



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

“Determinación de las fracciones Inorgánicas de Nitrógeno en suelos provenientes de dos sectores en el Sur del Ecuador”

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Michay Caraguay, Ana Jackeline

DIRECTOR: Burneo Valdivieso, Juan Ignacio, Dr

LOJA – ECUADOR

2016



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Doctor.

Juan Ignacio Burneo Valdivieso.

DOCENTE DE LATITULACIÓN

De mi consideración:

Que el presente trabajo de titulación: "Determinación de las fracciones Inorgánicas de Nitrógeno en suelos provenientes de dos sectores en el Sur del Ecuador " realizado por Michay Caraguay Ana Jackeline, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Noviembre 2016

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Ana Jackeline Michay Caraguay declaro ser autor (a) del presente trabajo de titulación: “Determinación de las fracciones Inorgánicas de Nitrógeno en suelos provenientes de dos sectores en el Sur del Ecuador ”, siendo Dr. Juan Ignacio Burneo Valdivieso director del presente trabajo; y eximo expresamente la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.

Michay Caraguay, Ana Jackeline

1104104292

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi Dios por permitirme llegar con éxito a este momento tan especial, por ser mi guía, mi fortaleza y por llenarme de sabiduría para enfrentar cada obstáculo que se me ha presentado.

A mis padres, Ángel y Olivia, que han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos y la oportunidad de culminar esta etapa en mi vida, porque gracias a ellos, hoy puedo alcanzar este logro, todo esto es por ustedes.

A mi hermano, Anthony por su apoyo, comprensión y por haber fomentado en mí el deseo de superación.

A mi familia que han estado apoyándome de una u otra manera en cada paso y meta lograda.

Con cariño Anita

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por las bendiciones derramadas, por la vida y por la capacidad que me dio para culminar con esta etapa en mi vida, a la Virgen del Cisne por ser mi respuesta en toda necesidad y mi fortaleza en toda debilidad y por haberme brindado sabiduría para cumplir este logro.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, de manera especial al anterior Departamento de Ciencias Agropecuarias y de Alimentos, que me dieron la oportunidad para realizar este trabajo.

Al Doctor Juan Ignacio Burneo Valdivieso por orientar este trabajo, gracias por la confianza, por su paciencia y por su constancia; y al Ph.D. Edwin Daniel Capa Mora por impartir con generosidad sus conocimientos para la realización de esta investigación.

A mis padres, por sus sabios consejos, por creer en mí y por brindarme todo su apoyo incondicional en cada momento para el logro de esta meta.

También agradezco a mi compañero y amigo Fernando David Luzón Ramírez, quien de manera incondicional me ayudo en los análisis de laboratorio, para llevar a cabo este trabajo. Gracias Amigo.

Y finalmente a todas las personas que de una u otra forma ayudaron para la realización de mi investigación, por todos los ánimos y apoyo brindado.

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
INDICE DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ABREVIATURAS.....	X
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 Absorción del Nitrógeno por las plantas.....	7
1.2 Absorción de Nitrógeno por el suelo.....	7
1.3 Análisis de suelos.....	8
1.4 Nitrógeno.....	9
1.4.1 Nitrato.....	10
1.4.2 Amonio.....	12
1.4.3 Transformaciones.....	13
1.4.3.1 Amonificación, descomposición de sustancias orgánicas e hidrólisis.....	13
1.4.3.2 Nitrificación; oxidación del amoniaco.....	14
1.5 Determinación de nitratos y amonio.....	14
1.5.1 Espectrofotometría.....	15
1.5.1.1 Ley de Lambert Beer.....	15
1.5.1.2 Transmitancia y Absorbancia.....	15
CAPITULO 2.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
2.1 ZONA DE ESTUDIO.....	18
2.2 METODOLOGÍAS PARA LA FASE DE LABORATORIO.....	19

2.2.1 Análisis de Nitrato y Amonio	19
2.2.2 Preparación de las Muestras.....	19
2.3 Determinación de Nitrato Digestado	20
2.4 Determinación de Nitrato Sin Digestar.....	20
2.5 Determinación de Amonio No Digestado.....	21
2.6 Análisis Estadístico	21
CAPÍTULO 3.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.1 Determinación de Nitrato Digestado y Sin Digestar.....	23
3.2 Determinación de Nitrato.....	25
3.3 Determinación de Amonio.....	27
3.4 Determinación de Nitrato y Amonio.....	29
CONCLUSIONES.....	32
RECOMENDACIONES.....	33
BIBLIOGRAFIA.....	34
ANEXOS.....	40
ANEXO I	41
PROCESO DE FLUJO PARA DETERMINACIÓN DE NITRATO Y AMONIO	41
ANEXO II	42
PROCESO DE FLUJO PARA DETERMINACIÓN DE NITRATO DIGESTADO.....	42
ANEXO III	43
PROCESO DE FLUJO PARA LA DETERMINACIÓN DE NITRATO SIN DIGESTAR ..	43
ANEXO IV	44
PROCESO DE FLUJO PARA LA DETERMINACIÓN DE AMONIO	44
ANEXO V	45
MATRIZ DE NITRATO SIN DIGESTAR EN AMBOS SECTORES BAJO DIFERENTES PERÍODOS DE TIEMPO.....	45
MATRIZ DE NITRATO DIGESTADO EN AMBOS SECTORES BAJO DIFERENTES PERÍODOS DE TIEMPO.....	45
ANEXO VI	46
MATRIZ DE AMONIO EN AMBOS SECTORES BAJO PERÍODO DE UN AÑO	46
ANEXO VII	47
ANÁLISIS DE CORRELACIÓN	47
ANEXO VIII	48

TEST ANOVA DATOS DE NITRATO Y AMONIO 48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ión Nitrato	11
Figura 2. Ión Amonio.....	12
Figura 3. Comportamiento del Nitrato Digestado y Sin Digestar durante diferentes períodos de tiempo en los dos sectores	23
Figura 4. Determinación de Nitrato (concentración mg/ml) en Catamayo frente a Arenillas.....	25
Figura 5. Determinación de Amonio (concentración mg/ml) en Catamayo frente a	27
Figura 6. Determinación de Nitrato y Amonio, en los dos sectores (Catamayo-Arenillas).	29

ABREVIATURAS

NH₄⁺ = Amonio

NO₃⁻ = Nitrato

K₂SO₄ = Sulfato de Potasio

N = Nitrógeno

NO₂ = Nitritos

NO = Óxido Nítrico

m.s.n.m = Metros sobre el nivel del mar

°C = Grados Centígrados

mm = milímetro

g = gramos

ml = mililitro

M = Molaridad

rpm = Revoluciones por minuto

NaOH = Hidróxido de Sodio

mg = miligramos

ul = microlitro

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio es la determinación de Nitrato y Amonio en muestras de suelos provenientes de dos sectores 1) Catamayo y 2) Arenillas, los cuales pertenecen a los bosques secos de la región Sur del Ecuador, las muestras se recolectaron durante diferentes períodos de tiempo, con la finalidad de conocer la concentración de cada uno de estos iones bajo las condiciones climáticas que presenta cada sector. Para la determinación de ambas fracciones inorgánicas de nitrógeno las muestras de suelos se sometieron a extracción con una solución de Sulfato de Potasio La determinación de nitrato y amonio se fundamenta en la formación de complejos coloreados, la intensidad del color desarrollado se compara con la que presentan las soluciones estándar y de esta forma se puede estimar la concentración que presentan las muestras por medio de la absorbancia de cada una de ellas, la cual es medida por el espectrofotómetro. Los resultados para Nitratos en el sector de Catamayo fueron 4,31mg/ml, en Arenillas 3,41mg/ml y para Amonio fueron en Catamayo 2,99mg/ml y en Arenillas 3,38mg/ml

Palabras Claves: Nitrato, Amonio, Suelos, Iones, Absorbancia, Espectrofotómetro

ABSTRACT

The main objective of this study is the determination of nitrate and ammonium in soil samples from two sectors 1) Catamayo and 2) Arenillas, which belong to the dry forests of the southern region of Ecuador, samples were collected during different periods of time, in order to determine the concentration of each of these ions under weather conditions presented by each sector. For the determination of both inorganic nitrogen fractions soil samples were extracted with a solution of potassium sulphate, The determination of nitrate and ammonia is based on the formation of colored complexes, the intensity of color developed is compared with the coloration which is present in standard solutions and thus can estimate the concentration sample presenting by the absorbance of each of them, which is measured by the spectrophotometer. Nitrate results in Catamayo were 4,31mg / ml, Arenillas 3,41mg / ml and for ammonium were in Catamayo 2,99mg / ml and Arenillas 3,38mg / ml.

Keywords: Nitrate, Ammonium, Soil, Ions, Absorbance, Spectrophotometer.

INTRODUCCIÓN

Todas las plantas requieren de nueve macronutrientes y siete micronutrientes para su crecimiento. Entre los macronutrientes que se encuentra en mayor concentración son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno; los cuales se toman del agua y de la atmósfera., pero todos los demás nutrientes deben obtenerse del suelo (*Vickey., 2007*).

El suelo es un sistema autoorganizado y heterogéneo que posee una gran complejidad estructural y funcional, debido a la gran diversidad de sus componentes (abióticos y bióticos), y a los procesos que tienen lugar en su seno (*Labrador., 2008*). El suelo incluye componentes físicos, químicos, biológicos y sus interacciones. Por lo tanto, para evaluar su calidad resulta necesario la medición y descripción de sus propiedades (*Vallejo, 2013*).

El nitrógeno, el fósforo y el potasio son llamados macronutrientes primarios y es muy frecuente fertilizar los suelos con esos nutrientes. Los macronutrientes son los elementos necesarios en cantidades relativamente abundantes para asegurar el crecimiento y la supervivencia de las plantas. La presencia de una cantidad suficiente de elementos nutritivos en el suelo no garantiza por sí misma la correcta nutrición de las plantas, pues estos elementos han de encontrarse en formas moleculares que permitan su asimilabilidad por la vegetación. En síntesis, se puede decir que una cantidad suficiente y una adecuada disponibilidad son fundamentales para el correcto desarrollo de la vegetación (*Roca, 2011*).

Siendo las plantas organismos autotróficos, involucra la absorción por las raíces desde el suelo y la incorporación en compuestos orgánicos que son esenciales para su crecimiento y desarrollo. Esta incorporación de nutrientes minerales en sustancias orgánicas tales como pigmentos, enzimas, cofactores, lípidos, ácidos nucleicos o aminoácidos se denomina asimilación de nutrientes (*Guillen, 2009*).

El nitrógeno es el factor esencial del crecimiento de las plantas, y que un deficiente suministro puede provocar notables descensos en la producción vegetal, y de las sustancias proteicas que aseguran la nutrición del hombre y de los animales, siendo también un elemento importante para el ecosistema y el medio ambiente.

El nitrógeno en su estado elemental (N_2), es un gas inerte, incoloro, inodoro y constituye aproximadamente el 78 % de los gases que conforman la atmósfera; sin embargo, este nitrógeno atmosférico no es aprovechable directamente por la mayoría de las plantas, estas

principalmente lo absorben por las raíces en forma de amonio (NH_4^+) y de nitrato (NO_3^-), ayudando a los suelos a ser más fértiles y productivos (Suquilanda, 1996).

El ión nitrato y el amonio, pueden ser transformados, por diversos mecanismos químicos y biológicos a nitrito y amoniaco respectivamente. Debido a esto, en la literatura se pueden encontrar una amplia variedad de propuestas analíticas para determinar los contenidos de nitrato y amonio en diversas matrices (biológicas, ambientales, industriales, etc.) a fin de ser utilizadas en varios sectores con el objeto de establecer controles o diagnósticos. (Guillen, 2009)

La espectrofotometría, ha sido utilizada para la determinación de aniones y cationes. Dada la importancia que tienen las especies nitrogenadas inorgánicas; en los últimos años se ha abordado este tema en diferentes matrices; con el fin de diseñar metodologías rápidas, simples, sensibles, etc., que permitan la cuantificación de nitrato y amonio en muestras como aguas, suelos, alimentos, entre otros (Guillen, 2009).

El departamento de Química y ciencias exactas de la UTPL, por medio de su línea de investigación de química de suelos, tiene desarrollado las metodologías para análisis físico químico de los suelos en parámetros como: Nitrógeno, fosforo, potasio, materia orgánica, entre otros, sin embargo en base a lo anteriormente descrito sobre la importancia de la determinación de las fracciones inorgánicas del nitrógeno en los suelos, se cree conveniente la implementación de metodologías analíticas para la determinación de nitratos (NO_3^-) y Amonio (NH_4^+) en suelos, ofreciendo de esta manera un mejor criterio de evaluación e interpretación de la calidad de los suelos, debido a que con estos se refleja el estado del suelo en cuanto a su contenido de nutrientes.

Para un profesional en formación de la carrera de bioquímica y farmacia es de gran importancia este tipo de investigaciones, que permiten obtener las competencias necesarias ya que como analista de laboratorio se ha aplicado técnicas de Química Analítica e instrumental. El aporte de este trabajo de fin de titulación servirá como guía para estudios de investigación futura.

Para poder cumplir con el desarrollo de este trabajo se ha planteado los siguientes objetivos.

Objetivo General

- Determinar nitrato y amonio en muestras de suelos de los sectores Arenillas y Catamayo en el Sur del Ecuador

Objetivos Específicos

- Analizar el nitrato y amonio de las muestras de suelo durante un año bajo diferentes periodos de tiempo.
- Interpretar las concentraciones de nitratos y amonio de las muestras de suelos analizadas.

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.1 Absorción del nitrógeno por las plantas

El nitrógeno es un elemento esencial para todos los seres vivos. Además por ser un componente específico de las proteínas, está presente en la mayor parte de las combinaciones orgánicas de las plantas (*Navarro et al, 2013*).

Las proteínas y compuestos con ellas relacionados, constituyen en gran parte la materia nitrogenada depositada en el suelo, este material por la acción de los microorganismos del suelo, es degradado y transformado, sucesivamente, mediante un conjunto de procesos químicos y bioquímicos, dando lugar a productos simple, que aparecen casi siempre en formas, y mediante sus sistema radicular, la planta absorbe el nitrógeno que le es necesario para la síntesis de sus tejidos (*Navarro et al, 2013*).

Las plantas toman de la solución del suelo el nitrógeno en forma de iones de nitrato (NO_3^-) y de amonio (NH_4^+), Este nitrógeno es transformado en el interior de las plantas en compuestos complejos como las proteínas. Este elemento es parte integral de la clorofila que interviene en la incorporación de sustancias que van a formar parte del cuerpo de la planta (*Salamanca, 1999*).

La fotosíntesis conlleva un conjunto de procesos bioquímicos que acontecen a otra moléculas como nitratos, sulfatos, fosfatos, etc. (*Ledesma, 2009*).

1.2 Absorción de Nitrógeno por el suelo.

El suelo es un recurso natural renovable de importancia básica para la vida sobre la tierra. Es la fuente de vida de las plantas, los animales y la especie humana.

El suelo puede considerarse como un sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos, bajo la influencia del clima y del medio biológico. Se divide en horizontes y al contener cantidades apropiadas de aire y agua suministra los nutrientes y el sostén que requieren las plantas (*Cepeda, 2012*)

Para que las plantas crezcan sanas y produzcan bien, es necesario que el suelo posea suficientes nutrientes para su desarrollo. Estos nutrientes se clasifican en macroelementos

como son N, P, K, Ca, Mg, S, y microelementos B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Cl (*Suquilanda, 1999*)

Por ser el nitrógeno elemental, el principal constituyente del aire (un 79% en volumen), cabría esperar en correspondencia una abundancia de compuestos nitrogenados en la superficie de la tierra, pero esto no es así. De lo dicho hasta aquí es evidente que el nitrógeno del suelo es uno de los más importante nutrimentos para las plantas (*Teuscher & Adler, 2001*)

Las formas de nitrito y nitrato se encuentran exclusivamente, o casi exclusivamente como iones libres en la disolución del suelo. La amónica, en su mayor parte, se encuentra como amonio cambiante y no cambiante, y solamente en pequeña proporción de la disolución. Ordinariamente, el amonio cambiante y el contenido en la disolución dl suelo, junto con las formas nitrito y nitrato, constituyen en conjunto menos del 2% del nitrógeno total en los suelos. Estas formas son, sin embargo, de gran importancia, pues son utilizadas por las plantas (*Navarro et al, 2013*)

Un problema de gran importancia práctica para la agricultura consiste en mantener un adecuado nivel de nitrógeno en el suelo en forma asimilable, con el fin de satisfacer las necesidades de las plantas cultivadas. La mayor parte de las plantas obtiene el nitrógeno que necesitan a partir del que contiene la materia orgánica del suelo, complemento por el que pueda proceder de la atmósfera y por el que se añade al suelo o a las plantas directamente en forma de abonos minerales fabricados por el hombre. En los suelos la forma inorgánica, el amoniaco es rápidamente transformado en nitrato por la acción de microorganismos nitrificantes, cuya función primordial es ésta (*Halley, 1999*)

1.3 Análisis de suelos.

Azabache Leytón A. (2003) comenta que el análisis de suelo mide parte del suministro total de nutrientes y representa sólo un índice de la disponibilidad de los mismos. No mide la cantidad exacta de nutrientes potencialmente absorbible por el cultivo. Para predecir la necesidad de nutrientes del cultivo, el análisis de suelo debe ser calibrado en experimentos de campo e invernadero.

El análisis del suelo es una fuente de información valiosa para el manejo de suelos y cultivo; sin embargo, para que un análisis sea útil, es necesario interpretarlo debidamente. Pues básicamente se busca, determinar con precisión el estado de los nutrimentos, indicar al usuario deficiencias o excesos que puedan existir, establecer una base para determinar si hay o no necesidades de fertilizantes, uso de mejoras y prácticas de cultivo (*Rodríguez et al, 2003*).

Cabe destacar que las fuentes de variación que influyen en el resultado de un análisis de suelo son error de toma de muestra y error analítico. Pues el primero se refiere a la variabilidad entre las diferentes muestras tomadas del mismo volúmenes del suelo, y el segundo a la variabilidad obtenida analizando repetidamente la misma muestra (*Rodríguez et al, 2003*)

Melsted y Peek (1973) indicaron que bagaje de conocimiento acumulado debe incluir entre otras cosas, las formas químicas más significativas de los nutrientes disponibles en los suelos de la región, los extractantes más aconsejables para medir precisamente las formas disponibles de los nutrientes, la capacidad productiva de los suelos para diferentes cultivos, las técnicas de muestreo de campo y metodologías. Esto es, precisamente, uno de los aspectos que demandan y justifican más investigación dada la naturaleza de los suelos tropicales (*García, 2015*)

La fase de análisis de laboratorio se realiza para determinar el nivel de disponibilidad de los nutrientes esenciales, o sea de la o las formas presentes cuyas variaciones en cantidad se reflejan en variaciones en el crecimiento y rendimiento de las plantas.

Los métodos analíticos con que se cuenta hoy en día están suficientemente perfeccionados, la razón por la cual la fuente principal del error se debe a la tomar de muestra, ya que se ha encontrado que ésta presenta un error tres veces mayor que el error analítico, aun cuando se tome toda clase de precauciones en el campo para reducir este error.

1.4 Nitrógeno

El nitrógeno es la unidad clave de la molécula de proteína sobre la cual se basa la vida, siendo así un componente esencial del protoplasma de plantas, animales y microorganismos. Es un importante constituyente de la atmósfera, presentando una gran dinámica de transformaciones en su complejo ciclo biogeoquímico. El átomo de nitrógeno

presenta diferentes estados de oxidación y en el pasaje entre ellos participan los organismos del suelo.

El nitrógeno presente en el suelo bajo formas orgánicas tampoco está disponible como tal para las plantas, sino que para ser absorbido tiene que pasar a formas inorgánicas (*Perdomo & Barbazán, 2008*).

El nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). Pues este representa un 2% del nitrógeno total del suelo, encontrándose en formas de nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y nitrito (NO_2^-). Estas formas inorgánicas son transitorias en el suelo, por lo cual las cantidades de nitrógeno inorgánico del suelo son extremadamente variables, el nitrógeno inorgánico es muy importante para la nutrición vegetal (*Perdomo & Barbazán, 2008*).

Las formas nitrito y nitrato se encuentran exclusivamente, o casi exclusivamente, en la disolución del suelo. La amónica, en su mayor parte, se encuentra como amonio cambiante y no cambiante, y solamente en pequeña proporción en la disolución del suelo. Ordinariamente, el amonio y el contenido de la disolución de suelo, junto con las formas de nitrito y nitrato, constituye en conjunto menos del 2% de nitrógeno total de suelos. Estas formas son, sin embargo, de gran importancia, pues son las utilizadas por las plantas (*Navarro et al, 2013*).

1.4.1 Nitrato.

El nitrato es una forma iónica combinada de nitrógeno y oxígeno en condiciones aerobias y resulta de la oxidación total de los compuestos del nitrógeno.

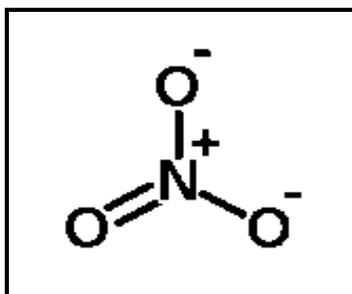


Figura 1. Ión Nitrato
Fuente: Woollins (2010).

Estructura.-

Contiene un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O). El nitrógeno en estado de oxidación (+V) se encuentra en el centro de un triángulo formado por los tres oxígenos. La estructura es estabilizada por efectos mesoméricos. El símbolo químico del nitrato es NO_3^- y su peso molecular igual a 62 g/mol. El ión nitrato es la base conjugada del ácido nítrico (HNO_3), el ácido nítrico es un ácido fuerte el cual se disocia en agua produciendo iones nitrato e iones hidroxonio (H_3O^+), el ión nitrato tiene una hibridación sp^2

Propiedades.-

Es un ión estable, soluble en agua, muy móvil, no se absorbe en arcilla o materia orgánica por sus condiciones aniónicas, y por lo tanto, se puede lixiviar a través del suelo y ser transportado por el agua subterránea.

Origen.-

Sales de nitrato se encuentran naturalmente en la tierra como depósitos grandes. Por ejemplo el origen del nitrato en aguas subterráneas es principalmente de fertilizantes, sistemas sépticos y almacenamiento de estiércol u operaciones de extensión, los fertilizantes nitrogenados no absorbidos por las plantas, volatilizados o arrastrados por la corriente superficial terminan en las aguas subterráneas en forma de nitrato. El nitrógeno procedente del estiércol o de los abonos puede perderse de manera similar de los prados, corrales, o lugares de almacenamiento.

Utiliza.-

Los nitratos se producen principalmente para su uso como fertilizantes en la agricultura debido a su alta solubilidad y biodegradabilidad.

1.4.2 Amonio.

Se puede decir que es un catión monovalente, formado a partir de la molécula amoniaco (NH_3), en la que el nitrógeno, que es el átomo central, cede el par de electrones libres a un protón formando un enlace dativo, dando así la molécula de amonio (NH_4^+) con un peso molecular igual a 18 g/mol y cuyo nitrógeno en dicha molécula presenta una hibridación sp^3 y trabaja con un estado de oxidación (-III).

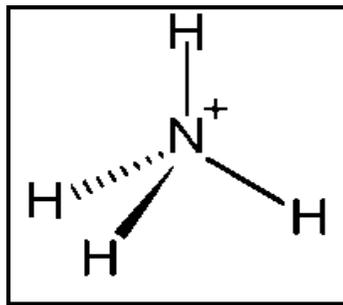


Figura 2. Ión Amonio

Fuente: Woollins (2010).

El ión amonio es un producto proveniente de la descomposición de residuos orgánicos nitrogenados (proceso de amonificación) o de la fijación biológica, debido a que dicho ión posee una carga positiva en su composición química, éste puede retenerse en las partículas de arcilla del suelo cuya carga es negativa, por lo que es relativamente inmóvil en el suelo, como consecuencia de ello y por lo general no se incorpora al agua subterránea.

Estos iones nombrados en líneas anteriores, se encuentran naturalmente en el ambiente ya que los mismos forman parte del ciclo del nitrógeno, Las reservas de nitrógeno elemental en la atmósfera son inagotables y se encuentran en equilibrio con las demás formas fijadas; es decir, en la medida que este nitrógeno atmosférico es convertido a formas fijadas, existe una continua reposición del nitrógeno elemental por medio de procesos microbiológicos y químicos que suceden en el suelo (Miller, 2010).

1.4.3 Transformaciones

Cuando el nitrógeno se encuentra en el suelo ya sea de animales o plantas que mueren, los microorganismos del suelo (hongos, bacterias) intervienen en la degradación de los organismos muertos. Algunos de estos actúan sobre las proteínas dando como resultado. Aminoácidos y aminas (proceso de aminización). Otros microorganismos modifican los aminoácidos y aminas dando lugar al amoniaco inorgánico (proceso de amonificación). Otros organismos transforman el amoniaco en nitritos y luego en nitratos (proceso de nitrificación). Estos últimos son absorbidos por las raíces de las plantas, o se van a profundidades no alcanzadas por las plantas (*Salamanca, 1999*).

1.4.3.1 Amonificación, descomposición de sustancias orgánicas e hidrólisis.

El nitrógeno se encuentra contenido en diversas sustancias orgánicas principalmente en forma de proteínas, cuya descomposición y transformación en sustancias inorgánicas más sencillas asimilables por las plantas se realiza en diversas etapas. En principio es notable la participación activa de los insectos y gusanos, pero aun así la mayor parte de los procesos de descomposición los realizan una gran variedad de hongos, actinomicetos y bacterias. El proceso más importante es la hidrólisis biológica que descompone gradualmente las proteínas hasta dar proteasas, peptonas, aminoácidos y finalmente amoniaco, más que nada por la interacción de enzimas proteolíticas producidas por diversos microorganismos. Toda esta secuencia de procesos que termina finalmente en la producción de amoniaco se denomina “amonificación” (*Teuscher & Adler, 2001*).

Como se mencionó anteriormente materia nitrogenada depositada en suelo de forma natural, es aprovechada por microorganismo del suelo, como resultado de la digestión enzimática realizada por estos organismos. Las condiciones que favorecen la aminificación parecen ser las mismas que las que contribuyen al buen desarrollo vegetativo de la planta.

El nitrógeno de las aminas y aminoácidos así liberados, puede tener dos destinos. Puede ser utilizado por diversos microorganismos del suelo para construir sus propias estructuras y formar parte del nuevo complejo proteico del suelo. O bien pueden ser transformados por otros en productos simples, que aparecen casi siempre en forma de compuestos amónicos. El procesos enzimático en el que el nitrógeno aparece en esta última forma recibe el nombre de amonificación (*Navarro et al. 2013*).

1.4.3.2 Nitrificación; oxidación del amoníaco.

La serie de reacciones a que está sujeto el nitrógeno, no termina con la formación del amoníaco o de las sales amónicas porque éstas son continuamente oxidadas por dos grupos diferentes de bacterias hasta al etapa de nitritos (NO_2^-) primero y nitratos (NO_3^-) después, ya que por medio de estos procesos dichas bacterias obtiene la energía necesaria para su metabolismo; este proceso se denomina “nitrificación” (*Teuscher & Adler, 2001*).

La nitrificación es la oxidación microbiana del Amonio (NH_4^+) para formar Nitrito (NO_2^-) y Nitrato (NO_3^-). Se reconocen dos clases de nitrificación quimioautotrófica y heterotrófica. La primera es exclusivamente bacteriana y se realiza un selecto grupo de bacterias litotróficas. Se trata del proceso predominante en los suelos neutros o alcalinos. La nitrificación heterotrófica es llevada a cabo por un grupo diverso de bacterias heterótrofas y hongos. Al parecer, resulta predominante en los suelos ácidos (forestales).

La nitrificación quimioautotrófica es un proceso de dos paso llevado a cabo por oxidantes de amonio ($\text{NH}_4^+ = \text{NO}_2^-$) y oxidantes de nitrito ($\text{NO}_2^- = \text{NO}_3^-$). Las poblaciones de los suelos ácidos son muy inferiores que las poblaciones de los suelos neutros.

La nitrificación es un proceso acidificante que tiene lugar en el suelo. Parte del NH_4^+ se pierde en forma de dos gases: óxido nitroso (N_2O) y Óxido nítrico (NO). La nitrificación heterotrófica es la formación de NO_2^- y NO_3^- a partir de NH_4^+ , NO_2^- y nitrógeno orgánico por parte de los organismos heterótrofos (*Coyne, 2000*).

1.5 Determinación de nitratos y amonio.

La determinación de nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) en suelos se fundamenta en la formación de complejos coloreados con estos iones. La intensidad del color desarrollado se compara con aquel que presentan soluciones estándar y en esta forma se puede estimar la concentración en muestras desconocidas por medio de su lectura que nos va a resultar la absorbancia de cada una de ellas, donde el espectrofotómetro va a determinar la concentración de cada muestra, es decir va a cuantificar la cantidad de energía radiante absorbida por las moléculas de una muestra en función de las longitudes de onda específicas (*Ochoa, 2012*).

1.5.1 Espectrofotometría.

La espectrofotometría tiene una larga aplicación y uso en la determinación de elementos en extractos de suelo y digestados de plantas, la invención y uso de analizadores automáticos, y más recientemente en el análisis de flujo por inyección que han hecho de la espectrofotometría un importante procedimiento analítico, pues la técnica tiene buena selectividad y sensibilidad para muchos de los elementos (iones) encontrados en suelos y plantas.

Además de esto se han podido analizar las dos formas iónicas de nitrógeno (N), amoniacal (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) que son determinables por espectrofotometría.

La espectrofotometría se basa en el principio de absorción de luz por un complejo; la cantidad absorbida (0% de luz transmitida) se relaciona con la presencia y concentración de un elemento en particular o un ion en solución. Esta relación está definida por la ley de Beer (*Rodríguez et al, 2003*).

1.5.1.1 Ley de Lambert Beer.

La ley de Beer indica que:

La concentración de la sustancia es directamente proporcional a la cantidad de la luz absorbida o inversamente proporcional al logaritmo de la luz transmitida (*Díaz et al, 2012*).

1.5.1.2 Transmitancia y Absorbancia

Cuando un rayo de luz de una determinada longitud de onda de intensidad incide perpendicularmente sobre una disolución de un compuesto químico que absorbe luz, el compuesto absorberá una parte de la radiación incidente y dejará pasar el resto.

La **transmitancia** (T) de una sustancia en solución es la relación entre la cantidad de luz transmitida que llega al detector una vez que ha atravesado la muestra, y la cantidad de luz que incidió sobre ella, y se representa normalmente en tanto por ciento. La transmitancia nos da una medida física de la relación de intensidad incidente y transmitida al pasar por la muestra. La relación entre el tanto por ciento y la concentración no es lineal, pero asume una relación logarítmica inversa.

La **absorbancia** (A) es un concepto más relacionado con la muestra puesto que nos indica la cantidad de luz absorbida por la misma. Cuando la intensidad incidente y transmitida son iguales, la transmitancia es del 100% e indica que la muestra no absorbe a una determinada longitud de onda.

CAPITULO 2
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Zona de estudio

Para determinar la concentración de Nitrato (NO_3^-) y Amonio (NH_4^+) se utilizó muestras de suelos provenientes de los sectores Arenillas y Catamayo cuyas zonas pertenecen a bosques secos de la región Sur del Ecuador (Suárez, 2008).

Estos bosques secos interandinos se encuentran desde los 1.300 m.s.n.m. lo que facilita un mayor intercambio entre bosques de la costa y los bosques interandinos (Aguirre et al, 2006)

Arenillas, cabecera cantonal del mismo nombre, se encuentra entre los 15 a 80 m.s.n.m. Según el MAGAP (2014), el cantón Arenillas se encuentra implantado dentro del tipo de clima Tropical Mega térmico Seco y Tropical Mega térmico Semiárido (Grupo Social FEPP Regional Cuenca 2015)

Su temperatura fluctúa entre 24 y 30°C, los meses con las temperaturas más elevadas son febrero, marzo y abril, con 26.4°C 26.9°C y 27.1°C (Grupo Social FEPP Regional Cuenca 2015).

Se estiman meses ecológicamente secos, la época invernal es corta, dura desde enero y a Mayo, en los demás meses la lluvia disminuye notablemente. Los meses con mayor precipitación mensual son enero, febrero y marzo, presentándose una máxima de precipitación en 24 horas en el mes de febrero. Y los períodos de déficit hídrico son Julio, agosto, septiembre (Grupo Social FEPP Regional Cuenca, 2015).

Catamayo, cabecera cantonal ubicado al noroccidente de la provincia de Loja, tiene una extensión territorial de 651,89 km², presenta una altitud de 700 a 3000 m.s.n.m. predominan los climas tropical y subtropical (Guzmán et al, 2008). Las temperaturas mínimas de 12 a 14°C, se presentan sobre la cúspide la cordillera de los Andes, en la parte alta del Cantón, en las cotas de 2600 a 2800 msnm, mientras que en la cabecera cantonal las temperaturas son mayores a 22°C, correspondiente a la cota 1200 msnm, el clima es subtropical (GAD Catamayo, 2014).

Las temperaturas en la cabecera cantonal oscilan entre los 24 y 26 °C, la temperatura media anual del cantón es de 24,6 °C, siendo la temperatura media máxima de 34,3°C, y la temperatura media mínima de 14,6 °C (GAD Catamayo, 2014).

En el cantón Catamayo existen dos épocas, una muy seca que comprende los meses de mayo hasta octubre, y la lluviosa de noviembre hasta abril. Las precipitaciones medias mensuales varían alrededor de 33,9 mm/mes. Las precipitaciones son altas en los meses de marzo – abril (*GAD Catamayo, 2014*).

2.2 METODOLOGÍAS PARA LA FASE DE LABORATORIO

2.2.1 Análisis de Nitrato y Amonio

Estos métodos tienen como objetivo determinar la cantidad de Nitrato (NO₃⁻) y Amonio (NH₄) presente en cada una de las muestras de suelos mediante espectrofotometría.

Etiquetado

Las muestras ingresadas al laboratorio fueron etiquetadas y clasificadas con respecto a la zona, fecha de recolección y código de laboratorio.

Almacenamiento de la Muestra

Una vez hecha la recolección de las muestras son refrigeradas (12°C) para conservarlas previo y posterior a su análisis.

2.2.2 Preparación de las Muestras

Tamizado de las muestras

Una vez realizada el etiquetado y clasificación correcta de las muestras, se procede a la tamización del suelo con la ayuda del tamiz de 2mm.

Pesaje de las muestras

Tamizadas las muestras se pesa de cada una 10g y son colocadas en un frasco de plástico herméticamente cerrado.

Extracción de las muestras

A la muestra pesada se le añade 50ml de Solución de Sulfato de Potasio (K₂SO₄) a una concentración de 0,5M.

Agitación

Las muestras que contienen la solución extractante son llevadas a agitación horizontal durante una hora a 200rpm.

Filtración

Las muestras son colocadas en la cámara de filtración obteniéndose una solución cristalina que luego será llevada a los análisis respectivos.

2.3 Determinación de Nitrato Digestado

Para determinar el contenido de Nitratos en una muestra de suelo primeramente se lleva a cabo una extracción con Sulfato de Potasio, mencionada anteriormente, una vez obtenida la muestra es llevada a Digestión, añadiéndose 0,25ml de Hidróxido de Sodio 3M (NaOH), se deja enfriar y nuevamente se añade 0,25ml de Hidróxido de Sodio 3M (NaOH).

Siguiente a esto en la primera microplaca se coloca 25mg de Devarda que es una aleación de cobre, aluminio y zinc, de manera que al reaccionar con el Hidróxido de Sodio se va a liberar el Amonio contenido en la muestra, posterior a esto se añade 250ul de la muestra extraída y 0,25ul de Ácido Sulfúrico 0,1M (H_2SO_4), se deja incubar durante 24h a temperatura ambiente.

Al termino de las 24h en la segunda microplaca se añade 50ul de la muestra incubada, 125ul de Agua Destilada y 75ul de la combinación de reactivos citrato y salicilato en una proporción 1:2, finalmente se añade 25ul de Hipoclorito y se incuba durante 45 minutos en la oscuridad a temperatura ambiente, para luego ser llevada a lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 620nm.

2.4 Determinación de Nitrato Sin Digestar.

Para la determinación de Nitrato sin digestar, en la primera microplaca se coloca 25mg de Devarda, se añade 250ul de la muestra extraída y 0,25ul de Ácido Sulfúrico 0,1M (H_2SO_4), se deja incubar durante 24h a temperatura ambiente.

De igual manera que el anterior método se procede; al termino de las 24h en la segunda microplaca se añade 50ul de la muestra incubada, 125ul de Agua Destilada y 75ul de la

combinación de reactivos citrato y salicilato en una proporción 1:2, finalmente se añade 25ul de Hipoclorito y se incuba durante 45 minutos en la oscuridad para luego ser llevada a la lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 620nm.

2.5 Determinación de Amonio No Digestado

Para la Determinación de Amonio, se procede a colocar en la microplaca 75ul de la muestra extraída anteriormente con Sulfato de Potasio, 75ul de Agua Destilada, 75ul de la combinación de citrato y salicilato en una proporción 1:2, finalmente 25ul de Hipoclorito y se incuba durante 45 minutos en la oscuridad para posterior a esto ser llevada a la lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 620nm.

2.6 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente, donde la media de las muestras analizadas se efectuó mediante ANOVAS de una vía con el test de Tukey, con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Para ello se utilizó el programa SPSS versión 17.0.

CAPÍTULO 3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Determinación de Nitrato Digestado y Sin Digestar.

Hemos evaluado la concentración de Nitrato digestado y sin digestar debido a que estas dos fracciones son importantes para calcular la capacidad de absorción de nitrato en el suelo.

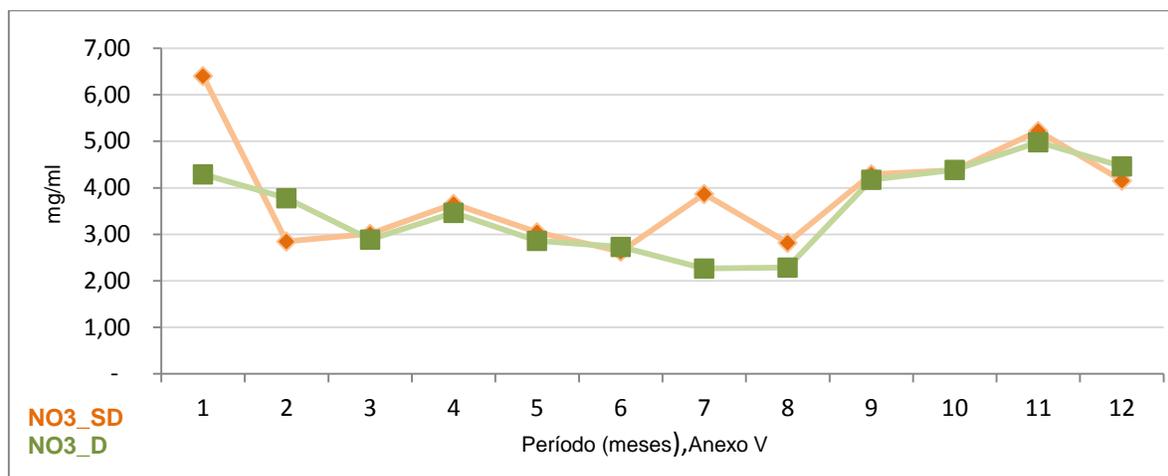


Figura 3. Comportamiento del Nitrato Digestado y Sin Digestar durante diferentes períodos de tiempo en los dos sectores.

Fuente: La Autora

En la Figura 3, se puede observar las variaciones en cuanto a las concentraciones obtenidas de Nitrato, tanto digestado y sin digestar, dando como resultado valores similares en la evaluación de los dos métodos utilizados, así al realizar el análisis de correlación positiva de $r=0,86$, no es aceptado por $p=0.405$, lo que nos permite mencionar que los dos métodos son fiables a la hora de realizar esta determinación

Los valores de Nitrato Digestado y sin Digestar, en los meses de Enero y Diciembre presentan una mayor concentración de este ion, SGR (2014), cita a INAMHI (2014), donde mencionan que Catamayo posee un clima tropical con una temperatura que varía entre las 20 y 25 °C. Las lluvias son escasas y la atmósfera seca, presentándose precipitaciones mínimas en los meses de Noviembre- Enero; y Arenillas se considera con un clima Tropical Mega térmico Seco y Tropical Mega térmico Semiárido con temperaturas elevadas que fluctúan en 24°C a 30°C, con varios meses ecológicamente secos. La estación de lluvias (conocida popularmente como invierno) dura entre los meses de diciembre- abril (Hernández y Zambrano, 2007), correspondiendo a los meses restantes la estación seca (o

verano). Relacionando esta información con los valores obtenidos en nuestro estudio, concuerdan que en los meses de Diciembre y Enero (Figura 3), estos sectores presentan mayores precipitaciones, permitiendo así alcanzar al suelo una mayor concentración de Nitrato, por el contrario al resto de meses en donde se presenta una concentración baja de este ion debido a que son estaciones secas.

Sin embargo se debe mencionar que el método de Nitrato digerido presenta mejores ventajas en comparación del no digerido, ya que los métodos de digestión se usan para reducir interferencias debido a la presencia de materia orgánica y convertir las muestras a una forma en que se puedan analizar (generalmente más puras), es decir las muestras digeridas al ser analizadas presentarán características más fiables, además de que los nitratos digeridos proporcionan una buena matriz para las determinaciones mediante espectrofotometría. Andalucía (1999).

Toala (2013), cita el estudio de Flotats & Campos (2001) donde señalan que trabajando con técnicas de digestión a una temperatura de 20- 80°C, este tratamiento anaerobio permite conseguir buenos resultados de depuración, con el objetivo de obtener una muestra de calidad completamente estabilizada para posterior análisis.

Por su parte Rivera (2010), obtuvo como resultado que el nitrógeno total (N) tendió a disminuir mientras la digestión se llevó a cabo, por otro lado las formas más simples de Nitrógeno, nitrato y nitrito disponible, presentó un aumento lineal leve en el período de digestión.

Botero (2006), citan la experiencia obtenida por Hedlund y Xuan An (2000), en donde se observó que durante el proceso de digestión anaeróbica dentro del digestor, el carbono es el único elemento que es emitido en cantidades considerables bajo condiciones normales. Otros nutrientes como nitrógeno (N) se mantienen en iguales cantidades, pero salen en una mayor concentración en el efluente, por lo tanto, la misma cantidad de macronutrientes que ingresa al sistema es la que sale del digestor.

Moncayo (2005), opina que el digestor mejora la calidad del suelo, ya que todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como nitrato, que lo hacen viable para ser utilizado en diferentes análisis.

Por lo anteriormente citado en el presente estudio, se interpretarán únicamente los resultados del nitrógeno Digestado.

3.2 Determinación de Nitrato.

La figura 4, muestra los resultados obtenidos de Nitrato, que al igual que el amonio no presentó diferencia estadística significativa, pero los valores visibles entre estos dos sectores muestran diferencia ya que en Catamayo existe una concentración de 4.31mg/ml frente a Arenillas que tiene 3.41mg/ml; Veizaga, 2015, focaliza en su estudio de la dinámica del nitrato en el suelo proveniente de la actividad ganadera intensiva, que factores externos como la topografía, la condiciones climáticas (temperatura y precipitación) y las propiedades físicas del suelo parecen impactar en la química del suelo.

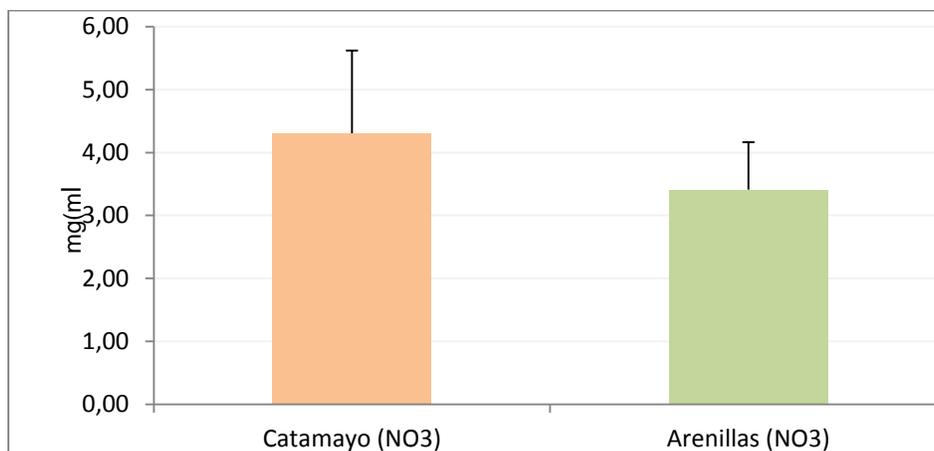


Figura 4. Determinación de Nitrato (concentración mg/ml) en Catamayo frente a Arenillas

Fuente: La Autora.

En el estudio realizado por Sánchez, J. (1994), de determinación y adsorción de iones nitrato reportó concentraciones que van desde 1,63mg/kg a 2,78 mg/kg, muestras que fueron analizadas por espectrofotometría a una longitud de onda de 410nm; las características de las muestras de ese estudio es bajo un clima árido/desértico cálido, donde las precipitaciones son escasas y la temperatura media anual es de 19,7 °C, datos que concuerdan con los valores obtenidos en esta investigación ya que en los dos sectores investigados su condición climática es similar resultando valores bajos de este ion nitrato.

Flores (2012), menciona que para determinar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo y su forma fraccionada Nitrato, utilizo técnicas fotocolorimétricas que forma complejos coloreados, dando como resultado una concentración de 3,6mg/kg, los suelos son provenientes de la Provincia de Bolívar-Ecuador, que se encuentran a una altura de 2600 a 3200m en una zona templada, en donde la concentración de Nitrato es baja.

La determinación de este Ion en nuestro estudio están acordes con Salazar et al. (2003), ya que en su trabajo de mineralización de nitrógeno en el suelo, los resultados obtenidos en tres fechas de muestreo provenientes de ejido Venecia, Durango, a una altitud de 1120 m, con clima árido y con temperatura media anual de 21°C (García, 1973), el promedio más elevado en la concentración de nitratos fue de 4,76mg/kg, al comparar las tres fechas de muestreos no se encontró diferencia estadística significativa, esto posiblemente se debió a una baja actividad enzimática, ya que los microorganismos encargados de la nitrificación, son aerobios o facultativos y la temperatura no resulta ser la más adecuada para que la actividad enzimática tenga un efecto favorable, en comparación con nuestra investigación los valores de Nitrato fueron; en Catamayo de 4.31mg/ml frente a Arenillas que tiene 3.41mg/ml, estas concentraciones bajas se deben a que las condiciones ambientales del suelo no son propicias para que las bacterias encargadas de la mineralización del nitrógeno lleven a cabo su actividad metabólica.

En un experimento similar realizado por Vera (2011), El resultado de Nitratos fue de 4,4mg/kg. Las muestras de suelos de esta investigación son de la comarca de Los Monegros, Huesca, España, el clima es de tipo semiárido mediterráneo, caracterizado por una temperatura media anual de 14.2° C, precipitación 442.9 mm, a una altitud de 300 msnm. Ratificando de manera general expresa, que el contenido de materia orgánica del suelo se relaciona íntimamente con las condiciones climáticas y ambientales de cada zona (Romanyà et al., 2007).

Por otro lado, Fernández (1992), expone que la determinación de nitrato es difícil por los procedimientos relativamente complejos que se precisan y las interferencias que puedan presentarse, según la riqueza de las muestras y la utilización de distintas técnicas, en nuestra técnica se mide absorbancia de la muestra porque presenta poca contaminación de materia orgánica, para las concentraciones que presenta el suelo debe someterse al método de reducción de devarda para nitrógeno total oxidado (Nitrato) ya que este método tiene un índice de detección más alto.

3.3 Determinación de Amonio.

En la figura 5, se observan los resultados de la determinación de Amonio en los dos sectores, se considera que no existe diferencia estadística de Catamayo frente Arenillas; Resultando 2.99mg/ml en Catamayo frente a 3.38 mg/ml en Arenillas; Barrios et al., (2012) en su investigación afirma que el contenido de Amonio en el suelo estuvo por debajo de 5 mg/L, en un cultivo de maíz donde el suelo está sometido a un clima cálido-húmedo dando resultado una baja capacidad de intercambio catiónico

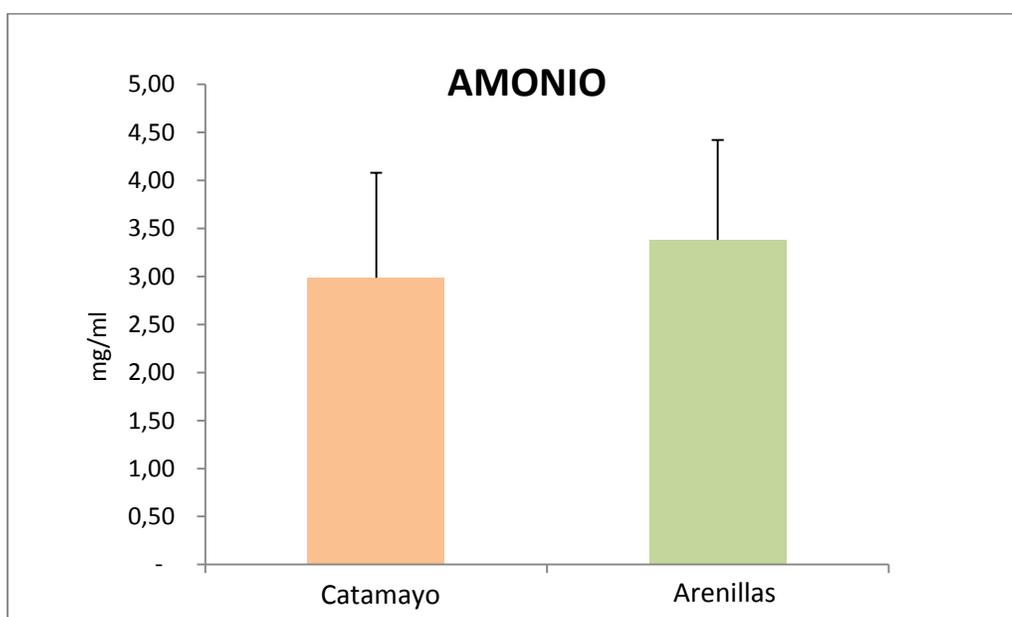


Figura 5. Determinación de Amonio (concentración mg/ml) en Catamayo frente a Arenillas.

Fuente: La Autora

Según Quintero et al. (2011), afirma que al analizar los suelos para calcular la absorción del Nitrógeno y el rendimiento de arroz con las diferentes formas de Nitrógeno aplicado previo al riego, resultó que el Amonio se incrementó desde 3 mg/kg al momento de la siembra a 5 mg/kg, para determinar la concentración de amonio (extracción con KCl 1N y determinación de N por Digestión con NaOH y aleación Devarda), las condiciones climáticas para el análisis son climas subtropicales de la provincia de Los Ríos (Argentina) son similares a las que presenta nuestra investigación.

En comparación con Videla et al. (2005), donde señala que el contenido de Amonio en el suelo presentó valores bajos durante todo el período experimental (menores a 3 mg/kg), el experimento está localizado a 138 m.s.n.m, 950 mm de precipitación anual, 13,7 °C de temperatura media anual, los niveles bajos de amonio, estarían indicando la ocurrencia de procesos que consumen amonio a tasas elevadas, como nitrificación e inmovilización, lo que impediría su acumulación, nuestro estudio coincide con los resultados de esta investigación en donde el suelo está expuesto a condiciones climáticas similares.

Los valores de concentración de amonio están acordes a los valores encontrados por Longeri (2011), reportando valores promedios de 1,1 y 2,9 mg/kg, mientras que en este estudio son de 2.99mg/ml en Catamayo y 3.38 mg/ml en Arenillas, indicando que el método está funcionando de una manera adecuada. Sin embargo también hay que considerar que las variaciones obtenidas se deben a una serie de factores ambientales. Como por ejemplo lo comentado por Ramírez & Moreno (2008) indica que los factores ambientales como la humedad y la temperatura del suelo ejercen un control importante en el contenido de fijación del amonio.

En este estudio al determinar la concentración de amonio, resulto baja, comparando con Salazar (2003), respecto al comportamiento de la mineralización, mostró de igual manera valores bajos de Amonio 3 mg/kg, posiblemente, estas bajas del nivel de N mineral del suelo, podrían deberse en gran medida a inmovilizaciones transitorias del N mineral llevadas a cabo por los microorganismos del suelo, de acuerdo a lo señalado por Faúndez (2005), quien afirma que dicho comportamiento manifiesta un mayor consumo de nitrógeno por parte de los microorganismos que se presentan de manera más activa durante la incubación, y por tanto, necesitan mayor cantidad de nitrógeno para su desarrollo; esto coincide con lo agregado por Korboulewsky et al. (2002), quien apunta que no sólo el nitrógeno de la materia orgánica adicionada al suelo es inmovilizado, sino también el N mineral del suelo.

3.4 Determinación de Nitrato y Amonio.

Al haber realizado las pruebas para Nitrato y Amonio, tanto en Catamayo como Arenillas, se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la Figura 4, pudiéndose observar la concentración de cada uno de estos iones frente a cada sector en estudio.

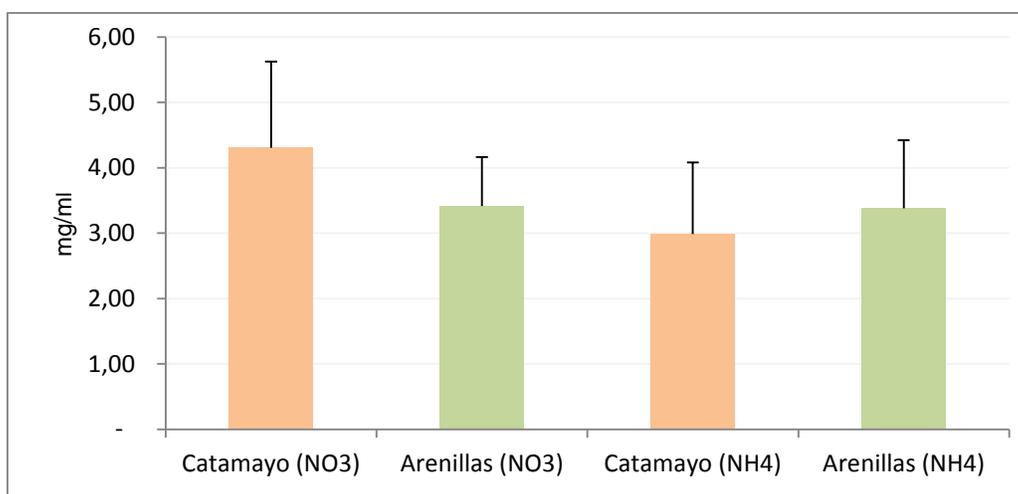


Figura 6. Determinación de Nitrato y Amonio, en los dos sectores (Catamayo-Arenillas).
Fuente: La Autora.

En la figura 4, los datos expuestos al determinar Nitrato y Amonio en los dos sectores, expresan las concentraciones de: 4,31 mg/ml de Nitrato Digestado en Catamayo y 2,99mg/ml de Amonio; frente a 3,41mg/ml de Nitrato Digestado en Arenillas y 3,38mg/ml de Amonio. Los datos aquí representados no muestran diferencia estadística entre sí, pero las diferencias son visibles en la determinación de estos iones en los dos sectores, posiblemente se deban a las características propias en climas y suelos de las zonas de muestreo.

Acuña et al. (2008) en su análisis para los procesos de biorremediación, indicó que la cantidad de N es escasa, principalmente el nitrato y amonio, que son los elementos biodisponibles y rápidamente asimilables, presentando 2,2 mg/kg de Nitrato y 0,4 mg/kg de Amonio, se estudió muestras de suelo Patagónico provenientes de una finca con cultivos los cuales fueron determinados con técnicas espectrométricas, la deficiencia de nitrógeno en el suelo produce una biorremediación menos eficaz con una disminución en la mineralización en la muestra, concordando con los valores obtenidos en nuestro estudio,

que son de 4,31 mg/ml de Nitrato Digestado en Catamayo y 2,99mg/ml de Amonio; frente a 3,41mg/ml de Nitrato Digestado en Arenillas y 3,38mg/ml de Amonio, al igual que este análisis, los valores de estas fracciones resultaron con concentraciones bajas.

Los cambios en las propiedades químicas del suelo estarían relacionados con las modificaciones de los regímenes de humedad del suelo (Kimble et al., 1998). Debe esperarse que aquellas áreas que se vuelvan más áridas vean reducido su nivel de lavado, con estas condiciones climáticas la materia orgánica del suelo presentará una notable pérdida en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) particularmente para suelos con arcillas de baja actividad. La mayoría de la CIC en los suelos de este tipo procede de los lugares de cambio asociados con la materia orgánica del suelo. Una pérdida de la capacidad de intercambio catiónico reduce normalmente la fertilidad del suelo.

Kirschbaum (2000) resume, las diferentes aproximaciones experimentales y teóricas (modelos), que se han usado para conocer la influencia del clima, sobre los procesos de descomposición de la materia orgánica edáfica. Cada uno de estos estudios indica un claro efecto de la temperatura sobre el nitrógeno, a medida que esta se incrementa el suelo presenta cantidades decrecientes de iones, como los determinados en nuestro estudio. Por ende mencionamos que haber realizado la determinación de estos iones, los resultados obtenidos de los dos sectores, presentan una concentración baja, atribuyéndose estos valores a las condiciones del clima y del suelo.

Se admite que bajo estas condiciones climáticas, de los dos sectores, está claro que eso va a llevar a una serie de consecuencias dentro del suelo, que van desde alteraciones en la fisiología de organismos individuales mediante sus efectos sobre las interacciones específicas, hasta cambios globales de los ciclos biogeoquímicos (Pitelka, 1994); en efecto estas condiciones climáticas, crean una modificación del régimen de temperaturas y precipitaciones (que, evidentemente, conducirá a un cambio de los regímenes de temperatura y de humedad del suelo) sobre la dinámica de los procesos que afectan a la materia orgánica del suelo (Bol et al, 2003).

Numerosos métodos para la determinación de Nitratos y Amonio en suelo son citados en la literatura nacional e internacional, se miden tradicionalmente por métodos espectrofotométricos (APHA, 1998), una correcta estimación de los niveles de concentración de Nitrato y Amonio en el suelo, requiere de la obtención de muestras de

suelo lo más representativas posible del área a evaluar, así como de una adecuada conservación de dichas muestras inmediatamente después de extraídas (Brambilla, 2013). Los errores debidos a muestras mal tomadas y/o mal conservadas son generalmente los más significativos, debido a que no pueden corregirse en las fases subsiguientes (Swyngedouw & Lessard, 2007).

CONCLUSIONES

- En la determinación de Nitrato Digestado y Sin Digestar, se opta por el método de Digestión ya que presenta mayores ventajas al momento de conseguir resultados más fiables, atribuyendo a que el digestor mejora la calidad del suelo, presentando características completamente estables al momento de ser analizadas en el laboratorio.
- La concentración de Nitrato y Amonio para los dos sectores tanto en Catamayo como en Arenillas, durante la investigación se mantienen en valores bajos, es decir que estos suelos presentan un actividad enzimática baja, que se encuentra condicionada por el factor climático, en base a estos resultados exponemos que estos suelos no son considerados como una fuente de materia orgánica viéndose reflejada en la menor concentración de Nitrógeno Inorgánico.
- El contenido de las fracciones Inorgánicas de Nitrógeno en las muestras procedentes de los dos sectores se vio afectado por las condiciones climatológicas propias de cada sector, ya que bajo estas condiciones climáticas el suelo presentará una notable pérdida en la capacidad de mineralización de Nitrógeno, reduciendo notablemente la fertilidad del suelo.
- Los suelos son recursos naturales sumamente importantes, condicionados por múltiples factores, es decir, los procesos de descomposición de la materia orgánica del suelo están determinados por un amplio grupo de propiedades físicas y químicas (humedad, temperatura) que operan a escalas muy diferentes, debido a esta multiplicidad de factores, es de resaltar que en el campo raramente se dan todas las condiciones para que ocurra una óptima mineralización.

RECOMENDACIONES

- Tratar de ser exactos con el pesaje del suelo y el volumen de la solución extractante.
- Asegurarse de que los materiales y reactivos estén limpios y con fecha de expiración larga, para evitar alterar los resultados.
- Los reactivos utilizados deben ser preparados en el día para obtener mejores resultados.
- Los reactivos deben añadirse a la muestra en el orden correcto para cada método y en la cantidad exacta, para evitar una diferencia significativa en su lectura de absorbancia.
- En la incubación de las muestras, cubrirlas con papel aluminio y guardarlas en un lugar oscuro, ya que la luz afecta las concentraciones de estos iones.
- Realizar la lectura de absorbancia de las muestras lo más pronto posible.
- Para posibles estudios a futuro se debe incluir la toma de datos para análisis de variables de clima y suelo.

BIBLIOGRAFIA

- Acuña, A. J., Pucci, O. H., & Pucci, G. N. (2008). Caracterización de un proceso de biorremediación de hidrocarburos en deficiencia de nitrógeno en un suelo de Patagonia Argentina. *Revista Ecosistemas*, 17(2).
- Aguirre, Z., Kvist, L. P., & Sánchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica económica de los Andes Centrales*, 2, 162-187.
- Andalucía, J. (1999). Informe sobre los criterios y estándares para declarar un suelo contaminado en Andalucía y la metodología y técnicas de toma de muestra y análisis para su investigación. Junta de Andalucía-Consejería de Medio Ambiente, Sevilla, 253.
- Azabache, A. (2003). Fertilidad de suelos para una agricultura sostenible: Desarrollo de la fertilidad del suelo. Huancayo, PE. Universidad Nacional del Centro
- Barrios, M., García, J., & Basso, C. (2012). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de nitrato y amonio en el suelo y la planta de maíz. *Bioagro*, 24(3), 213-220.
- Bol, R., Bolger, Th., Cully, R., Little, D. (2003). Recalcitrant soil organic materials mineralize more efficiently at higher temperatures. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*
- Boschetti, N. (2011). Absorción de nitrógeno y rendimiento de arroz con diferentes

formas de nitrógeno aplicado previo al riego. Ciencia del suelo. Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo

Botero, R. (2006). Generación de energía eléctrica a partir de biogás. Costa Rica. Universidad EARTH.

Brambilla, E., Kloster, N. S., Bono, A., & Camiña, J. M. (2013). Evaluación de los métodos para determinar nitrato en suelo.

Cepeda, J. (2012). Química de los suelos. Trillas, S.A. (Ed), México

Coyne, M. (2000). Microbiología del Suelo. Paraninfo (Ed), España

Díaz, A., Bárcena, A., Fernández, M., Galván, A., Jorrín, J., Peinado, J., Toribio, F., & Túnez, I. (2012) Espectrometría: Espectros de absorción y cuantificación Colorimétrica de biomoléculas.

Fernández, E. (1992). Utilización de la cromatografía iónica en el análisis de muestras de aguas de drenaje y de solución de suelo.

Flores, Y., (2012). Evaluación de tres métodos analíticos, para determinar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo y su correlación con el índice de verdor y clorofila en el maíz. Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Fuentes, W., & Gonzalez, O. (2007). Estimación de la mineralización neta de nitrógeno del suelo en sistemas agroforestales ya pleno sol en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) en el Pacífico de Nicaragua, departamento de Carazo. Universidad Nacional Agraria, Managua (Nicaragua). Facultad de Agronomía

García, O. (2015,06). Fundamentos para la búsqueda, evaluación y calibración de nuevas metodologías analíticas para suelos en el trópico. Recuperado <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-Fundamentos-para-la->

Busqueda.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado de Catamayo. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2019.

Grupo Social FEPP Regional Cuenca. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 1–224. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Guillen, E. (2009). Determinación de nitrato y amonio en fertilizantes, utilizando la técnica de Análisis por inyección en flujo acoplada a la espectroscopia de absorción molecular ultravioleta/ visible en fase gaseosa. Recuperado http://tesis.ula.ve/pregrado/tde_busca/archivo.php?codArchivo=2257

Guzmán, R., González, M., Mejía, L. Chalán, R. (2008). Producción agrícola y construcción de indicadores de sostenibilidad en el cantón Catamayo de la provincia de Loja. UTPL. Loja-Ecuador

Halley, R. (1999). Manual de Agricultura y Ganadería. Limusa S.A. (Ed), México

Kimble, J., Grossman, R., (1998). Alteration of soil properties caused by climate change. *Advances in GeoEcology* 31, 175-184.

Kirschbaum, M. (2000). Will changes in soil organic carbon act as a positive or negative feedback on global warming. *Biogeochemistry* 48, 21-51.

Labrador, J., & Biológicas, C. (2008). Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica.

Ledesma, J. (2009). Climatología y Meteorología Agrícola. Paraninfo Thomson Learning (Ed). España

Longeri, S., Vidal, P., & Fernández, D. (2001). Fijación de amonio en seis suelos

de la VIII region de Chile. Agricultura Técnica.

Melsted, S. Peck, T. (1973). The principles of Soil Testing. Soil Testing and Plant Analysis Soil Science society of America, Wisconsin

Miller, V. (2010). Fisiología Vegetal. Hispano Americana (Ed), México

Moncayo, G. (2005). Manejo ecológicamente compatible de las cuencas de Tungurahua; Digestión anaeróbica y diseño de biodigestores. Recuperado <http://www.aqualimpia.com/descargas.htm>. Consultado: Mayo 2009).

Navarro, S. & Navarro, G. (2013). Química Agrícola. pp 165-169. Mundi empresa (Ed), México

Ochoa, R. (2012,12). Técnicas inmunoenzimáticas para ensayos clínicos de vacunas y estudios inmunoepidemiológicos. Finlay (Ed), La Habana

Otiniano, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. Idesia (Arica), Chile

Pedomo, C., & Barbazán, M. (2008). Nitrógeno. Montevideo-Uruguay: Universidad de la República. 10-56

Pitelka, L. (1994). Ecosystem responses to elevated CO₂. Trend in Ecological Evolution

Quintero, C., Prats, F., Zamero, M., Arévalo, E., Spinelli, N., & Boschetti, G. (2011). Absorción de nitrógeno y rendimiento de arroz con diferentes formas de nitrógeno aplicado previo al riego. Ciencia del suelo. Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo

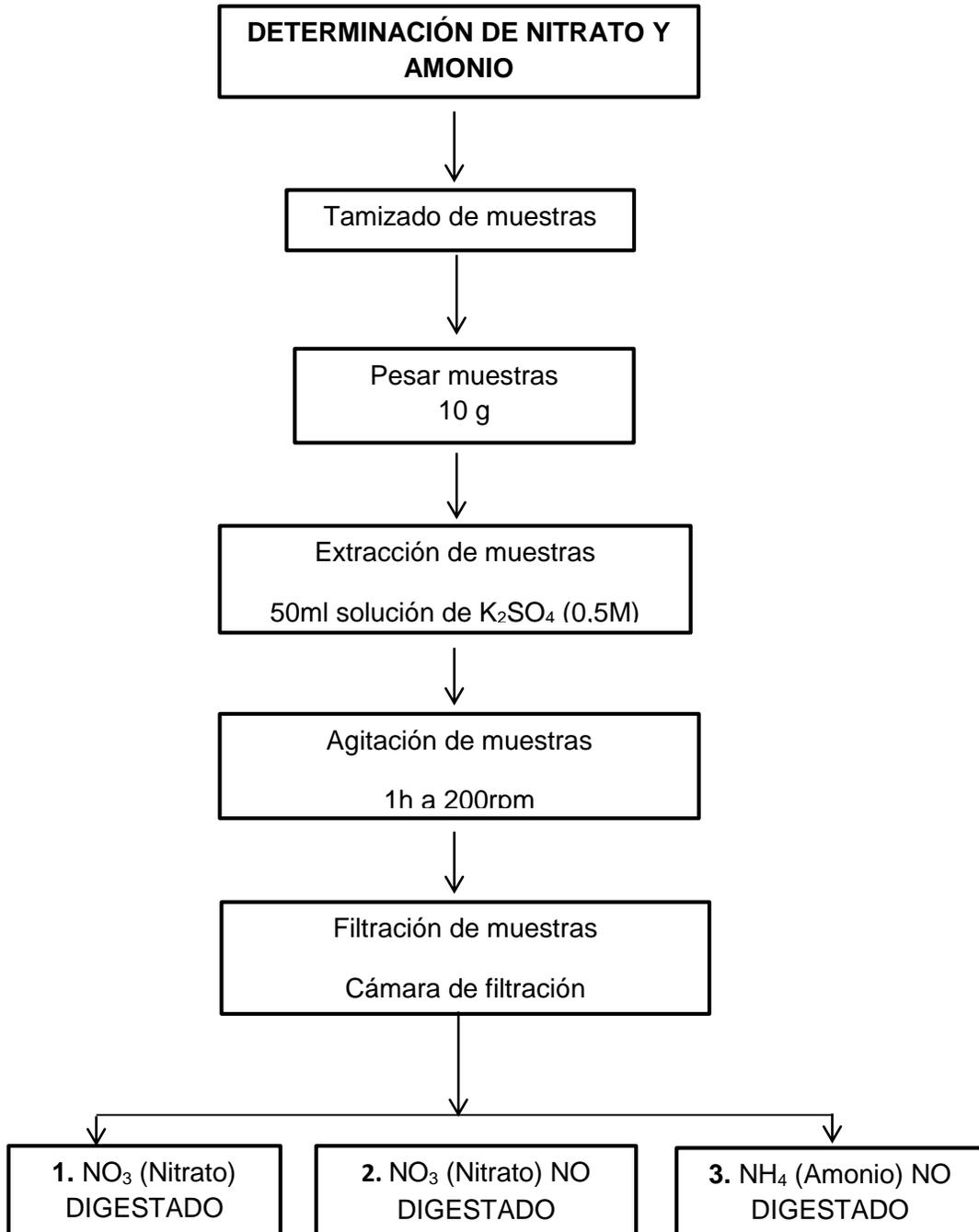
- Rivera, M. (2010). Producción de abono orgánico y biogás mediante biodigestión anaeróbica de lodos activos. Universidad de la Serena. Chile
- Rodríguez, H. Rodríguez, J. (2003). Métodos de Análisis de Suelos. Trillas S.A. (Ed), México
- Roca, A. (2011). Elementos del suelo esenciales para la planta. Recuperado http://www.infoagro.com/abonos/elementos_suelo_esenciales_plantas.htm
- Salamanca, F. (1999). Suelos y Fertilizantes. pp 38-41. USTA (Ed), Santa Fe, Colombia
- Salazar, E., Beltrán, A., Fortis, M., Leos, J., Cueto, J., Vázquez, C., & Peña, J. (2003). Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. Terra: Organo Científico de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, AC.
- Sánchez, J. C. (1994). Adsorción de iones nitrato en suelos de la provincia de Almería. Boletín del Instituto de Estudios Almerienses. Ciencias, (13), 119-143.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2014). Probabilidad de Inundación por lluvias extremas 2014-2015
- Suárez Duque, D. (2008). Formación de un corredor de hábitat de un bosque montano alto en un mosaico de páramo en el norte del Ecuador. Ecología Aplicada, 7(1-2)
- Suquilanda, M. (1996). Agricultura Orgánica, alternativa tecnológica del futuro. Fundrago (Ed), Quito-Ecuador.
- Suquilanda, V. (1999). Química de los Suelos. pp 7-9- Trillas, S.A. (Ed), México

- Swyngedouw, C & R Lessard, R. (2007). Soil sampling and methods of analysis
- Teuscher, H. Adler, R. (2001). El Suelo y su Fertilidad. pp 230-236. Compañía editorial Continental (Ed), México
- Toala, E. (2013). Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho verónica. ESPOCH
- Vallejo, E. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. Recuperad http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392013000100006&lng=es&nrm=.pf&tlng=es
- Vera, D., Romanya, J., Garces, F., Sabando, F., Liuba, G., Godoy, F. (2011). Disponibilidad de nitrógeno en cultivos herbáceos extensivos ecológicos y convencionales: relación con la cantidad de carbono. Revista Ciencia y Tecnología
- Vickey, M. (2007). Ecología de Plantas Tropicales, pp 41. Limusa (Ed), México
- Videla, C., Pazos, A., Trivelin, P. C., Echeverría, H. E., & Studdert, G. A. (2005). Mineralización bruta de nitrógeno bajo labranza convencional, siembra directa y pastura. Ciencia del suelo, 23(2), 1850-2067.
- Woollins, J. (2010). Inorganic experiments. J Wiley & Sons (Ed)

ANEXOS

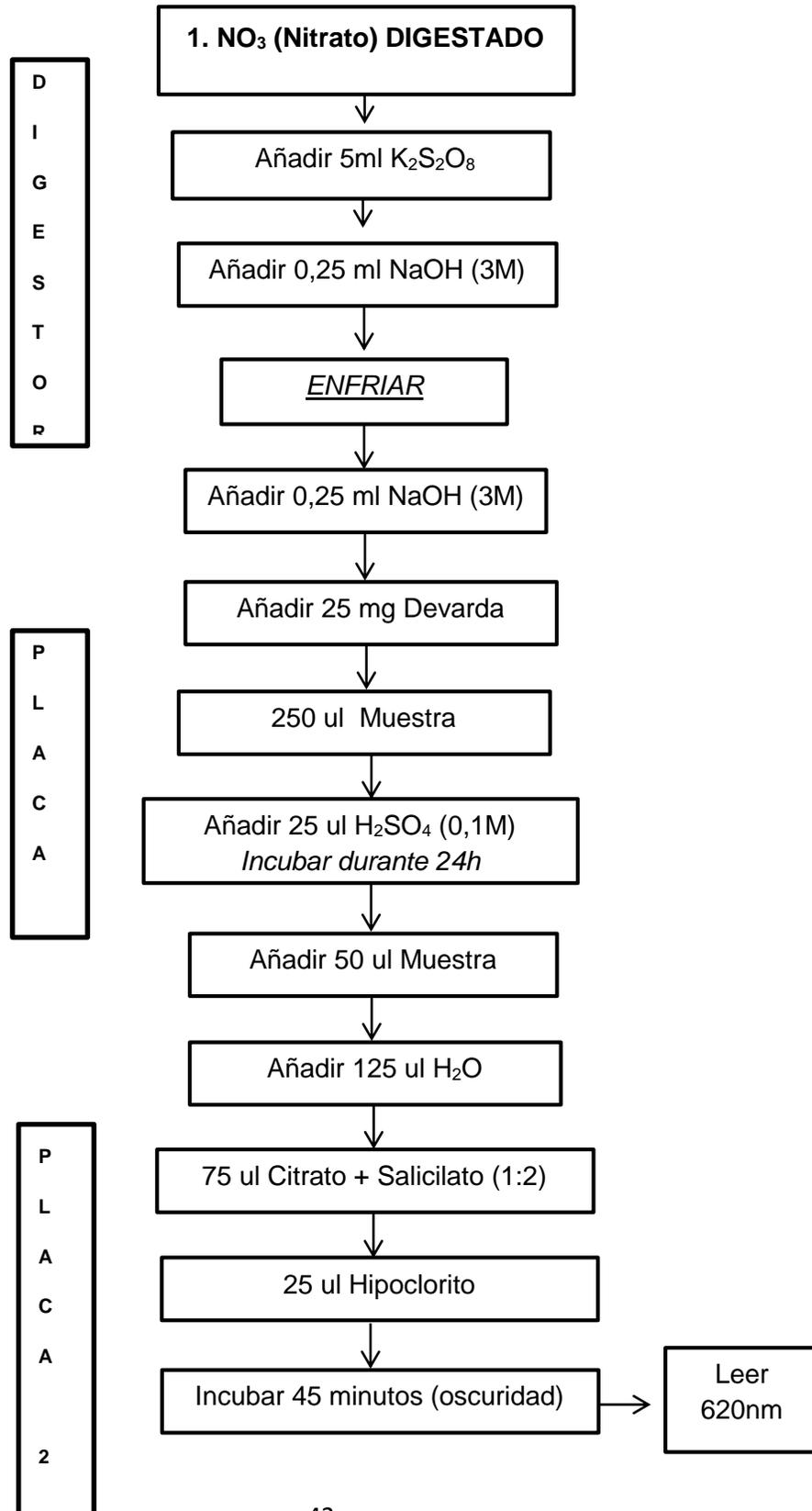
ANEXO I

PROCESO DE FLUJO PARA DETERMINACIÓN DE NITRATO Y AMONIO



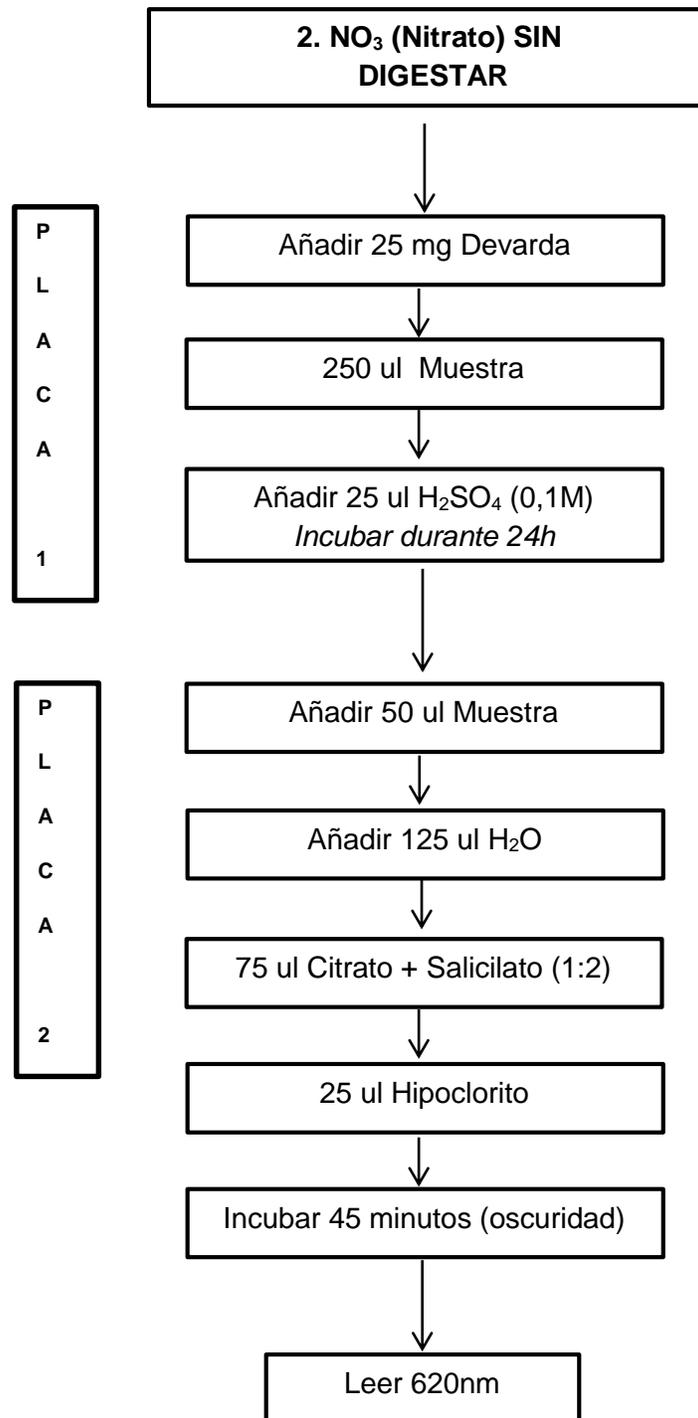
ANEXO II

PROCESO DE FLUJO PARA DETERMINACIÓN DE NITRATO DIGESTADO



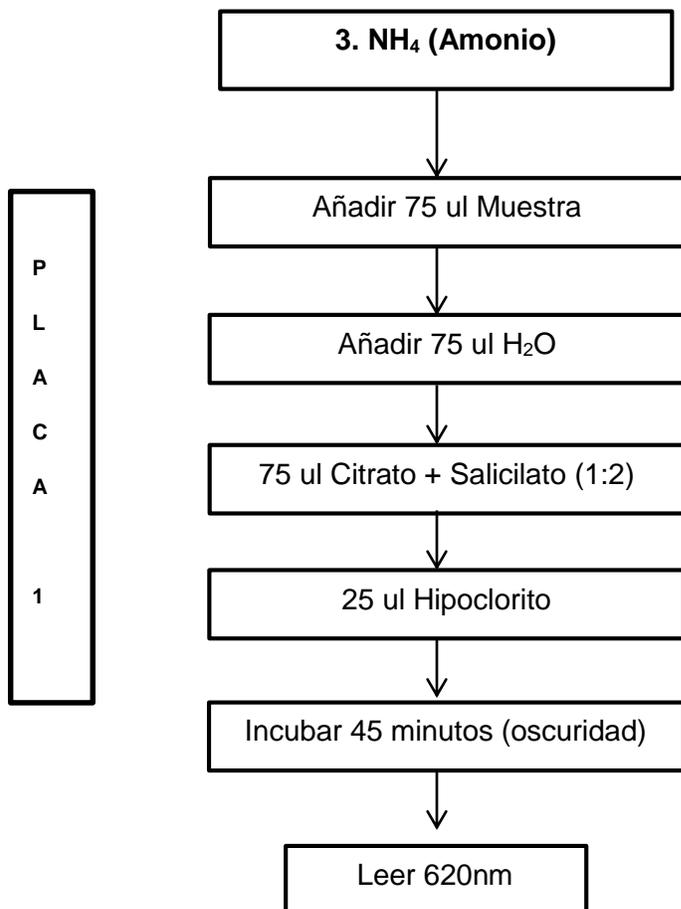
ANEXO III

PROCESO DE FLUJO PARA LA DETERMINACIÓN DE NITRATO SIN DIGESTAR



ANEXO IV

PROCESO DE FLUJO PARA LA DETERMINACIÓN DE AMONIO



ANEXO V

MATRIZ DE NITRATO SIN DIGESTAR EN AMBOS SECTORES BAJO DIFERENTES PERÍODOS DE TIEMPO

- Catamayo
- Arenillas

Número de Muestra	ENERO	FEBRERO	FEBRERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JULIO	JULIO	SEP.	DICIEMBRE	DICIEMBRE
1	4.81	1.26	2.53	3.64	2.66	2.73	3.01	2.25	3.60	3.73	4.60	4.38
2	6.13	1.74	3.40	3.28	3.30	2.53	3.47	2.47	4.32	4.27	5.32	4.47
3	5.60	1.10	3.24	4.10	3.29	2.19	3.55	2.70	4.29	4.19	5.43	3.55
4	6.29	1.60	3.46	5.21	3.53	3.47	3.94	2.60	5.53	4.42	6.46	3.49
5	8.16	1.38	3.43	2.85	3.33	2.79	3.58	3.00	4.33	5.79	5.38	4.73
6	6.58	5.05	2.77	4.64	2.77	2.43	4.33	3.00	3.60	4.43	5.60	5.00
7	7.12	5.58	3.53	3.35	3.37	2.75	4.14	3.09	4.47	4.75	4.47	4.09
8	6.73	4.68	2.70	3.53	3.28	2.42	4.69	2.52	4.28	5.42	5.39	3.52
9	6.07	1.53	2.61	2.70	2.46	3.01	4.02	3.58	4.46	4.21	5.59	4.58
10	7.50	4.01	3.49	3.83	3.60	2.16	3.65	2.54	3.60	3.17	4.36	3.54
11	7.63	3.35	3.09	2.96	3.10	2.88	5.74	3.58	5.10	4.88	4.10	5.58
12	6.88	3.70	3.30	4.63	2.60	3.05	3.66	2.72	4.27	5.15	6.39	4.39
13	4.18	1.21	2.42	2.68	2.87	2.71	3.72	3.62	4.19	4.71	5.32	4.62
14	4.88	3.24	2.83	4.05	2.87	2.06	3.53	2.63	3.87	3.19	4.70	3.63
15	6.55	2.37	2.60	3.50	2.90	2.65	3.32	2.47	3.88	3.65	4.57	3.47
16	7.34	3.71	2.82	3.56	2.82	2.18	3.47	2.38	4.82	4.16	5.82	3.38
Prom.	6.40	2.84	3.01	3.66	3.05	2.63	3.86	2.82	4.29	4.38	5.22	4.15
Des.	1.10	1.51	0.39	0.73	0.35	0.38	0.65	0.44	0.54	0.74	0.70	0.66
											PROM.ANU/	3.86

MATRIZ DE NITRATO DIGESTADO EN AMBOS SECTORES BAJO DIFERENTES PERÍODOS DE TIEMPO

Número de Muestra	ENERO	FEBRERO	FEBRERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JULIO	JULIO	SEP	DICIEMBRE	DICIEMBRE
1	4.90	3.27	2.34	3.27	2.44	2.14	1.82	2.45	3.33	3.14	3.77	4.22
2	3.95	4.91	2.95	2.87	2.92	3.68	2.18	3.41	3.92	4.38	4.92	3.41
3	5.87	4.38	3.22	3.63	2.87	2.85	2.09	1.93	4.87	4.85	5.87	3.60
4	1.60	3.50	2.40	4.75	2.51	3.28	1.86	1.86	4.49	4.28	5.49	3.86
5	2.65	3.38	3.31	3.77	3.31	2.61	1.91	1.86	4.32	4.61	4.32	4.86
6	6.16	4.98	2.46	3.55	2.46	2.34	2.07	2.47	3.46	4.34	5.44	4.47
7	3.62	4.58	3.19	3.65	3.19	3.91	1.34	2.60	3.19	4.91	4.19	4.60
8	3.96	4.02	3.33	3.04	3.33	2.53	6.83	2.61	4.31	3.53	5.31	3.61
9	4.53	2.28	3.34	3.00	3.35	2.18	1.70	1.84	5.36	4.18	6.36	5.84
10	4.66	3.84	3.62	2.86	3.54	2.64	1.87	1.99	4.54	3.35	5.54	4.65
11	3.89	2.06	2.76	2.38	2.81	2.68	1.83	2.31	5.81	3.68	6.66	4.31
12	4.45	3.82	3.29	4.60	3.25	2.63	1.65	2.46	3.25	4.63	4.25	3.46
13	4.80	2.84	2.80	3.59	2.80	3.62	3.18	2.68	4.80	5.62	5.47	4.68
14	4.64	4.87	2.27	3.60	2.19	2.33	2.35	2.03	4.21	4.33	4.21	4.03
15	5.02	3.34	2.79	3.58	2.76	2.42	1.93	2.20	3.76	6.42	3.76	5.20
16	3.99	4.40	2.19	3.32	2.09	1.92	1.65	1.88	3.13	3.92	4.13	6.55
Prom.	4.29	3.78	2.89	3.47	2.86	2.73	2.27	2.29	4.17	4.39	4.98	4.46
Des.	1.11	0.90	0.46	0.61	0.44	0.59	1.28	0.43	0.80	0.83	0.91	0.87
											PROM.ANU	3.55

ANEXO VI

MATRIZ DE AMONIO EN AMBOS SECTORES BAJO PERÍODO DE UN AÑO

- Catamayo
- Arenillas

Número de	ENERO	FEBRERO	FEBRERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JULIO	JULIO	SEP.	DICIEMBRE	DICIEMBRE
1	2.16	2.18	3.11	2.72	2.15	2.23	2.42	3.52	3.15	4.23	3.15	4.47
2	2.62	1.56	2.56	2.58	2.08	2.33	1.43	4.27	3.08	3.33	4.15	5.27
3	1.63	2.66	2.16	2.54	2.38	1.85	1.46	2.62	4.42	3.78	4.42	4.62
4	2.84	3.38	2.60	3.56	2.54	2.93	2.29	4.69	4.54	4.60	5.54	5.59
5	2.55	2.41	2.59	2.94	2.75	2.57	2.33	3.22	3.75	3.57	4.64	4.22
6	2.51	1.79	2.48	2.13	1.92	2.59	4.51	3.74	3.92	3.59	4.75	5.74
7	2.46	1.93	2.25	2.65	2.58	2.23	2.18	4.08	4.58	4.23	5.51	5.08
8	3.73	2.75	3.49	2.45	2.74	2.65	1.67	3.55	4.74	3.65	5.58	4.55
9	2.33	2.25	2.85	2.38	2.25	2.17	1.62	3.54	3.78	3.22	3.78	5.54
10	3.37	1.49	2.82	2.55	1.93	3.24	2.31	3.67	3.93	3.58	4.76	4.53
11	2.28	1.75	2.52	2.83	2.17	2.27	1.35	3.37	4.18	4.27	5.18	5.37
12	1.85	2.40	3.10	3.54	2.29	2.12	1.50	3.35	4.29	3.20	6.29	4.35
13	2.29	2.55	2.13	2.07	2.46	1.62	1.37	4.25	3.46	3.47	5.46	4.59
14	1.78	3.43	2.41	2.24	2.13	1.74	1.44	4.57	4.14	3.74	3.14	5.57
15	2.39	4.15	2.34	3.54	1.69	2.86	1.39	3.73	3.51	3.86	4.51	6.73
16	2.23	4.46	2.60	3.89	2.27	1.66	1.56	3.72	3.27	3.66	4.83	5.72
Prom.	2.44	2.57	2.63	2.79	2.27	2.32	1.93	3.74	3.92	3.75	4.73	5.12
Des.	0.54	0.88	0.37	0.56	0.30	0.47	0.80	0.53	0.53	0.40	0.88	0.69
											PROM. ANI	3.18

ANEXO VII

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Para comparar las metodologías de Nitrato Digestado y Sin Digestar se realizó un análisis de correlación.

		Catamy_D_NO3	Arenilla_NO3_D	Catamayo_NO3_SD	Arenillas_NO3_SD	Ctamayo_NH4	Arenillas_NH4
Catamy_D_NO3	Correlación de Pearson	1	.086	.491**	.354**	.297**	.205
	Sig. (bilateral)		.405	.000	.000	.003	.046
	N	96	96	96	96	96	96
Arenilla_NO3_D	Correlación de Pearson	.086	1	.092	.254	.319**	.426**
	Sig. (bilateral)	.405		.372	.012	.002	.000
	N	96	96	96	96	96	96
Catamayo_NO3_SD	Correlación de Pearson	.491**	.092	1	.543**	.527**	.306**
	Sig. (bilateral)	.000	.372		.000	.000	.002
	N	96	96	96	96	96	96
Arenillas_NO3_SD	Correlación de Pearson	.354**	.254	.543**	1	.550**	.361**
	Sig. (bilateral)	.000	.012	.000		.000	.000
	N	96	96	96	96	96	96
Ctamayo_NH4	Correlación de Pearson	.297**	.319**	.527**	.550**	1	.550**
	Sig. (bilateral)	.003	.002	.000	.000		.000
	N	96	96	96	96	96	96
Arenillas_NH4	Correlación de Pearson	.205	.426**	.306**	.361**	.550**	1
	Sig. (bilateral)	.046	.000	.002	.000	.000	
	N	96	96	96	96	96	96

ANEXO VIII

TEST ANOVA DATOS DE NITRATO Y AMONIO

Estadísticamente mediante la prueba anova, los datos expuesto de Nitrato y Amonio no presentan significancia.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Catamy_D_NO3	Inter-grupos	179.129	95	1.886	.	.
	Intra-grupos	.000	0	.		
	Total	179.129	95			
Arenilla_NO3_D	Inter-grupos	109.591	95	1.154	.	.
	Intra-grupos	.000	0	.		
	Total	109.591	95			
Catamayo_NO3_SD	Inter-grupos	159.662	95	1.681	.	.
	Intra-grupos	.000	0	.		
	Total	159.662	95			
Arenillas_NO3_SD	Inter-grupos	108.612	95	1.143	.	.
	Intra-grupos	.000	0	.		
	Total	108.612	95			