absorbing such pollutants through their roots, stems and leaves; In the present investigation, four species of forage grasses have been used to evaluate their phytoremediation efficiency in soils with excess nitrogen due to frequent fertilizers.

The objective of this research is to determine the phytoremediation efficiency of forage grasses; Phalaris (*Phalaris arundinacea*), Dactylis (*Dactylis glomerata*), Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) And Festuca (*Festuca arundinacea*) in soils with excess nitrogen from frequent fertilizers in Baños del Inca.

At the end of the development of the experiment and having obtained and processed the results, it has been determined that the T1 that corresponds to the Phalaris grass (*Phalaris arundinacea*), has a phytoremediation efficiency of 18.51%; T2 - Dactylis (*Dactylis glomerata*) of 17.65%, T4 - Festuca (*Festuca arundinacea*) and T3 - Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) have a phytoremediation efficiency of 13.05% and 8.01% respectively.

Thus, for nitrogen phytoremediation issues from frequent fertilizers, the use of Phalaris (*Phalaris arundinacea*) and Dactylis (*Dactylis glomerata*) is recommended because these species are the ones with statistical similarity, and both have a higher phytoremediation efficiency compared with the grasses Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) and Festuca (*Festuca arundinacea*) with statistically significant differences and that included a lower percentage of nitrogen absorption.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE.....	v
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1. Planteamiento del problema.....	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Definición del problema	2
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Justificación e importancia	3
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	5
2. Fundamentos teóricos de la investigación	5
2.1. Antecedentes teóricos	5
2.3. Marco conceptual	20
2.4. Hipótesis de la investigación	25
CAPITULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	27
3. Metodología.....	27
3.1. Tipo de investigación.....	27
3.2. Diseño de investigación.....	27
3.3. Área de investigación	27
3.4. Población	29

3.5. Muestra	29
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	30
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	40
3.8. Interpretación de datos.....	40
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Resultados.....	42
4.2. Análisis e interpretación de resultados	56
4.3. Comprobación de hipótesis	63
4.4. Discusión de resultados	64
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
5.1. Conclusiones.....	67
5.2. Recomendaciones	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
LISTA DE ABREVIATURAS	79
GLOSARIO	80
ANEXOS	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Principales Compuestos minerales, Presentes en la Naturaleza, que Contienen nitrógeno (N) en su composición química.....	11
Tabla 2: Niveles Críticos de Nitrógeno (N) en el Suelo.....	15
Tabla 3: Operacionalización de las Variables.....	42
Tabla 4: Valores de Nitrógeno en agua, Suelo, Follaje y Raíz.....	42
Tabla 5: Cantidades de Agua Lixiviada por Tratamiento	43
Tabla 6: Peso de Follaje Verde y Materia Seca.....	44
Tabla 7: Peso de Raíz Verde y Materia Seca.....	45
Tabla 8: Promedios de los Valores de Nitrógeno Agua, Suelo, Follaje y Raíces.....	46
Tabla 9: Valores promedio de la eficiencia fitorremediadora entre los tratamientos.....	46
Tabla 10: Tabla de Análisis de Varianza de Nitrógeno en el Agua (g/L).....	47
Tabla 11: Tabla de Análisis de Varianza de Nitrógeno en el Suelo (g/Kg).....	47
Tabla 12: Tabla de Análisis de Varianza de Nitrógeno en el follaje (g/Kg MS)	47
Tabla 13: Tabla de Análisis de Varianza de Nitrógeno en la Raíz (g/Kg MS)	48
Tabla 14: Tabla de análisis de varianza de Nitrógeno Total (g/Kg).....	48
Tabla 15: Tabla de análisis de varianza de Eficiencia Fitorremediadora (g/Kg).....	48
Tabla 16: Prueba de Normalidad _ Shapiro Wilks.....	49
Tabla 17: Homogeneidad de Varianzas _ Levene.....	49

LIS TA DE FIGURAS

Figura 1: Fertilizantes la Urea, el Superfosfato Triple, y Cloruro de Potasio	10
Figura 2: Ciclo del Nitrógeno	14
Figura 3: Comparativa del consumo de estos elementos nutritivos en tonelada/año	16
Figura 4: Principales partes de las gramíneas	22
Figura 5: Ubicación INIA	28
Figura 6: Ubicación de Unidades Experimental	28
Figura 7: Repartición de la Muestra.....	29
Figura 8: Preparación del experimento 1° parte	31
Figura 9: Codificación de Tratamientos y Repeticiones.....	32
Figura 10: Preparación del experimento 2° parte	33
Figura 11: Toma de Muestras, Suelo y Agua	34
Figura 12: Toma de Muestras, Follaje	36
Figura 13: Toma de muestras, Raíz	38
Figura 14: Normalidad de nitrógeno en el agua(g/L)	50
Figura 15: Normalidad de nitrógeno en el suelo (g/Kg).....	50
Figura 16: Normalidad de nitrógeno en el follaje (g/Kg MS)	51
Figura 17: Normalidad de nitrógeno en el follaje (g/Kg MS)	51
Figura 18: Normalidad de nitrógeno total.....	52
Figura 19: Normalidad de porcentaje de eficiencia fitorremediadora	52
Figura 20: Homogeneidad de varianzas – nitrógeno en el agua (g/L).....	53
Figura 21: Homogeneidad de varianzas – nitrógeno en el suelo (g/Kg).....	53
Figura 22: Homogeneidad de varianzas – nitrógeno en el follaje (g/Kg MS)	54

Figura 23: Homogeneidad de varianzas – nitrógeno en la raíz (g/Kg MS)	54
Figura 24: Homogeneidad de varianzas – Nitrógeno total	55
Figura 25: Homogeneidad de varianzas – Eficiencia fitorremediadora.....	55
Figura 26: Nitrógeno en el Agua(g/L)	57
Figura 27: Nitrógeno en Suelo(g/Kg)	58
Figura 28: Nitrógeno en Follaje (g/Kg MS)	59
Figura 29: Nitrógeno en Raíz (g/Kg MS)	60
Figura 30: Nitrógeno Total (g).....	61
Figura 31: Grafica de barras y bigotes para mostrar los intervalos de confianza (95%) del porcentaje de la eficiencia fitorremediadora para la extracción de nitrógeno de las cuatro especies de gramíneas	62
Figura 32: Parcela de INIA - Pastos y Forrajes	81
Figura 33: Urea 46%	81
Figura 34: Cloruro de Potasio 60%	82
Figura 35: Superfosfato triple 46%	82
Figura 36: Distribución aleatoria de muestras	83
Figura 37: Recolección de muestras de agua lixiviada.....	83
Figura 38: Corte de Follaje	84
Figura 39: Phalaris (Phalaris arundinacea)	84
Figura 40: Dactylis (Dactylis glomerata).....	85
Figura 41: Ryegrass (Lolium multiflorum Lam.)	85
Figura 42: Festuca (Festuca arundinacea).....	86

Figura 43: Riego de Gramíneas	86
Figura 44: Molino de materia seca.....	87
Figura 45: Disposición de Residuos Sólidos	87
Figura 46: Cuaderno de Campo	88
Figura 47: Informe de Resultados de Agua	89
Figura 48: Informe de Resultados de Suelo.....	91
Figura 49: Informe de Resultados de Follaje	92
Figura 50: Informe de Resultados de Raíz.....	93

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

En los países en desarrollo, alrededor del 76% de la población aplica mayor cantidad de fertilizantes nitrogenados. En la década de 1980 a 1990, el consumo anual de fertilizantes nitrogenados se incrementó alrededor del 30 al 63.7% a nivel mundial. Este consumo de fertilizantes nitrogenados se ha incrementado 15 veces en el período de 1938 a 1976, con este aumento en las dosis aplicadas, en el futuro la contaminación por nitratos del suelo, aire y agua será mucho mayor; la aplicación del fertilizante nitrogenado ha tenido mayor influencia sobre el incremento en el rendimiento de los cultivos (Medina & Cano, 2001).

Asimismo, SMART Fertilizer Management (2017) menciona que el uso excesivo e indiscriminado de fertilizantes es uno de los problemas ambientales más importantes en el sector agrícola; debido a que la sobre fertilización implica un desperdicio de fertilizantes, incremento de los costos y sobre todo representa un gran peligro para el medio ambiente afectando negativamente al suelo, al agua y el aire. Entre los principales efectos ambientales que causan el uso y aplicación de los fertilizantes nitrogenados al suelo son: la contaminación de las aguas por nitratos, la eutrofización y la emisión de gases a la atmósfera, entre otras.

Según Sabate (2001) el problema ambiental que causa la fertilización por medio de abonos químicos se deriva del abuso del nitrógeno; el exceso de este elemento que no es asimilado por los cultivos vegetales puede ser arrastrados por efecto de las

precipitaciones y desplazarse para contaminar las parcelas en las cuales han sido aplicadas y a las parcelas limítrofes; o por lixiviación pueden incorporarse al subsuelo y afectar acuíferos de todo tipo. En estos medios los nitratos también actúan como fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio.

Según Oliva (2017) en un medio eutrofizado, se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie; esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y la reducción de este en el medio acuático, y también dificulta que la radiación solar alcance por debajo de la superficie. Estos dos fenómenos producen una disminución de la capacidad auto depuradora del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos acuáticos.

García y Dorronsoro (2000) afirman que la lixiviación de nitratos hacia el subsuelo puede contaminar los acuíferos subterráneos, creando graves problemas de salud si se consume agua con alto porcentaje de nitratos en su composición, debido a su transformación en nitritos por participación de unas bacterias existentes en el estómago y vejiga urinaria. A su vez los nitritos se transforman en ciertos compuestos cancerígenos (Nitrosaminas), que afectan al estómago e hígado.

1.2. Definición del problema

¿Las gramíneas forrajeras *Phalaris (Phalaris arundinacea)*, *Dactylis (Dactylis glomerata)*, Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) y *Festuca (Festuca arundinacea)* son similares en su eficiencia fitorremediadora de suelos con exceso de nitrógeno proveniente de abonamientos frecuentes, Baños del Inca 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia fitorremediadora de las gramíneas Forrajeras; Phalaris (*Phalaris arundinacea*), Dactylis (*Dactylis glomerata*), Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) y Festuca (*Festuca arundinacea*) en suelos con exceso de nitrógeno proveniente de abonamientos frecuentes, Baños del Inca 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de concentración de nitrógeno existente en el agua de riego lixiviado de cada tratamiento.
- Identificar la especie de gramínea forrajera con mayor eficiencia fitorremediadora de suelos nitrogenados.

1.4. Justificación e importancia

La técnica de aportar nutrientes al suelo para aumentar y mejorar su capacidad de producción (específicamente la adición de nitrógeno) no es algo novedoso; aunque han variado las metodologías de realizar este aporte, sigue generando riesgos ambientales que se han ido revelando con el transcurso del tiempo, causando impactos negativos de manera significativa; impactos que son necesarios prevenir o corregir para preservar los recursos naturales (Andreu, et al., 2006).

Es común que los problemas de contaminación existentes sean afrontados mediante tecnologías convencionales, sin embargo, estos problemas ambientales requieren de tecnologías baratas, simples, sustentables, que no demanden necesidad de implementar infraestructuras sofisticadas, estéticamente más agradables y, sobre todo, que no

generen impactos negativos en el ambiente (tecnologías costo – efectivas), este es el caso de la fitorremediación (Delgadillo & González, 2011).

Ante esta problemática se consideró utilizar cuatro especies de gramíneas forrajeras con el objetivo de evaluar las diferencias en su capacidad de fitorremediación de suelos con exceso de nitrógeno; para la presente investigación se optó por utilizar especies de gramíneas forrajeras debido a que según Cerdas (2011) “los pastos absorben de diferente manera los nutrientes dependiendo de la especie y de su capacidad específica para extraer elementos esenciales del suelo, teniendo las gramíneas una especial afinidad por la absorción del nitrógeno”.

En estudios de bioacumulación, fitorremediación y bioestimulación que han sido desarrollados, las gramíneas son las plantas más utilizadas, esto se debe a que, gracias al desarrollo de sus raíces, estas permiten la absorción, degradación o inmovilización de sustancias acumuladas en la superficie (Arias, 2017).

Terroba (2020) afirma que, así como el fósforo favorece a las leguminosas, estas a su vez liberan nitrógeno que favorece a las gramíneas por la afinidad de absorción que poseen por este elemento, de esta manera se puede favorecer a las gramíneas con repetidas aplicaciones de nitrógeno.

Las gramíneas que utilizadas en la investigación son; Phalaris (*Phalaris arundinacea*), Dactylis (*Dactylis glomerata*), Festuca (*Festuca arundinacea*) y Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*); Renewable Energy Magazine (2016) afirma que “Actualmente se están haciendo ensayos para la reducción de nitratos en el suelo con cultivos captadores como el Ryegrass que tiene la capacidad de reducir la cantidad de nitratos del suelo”

Al determinar la eficiencia fitorremediadora de estas gramíneas en suelos con exceso de nitrógeno, facilitará futuros estudios de investigación que busquen aportar soluciones amigables al ambiente ante problemas relacionados a suelos agrícolas.

La intención del presente proyecto de investigación es aportar conocimientos a la ingeniería, específicamente en el tema de fitorremediación de suelos nitrogenados, con esto brindar una posible alternativa de solución ante el mencionado problema ambiental.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1. Antecedentes teóricos

Sangabriel, et al. (2006) evaluó la tolerancia y el crecimiento de tres especies de leguminosas Yuca de ratón (*Clitoria ternatea*), Ayocote (*Phaseolus coccineus*), Garbanzo (*Cicer arietinum*) y tres gramíneas Mulato (*Brachiaria híbrido*), Marandú (*Brachiaria brizantha*) y Pasto guineo (*Panicum maximum*) en suelo contaminado con combustóleo, así como su capacidad de reducir el contenido de hidrocarburos. Se obtuvo como resultado que *P. coccineus* fue la única leguminosa con tolerancia y crecimiento en suelo contaminado; ninguna gramínea fue afectada negativamente por la presencia del contaminante, aunque el *B. híbrido* mostró mayor crecimiento. La degradación de combustóleo evaluada, fue mayor en el suelo de *B. brizantha* y *P. maximum*. en contraste *P. coccineus* presentó una degradación similar a la observada en suelo contaminado sin planta.

Rueda (2012) evaluó el potencial fitorremediador de las gramíneas, Ryegrass (*Lolium (Multiflorum Lam.)*), Avena (*Avena sativa*) y Trébol rojo (*Trifolium pratense*) en suelos dedicados a la producción de papa; aplicó cimoxanil y carbofuran como contaminantes de la muestra compuesta de suelo. Como resultado se obtuvo que no hay efecto diferenciado del Ryegrass (*Lolium (Multiflorum Lam.)*), Avena (*Avena sativa*) y Trébol rojo (*Trifolium pratense*) para la fitorremediación de cimoxanil y carbofuran, probablemente estos resultados estén relacionados con los mecanismos de rizodegradación, fitodegradación o fitovolatilización de las plantas.

López (2012) realizó un experimento en un suelo que contenía metales pesados tales como Pb, Cu, Cd, As, siendo el plomo el metal con mayor concentración. Fueron cuatro tratamientos; testigo, alfalfa (*Medicago sativa L.*), Ryegrass (*Zacate Ballico*) y Zacate navajito (*Bouteloua gracilis L.*). Se demostró que la Alfalfa absorbe alto contenido de metales pesados (Pb = 3625 mg Kg-1, Cu = 2205 mg Kg-1, Cd = 635 mg Kg-1 y As = 150 mg Kg-1), el Ryegrass absorbe ligeras concentraciones de metales pesados (Pb = 1925 mg Kg-1, Cu = 1665 mg Kg-1, Cd = 401.5 mg Kg-1 y As = 100 mg Kg-1) y el Zacate navajito absorbe mínimas concentraciones de metales pesados (Pb = 1615 mg Kg-1, Cu = 1700 mg Kg-1, Cd = 566.5 mg Kg-1 y As = 100 mg Kg-1). (López Gonzales, 2012).

Ramón y Herrera (2012) determinaron el efecto fitorremediador de 3 especies del Amaranto (*Amaranthus cruentus mexicano*, *Amaranthus caudatus peruano*, *Amaranthus cruentus don león*); en la concentración de plaguicidas organoclorados. Las tres variedades de Amaranto presentaron efecto fitorremediador positivo, siendo *Amaranthus cruentus mexicano*, y *Amaranthus caudatus peruano* las más efectivas en

la fitorremediación de plaguicidas organoclorados, en las tres especies la parte de la planta que más absorbió fue el tallo, seguido de la semilla, la raíz y la hoja respectivamente.

Ninapayta (2016) determinó la eficiencia del uso de Alfalfa (*Medicago sativa L.*) en la reducción de nitratos en suelos contaminados por lixiviados de Residuos Sólidos Urbanos. Con los resultados obtenidos se demostró que la Alfalfa (*Medicago sativa L.*) tiene un porcentaje de absorción significativa el cual varía a través del tiempo, logrando una eficiencia de remoción en la maceta C1 de 3,8% a los 25 días, en la maceta C2 14,78% a los 50 días y en la maceta C3 55,2% a los 75 días.

Santana y Santos (2016) evaluaron la eficiencia del Pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en la remoción de contaminantes orgánicos en aguas del río Muerto, que contenía altas concentraciones de materia orgánica e inorgánica DQO; utilizaron cuatro tratamientos, T1 (testigo), T2 (30 esquejes), T3 (12 esquejes) y T4 (2 esquejes); como resultado, los tratamientos T2 y T3 removieron contaminantes y aumentaron el oxígeno disuelto, mostraron diferencias estadísticamente significativas para remoción de DBO y turbidez; así mismo el T3 resultó ser el eficiente en la remoción final de DBO 72.92%, nitrógeno 84.09%, fosforo 65.04% y turbidez 76.76%.

Ríos (2017) realizó una comparación de las eficiencias fitorremediadoras de las especies Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) en la reducción de concentración de plomo agrícolas del distrito de Huamantanga. Los resultados fueron analizados mediante comparaciones de las concentraciones iniciales y finales, dando como resultado las siguientes eficiencias: Ryegrass con 75%, Geranio 69% y Malva 68 % en la reducción

de plomo, siendo Ryegrass el que presentó la menor concentración de plomo a los 70 días la cual fue de 59,06 mg/kg.

Suaña (2017) en su estudio determinó la capacidad de absorción de cadmio de Girasol (*Helianthus annuus L.*) en la raíz, tallo y hojas, de su estudio obtuvo como resultado que la concentración de cadmio en el suelo del invernadero fue del valor 24.36 mg/kg, y en la intemperie fue 21.76 mg/kg, por lo cual no existe diferencia estadística significativa en ambos ambientes del cultivo. En el análisis de planta se tuvo como resultados la raíz presenta una media de absorción de cadmio de 5,716%, tallo con 1,217% y hojas 0,529% de absorción; encontrando que la mayor absorción del cadmio, se produce a nivel radicular.

Dávila y Villegas (2018) determinaron las especies de flora herbácea silvestre con capacidad fitorremediadora de pasivos mineros, realizaron análisis en las especies Ichu (*Calamagrostis tarmensis*), Pasto (*Paspalum bonplandianum*), Cortadera (*Carex pichinchensis*), Plegadera (*Lachemilla orbiculata*) y Junco (*Juncus conglomeratus*), para fitorremediar Al, As, Pb, Cr, Co, Cd, Mg, Mn, Zn, Sr, Sb, TI, Fe, Hg, Ni y Sn. obteniendo que la especie (*Paspalum bonplandianum*), acumula la mayor cantidad de metales pesados (mg/kg), como el Al (2844.6), Hg (0.3), Sb (13), Sn (1.4), Zn (760.2), Cr (3.86) y Ni (3.59); la concentración de metales pesados se da en la parte de la raíz de todas las especies, a excepción de la Lachemilla orbiculata donde se observó que es en el tallo.

Vargas (2019) realizó el cálculo de la eficiencia de la Paja ichu (*Stipa Ichu*) y la Festuca chillhua (*Festuca dolichophylla*) en la asimilación y evaluación de Pb, Cd, Fe y Zn para rehabilitar suelos que están contaminados con relaves mineros

(*Quiulacocha*); se comprobó los resultados efectivos de la tolerancia de *Stipa Ichu* y *Festuca* para los metales pesados considerados; la efectividad del *Stipa Ichu* para cada metal fue : Pb, 17.32% ; Cd, 3.68% ; Fe, 14.6% y Zn, 8.44%; y para la *Festuca Dolichophylla* fue: Pb, 8.22%; Cd, 3.92%; Fe, 6.78% y Zn, 4.47%; lo que ha permitido una mejorara en la relavera *Quiulacocha*.

Ramírez y Torres (2020) determinaron la eficiencia de fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando *Junco (Phragmites australis)* y enmienda en los pasivos ambientales de Paredones, cómo se resultados se obtuvo que disminuyó la concentración de plomo a 2010.60 mg/kg; además se obtuvo que es una planta excluyente; e hiperacumuladora de metales pesados.

2.2.Marco teórico

2.2.1. Fertilizantes en la agricultura

Los fertilizantes son sustancias o mezclas químicas sintéticas utilizadas en la agricultura para adicionar nutrientes al suelo y así obtener una mejor producción de los cultivos. Estas sustancias deben utilizarse bajo un correcto asesoramiento técnico y análisis previo del suelo.

La Urea, el Superfosfato Triple, el Cloruro de Potasio y el Fosfato diamónico son los fertilizantes que tienen mayor uso, estos productos aportan a los cultivos los principales nutrientes que ellos necesitan, como son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2013).

En la figura 1, se puede apreciar los fertilizantes en mezcla: Urea, el Superfosfato Triple, y Cloruro de Potasio.

Figura 1

Fertilizantes la Urea, el Superfosfato Triple, y Cloruro de Potasio



- Urea (46% N)

La urea es el sólido granulado de mayor concentración de nitrógeno (N) y uno de los fertilizantes más utilizados en el mundo, especialmente en países con mayor índice de agricultura, a comparación de otros fertilizantes, este posee mayor contenido de nitrógeno, puede incorporarse al suelo antes de sembrar, también se puede utilizar en suelos neutros o levemente alcalinos (Morales et al.,2019).

Tabla 1

Principales Compuestos minerales, Presentes en la Naturaleza, que Contienen nitrógeno (N) en su composición química.

Compuesto	Fórmula	Estado	Riqueza (N, %)
Nitrógeno	N ₂	Gas	100
Nitrato sódico	NaNO ₃	Sólido	16.5
Nitrato potásico	KNO ₃	Sólido	13.9
Amoniaco	NH ₃	Gas	82.4
Amonio (ión)	NH ₄ ⁺	Combinado o disuelto	77.8
Óxido nitroso	N ₂ O	Gas	63.6
Dióxido de nitrógeno	NO ₂	Gas	30.4
Nitrato (ión)	NO ₃ ⁻	Combinado o disuelto	22.6
Nitrito (ión)	NO ₂ ⁻	Combinado o disuelto	30.4

Fuente: (Durán et al, 2010)

La urea en su forma original carece de amonio (NH₄⁺) pero se hidroliza de forma rápida gracias a la encima “ureasa” y la temperatura del suelo (Salcedo, 2016).

- **Superfosfato triple (STC)**

El Superfosfato triple es un fertilizante con un 46 % de fósforo, su forma es granular de color gris oscuro entre 1mm y 4mm de diámetro, útil en suelos de pH neutro, al reaccionar con la humedad del suelo da como resultado una solución de fosfatos que pueden reaccionar en suelos con hierro, aluminio,

manganeso y principalmente en suelos ácidos. Usado en la fertilización de praderas y campos naturales mejorados, ajustes de los niveles de fósforo a la siembra de cultivos (Industria Sulfúrica S.A, 2019).

- **Cloruro de Potasio (ClK)**

Fertilizante con alta concentración de potasio, ideal para las correcciones de deficiencias de este nutriente; en pasturas, ajustes de este nutriente permite que se aproveche de una mejor forma el fertilizante nitrogenado. Es la fuente tradicional de potasio utilizado de mezclas físicas, ya que puede usarse en combinación con otros fertilizantes, como fuente de potasio en cultivos anuales, puede ser utilizado al momento de siembra o hasta un mes antes de la misma (Industria Sulfúrica S.A, 2019).

2.2.2. Importancia de NPK en las plantas

El fósforo es esencial para el crecimiento de las plantas, convierten la energía del sol en alimento, fibra y aceite; el fósforo tiene un rol importante en la fotosíntesis, el metabolismo de los azúcares, almacenamiento y transferencia de energía, en la división celular, agrandamiento celular y transferencia de información genética; también promueve el crecimiento saludable de las raíces, el crecimiento temprano de los brotes, acelera la cobertura del suelo para protegerlo de la erosión (Harman, 2017).

El potasio (K) es el tercero de tres nutrientes primarios requeridos por las plantas, junto al nitrógeno (N) y el fósforo (P), su función es evitar que la planta se marchite prematuramente, también, se encarga de la formación correcta de estomas (células usualmente ubicadas en el envés de la hoja, que se abren y se

cierran para permitir la salida de vapor de agua y de gases residuales) y actúa como un activador de enzimas. Las plantas que carecen de potasio muestran síntomas como clorosis y necrosis en las puntas de las hojas (Chen, 2020).

2.2.3. Agroquímicos y su riesgo ambiental

Los agroquímicos utilizados en la agricultura tienen características inherentes debido a las cuales se los considera altamente peligrosos y capaces de ejercer efectos tóxicos, los agroquímicos junto con metales pesados y compuestos aromáticos forman parte del grupo de sustancias con mayores efectos tóxicos (Rueda, 2012).

Las actividades antropogénicas y su avance conforme el tiempo han provocado que los sistemas acuáticos, terrestres y marinos se encuentren con mayor riesgo ante el aporte de sustancias peligrosas altamente contaminantes como, plaguicidas, fertilizantes, metales pesados y otros; al alterar las condiciones naturales de los ecosistemas incluyen al ser humano dentro de esta afectación (García & Rodríguez, 2012).

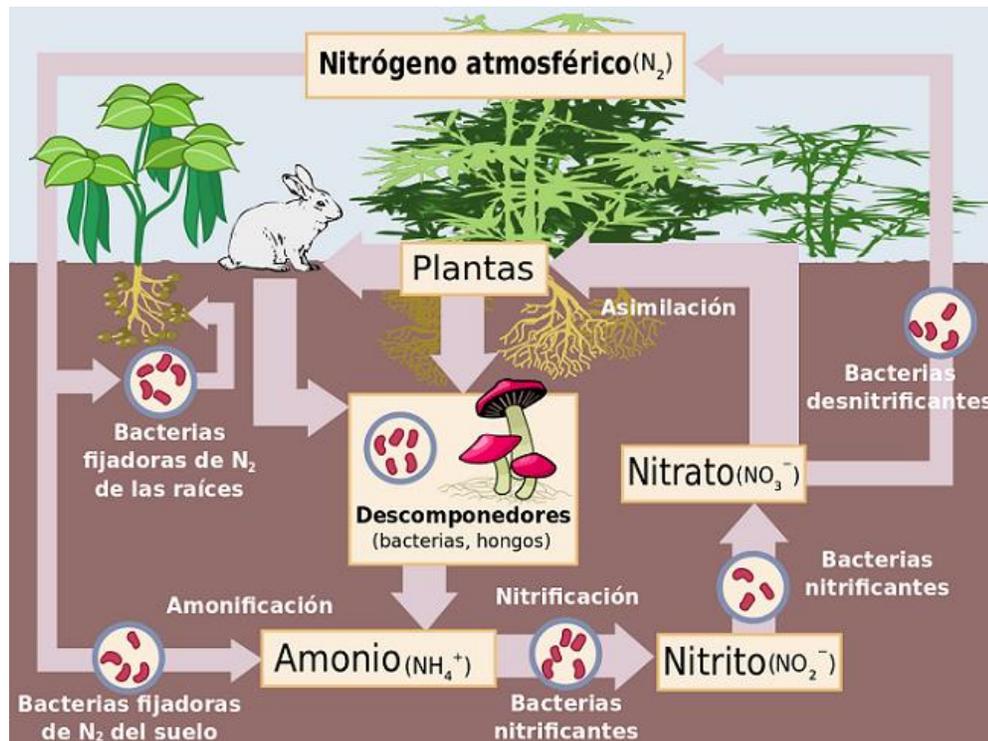
2.2.4. Ciclo del nitrógeno

En el ciclo del nitrógeno existen transformaciones de distintas formas de N con el suelo, los organismos y atmósfera. En estas transformaciones influyen las formas orgánicas e inorgánicas que ocurren al mismo tiempo. La conversión de N_2 (gas) a formas asimilables por las plantas se origina a través del proceso de fijación biológica. Las formas orgánicas son convertidas a formas inorgánicas (NH_4^+ o NO_3^-) por mineralización. El amoníaco (NO_3^-) - puede volver a la atmósfera por volatilización en forma de N_2 o perderse por lixiviación. Las formas inorgánicas

pueden ser absorbidas por las raíces de las plantas o por los microorganismos, que vuelven a incorporar el N a una forma orgánica por inmovilización (Benimeli et al., 2019).

Figura 2

Ciclo del Nitrógeno



Fuente: (Pineda, 2019)

2.2.5. Niveles críticos de Nitrógeno (N) en el suelo

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013) el nitrógeno es un elemento que favorece el desarrollo de la masa foliar, esto trae como consecuencia, un buen nivel de área foliar y con ello se produce una buena captación de la luz existiendo una excelente tasa fotosintética. Plantas con una deficiencia de nitrógeno presentan un crecimiento

retrasado decoloración amarillenta de las hojas a partir de la punta (clorosis). Las hojas más bajas pueden morir prematuramente mientras la cima de la planta permanece verde.

Si los niveles de nitrógeno son altos se puede llegar a producir un desbalance entre el área foliar y la radicular. Si esto ocurre, la mayor área foliar provoca un incremento de la transpiración que no es correspondido con un aumento en la absorción de agua, por lo tanto, la planta puede entrar en estrés hídrico, aunque tenga buena disponibilidad de agua. En la Tabla 2 se muestra los niveles críticos de Nitrógeno Total en el suelo.

Tabla 2

Niveles Críticos de Nitrógeno (N) en el Suelo

Nivel De Disponibilidad	Nitrógeno Total %
Muy Pobre	0.00 - 0.10
Pobre	0.10 - 0.15
Mediano	0.15 - 0.25
Rico	0.25 - 0.30
Muy Rico	Mayor de 0.30

Nota: N total% = Cantidades de N (kg) por cada 100 kg de suelo.
Fuente: (OMS, 2020)

2.2.6. Contaminación de suelos por exceso de fertilizantes nitrogenados

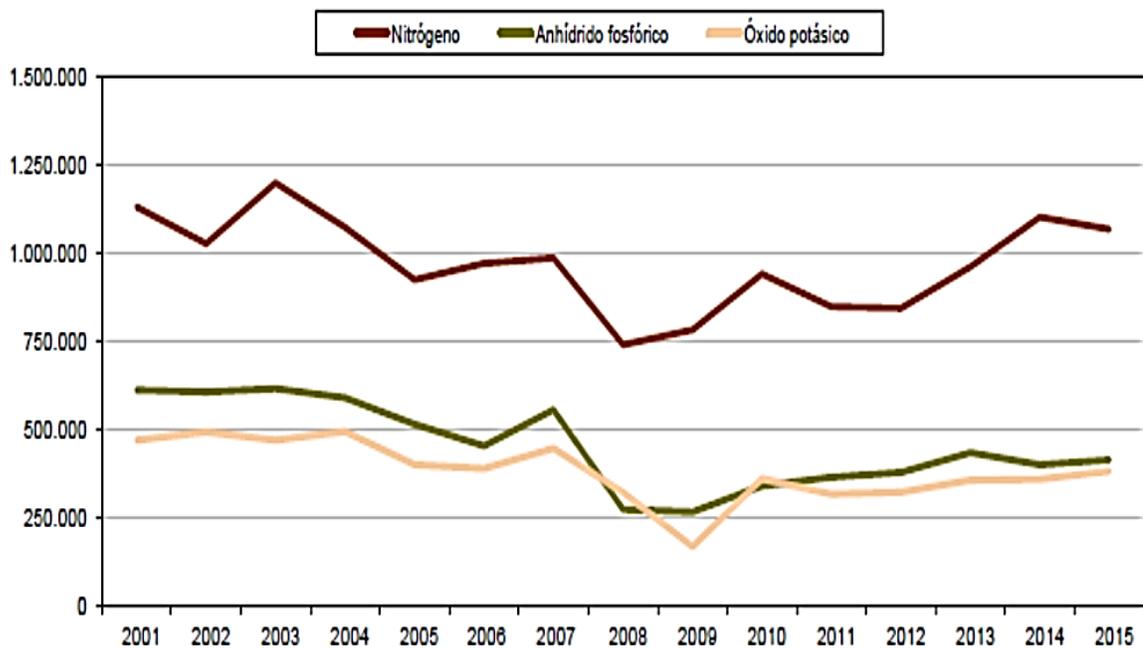
Una de las técnicas para incrementar la producción de los cultivos es la fertilización; los fertilizantes aportan a los suelos de la manera química los elementos nutritivos que las plantas han extraído, o que los suelos han perdido por

lavado, retrogradación y erosión.

Los elementos nutritivos que principalmente son aportados por estas técnicas son el Nitrógeno, Fósforo y Potasio. En la Fig. 3 se muestra una comparativa del consumo de estos elementos nutritivos:

Figura 3

Comparativa del consumo de estos elementos nutritivos en Tonelada/año



Fuente: (Anuario de Estadística, 2015)

Se considera que el nitrógeno es el nutriente más importante para la producción vegetal debido a las cantidades que los cultivos requieren y a la frecuencia con que se perciben carencias de este elemento en suelos agrícolas. Es por ello, que la agricultura depende del uso de fertilizantes nitrogenados para tener un elevado rendimiento. Además, es un elemento móvil lo cual permite que se traslade de manera sencilla por el suelo, agua y atmósfera (Ministerio de Medio Ambiente y

Medio Rural y Marino, 2009).

Los abonos nitrogenados tienen un nivel estándar de utilidad, esto depende del tipo de cultivo para el cuál será suministrado, superado este nivel no significa que exista mayor rendimiento, al contrario, los excedentes de una aplicación pueden ser lixiviados o arrastrados desde la superficie hacia a aguas freáticas o superficiales provocando eutrofización (García, 2005).

El daño ambiental más significativo relacionado al Nitrógeno, es la concentración de nitratos en el subsuelo, estos pueden ser transportados por lixiviación hacia aguas subterráneas, cauces o reservorios superficiales; en los cuerpos de agua los nitratos siguen actuando como fertilizantes, dando origen a la proliferación de especies vegetales acuáticas generando así la eutrofización del medio.

En un medio eutrofizado, se proliferan las especies vegetales que cubren la superficie, esto acarrea como resultado, un elevado consumo de oxígeno, por tanto, la reducción de este elemento en el agua también obstaculiza la incidencia de radiación solar a partes inferiores del medio acuático. Los dos fenómenos mencionados generan una disminución de la capacidad autodepuradora y una merma en la capacidad fotosintética de organismos acuáticos.

Al presentarse nitratos en el agua lixiviada que discurre hacia el subsuelo, se contaminan los acuíferos, estos nitratos se transforman en nitritos, los cuáles pueden causar graves problemas de salud por participación de unas bacterias existentes en el estómago y vejiga urinaria si se consume agua con este contenido. A su vez los nitritos se transforman en ciertos compuestos cancerígenos (Nitrosaminas), que afectan al estómago e hígado.

La existencia de nitratos en el agua subterránea no se percibe por ningún sentido, en algunos casos sólo se da a notar cuando existen problemas en la salud, es por ello que se debe realizar un previo análisis tanto a agua, aire y suelo.

(Consultoría y Formación Geoespacial y Ambiental [GEOINNOVA], 2016).

2.2.7. Fitorremediación de suelos

La fitorremediación es una ecotecnología, fundamentada en la capacidad de algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes en el suelo, aire y agua. A comparación de las conocidas técnicas físico-químicas la fitorremediación es de menor coste económico, es más respetuosa con los procesos ecológicos del sistema edáfico y ambientalmente más aceptada, además es mejor visto a nivel social y estético (Delgadillo y Gonzáles, 2011).

Por todas estas razones es normal que la fitorremediación sea considerada una alternativa ambientalmente respetuosa frente a las técnicas físico-químicas.

Es necesario resaltar que el objetivo de la fitorremediación, como de toda técnica de recuperación de suelos contaminados, no es sólo eliminar el contaminante presente en el suelo o disminuir la concentración de este hasta límites aceptados por la legislación vigente, sino es recuperar la salud del suelo de tal manera que cumpla con las condiciones para realizar sus funciones de manera sostenible (Garbisu et al, 2008).

2.2.8. Aporte de nitrógeno por lluvia

En forma natural, el Nitrógeno (N) del aire puede llegar a la planta a través del agua de lluvia. La cantidad de N transferido a las plantas proveniente de las lluvias

oscila entre 10 y 20 kg. ha⁻¹. año⁻¹ (FAGRO, 2000); considerando que en los meses de invierno se alcanza el valor promedio 15 mg/kg de nitrato (-NO₃) por aporte de la lluvia (González et al, 2016).

2.2.9. Lixiviación de nitrógeno

Los nitratos no se retienen fuertemente al suelo, por esta razón el agua que se mueve a través de este puede llevar consigo el nitrato (NO₃⁻) y transportarlo de este modo a capas más profundas del suelo logrando alcanzar a los acuíferos, a este proceso se le denomina lavado o lixiviación (GEOINNOVA, 2016).

Teniendo en cuenta que el ion nitrato (NO₃) es un anión, razón por la que no puede ser retenido por estructuras arcillosas como ocurre con los cationes, es de sencillo transporte por el agua. Por este motivo, el agua en exceso o lluvias abundantes favorecen el arrastre de nitrato (NO₃) hacia capas inferiores del perfil del suelo, lejos del alcance de las raíces.

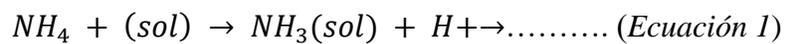
El mayor porcentaje de pérdidas de nitratos, se dan cuando hay una alta concentración de nitratos en el suelo y un elevado movimiento descendente de agua en el perfil del suelo, desplazamiento que está condicionado por efectos estacionales de las precipitaciones y el riego, que a su vez determinan el volumen de drenaje (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura [INTAGRI], 2015)

2.2.10. Volatilización de nitrógeno

La volatilización de Nitrógeno (N) es un proceso del ciclo de este elemento a través del cual el N regresa a la atmosfera en forma de amoniaco (NH₃), a esta pérdida de N del suelo se le denomina volatilización. Basado en una revisión de

resultados de experimentos de balance de nitrógeno, se estima que las pérdidas de nitrógeno por volatilización del fertilizante nitrogenado aplicado serían de 15 a 20%.

El amonio (NH_4^+) intercambiable del suelo (NH_4^+ (int)) se encuentra en equilibrio con el amonio (NH_4^+) disuelto en la solución del suelo (NH_4^+ (sol)), este proceso de pérdida comienza cuando el NH_4^+ (sol) en medio alcalino pasa a formar amoníaco (NH_3) disuelto en la solución del suelo (NH_3 (sol)), de acuerdo a la reacción detallada en la Ecuación 1 (Facultad de Agronomía Universidad de la Republica [FAGRO], 2000).



Por otra parte, Chevaller y Toribio (2007) afirman que para épocas de aplicación de urea e independientemente del tipo de suelo, la volatilización es menor del 10% del nitrógeno total aplicado.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Suelo

Suelo es una unidad multifuncional y dinámica, resultante de la interacción entre roca, clima, organismos vivos, geomorfología y el transcurso del tiempo. Se trata de una delgada capa compuesta por minerales, agua, aire, materia orgánica y microorganismos que presenta gran variabilidad espacio temporal (Montes, 2014).

2.3.2. Gramíneas

Las gramíneas son en su mayoría de porte herbáceo, multiflorum o anual. Los

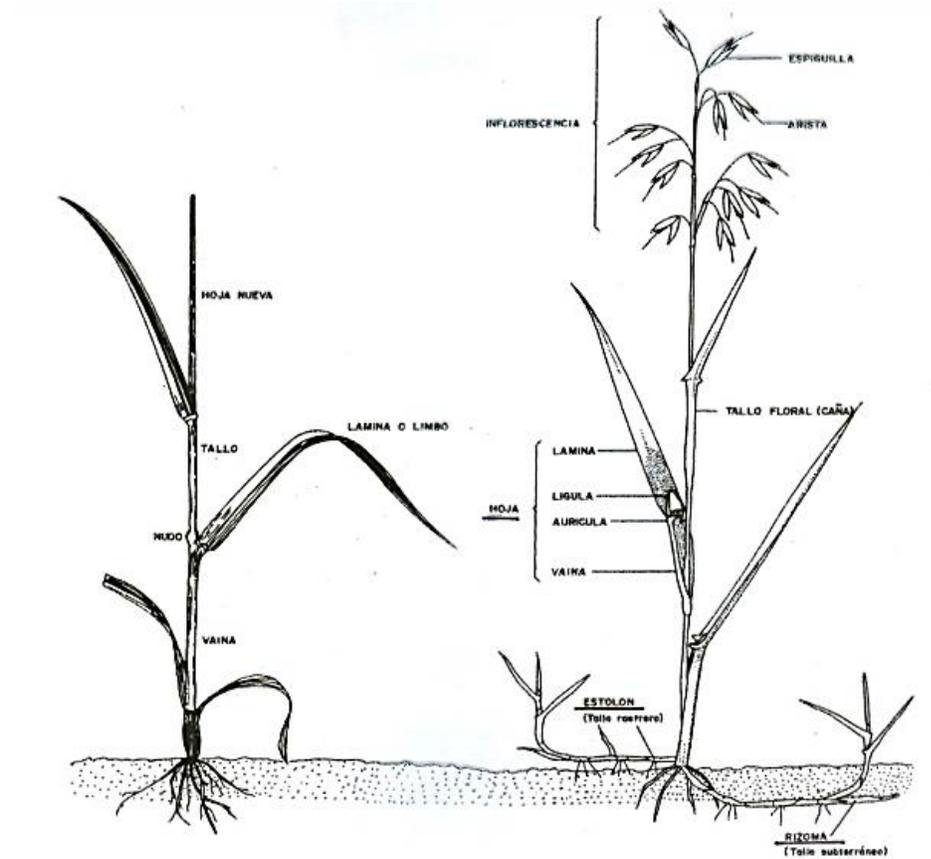
tallos suelen ser cilíndricos y huecos, y cuando presentan ramificaciones las tienen a nivel del suelo, extendidas lateralmente con rizomas subterráneos o estolones superficiales. Las hojas son liguladas, diferenciadas en vaina y limbo, de tamaño muy variable que puede oscilar entre pocos milímetros hasta varios metros. Las flores son hermafroditas y se agrupan en unas estructuras denominadas espiguillas que a su vez se reúnen en espigas o panículas. Fruto en cariósipide (Gispert, 2008).

- **Hojas:** Las hojas constan de dos partes: la vaina o parte inferior, que abraza el tallo y que sirve de protección a la yema basal y el limbo o parte superior, aplanada, cuyo desarrollo varía según la especie.
- **Tallo:** La estructura del tallo es prácticamente uniforme: entrenudos largos y estrechos y nudos algo más engrosados. Cuando la planta está madura, los entrenudos pueden ser huecos (cebada, avena, algunos trigos) o llenos (trigo duro, maíz, sorgo), mientras que los nudos permanecen siempre compactos.
- **Sistema radicular:** La raíz de las gramíneas es fasciculada y, en general, se considera poco profunda. La profundidad máxima del sistema radicular varía según las especies, además del tipo de suelo, el nivel de la capa freática y la disponibilidad de nitrógeno en el suelo (Pujol, 2010).

En la Figura 4 se muestran las principales partes de las gramíneas.

Figura 4

Principales partes de las gramíneas



Fuente: (Olivares, 2006)

- **Phalaris** (*Phalaris Arundinacea*)

Su nombre común es hierba cinta o pasto alpiste, pertenece al género de las gramíneas de alto crecimiento; esta hierba crece rápido y de forma sencilla en cuanto consigue un suelo en condiciones húmedas, su altura depende de la profundidad de sus tallos. Su morfología en general es pasto grueso, tallo erecto y posee hojas que se van afilando poco a poco. El *Phalaris arundinacea* puede alcanzar hasta 1,5 metros de altura, dependiendo de la

profundidad que alcancen sus tallos subterráneos, los cuales, y mientras más penetren en los márgenes y corrientes de los arroyos, la hacen más compacta y menos alta (Pérez, 2013).

- ***Dactylis (Dactylis Glomerata)***

El *Dactylis (Dactylis glomerata)* conocido como Dáctilo o Pasto ovillo, pertenece a la familia de las gramíneas; cultivada principalmente en suelos secos de buen drenaje y baja fertilidad. Tarda un cierto porcentaje de tiempo en su desarrollo y tiene menor digestibilidad que las otras gramíneas. Es una planta vigorosa multiflorum de crecimiento alto, matojoso, de limbos foliares anchos, presentando ambas superficies un color gris fuerte o verde azulado. Necesita suelos fértiles y profundos, se adapta a terrenos ligeramente bajos en fertilidad, no muy profundos con pH 5 a 7. Presenta una gran resistencia a la sequía y puede utilizarse tanto al corte como al pastoreo (Terroba, 2020).

- ***Lolium multiflorum Lam.***

Su nombre común es Ryegrass; es una planta multiflorum de 10-80 cm, cespitosa, con los tallos lisos; de gran importancia dentro de los sistemas pastoriles, se identifica como una especie de rápido crecimiento, alta productividad y follaje de óptima calidad, se estima que el Ryegrass es la mejor elección forrajera debido a su rápida germinación, destreza para crecer y desarrollarse, sus elevados rendimientos, calidad nutritiva y su alta resistencia al pisoteo (Cobos & Narváez, 2018).

- ***Festuca Arundinacea***

Sus nombres comunes son: Cañuela, Fanás, Lastón; es una de las gramíneas

multiflorum invernales más utilizada para pasturas y follajes; de crecimiento erecto, con sistema radical fibroso y profundizador, posee tallos que pueden llegar hasta 1 m de altura, se caracteriza por sus términos de comportamiento productivo, rendimientos de follaje, plasticidad frente a diversidad de manejos, adaptación a las condiciones ambientales; tolera los excesos de humedad como sequías prolongadas (Ramírez, 2011).

2.3.3. Forraje

Son gramíneas o leguminosas cosechadas para ser suministradas como alimento a los animales, sea verde, seco o procesado (heno, ensilaje, rastrojo, sacharina, amonificación) (Instituto Nacional Tecnológico, 2016).

2.3.4. Nitrógeno

El Nitrógeno (N) es un nutriente fundamental para la vida, debido a que es uno de los principales constituyentes de compuestos vitales como, aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales.

El N junto con el Fósforo (P) y el Potasio (K) es clasificado como macronutriente, debido a su importancia en las plantas (FAGRO,2020).

El Nitrógeno (N) es un elemento clave y esencial para el desarrollo de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). Está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes (Terroba, 2020).

2.4. Hipótesis de la investigación

Las gramíneas Forrajeras; Phalaris (*Phalaris arundinacea*), Dactylis (*Dactylis glomerata*), Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) y Festuca (*Festuca arundinacea*) son fitorremediadoras de suelos con exceso de nitrógeno proveniente de abonamientos frecuentes en Baños del Inca.

2.4.1. Hipótesis estadísticas

Hipótesis alternativa (Hi): Las gramíneas Forrajeras; Phalaris (*Phalaris arundinacea*), Dactylis (*Dactylis glomerata*), Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) y Festuca (*Festuca arundinacea*) son diferentes en su porcentaje de eficiencia fitorremediadora en suelos con exceso de nitrógeno proveniente de abonamientos frecuentes en Baños de Inca.

Hipótesis nula (Ho): Las gramíneas Forrajeras; Phalaris (*Phalaris arundinacea*), Dactylis (*Dactylis glomerata*), Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) y Festuca (*Festuca arundinacea*) son similares en su porcentaje de eficiencia fitorremediadora en suelos con exceso de nitrógeno proveniente de abonamientos frecuentes en Baños del Inca.

2.4.2. Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Indicador	Instrumentos	Unidades
Variable Dependiente: Exceso de nitrógeno en el suelo	Nutriente aplicado al suelo mediante dosis de fertilizante (Urea) en cantidades que generan riesgo ambiental.	Cantidad de fertilizante agregado al suelo.	Balanza de precisión.	g/kg
Variable Independiente: Eficiencia fitorremediadora de gramíneas forrajeras	Capacidad de las gramíneas forrajeras en la absorción de nitrógeno presente en el suelo.	Análisis de laboratorio	Método Kjeldahl: Balanza analítica Digestor Erlenmeyer Bureta Destilador de Nitrógeno	g/kg

CAPITULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3. Metodología

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental; debido a que se evalúa la capacidad de la variable independiente (eficiencia de las gramíneas forrajeras) con la finalidad de observar sus cambios sobre la variable dependiente (fitorremediación de suelo con exceso de Nitrógeno) variable respuesta.

3.2. Diseño de investigación

Para la presente investigación, se han basado en la distribución de los tratamientos bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA), para ello se utilizaron 4 tratamientos que son las especies de gramíneas Forrajeras: Phalaris (*Phalaris arundinacea*), Dactylis (*Dactylis glomerata*), Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) y Festuca (*Festuca arundinacea*), con cuatro repeticiones por tratamiento, concretando finalmente 16 Unidades Experimentales.

3.3. Área de investigación

El presente estudio se realizó en el distrito de Baños del Inca, provincia, departamento y región de Cajamarca en las instalaciones del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en el Programa de Innovación de Pastos y Forrajes; ubicado en las coordenadas UTM 17M 780426.57 E, 9207846.86 S. con una temperatura anual promedio máxima de 22° C, una temperatura mínima anual de 3° C y precipitación anual de 720 mm en promedio. Las muestras de suelo fueron obtenidas del terreno que pertenece al programa de investigación de Pastos y Forrajes en la Estación Experimental Agraria Baños del Inca (EEABI).

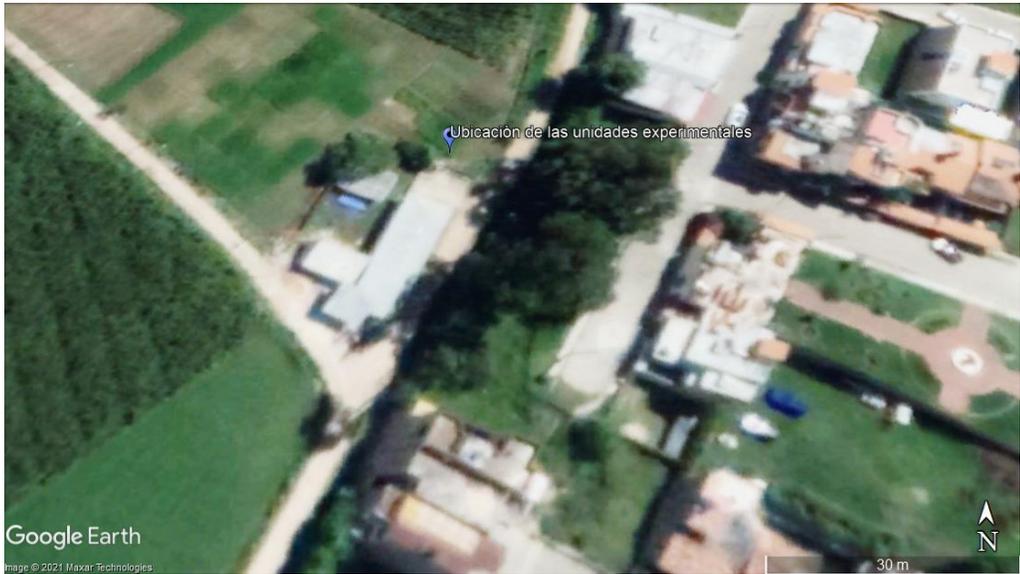
Figura 5

Ubicación INIA



Figura 6

Ubicación de Unidades Experimentales



3.4. Población

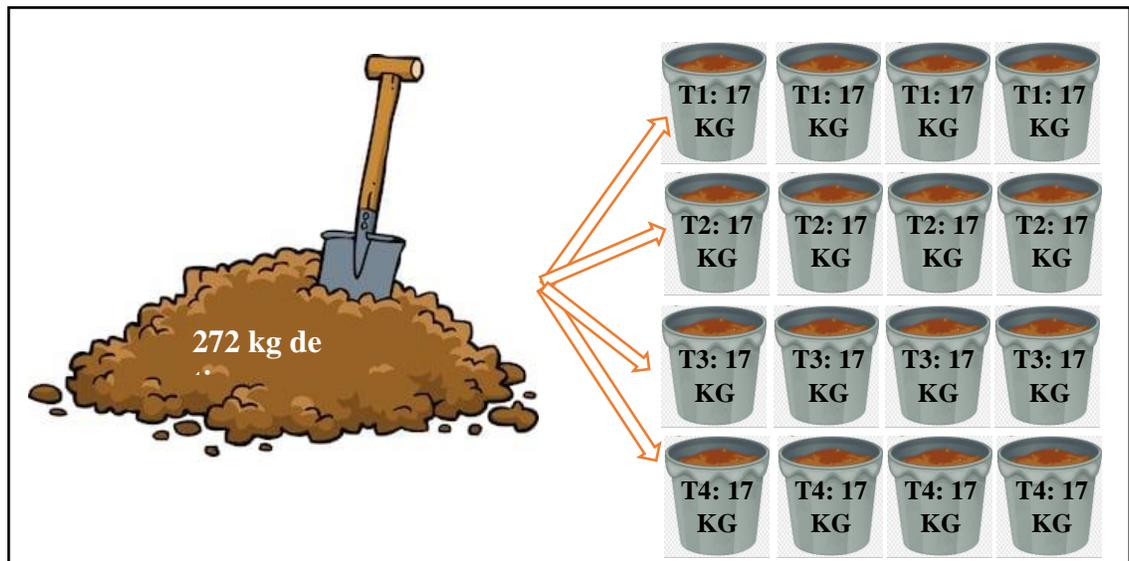
Para el presente trabajo de investigación se simularon las condiciones del suelo en las cuales se cultivan pasturas que se sobre fertilizan, para las condiciones medioambientales mostradas en el ítem 3.3. y de características fisicoquímicas del valle de Cajamarca. Las cuales se consideraron como nuestra población en estudio.

3.5. Muestra

La muestra obtenida para este trabajo experimental fue de 272 kg de suelo, que se obtuvieron de una parcela de la EEA- Baños del Inca – INIA. El suelo empleado para cada unidad experimental fue de 17 kg (Figura 7) y tuvo una textura franco-arcillo-arenoso con un contenido de 2,25 g de N/kg, y un pH de 6,7, según el análisis previo realizado.

Figura 7

Repartición de la Muestra



3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para este trabajo se utilizaron las técnicas e instrumentos que se de tallan a continuación:

Análisis inicial de suelo

Se tomó una muestra inicial de suelo, que fue analizado en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca (EEABI). Se realizó este análisis con la finalidad de verificar el contenido inicial de nutrientes presentes en las muestras, especialmente los contenidos de Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K); el Método Kjeldahl fue el que se utilizó para la determinación del contenido de nitrógeno. (Navas., et al 2013).

Extracción y preparación del suelo

El suelo se obtuvo de una de las parcelas del Programa de Investigación de Pastos y Forrajes en la (EEABI) del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA); este fue previamente utilizado para el cultivo de maíz (Figura 8A, 8B). Se adquirió 272 kg de suelo, luego se homogenizo y se adicionó a cada unidad experimental 179,3 g de fertilizante de Nitrógeno (Urea), 64 g de fósforo (Superfosfato triple), y 41 g de potasio (cloruro de potasio) posterior al análisis inicial del contenido de nutrientes, con la finalidad de exceder el contenido de nitrógeno simulando el uso excesivo en agricultura, tal como se muestra en la Figura 8C, obteniendo finalmente una proporción de 107,75 g de N por Kg de suelo.

Preparación de las muestras y asignación de unidades experimentales

A cada balde (macetero) se le perforó la parte inferior con la finalidad de que por estos orificios se logre filtrar el agua lixiviada que posea Nitrógeno contenido (Figura 8D, 8E, 8F); las muestras de suelos fueron ubicadas en los maceteros como unidades experimentales, donde se colocaron 17,00 Kg de suelo en cada una; posteriormente se recubrieron los baldes con plástico con la finalidad de evitar la volatilización del nitrógeno, así como la mezcla del agua obtenida en el inferior de la maceta con agua de lluvia (Figura 10A).

Figura 8

Preparación del experimento 1° parte



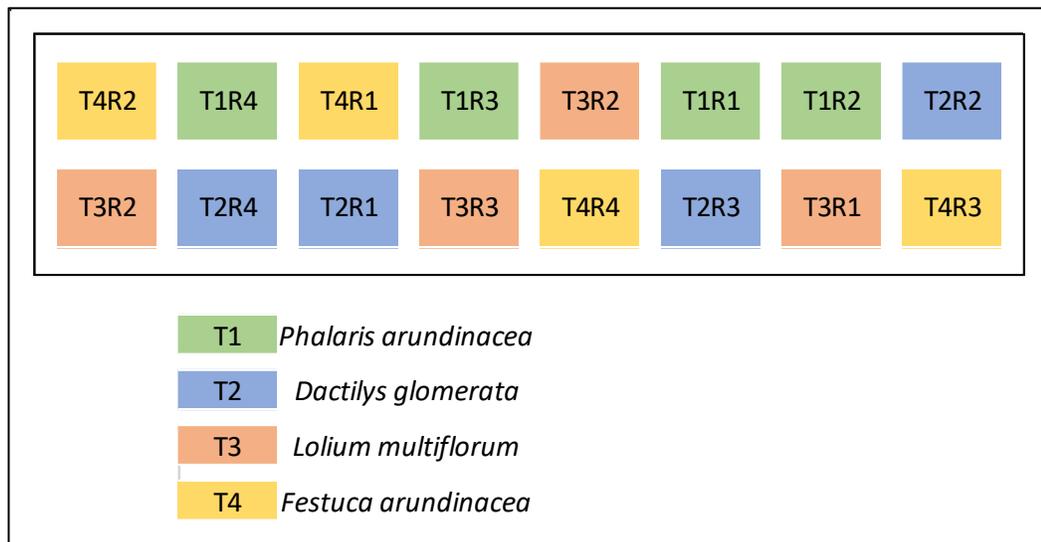
Codificación de tratamientos y distribución

Se eligió el área dónde se ubicaron las unidades experimentales, teniendo en cuenta que las condiciones climáticas sean similares en todos los tratamientos, así mismo para evitar el error experimental, es por ello que se ubicaron aleatoriamente. Cada uno de los 16 baldes tuvo un recipiente como base, que sirvió para recoger el agua filtrada producto del riego de las plantas.

Posteriormente se codificó y ubicó cada tratamiento en la plataforma del área de Pastos y Forrajes del INIA según la distribución mostrada en la Figura 9.

Figura 9

Codificación de Tratamientos y Repeticiones



Trasplante y corte de gramíneas:

Posteriormente se extrajeron las plantas de las gramíneas de las parcelas de la EEA-Baños del Inca – INIA, se limpiaron las raíces y se trasplantaron las cuatro especies de gramíneas consideradas en los tratamientos (Figura 10B,10C), a los recipientes

respectivos al orden y distribución explicados en la Figura 9. Una vez trasplantadas fueron podadas y se evaluó el desempeño en su nuevo crecimiento (Figura 10D, 10E)

Figura 10

Preparación del experimento 2° parte



Parámetros evaluados

A. Nitrógeno en el suelo

Después de 30 días de haber trasplantado las gramíneas se tomó la muestra de suelo, a aproximadamente 25 centímetros de profundidad de la superficie, se extrajo alrededor de 500 gramos de suelo de cada tratamiento (Figura 11A), se colocó en una bolsa de plástico cada muestra (Figura 11B) y se las llevó al

laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria, en donde se realizó el análisis de Nitrógeno (N) en el suelo mediante el Método Kjeldahl.

B. Análisis de Nitrógeno en Agua

A los 30 días de la experimentación, se retiraron los baldes de las unidades experimentales de tal manera que nos permitiera tomar muestras del agua lixiviada que fue recolectada en los recipientes de la base (Figura 11C), a continuación, se vertió el líquido elemento en un recipiente medidor para conocer la cantidad de agua que se había recogido en cada una de ellas (Figura 11D); luego se llevaron las muestras al Laboratorio Regional de Agua en donde fueron analizadas para determinar la cantidad de Nitrógeno total (N) en mg/L.

Figura 11

Toma de Muestras, Suelo y Agua



C. Análisis de Nitrógeno en Follaje

Primero se realizó el corte de la pastura de cada tratamiento por separado con ayuda de tijeras y hoz, este Follaje cortado se colocó en bandejas de forma ordenada, después se pesó el Follaje verde utilizando la balanza de precisión (Sartorius, modelo-1501) (Figura 12A, 12B, 12C).

Posteriormente, se llevó el Follaje verde cortado y pesado al Laboratorio de Pastos y Forrajes en donde fue introducido en la estufa (MRC– ST 140) a 60° C durante 24 horas (Figura 12D,12E).

Una vez pasado el tiempo establecido en la estufa, se pesó nuevamente cada tratamiento para determinar el peso de la materia seca (Figura 12F).

Después de pesar, cada tratamiento fue triturado en el molino de materia seca (IP54), una vez triturado las muestras fueron etiquetadas en bolsas de papel y llevadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca (EEABI), en dónde se realizó el análisis de Nitrógeno (N) en Follaje (Figuras 12G, 12H, 12I).

Figura 12

Toma de Muestras, Follaje



D. Análisis de Nitrógeno en la raíz

Se realizó la extracción de las raíces de las muestras, luego se limpiaron de tal manera que quedaron libres de tierra, de esta manera se evita alteraciones en los análisis posteriores (Figura 13A, 13B); se cortó el Follaje dejando solo las raíces y estas se pesaron en la balanza de precisión (Sartorius 1501) para obtener el valor del peso de la raíz verde (Figura 13C, 13D, 13E).

Después las llevamos al Laboratorio de Pastos y Forrajes para introducirlas en la estufa (MRC – ST 140), a 60°C durante 24 horas, una vez pasado el tiempo determinado se procedió a pesar la materia seca de las raíces (Figura 13F, 13G); habiendo obtenido el peso de la materia seca se trituraron las raíces en el molino de materia seca (IP54) para ser embolsadas, etiquetadas y finalmente llevarlas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca (EEABI), en dónde se realizó el análisis de Nitrógeno (N) en raíces (Figuras 13H, 13I, 13J).

Figura 13

Toma de muestra, Raíz



Materiales:

- Bandejas para plantas
- Baldes
- Bolsas plásticas y de papel
- Tijeras
- Cautil
- Hoz
- Ficha de campo
- Material de escritorio

Equipos:

- Balanza de precisión (Sartorius 1501)
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Estufa eléctrica (MRC – DFI)
- GPS
- Molino pulverizador (IP54)

Instrumentos

- Ficha de campo.
- Ficha de registro de muestras.
- Ficha de resultados
- Ficha de control

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realizó el análisis de homogeneidad de varianzas y normalidad de los datos con la finalidad de aplicar el Modelo Lineal General (GLM), donde se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para datos paramétricos. Para la comparación de medias se realizó mediante la Prueba de máxima diferencia significativa - HSD Tukey ($p < 0.05$). Para todo ello se utilizó el software estadístico de Infostat V. 2020.

3.8. Interpretación de datos

La interpretación de datos se realizó una vez obtenidos los resultados con los datos experimentales y después de realizar las pruebas estadísticas correspondientes y explicadas en el ítem 3.7.

- ANOVA: Análisis de varianza (ANOVA) es una excelente herramienta estadística, de gran utilidad tanto en la industria, para el control de procesos, como en el laboratorio de análisis y control de métodos analíticos; nos sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Los ejemplos de aplicación son múltiples, pudiéndose agrupar, según el objetivo que persiguen, en dos principalmente: la comparación de múltiples columnas de datos y la estimación de los componentes de variación de un proceso (Grupo de Innovación Educativa [INNOVAMIDE], 2010).
- Prueba de Tukey: Es la prueba más aplicada y preferida por los estadísticos, pues controla de mejor manera los dos errores ampliamente conocidos en la estadística (α y β) (Montgomery 2003). Esta prueba permite hacer todas las posibles comparaciones de tratamientos de dos en dos, y por eso se considera la más completa de las tres pruebas aquí descritas. Es de fácil cálculo puesto que se define

un solo comparador, resultante del producto del error estándar de la media por el valor tabular en la tabla de Tukey usando como numerador el número de tratamientos y como denominador los grados de libertad del error. Dado que el análisis de varianza acusa un efecto significativo, la prueba de Tukey provee un nivel de significancia global de α cuando los tamaños de las muestras son iguales y de β a lo sumo a cuando no son iguales. Se basa en la construcción de intervalos de confianza de las diferencias por pares. Si estos intervalos incluyen al 0, entonces no se rechaza la hipótesis nula (WONG, 2010).

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

En la tabla 4 se detallan los valores de Nitrógeno (N) en agua, suelo, Follaje y raíz obtenidos en cada uno de los tratamientos.

Tabla 4

Valores de Nitrógeno en agua, Suelo, Follaje y Raíz

Código	Nitrógeno en el Agua (g/L)	Nitrógeno en el Suelo (g/Kg)	Nitrógeno en Follaje (g/Kg MS)	Nitrógeno en Raíz (g/Kg MS)
T1	1,45	64,26	8,35	5.81
	1,40	83,3	8,61	5.57
	1,51	78,54	6,66	5.41
	1,43	65,45	8,20	5.61
T2	1,05	64,26	6,07	6.21
	1,32	83,30	5,87	5.57
	1,76	52,36	6,17	6.42
	2,92	78,54	6,17	6.05
T3	4,65	65,45	3,78	1.24
	4,71	69,02	6,04	1.06
	4,90	64,26	5,01	1.10
	4,35	66,64	3,43	1.12
T4	4,88	63,07	5,87	4.31
	4,59	88,06	7,41	4.03
	4,58	67,83	6,28	4.09
	5,47	71,40	3,99	4.13

Fuente: Elaboración Propia

T1: Phalaris (*Phalaris arundinacea*); T2: Dactylis (*Dactylis glomerata*); T3: Ryegrass (*Lolium Multiflorum Lam.*); T4: Festuca (*Festuca arundinacea*)

En la Tabla 5 se encuentran las cantidades de agua lixiviada en mililitros (ml) y litros (l) de cada tratamiento que fueron medidas con la ayuda de jarras medidoras y probetas

Tabla 5

Cantidades de Agua Lixiviada por Tratamiento

Tratamiento	Cantidad en (ml)	Cantidad en (l)
T1	810	0,81
	725	0,73
	750	0,75
	735	0,74
T2	425	0,43
	540	0,54
	670	0,67
	1525	1,53
T3	1760	1,76
	1725	1,73
	1945	1,95
	1625	1,63
T4	1450	1,45
	1540	1,54
	1700	1,70
	1740	1,74

Fuente: Elaboración Propia

T1: Phalaris (*Phalaris arundinacea*); T2: Dactylis (*Dactylis glomerata*); T3: Ryegrass (*Lolium Multiflorum Lam.*); T4: Festuca (*Festuca arundinacea*)

En la Tabla 6 se muestran los pesos en gramos (gr) del Follaje verde (P.F.V) y de la materia seca (P.M.S) de cada tratamiento.

Tabla 6

Peso de Follaje Verde y Materia Seca

Tratamiento	Peso Forraje Verde (g)	Peso Materia Seca (g)
T1	159	21,87
	104	22,55
	74	17,45
	138	21,48
T2	66,3	18,85
	80	18,20
	76	19,14
	63	19,15
T3	59	14,63
	64	23,40
	55	19,43
	39	13,30
T4	134	19,50
	84	24,60
	50	20,86
	49	13,25

Fuente: Elaboración Propia

T1: Phalaris (*Phalaris arundinacea*); T2: Dactylis (*Dactylis glomerata*); T3: Ryegrass (*Lolium Multiflorum Lam.*); T4: Festuca (*Festuca arundinacea*)

En la Tabla 7 se muestran los pesos en gramos (gr) de la raíz verde y de la materia seca de cada tratamiento.

Tabla 7

Peso de Raíz Verde y Materia Seca

Tratamiento	Peso Raíz Verde (gr)	Peso Materia Seca (gr)
T1	264	103,7
	248	99,5
	236	96,7
	253	100,2
T2	298	110,9
	258	99,5
	312	114,7
	283	108
T3	35	22,2
	20	19
	26	19,6
	29	20
T4	200	76,9
	168	72
	180	73
	172	73,7

Fuente: Elaboración Propia

T1: Phalaris (*Phalaris arundinacea*); T2: Dactylis (*Dactylis glomerata*); T3:

Ryegrass (*Lolium Multiflorum Lam.*); T4: Festuca (*Festuca arundinacea*)

Tabla 8*Promedios de los Valores de Nitrógeno Total en Agua, Suelo, Follaje y Raíces*

Tratamiento	Nitrógeno Total en Agua (g/L)	Nitrógeno Total en Suelo (g/kg)	Nitrógeno Total en Follaje (g/kg MS)	Nitrógeno Total en Raíces (g/kg MS)	Σ Nitrógeno Total (g)
T1	1.45 a	72.89	7.96 a	5.60b	87.89
T2	1.76 a	69.62	6.07 ab	6.06a	83.51
T3	4.65 b	66.34	4.57 b	1.13d	76.70
T4	4.88 b	72.59	5.89 ab	4.14c	87.50
<i>valor - p</i>	<i><0.0001</i>	<i>0.7795</i>	<i>0.0047</i>	<i><0.0001</i>	<i>0.4110</i>

Fuente: Elaboración Propia

T1: *Phalaris (Phalaris arundinacea)*; T2: *Dactylis (Dactylis glomerata)*; T3: Ryegrass (*Lolium Multiflorum Lam.*); T4: *Festuca (Festuca arundinacea)* Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas. Test de Tukey (p<0.05)

Tabla 9*Valores promedio de la eficiencia fitorremediadora entre los tratamientos*

Pasturas	Eficiencia fitorremediadora (%)
T1 (<i>Phalaris arundinacea</i>)	18.51a
T2 (<i>Dactylis glomerata</i>)	17.65a
T3 (<i>Lolium multiflorum Lam.</i>)	8.01b
T4 (<i>Festuca arundinacea</i>)	13.05ab
<i>valor - p</i>	<i>0.0010</i>

Fuente: Elaboración Propia

T1: *Phalaris (Phalaris arundinacea)*; T2: *Dactylis (Dactylis glomerata)*; T3: Ryegrass (*Lolium Multiflorum Lam.*); T4: *Festuca (Festuca arundinacea)* Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas. Test de Tukey (p<0.05).

Tabla 10*Tabla de Análisis de Varianza de Nitrógeno en el Agua (g/l)*

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor
Tratamiento	40.28	3	13.43	59.06	<0.0001
Error	2.73	12	0.23		
Total	43.00	15			

Promedio: 3.19; Desviación estándar: 1.69

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11*Tabla de Análisis de Varianza de Nitrógeno en el Suelo (g/Kg)*

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor
Tratamiento	112.23	3	37.41	0.36	0.7795
Error	1229.88	12	102.49		
Total	1342.11	15			

Promedio: 70.36; Desviación estándar: 9.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12*Tabla de Análisis de Varianza de Nitrógeno en el Follaje (g/Kg MS)*

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor
Tratamiento	23.37	3	7.79	7.34	0.0047
Error	12.73	12	1.06		
Total	36.10	15			

Promedio: 6.12; Desviación estándar: 1.55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13*Tabla de Análisis de Varianza de Nitrógeno en la Raíz (g/Kg MS)*

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor
Tratamiento	338.53	3	112.84	62.25	<0.0001
Error	21.75	12	1.81		
Total	360.28	15			

Promedio: 4.23; Desviación estándar: 2.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14*Tabla de análisis de varianza de Nitrógeno Total (g/Kg)*

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor
Tratamiento	708.39	3	236.13	2.65	0.0962
Error	1068.03	12	89.00		
Total	1776.42	15			

Promedio: 83.90; Desviación estándar: 10.23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15*Tabla de análisis de varianza de Eficiencia Fitorremediadora (g/Kg)*

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor
Tratamiento	280.03	3	93.34	10.76	0.0010
Error	104.11	12	8.68		
Total	384.14	15			

Promedio: 14.30; Desviación estándar: 5.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16*Prueba de Normalidad _ Shapiro Wilks*

Variable	W*	p-valor
Nitrógeno en agua (g/L)	0.97	0.0803
Nitrógeno en suelo (g/Kg)	0.92	0.3010
Nitrógeno en follaje (g/Kg MS)	0.91	0.2731
Nitrógeno en raíz (g/MS)	0.98	0.0609
Nitrógeno Total	0.93	0.4224
% eficiencia	0.98	0.1500

Tabla 17*Homogeneidad de Varianzas _ Levene*

Variable	Estadística de prueba	p-valor
Nitrógeno en agua (g/L)	2.14	0.148
Nitrógeno en suelo (g/kg)	2.67	0.095
Nitrógeno en follaje (g/kg MS)	1.66	0.228
Nitrógeno en Raíz (g/MS)	1.82	0.198
Nitrógeno total	2.10	0.154
% eficiencia	2.58	0.102

Figura 14

Normalidad de Nitrógeno en el Agua(g/L)

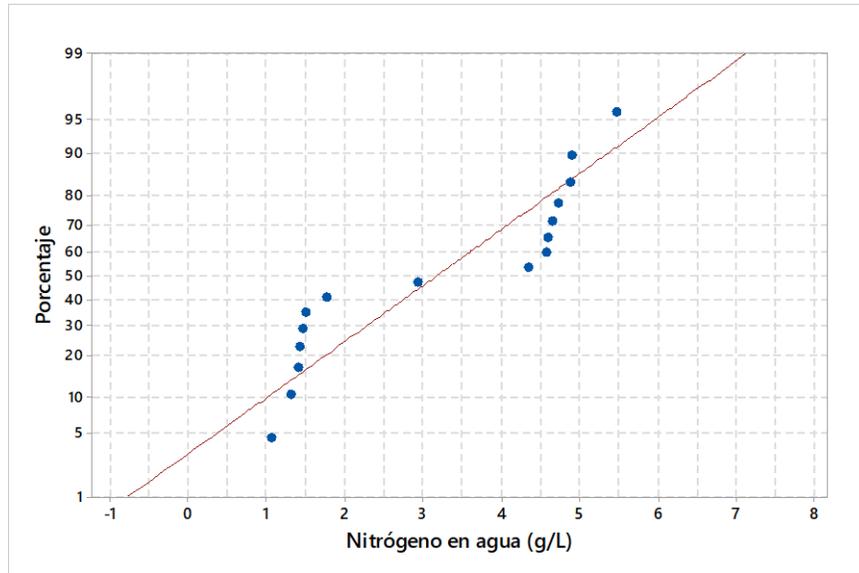


Figura 15

Normalidad de nitrógeno en el suelo (g/Kg)

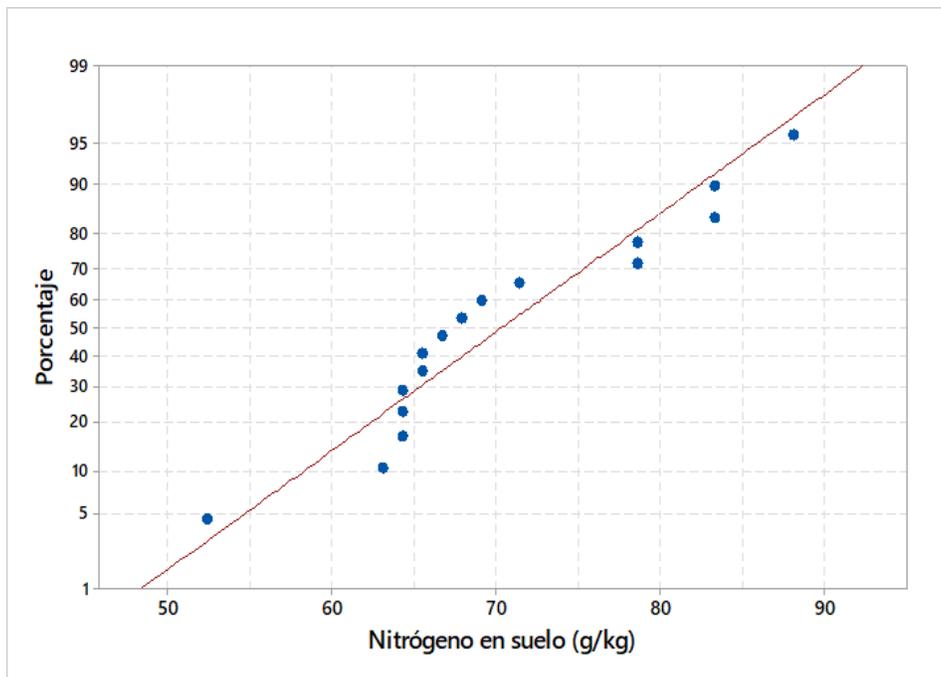


Figura 16

Normalidad de nitrógeno en el follaje (g/Kg MS)

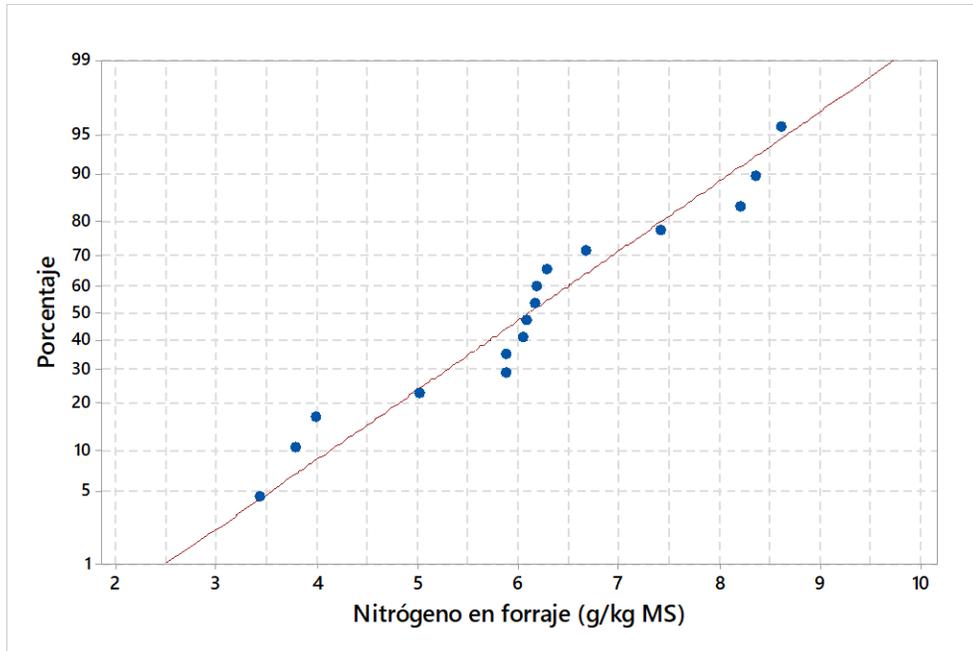


Figura 17

Normalidad de nitrógeno en la raíz (g/Kg MS)

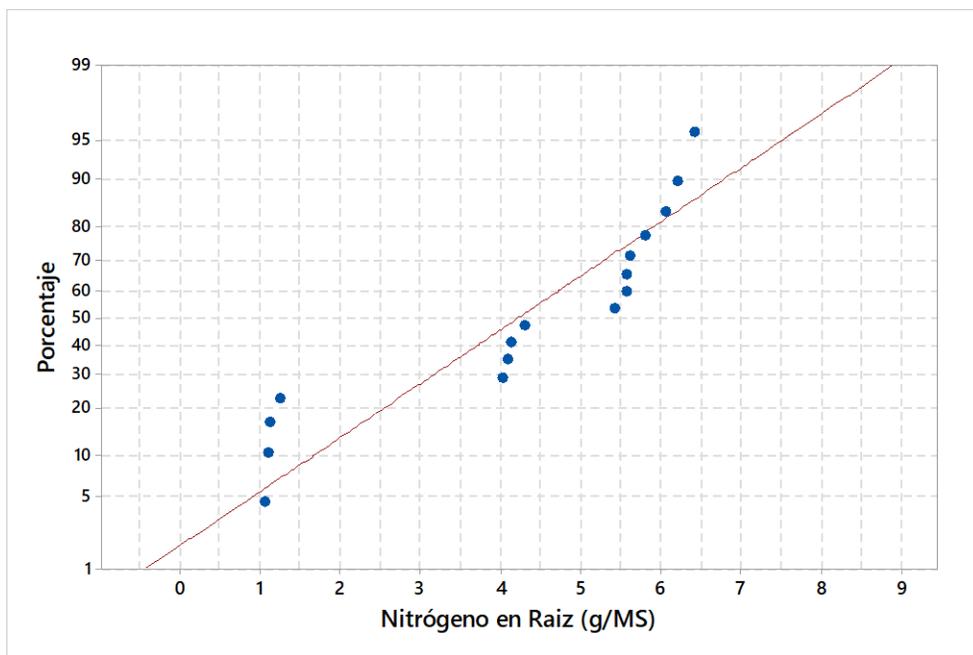


Figura 18

Normalidad de nitrógeno total

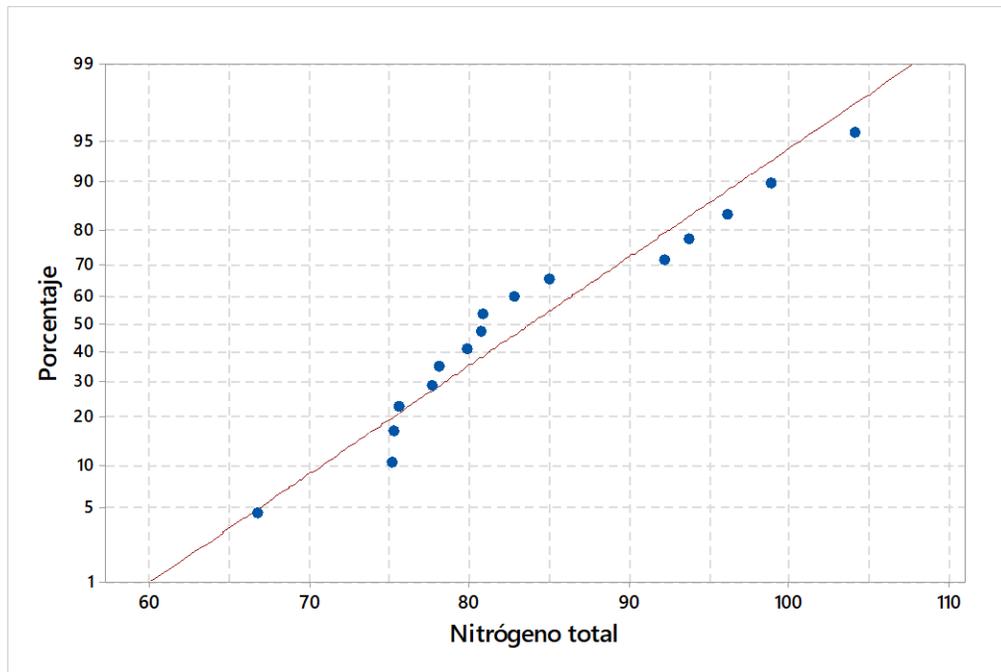


Figura 19

Normalidad de porcentaje de eficiencia fitorremediadora

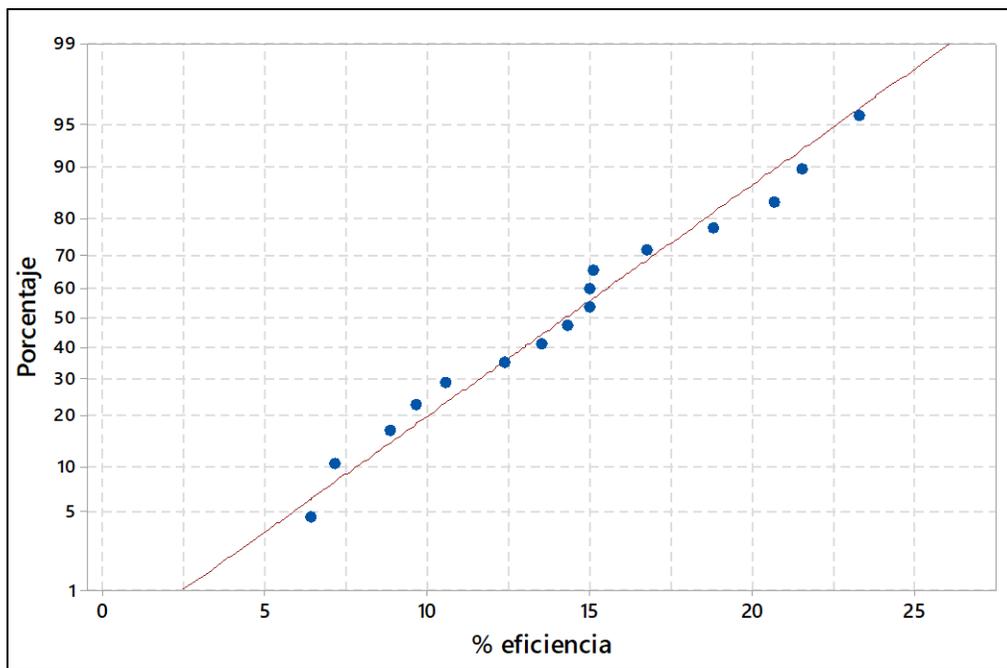


Figura 20

Homogeneidad de varianzas – nitrógeno en el agua (g/L)

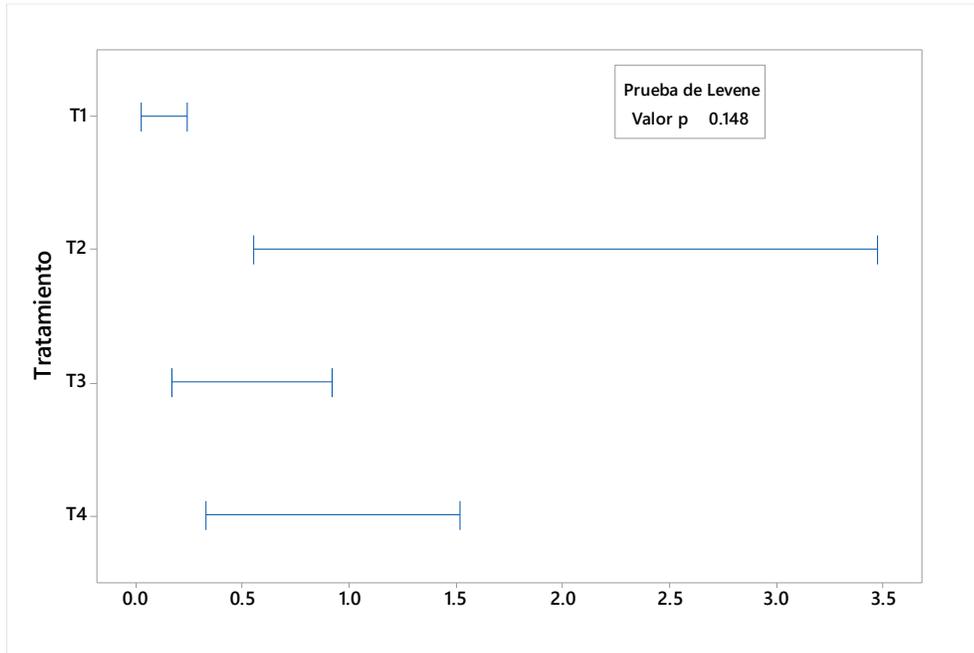


Figura 21

Homogeneidad de varianzas – nitrógeno en el suelo (g/Kg)

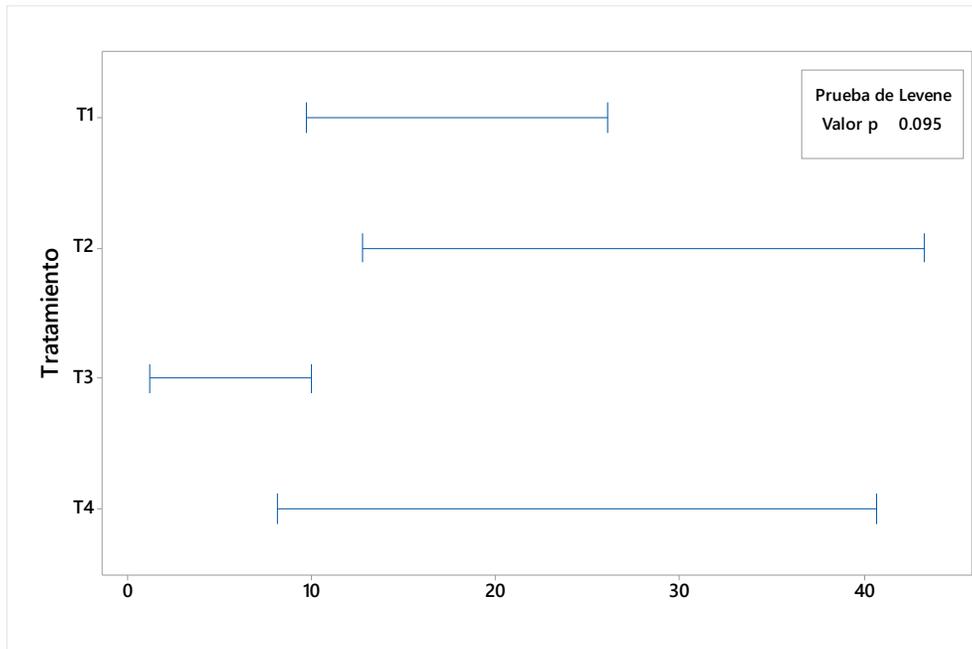


Figura 22

Homogeneidad de varianzas – nitrógeno en el follaje (g/Kg MS)

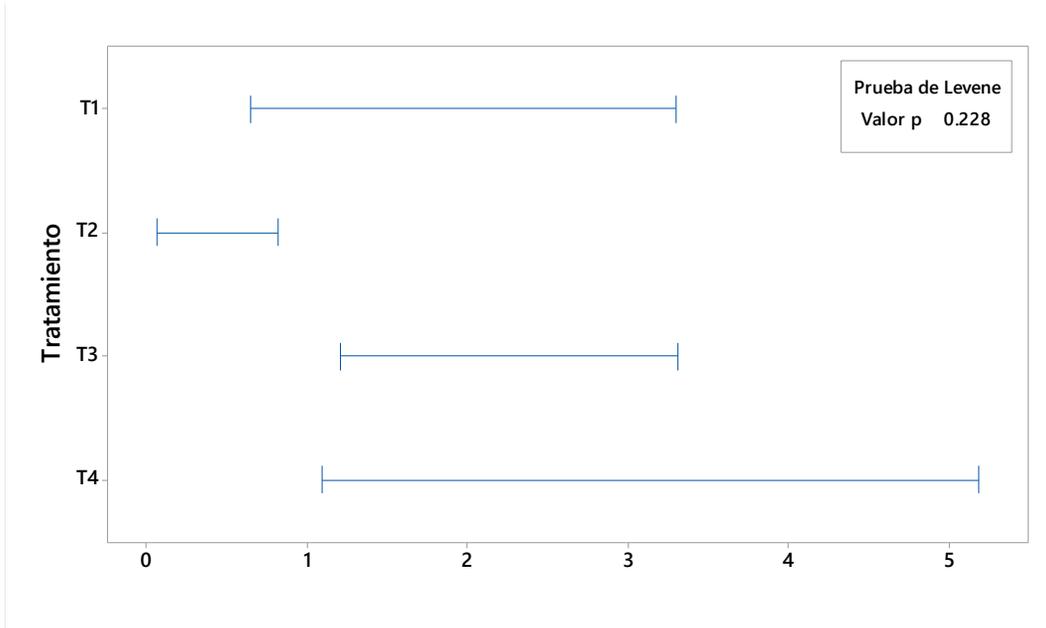


Figura 23

Homogeneidad de varianzas – nitrógeno en la raíz (g/Kg MS)

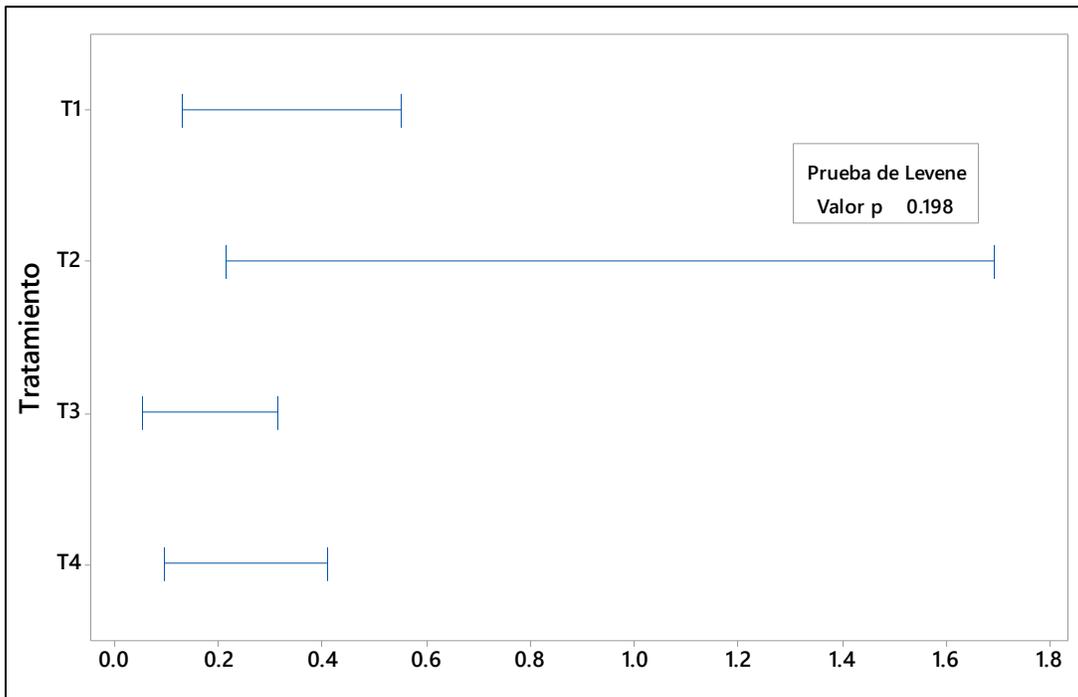


Figura 24

Homogeneidad de varianzas – Nitrógeno total

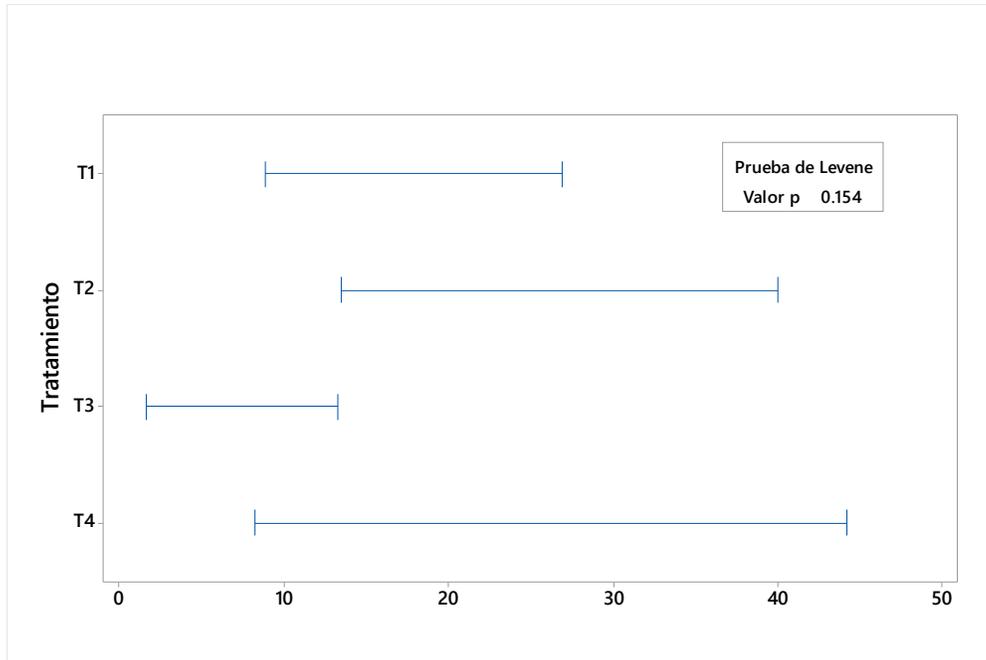
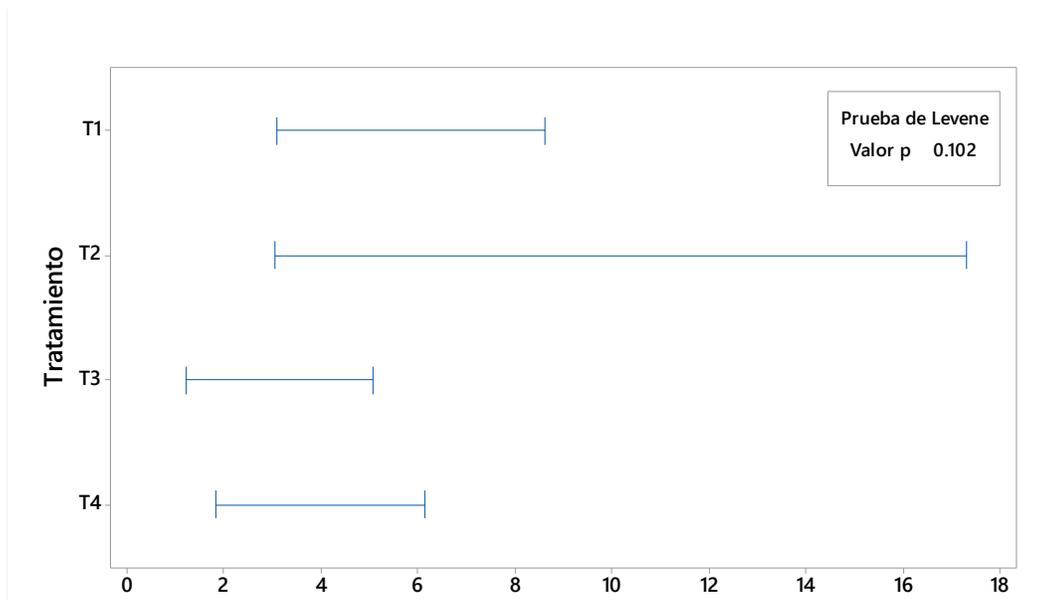


Figura 25

Homogeneidad de varianzas – Eficiencia fitorremediadora



4.2. Análisis e interpretación de resultados

En la Tabla 4 se muestran los valores obtenidos para el nitrógeno presente en el agua lixiviada, esta ha sido obtenida en el agua filtrada en los maceteros, posterior a los riegos realizados, los valores fueron de 1,43 hasta 1,51 g/l en el T1 Phalaris (*Phalaris arundinacea*), para el T2 Dactylis (*Dactylis glomerata*) los valores se encuentran entre 1.05 y 2.92 g/l, en cambio, el T3 Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) obtuvo valores de 4.35 a 4.90 g/l y finalmente en el T4 Festuca (*Festuca arundinacea*) se encontraron valores de 4.58 hasta 5.47 g/l.

Para el contenido de nitrógeno en el suelo se encontraron valores de 64,26 hasta 83.30 g/kg para el T1 Phalaris (*Phalaris arundinacea*), valores de 52,36 g/kg hasta 83.30 g/kg para el T2 Dactylis (*Dactylis glomerata*), para el T3 Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) los valores se encuentran entre 64.26 g/kg hasta 69.02 g/kg, y para el T4 Festuca (*Festuca arundinacea*) los valores están entre 63.07 hasta 88.06 g/kg.

La cantidad de nitrógeno en el Follaje en el T1 Phalaris (*Phalaris arundinacea*) se encuentra desde 6.60 g/kg MS hasta 8.61 g/kg MS, en el caso del T2 Dactylis (*Dactylis glomerata*) desde 5.87 g/kg MS hasta 6.17, los valores del T3 Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) están entre 3.43 g/kg MS a 6.04 g/kg MS y por ultimo los valores del T4 Festuca (*Festuca arundinacea*) están desde 3.99 g/kg MS hasta 7.41 g/kg MS.

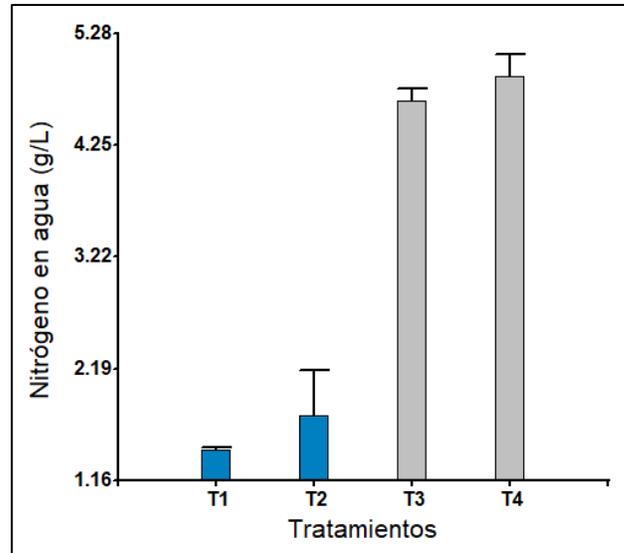
Finalmente, los valores de nitrógeno en la raíz del T1 Phalaris (*Phalaris arundinacea*) están entre 5.41 g/kg MS a 5.81 g/kg MS, del T2 Dactylis (*Dactylis glomerata*) se encuentran de 5.57 g/kg MS a 6.42 g/kg MS, en el T3 Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) los valores se comprenden del 1.06 g/kg MS al 1.24 g/kg MS, y en el T4 Festuca (*Festuca arundinacea*) corresponden del 4.03 hasta el 4.31 g/kg MS.

4.2.1. Análisis e interpretación de resultados de Nitrógeno (N) en el agua

En la Figura 26 se detalla la gráfica que representa la cantidad promedio de nitrógeno contenido en agua (g/L).

Figura 26

Nitrógeno en Agua (g/L)



Fuente: Elaboración Propia

T1: Phalaris (*Phalaris arundinacea*); T2: Dactylis (*Dactylis glomerata*); T3: Ryegrass (*Lolium Multiflorum Lam.*); T4: Festuca (*Festuca arundinacea*)

En la tabla 8 se observa los valores promedio de Nitrógeno en el agua lixiviada del T1 es de 1.45 g/l, del T2 es de 1.76 g/l, en el T3 es 4.65 g/l, y en el T4 es 4.88 g/l. Aquí podemos apreciar que la cantidad de N en el agua lixiviada de los tratamientos T1 - Phalaris (*Phalaris arundinacea*) y T2 - Dactylis (*Dactylis glomerata*) son estadísticamente similares, pero diferentes a los T3 y T4 ($p < 0.05$); lo mismo sucede con los tratamientos T3 - Lolium (*Lolium multiflorum Lam.*) y T4 - Festuca (*Festuca arundinacea*) que también son estadísticamente similares (Figura 26). Los tratamientos T1 y T2 tuvieron menor cantidad de

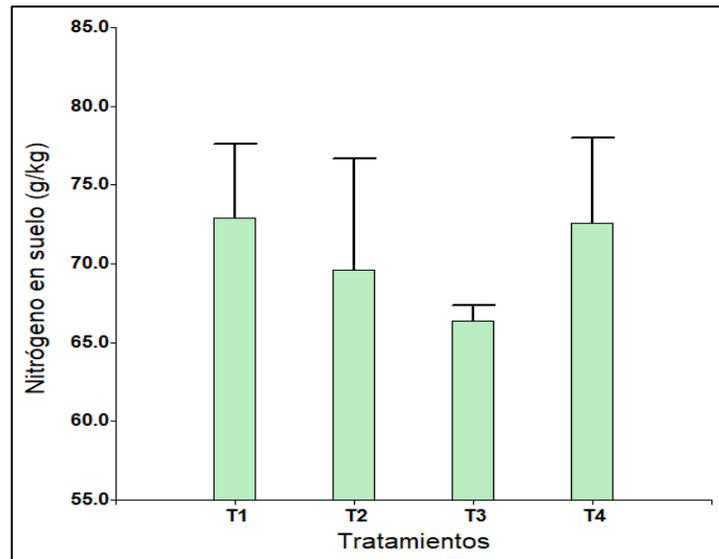
Nitrógeno, ello puede significar que estas especies de gramíneas tengan mejores capacidades de fitorremediación, pues evitan que este componente volátil se pierda en el agua.

4.2.2. Análisis e interpretación de resultados de Nitrógeno (N) en el suelo

En la Figura 27 se presenta la gráfica de comparación de medias entre los tratamientos para el contenido de Nitrógeno en el suelo.

Figura 27

Nitrógeno en Suelo (g/L)



Fuente: Elaboración propia

T1: Phalaris (*Phalaris arundinacea*); T2: Dactylis (*Dactylis glomerata*); T3: Ryegrass (*Lolium Multiflorum Lam.*); T4: Festuca (*Festuca arundinacea*)

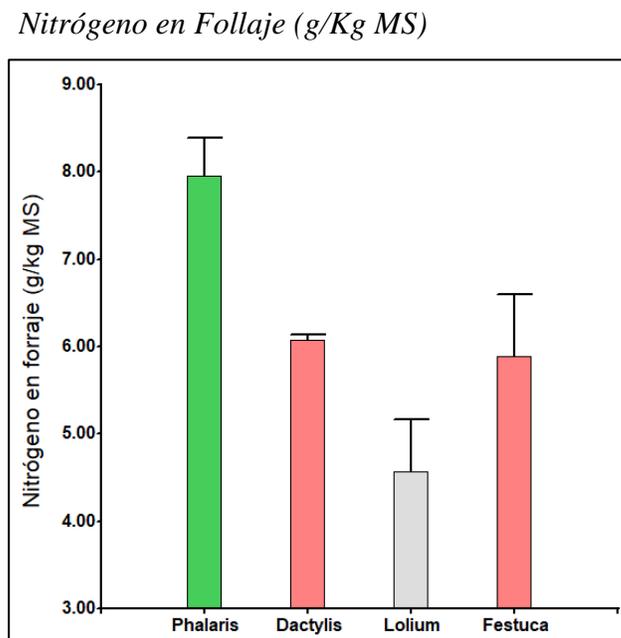
El valor promedio de nitrógeno en el suelo del T1 es de 72.89 g/kg, del T2 es 69.62 g/kg, del T3 es de 66.34 g/kg y del T4 es 72.59. En la figura 27 representa los intervalos de significancia para el Nitrógeno en el suelo, donde se muestra que no hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los cuatro tratamientos, lo que quiere decir que las cantidades de N total en el suelo no difieren entre las

especies estudiadas. Esto demuestra que la capacidad de absorber el contenido de nitrógeno del suelo sería similares en las cuatro especies.

4.2.3. Análisis e interpretación de resultados de Nitrógeno (N) en el Follaje

En la Figura 28 se muestra la comparación para los promedios obtenidos en cada tratamiento para el contenido de nitrógeno en el Follaje (área foliar), a una edad de 30 días de corte.

Figura 28



Fuente: Elaboración propia

T1: Phalaris (*Phalaris arundinacea*); T2: Dactylis (*Dactylis glomerata*); T3: Ryegrass (*Lolium Multiflorum Lam.*); T4: Festuca (*Festuca arundinacea*)

El nitrógeno total contenido en la materia seca (MS) del Follaje o parte foliar de las especies evaluadas fue diferente entre tratamientos ($p < 0.05$), donde se encontró valores promedio de 7.96 g/kg MS, 6.07 g/kg MS, 4.57 g/kg MS, y 5.89 g/kg MS para el T1, T2, T3 y T4 respectivamente. Como se puede apreciar, la

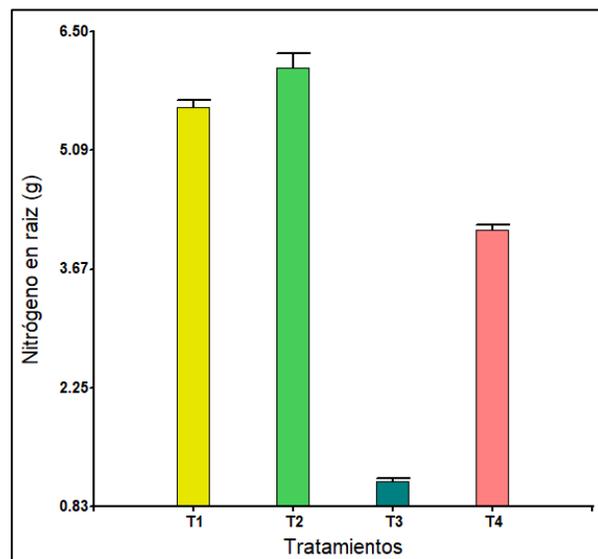
gramínea que tiene mayor capacidad de absorción de N en el Follaje corresponde al T1 Phalaris - (*Phalaris arundinacea*), lo opuesto ocurre con el T3 - Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) la especie que obtuvo la menor cantidad de Nitrógeno; los tratamientos T2 - Dactylis (*Dactylis glomerata*) y T4 - Festuca (*Festuca arundinacea*) son estadísticamente similares ($p < 0.05$) en su capacidad de absorción de N y se encuentran en nivel intermedio comparándolos con el T1 y T3 (Figura 28).

4.2.4. Análisis e interpretación de resultados de Nitrógeno (N) en la raíz

Como se muestra en la Figura 29, hay diferencias estadísticas para el contenido de nitrógeno en la raíz entre los tratamientos.

Figura 29

Nitrógeno en Follaje (g/Kg MS)



Fuente: Elaboración propia

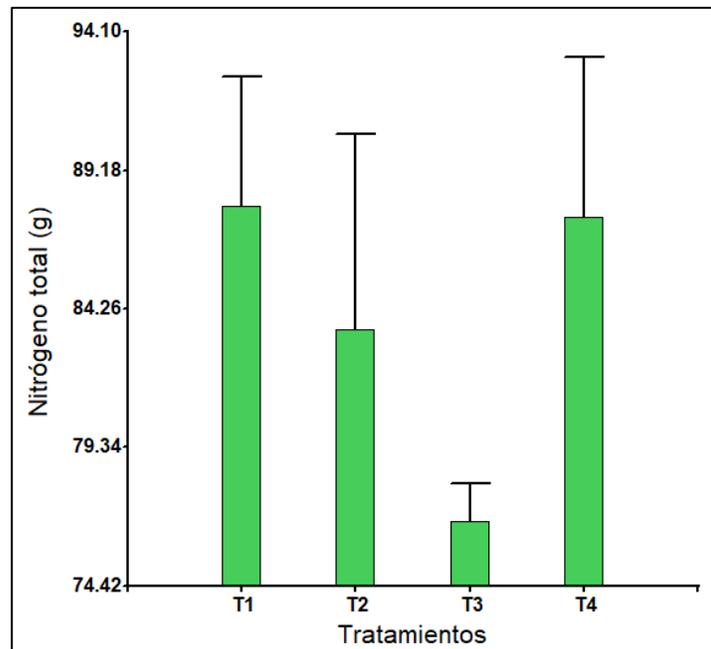
T1: Phalaris (*Phalaris arundinacea*); T2: Dactylis (*Dactylis glomerata*); T3: Ryegrass (*Lolium Multiflorum Lam.*); T4: Festuca (*Festuca arundinacea*)

Se ha encontrado que el valor promedio de nitrógeno en la raíz del T1 es 5.60 g/kg MS, del T2 es 6.06 g/kg MS, del T3 es 1.13 g/kg MS y del T4 es 4.14 g/kg MS, encontrándose diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre todos los tratamientos (Figura 29), la gramínea del T2 - *Dactylis (Dactylis glomerata)* es la que más cantidad de nitrógeno absorbió; en segundo lugar, está el T1 - *Phalaris (Phalaris arundinacea)*, en tercer lugar, se ubica el T4 - *Festuca (Festuca arundinacea)* y por último el T3 - *Ryegrass (Lolium multiflorum Lam.)* siendo el tratamiento que menor cantidad de nitrógeno se encontró en la raíz.

4.2.5. Análisis e interpretación de resultados de Nitrógeno (N) total

Figura 30

Nitrógeno total



Fuente: Elaboración propia

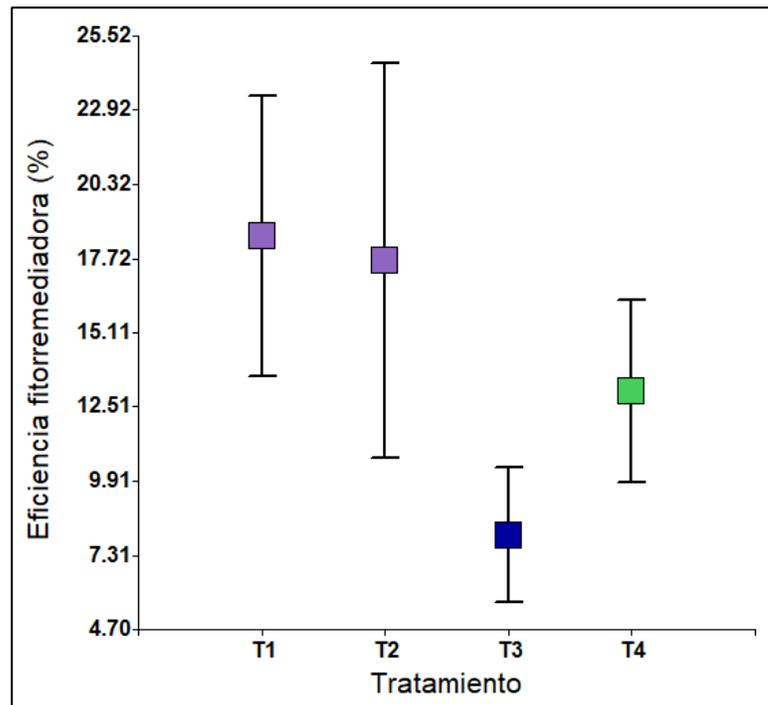
T1: *Phalaris (Phalaris arundinacea)*; T2: *Dactylis (Dactylis glomerata)*; T3: *Ryegrass (Lolium Multiflorum Lam.)*; T4: *Festuca (Festuca arundinacea)*

En cuanto al nitrógeno total en la figura 30 se puede apreciar que el contenido en cada tratamiento no muestra diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) además se puede apreciar que en el T3 el N que ha sido distribuido entre suelo, Follaje, raíz y agua es menor que el T1, T2 y T4, por lo cual asumimos que el porcentaje restante fue volatilizado en mayor cantidad que el resto de tratamientos.

4.2.6. Análisis e interpretación de eficiencia fitorremediadora

Figura 31

Grafica de barras y bigotes para mostrar los intervalos de confianza (95%) del porcentaje de la eficiencia fitorremediadora para la extracción de nitrógeno de las cuatro especies de gramíneas



Fuente: Elaboración propia

T1: Phalaris (*Phalaris arundinacea*); T2 Dactylis (*Dactylis glomerata*); T3: Ryegrass (*Lolium Multiflorum Lam.*); T4: Festuca (*Festuca arundinacea*)

En la Tabla 9 y Figura 31 se muestra la eficiencia fitorremediadora para la extracción de nitrógeno de las cuatro especies de gramíneas, teniendo como resultado que el T1 y T2 son estadísticamente similares ($p < 0.05$) pues ambos tienen una eficiencia fitorremediadora de 18,51% y 17,65 % respectivamente, seguido por el T4 con una eficiencia fitorremediadora de 13,05% y en último lugar se encuentra el T3 con 8,01% siendo este último el menos eficiente en fitorremediación de suelos nitrogenados.

4.3. Comprobación de hipótesis

Habiendo sido procesados los resultados en el programa estadístico mediante un análisis de varianza (ANOVA) y posterior a ello realizado el test de Tukey teniendo como referencia que si:

- $p < 0.05$ = se rechaza la hipótesis nula, se acepta la hipótesis alternativa.
- $p > 0.05$ = se rechaza la hipótesis alternativa, se acepta la hipótesis nula.

Con el valor $- p = 0,0010$ obtenido (Tabla 9) podemos afirmar que se rechaza la hipótesis nula (H_0): “La eficiencia fitorremediadora de las gramíneas Forrajeras; Phalaris (*Phalaris arundinacea*), Dactylis (*Dactylis glomerata*), Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) y Festuca (*Festuca arundinacea*) son similares para suelos con exceso de nitrógeno proveniente de un indiscriminado abonamiento” y se acepta la hipótesis alternativa (H_1): “Las gramíneas Forrajeras; Phalaris (*Phalaris arundinacea*), Dactylis (*Dactylis glomerata*), Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) y Festuca (*Festuca arundinacea*) son diferentes en su porcentaje de eficiencia fitorremediadora de suelos con exceso de nitrógeno proveniente de un indiscriminado abonamiento”.

4.4. Discusión de resultados

El antecedente más cercano con el que el presente estudio se puede comparar es con “Eficiencia de la Alfalfa (*Medicago Sativa* L.) en la reducción de Nitratos en suelos contaminados por Lixiviados de Residuos Sólidos Urbanos en condición ex situ, lima 2016”, el antecedente mencionado consideró 3 diferentes cantidades de contaminante (30 ml, 25 ml, 0 ml) en tres rangos de tiempo predeterminados (25, 50 y 75 días) obteniendo como resultado que la capacidad de absorción es mayor conforme mayor tiempo de contacto tiene la planta con el tratamiento y mientras menor sea la cantidad de contaminante aplicado (C1=3,8%, C2= 14,78% y C3 = 55,2%); por otro lado nuestros resultados se han basado en determinar la eficiencia fitorremediadora de 4 especies distintas en un solo rango de tiempo (30 días), el orden de eficiencia fitorremediadora de mayor a menor por cada especie es el siguiente: (*Phalaris arundinacea*) con 18,51% ; (*Dactylis glomerata*) con 17,65%, (*Festuca arundinacea*) con 13,05 % y (*Lolium Multiflorum Lam.*) con 8,01%; por lo tanto podemos decir que la alfalfa tiene menores porcentajes de absorción de nitrato a comparación de las 4 gramíneas forrajeras utilizadas, pues estas poseen mayor porcentaje de absorción de nitrógeno en el suelo.

En el estudio “Asimilación y evaluación de Pb, Cd, Fe y Zn en los relaves de Quiulacocha utilizando procesos de cobertura biológica –2019” utilizaron las gramíneas *Stipa Ichu* y la *Festuca Dolichophylla*, afirmando que estas gramíneas estudiadas tienen efectividad de absorción de metales: *Stipa Ichu* (Pb,17.32% en C6; Cd, 3.68% en C6; Fe, 14.6% en C6 y Zn, 8.44% en C6); *Festuca Dolichophylla* (Pb, 8.22% en C6; Cd, 3.92% en C6; Fe, 6.78% en C6 y Zn, 4.47% en C6) por lo tanto

comparándolo con la presente investigación podemos decir que las gramíneas además de ser efectivas en la absorción de metales, también son efectivas para la absorción de nitrógeno proveniente del exceso de abonamientos frecuentes.

Con respecto al estado inicial del suelo antes de trasplantar las 4 gramíneas, contenía una cantidad de 25,25 g de Nitrógeno para lo cual se le añadió un total de 179 g de urea con la finalidad de recrear la situación actual de un suelo contaminado por exceso de nitrógeno proveniente de fertilizante para posteriormente proceder con el trasplante y remediación de estos suelos con el uso de (*Phalaris arundinacea*); (*Dactylis glomerata*); (*Lolium Multiflorum Lam.*); (*Festuca arundinacea*).

Con referencia al uso de las gramíneas para la fitorremediación de suelos con exceso de fertilizante cabe mencionar que el crecimiento de las plantas ha sido similar con respecto al tiempo, sin embargo, las diferentes características fisiológicas de cada especie pueden ser las determinantes para la cantidad de nitrógeno absorbido; para ser específicos en el T1 su masa foliar fue la primera más abundante, y su masa radicular la segunda más abundante, siendo esta especie la que menos cantidad de nitrógeno lixiviado presentó y la que mayor eficiencia fitorremediadora posee.

En el T2 tenemos que su masa foliar fue la segunda más abundante, y su masa radicular la primera, siendo esta la segunda que menos nitrógeno permitió que se lixiviera y también la segunda con mayor eficiencia fitorremediadora.

En el caso del T4 y el T3, 3° y 4° lugar respectivamente en eficiencia fitorremediadora obtuvimos que el T3 fue el que menor masa foliar y radicular tuvo y una de las que

mayor nitrógeno permitió que se lixiviara, razón por la cuál es el menos eficiente en fitorremediación de nitrógeno por exceso de fertilizante (Gispert,2008).

Existe una diferencia entre la cantidad de nitrógeno inicial aplicado con la cantidad total final que se distribuyó en cada uno de los tratamientos, se puede asumir que esta cantidad que no ha sido cuantificada puede ser el porcentaje de nitrógeno volatilizado, por lo tanto, se podría admitir que el nitrógeno volatilizado por los tratamientos de mayor a menor cantidad es T1, T2, T3 (Avalos y Castro, 2017).

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se logró determinar la eficiencia fitorremediadora de las gramíneas Forrajeras, en suelos con exceso de nitrógeno proveniente de abonamientos frecuentes en Baños del Inca; se llegó a la conclusión de que hubo semejanza estadística entre el T1 Phalaris (*Phalaris arundinacea*) que tiene una eficiencia fitorremediadora de 18,51% con el T2 Dactylis (*Dactylis glomerata*) que tiene una eficiencia fitorremediadora de 17,75%, asimismo el T4 Festuca (*Festuca arundinacea*) con 13,05% con el T3 Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) con 8,01% presentan semejanza estadística entre sí, por el contrario hay diferencia estadística significativa en eficiencia fitorremediadora entre T1,T2 con T3 Y T4.

Se determinó que las cantidades de concentración de nitrógeno en el agua de riego lixiviado de cada tratamiento fueron distintas entre tratamientos, teniendo como resultado que en el T1 Y T2 se lixivió un total de 1,45 gr/l y 1,76 g/l respectivamente, siendo estos dos tratamientos en los que menor concentración de nitrógeno en el agua se encontró; en cambio los resultados del T3 con 4,65 gr/l y T4 con 4,88 gr/l presentaron una mayor concentración de nitrógeno en el agua lixiviada ($p < 0.05$).

Se Identificó que la gramínea con mayor eficiencia fitorremediadora de suelos con exceso de nitrógeno proveniente de abonamientos frecuentes es el Phalaris (*Phalaris arundinacea*).

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar un previo análisis de planta y de suelo para una correcta y ajustada fertilización de sus cultivos y pasturas, evitando así sobre fertilizar y causar contaminación de suelo, agua y aire.

Se recomienda a futuras investigaciones, prolongar el tiempo de exposición de las gramíneas forrajeras con el exceso de contaminante nitrogenado, con la finalidad de que se puede evaluar si la eficiencia de absorción y fitorremediación de nitrógeno es más o menos significativa con respecto al tiempo.

Se recomienda también a futuras investigaciones relacionadas a la presente, considerar evaluaciones para determinar de forma cuantitativa la cantidad de nitrógeno que se volatiliza.

También se recomienda a próximos estudios, evaluar el tipo de fitorremediación que posee cada gramínea forrajera, identificando así el área específica de mayor absorción de Nitrógeno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andreu , J., Betrán , J., Delgado , I., Espada, J., Gil, M., Gutierrez , M., . . . Quílez, D. (2006).

Fertilización Nitrogenada. Talleres Editoriales Cometa, S.A. Obtenido de https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/868/1/10532-105_11.pdf

Arias, J. A. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de

la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 8(1). Obtenido de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1846>

Avalos Espinoza, C., & Castro Salazar, J. (Marzo de 2017). *Pérdidas de nitrógeno por*

volatilización en un sistema de. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/3467/1/tnf04a945.pdf>

Ayaviri A., T. (Octubre de 1996). *Clasificación de suelos por el sistema por fertilidad y capacidad,*

en los módulos agroforestales implementados en el trópico de Cochabamba. Obtenido de Proyecto "Apoyo al manejo, Conservación y Explotación de los Recursos Forestales en el Trópico de Cochabamba": <http://www.fao.org/3/ar893s/ar893s.pdf>

Balderas León, I., & Sánchez Yáñez, J. (Febrero de 2015). *Biorremediación de suelo contaminado*

con 75000 ppm de aceite residual automotriz por bioestimulación y fitorremediación con Sorghum vulgare y Bacillus cereus y/ o Burkholderia cepacia. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942015000100004

- Benimeli, M., Plasencia, A., D. Corbella, R., Andina Guevara, D., Sanzano, A., A. Sosa, F., & Fernández de Ullivari, J. (2019). *El nitrógeno del suelo*.
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (Vol. Tercera edición). (O. Fernández Palma, Ed.) Bogotá, Colombia: Pearson. Obtenido de <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%c3%b3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Bonilla Valencia, S. M. (Mayo de 2013). *Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el metodo fitorremediación*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4400/6/UPS-ST000985.pdf>
- Carbajal, R. R. (1997). *Propiedades físicas químicas y Biológicas de los suelos*. Bogotá: Produmedios. Obtenido de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
- Cerdas, R. (2011). *Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico*. Consejo editorial revista intersedes. Obtenido de Revista Electrónica de las Sedes Regionales: <https://www.redalyc.org/pdf/666/66622581007.pdf>
- Chen Lopez, J. (29 de septiembre de 2020). *Rol del potasio en el cultivo de plantas*. Obtenido de Premier Tech Horticulture: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-potasio-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Chevaller Boutell, S., & Toribio, M. (2007). *Volatilización del amoníaco*. Obtenido de Departamento de investigación y desarrollo: <https://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/volatilizacion-del-amoniaco-revista-tecnica-de-maiz-aapresid-ao-2007>

- Cobos Espinoza, F., & Narváez Vélez, D. M. (2018). *Fenología y producción de Rye grass (Lolium multiflorum)* bajo. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28826/3/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf.pdf>
- Davila Mego, N. K., & Walter Villegas, L. (2018). Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13482/D%C3%A1vila%20Mego%20C%20Nancy%20Karina%3B%20Walter%20Villegas%2C%20Lorena%20Chabeli.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR0Fr1ai0SCHp-veaFV78eWgkwQEMMPCZEydebnSNblaDPB8nmnAlOUO2zk>
- Delgadillo López, A. E., & González Ramírez, C. A. (mayo de 2011). *Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-04622011000200002&script=sci_arttext
- FAGRO, F. d. (2000). *Nitrógeno*. Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
- FAO. (1991). *Manejo de suelo: Producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales*. Roma. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=WgZ47ud_bpoC&pg=PA139&dq=composicion+de+los+fertilizantes+quimicos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwie5-SKn4vIAhUPvVkKHTVWCwsQ6AEIMzAC#v=onepage&q&f=false
- Fuentes Masis, W., & Gonzales Rodriguez, O. (Junio de 2007). *Estimación de la mineralización neta del nitrógeno del suelo en sistemas agroforestales y a pleno sol en el cultivo del café,*

- en el pacífico de Nicaragua, departamento de Carazo.* Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp34f954.pdf>
- Garbisu, C., Elpelde, L., & M. Becerril, J. (01 de Junio de 2008). *Ecologista. Ecologista.* Obtenido de <https://www.ecologistasenaccion.org/17857/fitorremediacion/>
- García , I., & Dorronsoro, C. (2000). *Contaminación por fertilizantes.* Obtenido de <http://www.edafologia.net/conta/tema14/nitrog.htm>
- García Gutierrez, C., & Rodríguez Meza, G. D. (Diciembre de 2012). *Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa.* Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177005.pdf>
- García Navarro, A. (03 de Octubre de 2005). *Universidad de Extremadura - Área de Edafología y Química Agrícola.* Obtenido de <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/GCSP/GCSL4CEFertilizantes.htm>
- Geo innova. (2016). *Fertilizantes con nitrógeno y sus impactos ambientales.* Obtenido de <https://geoinnova.org/blog-territorio/nitrogeno/>
- GEOINNOVA, C. y. (19 de Mayo de 2016). *Fertilizantes con nitrógeno y sus impactos ambientales.* Obtenido de <https://geoinnova.org/blog-territorio/nitrogeno/>
- Gispert, C. (2008). *Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería.* Oceano.
- González, V., Constantín, M., García, J. L., & Madera, J. (2016). *Evolución del contenido de nitrógeno como nitratos (N-NO₃) en el suelo y su relación con los principales factores*

climáticos. Obtenido de http://www.colaveco.com.uy/inicio/wp-content/uploads/2019/12/contenido_nitrogeno-1.pdf

Hablemos de Culturas. (2018). *Fertilizantes de urea: formula, aplicación, y más*. Obtenido de Fertilizantes de urea: formula, aplicación, y más: <https://hablemosdeculturas.com/fertilizantes-de-urea/>

Harman, B. (2017). *The major role OF PHOSPHORUS*. Obtenido de <https://ifacountrystores.com/2017/agronomy/the-major-role-of-phosphorus/#:~:text=Phosphorus%20is%20a%20vital%20component,and%20transfer%20of%20genetic%20information.>

Industria Sulfúrica S.A. (2019). *Ficha técnica Cloruro de Potasio* . Obtenido de <http://isusa.com.uy/producto/cloruro-de-potasio-granulado>

Industria Sulfúrica S.A. (2019). *Ficha técnica Superfosfato triple (0-46/47-0)*. Obtenido de http://isusa.com.uy/files/2016-01/1452779012_ficha-t-cnica-superfosfato-triple.pdf

INFOAGRO. (2014). *El cultivo de la Alfalfa*. Obtenido de <https://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.htm>

INIA, I. N. (2013). *APRENDIENDO EL MANEJO Y USO DE LOS FERTILIZANTES QUÍMICOS*. Obtenido de http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/42/1/HD-2013-Fertilizantes_quimicos.pdf

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2013). *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf>

- López Gonzales, Y. (Diciembre de 2012). *Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados*. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2651/YOVANI%20LOPEZ%20GONZALEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- M. Durán, J., Retamal, N., & Moratiel, R. (23 de Abril de 2010). *El papel del nitrógeno en la agricultura y la contaminación por nitrato*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/39819-El-papel-del-nitrogeno-en-la-agricultura-y-la-contaminacion-por-nitrato.html>
- Meza, G. (2012). *Siembra de alfalfa para producción y venta de forraje fresco en el distrito de Baños del Inca, Provincia de Cajamarca*. Lima.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2009). *Guía práctica de fertilización racional de los cultivos en España*. Obtenido de [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N\(BA JA\)_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BA JA)_tcm30-57890.pdf)
- Montes Cortés, C. (Noviembre de 2014). *Suelos contaminados y pasivos ambientales en Colombia*. Obtenido de <http://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2014/11/04-carolina-montes-suelos-contaminados-pasivos-ambientales.pdf>
- Morales Morales, E., Rubí Arriaga, M., López Sandoval, J., Martínez Campos, A., & Morales Rosales, E. (31 de Diciembre de 2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(08), 12.

- NAVARRO, U. P. (2012). *Herbario de la universidad pública de Navarra*. Obtenido de Flora Pratense y Forrajera : https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Loli_pere_p.htm
- Navas, M. J., Wybraniec, S., Michałowski, T., & García Asuero, A. (2013). *An Overview of the Kjeldahl Method of Nitrogen Determination. Part II. Sample Preparation, Working Scale, Instrumental Finish, and Quality Control*. Londres: Taylor and Francis Group.
- Ninapayta Durand, Y. (2016). *Universidad Cesa Vallejo*. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/845/Ninapayta_DY.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR01wqeYFzQbZCMLSqRnXTE7uE7fBusCevJDCPEkvRxStsJrjQDQKsE0HT4
- Oliva, C. V. (2017). *PROBLEMAS AMBIENTALES Y DE FERTILIZANTES NITROGENADOS*. Obtenido de <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/CRISTINA%20VEGA%20OLIVA.pdf>
- Perez, M. (2 de Abril de 2013). *Hierba cinta (Phalaris arundinacea)*. Obtenido de <http://www.botanicayjardines.com/phalaris-arundinacea/>
- Pineda, J. (2019). *Ciclo del Nitrógeno*. Obtenido de <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/ciclo-del-nitrogeno/>
- Ramírez Briceño, K., & Torres De la Rosa, I. C. (2020). *Eficacia de la fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando phragmites australis y enmienda en los pasivos ambientales de Paredones- Cajamarca, 2019*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24004/Ram%c3%adrez%20Brice%c3%b1o%2c%20Karoly%20Elizabeth%20->

[%20Torres%20De%20Ia%20Rosa%2c%20Irene%20Claudette.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

Ramírez Fonseca, H. (2011). *Producción de festuca arundinacea schreb. sembrada sola y en mezcla con dactylis glomerata l. en un andisol de la region de la Araucania*. Obtenido de [http://praderasypasturas.com/rolando/02.-Tesis/10.-Mezclas de Especies Forrajeras/02.-Hector Alejandro Ramirez Fonseca.pdf](http://praderasypasturas.com/rolando/02.-Tesis/10.-Mezclas_de_Especies_Forrajeras/02.-Hector_Alejandro_Ramirez_Fonseca.pdf)

Ramón Mejía, L., & Herrera Ramírez, D. (Septiembre de 2012). *Utilización de plantas de Amaranto como alternativa de fitorremediación en suelos contaminados con plaguicidas organoclorados en la comunidad la Tejana, municipio El Viejo, departamento Chinandega en el periodo 2007 - 2009*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/94852674.pdf>

Renewable Energy Magazine. (09 de Diciembre de 2016). *Cultivos captadores de nitratos que luego se convierten en biogás*. *Renewable Energy Magazine*. Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/biogas/cultivos-captadores-de-nitratos-que-luego-se-20161209>

Ríos Rodríguez, A. F. (2017). *Repositorio Cesar Vallejo*. Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3591/Rios RAF.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR2xFtmXW2OyKVE5rmUiwdCkwKYXrCmkQm8CVMjX8y5Q8jIs4JTXyZtmxOs](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3591/Rios_RAF.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR2xFtmXW2OyKVE5rmUiwdCkwKYXrCmkQm8CVMjX8y5Q8jIs4JTXyZtmxOs)

RODRÍGUEZ, L. C. (2014). *FITOREMEDIACION CON ESPECIES NATIVAS EN SUELOS*. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2435/T01-C517-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rueda Peña, P. (2012). *Evaluación Exitu del potencial fitorremediador de Ray grass (Lolium perenne), Avena forrajera (Avena sativa) y Trebol rojo (Trifolium pratense) en suelos dedicados a la producción de papa en Cundinamarca*. Obtenido de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1764/T050%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sabaté Prats, P. (Noviembre de 2001). *Efectos Medioambientales de las practicas Agrícolas y su contabilización*. Obtenido de <http://jggomez.eu/z%20Privado/b%20usuarios/n-revista/caja/3tc/2001/635.pdf>
- Salcedo Candela, S. E. (2016). *Compaeatico de fuentes nitrogenadas en un sueo arenoso, utilizando cómo cultivo indicador al maiz a nivel de invernadero*. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2628/F04-S3423-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sangabriel, W., Ferrera Cerrato, R., Trejo Aguilar, D., Mendoza Lopez, M., Cruz Sanchez, S., Lopez Ortiz, C., . . . Alarcón, A. (2006). *Tolerancia y capacidad de fitoremediación de combustóleo en el suelo por seis especies vegetales*. Veracruz. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v22n2/0188-4999-rica-22-02-63.pdf>
- Santana Suárez, X., & Santos Tello, J. (Junio de 2016). *Eficiencia del pasto Vetiver (Chrysopogon zizanioides) ex - situ en la remoción de contaminantes orgánicos, caso de estudio Río muerto, Cantón Manta*. Obtenido de <http://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/281/1/TMA82.pdf>

SMART Fertilizer Management. (2017). *5 FORMAS PARA REDUCIR LA LIXIVIACIÓN DE NITRATOS*. Obtenido de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/ways-to-minimize-nitrate-leaching>

Suaña Quispe, M. E. (26 de Julio de 2017). *Capacidad del Girasol ((Helianthus annus L.) para absorber cadmio de suelos contaminados en ambiente controlado - Puno*. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6779/Maria_Elena_Sua%C3%B1a_Quispe.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sulbarán, D. (20 de Febrero de 2012). *Análisis bivariado de datos*. Obtenido de Un resumen para el curso de Estadística II: <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/11400/1/An%C3%A1lisis%20bivariado%20de%20datos.pdf>

Terroba Quispe, N. (2020). *Efecto de la fertilización NPK en la florística y rendimiento forrajero de Dactylis (Dactylis glomerata) y trebol rojo (Trifolium pratense) en Cerro de Pasco*. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4369/terroba-quispe-nicaela-pilar.pdf?sequence=4>

Vargas Paucar, M. (2019). *Asimilación y evaluación de Pb, Cd, Fe y Zn en los relaves de*. Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1890/1/T026_72888485_T.pdf

YPF. (2018). *Fosfato Diamónico*. Obtenido de Fertilizantes fosforados: <http://www.finarvis.com.ar/productos/fertilizantes/fosfatados/Fosfato%20Diamónico.pdf>

LISTA DE ABREVIATURAS

INIA: Instituto Nacional de Innovación Agraria

FAO: Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura

FAGRO: Facultad de Agronomía Universidad de la Republica

EEABI: Estación Experimental Agraria Baños del Inca

GLM: Modelo Lineal General

PFV: Peso Follaje Verde

PMS: Peso Materia Seca

PRV: Peso Raíz Verde

N: Nitrógeno

P: Fosforo

K: Potasio

GLOSARIO

Materia seca. Es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio.

Masa foliar. Cantidad de materia formada por el conjunto de las hojas de una planta, en un momento determinado de su vida.

Masa radicular. Conjunto de raíces de una misma planta.

Lixiviación. Extracción de la materia soluble de una mezcla mediante la acción de un disolvente líquido.

Volatilización: Convertir un elemento sólido o líquido en vapor o en gas.

Vaina: Base de la hoja que abraza parcial o totalmente al tallo que se inserta.

Limbo Foliar: El limbo o lámina, es la parte generalmente laminar plana, verde y ancha de la hoja; la cara superior se llama haz y el inferior envés; el haz suele ser de color oscuro y el envés algo más claro. La base del limbo se agranda a veces para albergar la yema, siempre presente en la axila de la hoja (yema axilar).

Espiguilla: Estructuras florales, pueden ser unifloras (con una sola flor) o multifloras compartiendo el mismo tallo floral (con varias flores).

Matojo: Planta de poca altura, con tallos articulados, tronco ramificado y leñoso, con hojas carnosas y puntiagudas y flores verdosas, con cálices rosados, agrupadas en espigas terminales.

ANEXOS

Anexo A. Álbum fotográfico

Figura 32

Parcelas de INIA - Pastos y Forrajes



Figura 33

UREA 46%



Figura 34

Cloruro de Potasio 60%



Figura 35

Superfosfato triple 46%



Figura 36

Distribución aleatoria de muestras



Figura 37

Recolección de muestras de agua lixiviada



Figura 38

Corte de Follaje



Figura 39

T1- Phalaris (Phalaris arundinacea)



Figura 40

T2- Dactylis (Dactylis glomerata)



Figura 41

T3- Ryegrass (Lolium multiflorum Lam.)



Figura 42

T4 – Festuca (Festuca arundinacea)



Figura 43

Riego de Gramíneas



Figura 44

Molino de materia seca



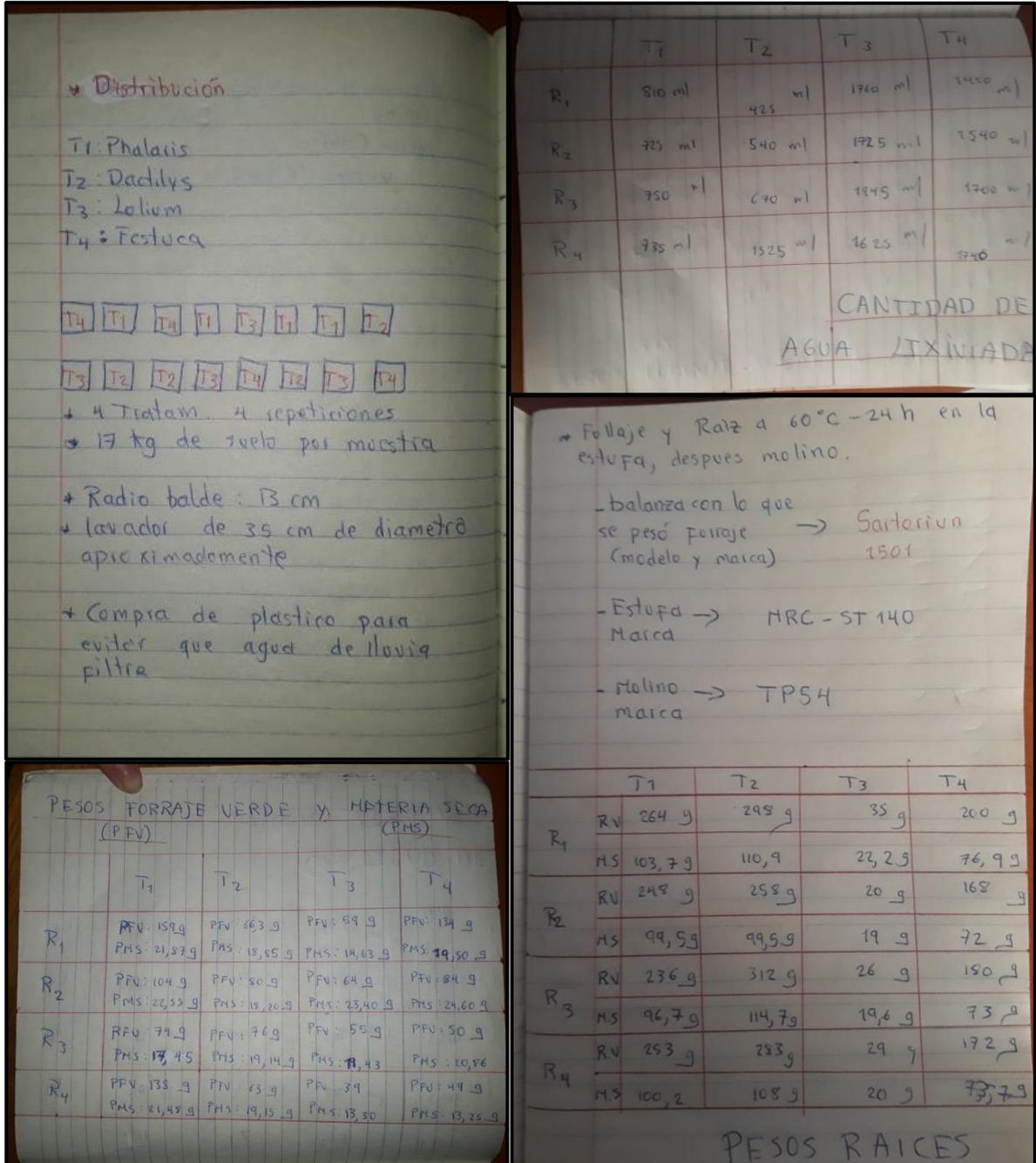
Figura 45

Disposición de Residuos Solidos



Figura 46

Cuaderno de Campo



Anexo B. Resultados de laboratorio

Figura 47

Informe de Resultados de Agua

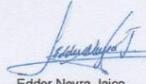
**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0720226

DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	FIORELA MILAGROS ZAVALA VÁSQUEZ		
Dirección	Jr. Unión 719 - Cajamarca		
Persona de contacto		Correo electrónico	73fiore73@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	01.07.20	Hora de Muestreo	11:42 a 11:22
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	16		
Ensayos solicitados	Químicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Baños del Inca (INIA)		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC - 375	Cadena de Custodia	CC - 260 - 20
Fecha y Hora de Recepción	02.07.20	07:30	Inicio de Ensayo 02.07.20 09:00
Reporte Resultado	10.07.20	12:00	


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028


Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 10 de julio de 2020.

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regiorcajamarca.gob.pe / laboratorio@regiorcajamarca.gob.pe FONO: 599000 anexo 1140.

Página: 1 de 2

INFORME DE ENSAYO N° IE 0720226

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra	T2 R1	T4 R2	T3 R4	T3 R2	T2 R4	T1 R2		
Código Laboratorio	0720226-01	0720226-02	0720226-03	0720226-04	0720226-05	0720226-06		
Matriz	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL		
Descripción	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica		
Localización de la Muestra	INIA	INIA	INIA	INIA	INIA	INIA		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Nitrógeno total	mg/L	0.014	2476	2980	2674	2733	1916	1930

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra	T2 R2	T4 R4	T1 R1	T1 R3	T3 R1	T2 R3		
Código Laboratorio	0720226-07	0720226-08	0720226-09	0720226-10	0720226-11	0720226-12		
Matriz	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL		
Descripción	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica		
Localización de la Muestra	INIA	INIA	INIA	INIA	INIA	INIA		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Nitrógeno total	mg/L	0.014	2437	3146	1790	2009	2640	2629

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra	T1 R4	T4 R1	T3 R3	T4 R3				
Código Laboratorio	0720226-13	0720226-14	0720226-15	0720226-16				
Matriz	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL				
Descripción	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica				
Localización de la Muestra	INIA	INIA	INIA	INIA				
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Nitrógeno total	mg/L	0.014	1940	3368	2520	2693		

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Nitrógeno total	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Ed. 2017: Nitrogen. Persulfate Method

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos y/o matriz indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto, no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
 ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión del informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°01 Fecha : 02/01/2020

Cajamarca, 10 de Julio de 2020.

Figura 48

Informe de Resultados de Suelo



PERÚ
Ministerio de Agricultura y Riego



INIA
Instituto Nacional de Innovación Agraria

"Año de la Universalización de la Salud"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

Nombre: **PNI PASTOS Y FORRAJES**

Procedencia: **EEA BAÑOS DEL INCA** Fecha: **16/07/2020**

NOMBRE Y UBICACIÓN DE LA PARCELA

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de Análisis
Experimento	Varios				Nitrógeno

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

Nombre de Parcela	Código del Laboratorio	Nitrógeno	Descripción
		%	
T ₁ R ₁	SU0312-EEBI-20	0.378	Suelo
T ₁ R ₂	SU0415-EEBI-20	0.49	Suelo
T ₁ R ₃	SU0313-EEBI-20	0.462	Suelo
T ₁ R ₄	SU0416-EEBI-20	0.385	Suelo
T ₂ R ₁	SU0314-EEBI-20	0.378	Suelo
T ₂ R ₂	SU0315-EEBI-20	0.49	Suelo
T ₂ R ₃	SU0418-EEBI-20	0.308	Suelo
T ₂ R ₄	SU0417-EEBI-20	0.46	Suelo
T ₃ R ₁	SU0419-EEBI-20	0.385	Suelo
T ₃ R ₂	SU0316-EEBI-20	0.406	Suelo
T ₃ R ₃	SU0420-EEBI-20	0.378	Suelo
T ₃ R ₄	SU0317-EEBI-20	0.392	Suelo
T ₄ R ₁	SU0421-EEBI-20	0.371	Suelo
T ₄ R ₂	SU0318-EEBI-20	0.518	Suelo
T ₄ R ₃	SU0422-EEBI-20	0.399	Suelo
T ₄ R ₄	SU0319-EEBI-20	0.42	Suelo

Jr. WIRACOCHA S/N BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA T:
076346386
Email: binca@inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
Estación Experimental Baños del Inca
Ing. Tulio Velásquez Camacho
JEFE LABORATORIO DE SUELOS



Figura 49

Informe de Resultados de Follaje



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



INIA Instituto Nacional de Innovación Agraria

"Año de la Universalización de la Salud"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

Nombre: **PNI PASTOS Y FORRAJES**

Procedencia: **EEA BAÑOS DEL INCA** Fecha: **28/08/2020**

NOMBRE Y UBICACIÓN DE LA PARCELA

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de Análisis
Experimento	Varios				Nitrógeno

RESULTADOS DE ANALISIS DE FORRAJE

Nombre de Parcela	Código del Laboratorio	Nitrógeno	Descripción
		%	
T ₁ R ₁	SU0407-EEBI-20	3.619	<i>Phalaris arundinacea</i> (30 días)
T ₁ R ₂	SU0399-EEBI-20	4.200	<i>Phalaris arundinacea</i> (30 días)
T ₁ R ₃	SU0400-EEBI-20	4.270	<i>Phalaris arundinacea</i> (30 días)
T ₁ R ₄	SU0408-EEBI-20	3.185	<i>Phalaris arundinacea</i> (30 días)
T ₂ R ₁	SU0409-EEBI-20	3.605	<i>Dactylis glomerata</i> (30 días)
T ₂ R ₂	SU0401-EEBI-20	2.800	<i>Dactylis glomerata</i> (30 días)
T ₂ R ₃	SU0410-EEBI-20	3.129	<i>Dactylis glomerata</i> (30 días)
T ₂ R ₄	SU0402-EEBI-20	3.360	<i>Dactylis glomerata</i> (30 días)
T ₃ R ₁	SU0411-EEBI-20	3,171	<i>Lolium multiflorum</i> (30 días)
T ₃ R ₂	SU0403-EEBI-20	1.554	<i>Lolium multiflorum</i> (30 días)
T ₃ R ₃	SU0412-EEBI-20	2.730	<i>Lolium multiflorum</i> (30 días)
T ₃ R ₄	SU0404-EEBI-20	2.870	<i>Lolium multiflorum</i> (30 días)
T ₄ R ₁	SU0413-EEBI-20	3.080	<i>Festuca arundinacea</i> (30 días)
T ₄ R ₂	SU0425-EEBI-20	3.835	<i>Festuca arundinacea</i> (30 días)
T ₄ R ₃	SU0414-EEBI-20	3.115	<i>Festuca arundinacea</i> (30 días)
T ₄ R ₄	SU0406-EEBI-20	3.017	<i>Festuca arundinacea</i> (30 días)

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



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
 Estación Experimental Baños del Inca
 TULLIO A. Velásquez Cameche
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS

EL PERÚ PRIMERO

Figura 50

Informe de Resultados de Raíz



PERÚ
Ministerio
de Agricultura y Riego



INIA
Instituto Nacional de Innovación Agraria

"Año de la Universalización de la Salud"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

Nombre: **PNI PASTOS Y FORRAJES**

Procedencia: **EEA BAÑOS DEL INCA** Fecha: **05/10/2020**

NOMBRE Y UBICACIÓN DE LA PARCELA

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de Análisis
Experimento	Varios				Nitrógeno

RESULTADOS DE ANALISIS DE RAÍCES

Nombre de Parcela	Código del Laboratorio	Nitrógeno	Descripción
		%	
T ₁ R ₁	SU0425-EEBI-20	2,2	<i>Phalaris arundinacea</i> (30 días)
T ₁ R ₂	SU0426-EEBI-20	2,25	<i>Phalaris arundinacea</i> (30 días)
T ₁ R ₃	SU0427-EEBI-20	2,29	<i>Phalaris arundinacea</i> (30 días)
T ₁ R ₄	SU0428-EEBI-20	2,22	<i>Phalaris arundinacea</i> (30 días)
T ₂ R ₁	SU0429-EEBI-20	2,08	<i>Dactylis glomerata</i> (30 días)
T ₂ R ₂	SU0430-EEBI-20	2,16	<i>Dactylis glomerata</i> (30 días)
T ₂ R ₃	SU0431-EEBI-20	2,06	<i>Dactylis glomerata</i> (30 días)
T ₂ R ₄	SU0432-EEBI-20	2,14	<i>Dactylis glomerata</i> (30 días)
T ₃ R ₁	SU0433-EEBI-20	3,56	<i>Lolium multiflorum</i> (30 días)
T ₃ R ₂	SU0434-EEBI-20	5,35	<i>Lolium multiflorum</i> (30 días)
T ₃ R ₃	SU0435-EEBI-20	4,28	<i>Lolium multiflorum</i> (30 días)
T ₃ R ₄	SU0436-EEBI-20	3,86	<i>Lolium multiflorum</i> (30 días)
T ₄ R ₁	SU0437-EEBI-20	2,26	<i>Festuca arundinacea</i> (30 días)
T ₄ R ₂	SU0438-EEBI-20	2,40	<i>Festuca arundinacea</i> (30 días)
T ₄ R ₃	SU0439-EEBI-20	2,27	<i>Festuca arundinacea</i> (30 días)
T ₄ R ₄	SU0440-EEBI-20	2,40	<i>Festuca arundinacea</i> (30 días)

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



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
Estación Experimental Baños del Inca

Tulio A. Velásquez Camacho
JEFE LABORATORIO DE SUELOS

EL PERÚ PRIMERO

Bach. Fiorela Zavaleta Vásquez
DNI: 71133325

Bach. Yadira Lucy Arli Quispe Cabrera
DNI: 72541693