UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO EN LOS SUELOS DE CHURUBAMBA, CHINCHAO Y SAN PABLO DE PILLAO, PROVINCIA DE HUÁNUCO, 2019

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

ADDRIN JENSEN ABAD CASTRO

ASESORA: M.Sc. LILIANA VEGA JARA

HUÁNUCO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mis padres Diaz Abad y Nolverta Castro por su respaldo emocional, sus orientaciones, por haberme inculcado muchos valores, me acompañaron en todo este proceso desde el proyecto, ejecución y el informe de mi tesis, gracias a ellos estoy culminando esta carrera y les dedico todo este logro.

A mis hermanos, Cricia, Cyndi, Yens y Saheli por ser parte fundamental en mi formación como persona, además porque siempre estuvimos juntos y siempre existirá ese respaldo de hermanos.

A mis abuelos Gregorio Abad, Alejadrina Durand, Clemente Castro y Modesta Masgo, por su estima hacia mi persona, me inculcaron el respeto hacia los demás y siempre me dijeron que debemos perseguir lo que queremos, que el camino no es fácil pero con perseverancia podemos conseguir nuestros objetivos.

En general a toda mi familia paterna y materna, siempre fueron y son muy buenos conmigo, ellos también se alegran por mis logros y sé que me desean siempre lo mejor, siempre estaré eternamente agradecidos con todas las personas que están a mi lado.

AGRADECIMIENTO

A mi asesora M. Sc. Liliana Vega Jara por su apoyo en la elaboración del proyecto de tesis, en la ejecución y elaboración del informe final de esta investigación sobre la mineralización del nitrógeno.

A mis jurados Mg. Eugenio Perez, Mg. Mercedes Asado e Ing. Grifelio Vargas por su apoyo en la elaboración de mi proyecto y la corrección de mi informe de tesis, también por mi agradecimiento por sus orientaciones durante los años que fui estudiante.

MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO EN LOS SUELOS DE CHURUBAMBA, CHINCHAO Y SAN PABLO DE PILLAO, PROVINCIA DE HUÁNUCO, 2019

RESUMEN

El diagnóstico de fertilidad mejora al incluir el aporte de nitrógeno (N) mineralizable de la fracción orgánica del suelo, el cual puede predecirse a partir del N potencialmente mineralizable (Nan). Sin embargo, la información disponible respecto de la capacidad de mineralizar N de los suelos de la provincia de Huánuco es aún insuficiente. El objetivo fue determinar la capacidad de mineralizar nitrógeno en el suelo de las zonas de vida de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao en función a las zonas de vida de cada distrito. Se tomaron muestras de suelo del estrato de 0-20 cm de profundidad, de 62 suelos de tres distritos de la provincia de Huánuco. En cada sitio se seleccionó un suelo agrícola y un suelo prístino. Las zonas de vida que pertenecían los centros poblados muestreados fueron 11: bs-MBT, bs-PT, bmh-MT, bh-MBT, bmh-MBT, bp-MT, bp-MBT, bp-PT, bmh-PT-TB, bmh-PT, me-PT. Se determinaron la textura, pH, materia orgánica, Nan y N total. Los resultados indicaron que existe una relación directa del Nan con la arena y una relación inversa entre Nan y la arcilla, suelos arenosos presentaron mayor mineralización de N posiblemente debido a la facilidad de acción de los mineralizadores, el pH sin embrago no afectó al potencial de mineralizar N de los suelos. El análisis de cluster separó a los suelos en dos grupos (A y B), los primeros con bajos porcentajes de mineralización de N y los segundos con relativamente alto potencial para proveer N a los cultivos, pertenecieron a zonas de vida con climas cálidos. En conclusión, la capacidad de mineralizar N de los suelos depende principalmente del clima (temperatura y precipitación) independientemente del manejo.

Palabras claves: Materia orgánica de suelos, suelos agrícolas, suelos prístinos, zonas de vida de Huánuco.

NITROGEN MINERALIZATION IN THE SOILS FROM CHURUBAMBA, CHINCHAO AND SAN PABLO DE PILLAO, HUÁNUCO PROVINCE, 2019

SUMMARY

The fertility diagnosis improves when including the contribution of mineralizable nitrogen (N) from the organic fraction of the soil, which can be predicted from the potentially mineralizable N (Nan). However, the information available regarding the capacity to mineralize N of the soils of the Huánuco region is still insufficient. The objective was to determine the capacity to mineralize nitrogen in the soil of the life zones of the districts of Churubamba, Chinchao and San Pablo de Pillao. Soil samples were taken from the stratum 0-20 cm deep, from 62 soils from three districts of the Huánuco province. Agricultural soil and pristine soil were selected at each site. The life zones that belonged to the sampled population centers were 11: bs-MBT, bs-PT, bmh-MT, bh-MBT, bmh-MBT, bp-MT, bp-MBT, bp-PT, bmh-PT-TB, bmh-PT, me-PT. The texture, pH, organic matter, Nan and total N were determined. The results indicated that there is a direct relation between Nan and sand and an inverse relationship between Nan and clay, sandy soils presented greater mineralization of N, possibly due to the ease of action of mineralizers, the pH, however, did not affect the potential of mineralize N from soils. The cluster analysis separated the soils into two groups (A and B), the first with low percentages of N mineralization and the second with relatively high potential to provide N to crops, belonged to life zones with warm climates. In conclusion, the ability to mineralize N of soils depends mainly on the climate (temperature and precipitation) regardless of control.

Keyword: Organic matter from soils, agricultural soils, pristine soils, Huánuco life zones.

ÍNDICE

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

RESUMEN iii

SUMMARY iv

I. INTRODUCCIÓN 15

Objetivo general 17

Objetivos específicos 17

II. MARCO TEÓRICO 18

2.1. Fundamentación Teórica 18

2.1.1. La dinámica del N en el suelo 18

2.1.2. Proceso de mineralización del nitrógeno orgánico en el suelo 19

2.1.2.1. Aminización 19

2.1.2.2. Amonificación 20

2.1.2.3. Nitrificación 20

2.1.3. Efectos del clima en la mineralización del nitrógeno orgánico en el suelo. 21

2.1.3.1. Temperatura 21

2.1.3.2. Humedad 22

2.1.4. Factores químicos, físicos y biológicos que influyen en la capacidad de mineralización de nitrógeno en el suelo. 22

2.1.4.1. Propiedades químicas que intervienen en la mineralización del nitrógeno 22

2.1.4.2. Características físicas que intervienen en la mineralización del nitrógeno 23

2.1.4.3. Características biológicas que interviene en la mineralización del nitrógeno 24

2.2. Zonas de vida de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao 25

2.2.1. Bosque Seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT) 25

2.2.2. Bosque Seco Premontano Tropical (bs-PT) 25

2.2.3. Bosque muy Húmedo Montano Tropical (bmh-MT) 25

2.2.4. Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT) 25

2.2.5. Bosque muy Húmedo Montano Bajo Tropical (bmh-MBT) 25

2.2.6. Bosque Pluvial Montano Tropical (bp-MT) 26

2.2.7. Bosque Pluvial Montano Bajo Tropical (bp-MBT) 26

2.2.8. Bosque Pluvial Premontano Tropical (bp-PT) 26

2.2.9. Bosque muy Húmedo Premontano Tropical - Transicional a Bosque (bmh-PT (tb)) 26

2.2.10. Bosque muy Húmedo Premontano Tropical (bmh-PT) 27

2.2.11. Monte Espinoso Premontano Tropical (me-PT) 27

2.3. Antecedentes 27

2.4. Hipótesis 30

- **Hipótesis general** 30
- **Hipótesis específicas** 30

2.5. Variables 31

III. MATERIALES Y MÉTODOS 32

3.1. Tipo y Nivel de investigación 32

3.1.1. Tipo 32

3.1.2. Nivel de Investigación 32

3.2. Lugar de ejecución 32

3.2.1. Ubicación de los sitios en estudio 33

3.3. Población, muestra y unidad de análisis 34

3.3.1. Población 34

3.3.2. Muestra 34

3.3.3. Tipo de muestreo 34

3.3.4. Unidad de análisis 35

3.4. Tratamiento en estudio 35

3.5. Prueba de hipótesis 38

3.5.1. Diseño de la investigación 38

3.5.2. Técnicas estadísticas a utilizar 38

3.5.2.1. Regresión lineal simple 38

3.5.2. Datos registrados 39

3.5.2.1. Concentración de Materia orgánica total del suelo (MOT) 39

3.5.2.2. Concentración de Nitrógeno total (NT) 39

3.5.2.3. Concentración de Nitrógeno potencialmente mineralizable (Nan) . 39

3.5.2.4. Textura del suelo 39

3.5.2.5. pH del suelo 39

3.5.2.6. Factores climáticos 40

3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información 40

3.5.3.1. Técnicas bibliográficas y de campo 40

3.5.3.2. Instrumentos de recolección de información 41

3.6. Materiales y equipos 41

3.6.1. Materiales para la toma de muestra de suelos: 41

3.6.2. Preparación de la muestra 42

3.6.3. Análisis de Textura 42

3.6.4. Medición de pH 42

3.6.5. Materia orgánica del suelo 43

3.6.6. Determinación de nitrógeno potencialmente mineralizable 43

3.7. Conducción de la investigación 44

3.7.1. Fase de campo 44

3.7.2. Fase de laboratorio: 45

3.7.2.1. Preparación de las muestras de suelo 45

3.7.2.2. Análisis te textura 45

3.7.2.3. Medición de pH 46

3.7.2.4. Determinación de materia orgánica 46

3.7.2.5. Determinación de nitrógeno potencialmente mineralizable 47

IV. RESULTADOS 48

4.1. Potencial de mineralización de N de los suelos 48

4.2. Relación entre el Nan y arcilla, arena, pH del suelo 50

4.3. Materia orgánica del suelo 52

4.4. Nitrógeno potencialmente mineralizable (Nan) 54

4.5. Características meteorológicas de los sitios que corresponden a diferentes zonas de vida 55

4.6. pH y textura de suelos 57

V. DISCUSIÓN 58

5.1. Potencial de mineralización de N de los suelos 58

5.2. Relación entre el Nan y arcilla, arena, pH del suelo 59

5.3. Materia orgánica del suelo 60

5.4. Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (Nan) 61

5.5. Características meteorológicas de los sitios que corresponden a diferentes zonas de vida 61

5.6. pH y textura del suelo 62

VI. CONCLUSIONES 63

VII. RECOMENDACIONES 64

VIII. LITERATURA CITADA 65

ANEXO 69

1. Textura 70

2. pH 72

3. Materia Orgánica 74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. tabla de variables 31
Tabla 2 33
Tabla 3. Tratamientos de estudio 35
Tabla 4. Características climáticas de las zonas de vida en estudio. 37
Tabla 5. Análisis de varianza del efecto de uso del suelo y diferencia entre los grupos (A y B) para el porcentaje de mineralización de N. El nivel de significación fue 0.05..... 50
Tabla 6. Test LSD de comparación de medias del porcentaje de mineralización del N entre los grupos de suelos discriminados en el análisis de cluster. El nivel de significación fue de 0.05. LA diferencia mínima significativa (DMS) fue 1.05898. Los promedios con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05). Error: 4.3413, grado de libertad: 59. 50
Tabla 7. Test LSD de comparación de medias del porcentaje de mineralización del N entre suelos agrícolas y prístinos. El nivel de significación fue de 0.05, la diferencia mínima significativa (DMS) fue 1.05898. Los promedios con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05). Error: 4.3413, grado de libertad: 59. 50
Tabla 8. Análisis de varianza del efecto de uso del suelo y diferencia entre los grupos (A y B) para la MO. El nivel de significación fue 0.05. 53
Tabla 9. Test LSD de comparación de medias de Materia Orgánica entre los grupos de suelos discriminados en el análisis de cluster. El nivel de significación fue de 0.05. LA diferencia mínima significativa (DMS) fue 1.55394. Los promedios con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)..... 53
Tabla 10. Test LSD de comparación de medias de materia orgánica entre suelos agrícolas y prístinos. El nivel de significación fue de 0.05, la diferencia mínima significativa (DMS) fue 1.22786. Los promedios con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)..... 53
Tabla 11. Análisis de varianza del efecto de uso del suelo y diferencia entre los grupos (A y B) para Nan. El nivel de significación fue 0.05. 54
Tabla 12. Test LSD de comparación de medias de concentración de Nan entre los grupos de suelos discriminados en el análisis de cluster. El nivel de significación fue de 0.05. LA diferencia mínima significativa (DMS) fue 16.15401. Los promedios con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)..... 54

Tabla 13. Test LSD de comparación de medias de concentración de Nan entre suelos agrícolas y prístinos. El nivel de significación fue de 0.05, la diferencia mínima significativa (DMS) fue 12.76422. Los promedios con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05). 55
Tabla 14. Datos de precipitación y temperatura de las zonas de vida en estudio. . 55
Tabla 15. ANOVA de pH, arena, limo, arcilla y nan para suelos agrícolas y prístinos y, para suelos del Grupo A y B. 57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los sitios muestreados. Cada color abarca a una distinta zona de vida dentro de los distritos. 35
Figura 2. Dendograma de similaridad de los sitios según los porcentajes de mineralización de n evaluadas mediante distancia de ward. 48
Figura 3. Relación entre la concentración de Nan y N total. La línea azul corresponde a la regresión obtenida para el grupo B que incluye a los sitios de Santa Catalina, Pircoj, Oso Pata, Chicipara, Buena Vista 2, Bella Vista. La línea roja corresponde al grupo A que incluye a Huanushca, Pampamarca, Tundra, Congona, Carpish, San Ramón, Vista Alegre, Dos Aguas, Santa Ana, Riscupa, Pilko Pampa, Chullqui, Santa Esperanza, Comun Corral, Serro Verde, Cancan, Santa Rosa, Quechualoma, Utao, Tullca, Pumpuy, Santa Rosa Alto, San Pedro, San Martín, Buena Vista 1. 49
Figura 4. Relación entre el nan y el contenido de arcilla en el suelo. 51
Figura 5. Relación entre el nan y el contenido de arena en el suelo..... 52
Figura 6. Relación entre la mineralización de N y pH del suelo. 52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Textura de los sitios muestreado del distrito de Churubamba..... 70
ANEXO 2. Textura de los sitios muestreado del distrito de Chinchao 70
ANEXO 3. Textura de los sitios muestreado del distrito de San Pablo de Pillao 71
ANEXO 4. pH de los sitios muestreado del distrito de Churubamba 72
ANEXO 5. pH de los sitios muestreado del distrito de Chinchao 72
ANEXO 6. pH de los sitios muestreado del distrito de San Pablo de Pillao..... 73
ANEXO 7. Porcentaje de mo de los sitios muestreado del distrito de Churubamba 74
ANEXO 8. Porcentaje de mo de los sitios muestreado del distrito de Chinchao 75
ANEXO 9. Porcentaje de mo de los sitios muestreado del distrito de San Pablo de Pillao..... 76
ANEXO 10. Absorbancia, nitrógeno total, nan y porcentaje de mineralización de los suelos de Churubamba..... 77
ANEXO 11. Absorbancia, nitrógeno total, nan y porcentaje de mineralización de los suelos de Chinchao 77
ANEXO 12. Absorbancia, nitrógeno total, nan y porcentaje de mineralización de los suelos de San Pablo de Pillao 78
ANEXO 13. toma de muestra en santa esperanza de huaylas – San Pablo de pillao 79
ANEXO 14. Muestreando un campo de capuli..... 79
ANEXO 15. Muestreando suelo en Pircoj – Churubamba..... 80
ANEXO 16. preparación de las muestras. 80
ANEXO 17. zarandeando las muestras. 81
ANEXO 18. muestras para analizar..... 81
ANEXO 19. incubación de suelos para determinación del nan. 82
ANEXO 20. medición de ph..... 82
ANEXO 21. suelos incubados después de 7 días..... 83
ANEXO 22. agitación de muestras durante 30 minutos 83
ANEXO 23. agregando ácido sulfúrico para la determinación de mo..... 84
ANEXO 24. reposo después de agregar el ácido sulfúrico..... 84
ANEXO 25. titulación con sulfato ferroso..... 85
ANEXO 26. agitación de las muestras para medir la textura..... 85
ANEXO 27. reposo durante 2 horas para la segunda lectura..... 86
ANEXO 28. filtración de la solución para la lectura en espectrofotometría..... 86
ANEXO 29. preparación de la solución para la medición en el espectofometro. 87

ANEXO 30. medición en el espectrofotómetro. 87

I. INTRODUCCIÓN

El Nitrógeno (N), es un macroelemento esencial para todos los seres vivos. Además de ser un componente específico de las proteínas, está presente en la mayor parte de las combinaciones orgánicas de los vegetales. Este elemento es el factor limitante más común del crecimiento de las plantas, y que un deficiente suministro de éste nutriente puede provocar notables descensos en la producción vegetal (Benimeli *et al*., 2019). Por lo que es necesario conocer el contenido de nitrógeno del suelo y su capacidad de disponibilidad para optimizar el uso de los fertilizantes.

Bajo condiciones naturales el N del suelo, no proviene de la degradación de la roca madre, todo el nitrógeno que normalmente se encuentra en él, deriva en última instancia, del que existe en la atmósfera terrestre a través de los distintos procesos de fijación, fundamentalmente de tipo biológico (Benimeli *et al*., 2019). El nitrógeno atmosférico y N de la materia orgánica en el suelo no es asimilable para las plantas y necesita pasar por una serie de procesos para que pueda ser captado por los vegetales.

En toda la región de Huánuco, se utilizan fertilizantes en los campos de cultivo para mejorar los rendimientos, y uno de ellos es el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados como la urea, fosfato monoamonico, entre otros para mejorar el rendimiento. AGROVIDA (2015) indica que la fertilización orgánica o inorgánica constituye en la práctica, la fuente más importante de nitrógeno en la agricultura, aunque también se incorpora al suelo por la lluvia o por la fijación a través de numerosos microorganismos y de los vegetales superiores. Esta última vía es la que, de manera natural, proporciona más nitrógeno a los suelos cultivados.

Pese a que existe nitrógeno en el suelo, la planta no lo capta fácilmente, porque tiene que pasar un proceso de mineralización, por el cual el nitrógeno se hace disponible para las plantas. Hernán, (1998) señala que el 90-95% del nitrógeno total del suelo se encuentra en forma orgánica, de modo que no es directamente asimilable por las plantas, sino que debe sufrir un proceso de transformación denominado mineralización, el resultado de

esta mineralización es la obtención del amonio (NH_4^+) y de nitrato (NO_3^-) que las plantas pueden absorberlas. Ambas formas son asimilables por las plantas, pero la mayor parte del nitrógeno, es absorbido en forma de nitrato. El amonio se encuentra en el suelo adsorbido en el complejo de cambio, fijado en las redes cristalinas de determinadas arcillas o en la solución del suelo. Por el contrario, el amonio adsorbido en el complejo de cambio, es desplazado por otros cationes y pasa fácilmente a la solución del suelo. El nitrato, se encuentra libre en la solución del suelo y es asimilado por las plantas y los microorganismos.

Para la transformación del nitrógeno total a la forma disponible tiene que ocurrir una serie de procesos (mineralización). Durante el ciclo de un cultivo el N puede seguir su proceso de mineralización, esta fracción es cuantificable como Nitrógeno potencialmente mineralizable (Nan), vale resaltar que esta capacidad es afectada por las condiciones del suelo y factores ambientales del sitio. Castellano (2007) indica que, en los ecosistemas naturales y agrícolas, el nitrógeno es transformado de unas formas a otras dependiendo de las condiciones medioambientales, tales como pH, temperatura, humedad, y mediante la acción de distintos microorganismos. Sería interesante conocer las capacidades de proveer nitrógeno de los suelos de Churubamba, Chinchao y San Pedro de Pillao, transformar estas capacidades a coeficientes de mineralización de suelos. En la actualidad se tienen establecidos coeficientes de mineralización de nitrógeno a partir de las cantidades de materia orgánica, sin embargo, este estimador ha demostrado ser pobre. Por lo cual, es importante generar datos de capacidades de mineralizar nitrógeno de suelos in situ con el fin de realizar óptimas recomendaciones de dosis para los distintos cultivos. En la provincia de Huánuco se sabe poco de la capacidad de mineralización del nitrógeno.

- **Objetivo general**

Determinar la capacidad de mineralizar nitrógeno en el suelo de las zonas de vida de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao.

- **Objetivos específicos**

Determinar la concentración de la Materia orgánica y nitrógeno total en suelos de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao.

Determinar la concentración del nitrógeno potencial mineralizable (Nan) en suelos de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao.

Determinar el coeficiente de mineralización de nitrógeno en suelos de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao.

Relacionar la capacidad de mineralizar nitrógeno con las características del suelo y variables climáticas en suelos de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación Teórica

2.1.1. La dinámica del N en el suelo

El nitrógeno es un elemento fundamental en la materia vegetal, ya que es un constituyente básico de las proteínas, ácidos nucleicos, clorofilas, etc. Las plantas lo absorben principalmente por las raíces en forma de NH_4^+ y de NO_3^-. El nitrógeno permite el desarrollo de la actividad vegetativa de la planta, causando el alargamiento de troncos y brotes y aumenta la producción de follaje y frutos. Sin embargo, un exceso de nitrógeno debilita la estructura de la planta creando un desequilibrio entre las partes verdes y las partes leñosas, siendo la planta más sensible al ataque de plagas y enfermedades. Su deficiencia causa crecimiento atrofiado; color amarillo en las hojas inferiores; tronco débil; color verde claro. (Perez, 2016)

El N es un elemento muy móvil en el suelo, tiene una dinámica peculiar en relación a otros elementos. Las entradas de N_2 al suelo son principalmente por mineralización de la materia orgánica, el 99% del N del suelo proviene de la materia orgánica, lo cual implica que suelos pobres en MO van a contener muy poco N y viceversa (Ceron et al., 2012)

Se estima que la fijación biológica contribuye globalmente con 180 millones de toneladas métricas de amonio por año y que el aporte actual de nitrógeno antropogénico es comparable con el aporte biológico (Tilak et al., 2005*)*

La mineralización de nitrógeno es el proceso mediante el cual el N orgánico se convierte en inorgánico disponible para la planta. Los suelos forman regularmente modificados con desechos orgánicos acumulando N orgánico hasta que alcanzan una condición de estado estable, un concepto útil para planificar estrategias de gestión. Varios factores afectan las tasas de mineralización, particularmente la temperatura, por lo que la liberación varía a lo largo del año en un patrón predecible. Es necesario comprender

estos patrones para hacer coincidir el cultivo con la demanda del N disponible en el suelo (Crohn, 2012).

La transformación bioquímicas del N, la descomposición de la materia orgánica convierte parte del N orgánico en N-mineral, de allí el término mineralización, denominación que se aplica a los iones amonio, NH_4^+, nitrito, NO_2^- y nitrato, NO_3, estos iones son absorbidos por las plantas o asimilado por los microorganismos y convertido a N orgánico (AGROFORESTERIA, 2017).

Dentro del proceso del ciclo del nitrógeno, tenemos que resaltar la desnitrificación, es importante porque éste devuelve el nitrógeno fijado a la atmósfera por procesos de respiración microbiana, a través de la reducción desasimilatoria de nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) a N_2O y N_2, respectivamente; también involucra la reducción asimiladora del nitrito para convertirlo en amonio e incorporarlo al metabolismo celular (Cerón et al., 2012).

2.1.2. Proceso de mineralización del nitrógeno orgánico en el suelo

La Mineralización es la transformación biológica de los compuestos orgánicos a compuestos Inorgánicos como NH_4. NO_2. y NO_3. Consta de tres etapas:

2.1.2.1. Aminización

Es la producción de aminas y aminoácidos simples a partir de proteínas y otros compuestos nitrogenados por parte de microorganismos heterotróficos según Ramirez., 1997.

Las proteínas y compuestos relacionados, que son los que forman la mayor parte de la materia orgánica nitrogenada que se incorpora comúnmente al suelo, no pueden ser absorbidas por las plantas superiores, pero pueden ser utilizadas por la fauna y la flora del suelo, siendo atacados estos compuestos orgánicos nitrogenados, cuando las condiciones son netamente favorables, por una gran variedad de organismos según Fuentes et al., 2007.

2.1.2.2. Amonificación

Se obtiene el amoniaco a partir de las aminas y los aminoácidos simples resultantes en el proceso anterior. Dentro de los microorganismos Involucrados en este proceso están bacterias (bacillus, clostridlum y pseudomonas. hongos (género aspergillus) y acunomicetos (Ramírez., 1997)

La conversión de substancias más complejas a NH_4^+ se denomina amonificación. La amonificación de los aminoácidos se produce bioquímicamente a través de procesos de desaminación y descarboxilación, y conduce a la formación de amonio, que ya dentro de la solución del suelo pasa a comportarse como un catión corriente. El amonio resultante de esta etapa puede ser: absorbido por las plantas; adsorbido por el complejo coloidal inorgánico y orgánico; fijado por los minerales; inmovilizado por microorganismos; lixiviado a través del suelo; oxidado hasta el nivel de nitratos (Fuentes et al., 2007)

2.1.2.3. Nitrificación

En este proceso el amoniaco es transformado a nitratos, mediante oxidación. Consta de dos etapas: en la primera, el NH_4 es transformado a NO_2 e intervienen las *Nitrosomonas*, hongos como *Aspergillus* y *Penicillum,* acunomicetos como *Nocardia* y *Streptomices,* en la segunda, el NO_2 pasa a NO_3 con intervención de las bacterias nitrobacter (Ramírez, 1997)

La nitrificación comprende la transformación del amonio en nitratos, pasando previamente por la forma de nitritos. El amonio resultante de la mineralización del N orgánico y/o aplicado en forma de fertilizante por acción de las bacterias *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* es oxidado en dos distintas fases, respectivamente:

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightleftharpoons NO_2^- + 2H_2O$$

$$NO_2^- + 0.5\ O_2 \rightleftharpoons NO_3^-$$

Los organismos nitrificantes obtienen su energía de la oxidación del amonio y los iones de nitrito: La oxidación del amonio a iones de nitrito se da a través de la etapa hidroxilamina ($NH_2{\cdot}OH$); ésta es la única sustancia, casi

completamente demostrado, que toma parte en el proceso como intermediaria. Oxidación de la hidroxilamina a nitrito, a través de la nitrohidroxilamina. Oxidación del nitrito a nitrato, que es, probablemente, una reacción de deshidrogenación (Fuentes et al., 2007).

El N que se hace disponible durante un ciclo de cultivo es el N potencialmente mineralizable, el cual toma el nombre de Nan. La forma de medir Nan es por incubación anaeróbica seguido de una colorimetría. Con lo cual se han logrado explicar respuestas y ha sido una variable que mejora los diagnósticos de fertilidad nitrogenada.

2.1.3. Efectos del clima en la mineralización del nitrógeno orgánico en el suelo.

2.1.3.1. Temperatura

Según Rivera et al., 1999. La descomposición de los órganos y el sistema aéreo de las plantas *Canavalia ensiformis* y la *Crotalaria Juncea*, que han sido evaluadas a través de los incrementos o decrementos en el nitrógeno mineral del suelo, que han dependido tanto de la relación C/N de cada residuo como de la temperatura. Se encontró que, al incrementarse la temperatura media en prácticamente 10°C, el valor crítico de la relación C/N se duplicó; a 20.4°C las hojas de *Canavalia* o *Crotalaria*, con bajas y similares relaciones C/N, liberaron entre el 25-28 % del N-abonos verdes adicionado, mientras que a 30°C se incrementó hasta 36.7-45 % del N aplicado. Es decir, en la medida en que se incrementa la temperatura, el índice crítico ascendió, o sea, el incremento de temperatura disminuyó los requerimientos de nitrógeno mineral para la descomposición, permitiendo que residuos con menos nitrógeno inclusive liberen este por su mineralización.

El experimento que llevo Tejada, reporta que la temperatura influye en la mineralización del nitrógeno más rápidamente, porque la masa microbiana aumenta y hay mayor proliferación de microorganismos. Los resultados reportaron que la mineralización fue 3,7 veces más rápida a 25°C que a 15°C; y 13 veces más rápida a 15°C que a 5°C (Tejada et al., 2002).

2.1.3.2. Humedad

Según Rivera et al., 1999, explica que la humedad es muy importante en la mineralización del nitrógeno, en el experimento que realizo: efecto de la temperatura sobre la mineralización del nitrógeno de dos especies de abonos verdes en suelo ferralítico rojo, indica que trabajo con una humedad de 65%.

Vidal et al., 2005. realizo un experimento para ver la mineralización del nitrógeno con dos pruebas con diferentes contenidos de húmedas (85% y 40%), indica que las tasas de mineralización y nitrificación brutas fueron más altas en el ensayo a 85% de la capacidad de campo, por lo tanto, se puede concluir que las transformaciones de N evaluadas son altamente dependientes del contenido de humedad en el suelo.

El agua juega un papel importante en la mineralización del nitrógeno, porque es fundamental en la actividad microbiana. La mineralización de N tiende a incrementarse cuando la humedad del suelo se aproxima a capacidad de campo y se reduce con la disminución de la humedad (Linn y Doran, 1984).

2.1.4. Factores químicos, físicos y biológicos que influyen en la capacidad de mineralización de nitrógeno en el suelo.

2.1.4.1. Propiedades químicas que intervienen en la mineralización del nitrógeno

Las propiedades químicas juegan un papel fundamental en el proceso de mineralización, porque estos influyen directamente sobre la actividad microbiana, los microorganismos son sensibles a pHs muy ácidos o muy alcalinos, al equilibrio iónico, a la concentración de C y de N y a procesos de oxidación e hidrólisis, estos hacen que aumentan o disminuyan su actividad, por lo tanto, influyen directamente en la producción de nitrógeno asimilable por las plantas. Además, es muy importante señalar la importancia de las enmiendas orgánicas que promueve en la actividad

microbiana, aparte que aumenta la mineralización de N (Monsalve et al., 2017)

Solamente con relación al pH, en el experimento se evaluó el efecto de diferentes pH iniciales del suelo sobre el proceso de mineralización de N, los resultados encontrados fueron, que no hubo una relación directa entre estas dos variables (Xiao *et al., 2018*).

Se determinó que la concentración de carbono (C) en el suelo, específicamente formas de C lábil (Es el carbono que mantiene las características químicas de su material de origen como los hidratos de carbono, ligninas, proteínas, taninos, ácidos grasos, etc.) también determinará la mineralización del nitrógeno (Keuskamp, 2014)

2.1.4.2. Características físicas que intervienen en la mineralización del nitrógeno

Dentro de las propiedades físicas, la textura juega un importante papel en el proceso de mineralización de N del suelo. Se encontró que las enmiendas evaluadas se comportaron diferencialmente, dependiendo de la textura del suelo (arenosa, franca o arcillosa). Siendo los suelos arenosos los que mayor mineralización neta de N presentaron y las arcillosas presentaron menos. Esto probablemente puede deberse a un aumento en la aireación del suelo, que permite mayor actividad microbiana (Thomsen y Olesen, 2000).

Es bien conocido que las arcillas tienen alta capacidad de retención de humedad. La influencia de la arcilla sobre el contenido de humedad del suelo y por ende sobre el contenido de oxígeno, puede afectar procesos microbianos de mineralización, inmovilización y desnitrificación (Delin y Linden, 2002).

La densidad aparente también puede tener un importante impacto sobre la mineralización neta de Torbert y Wood (2008) encontraron que la respiración del suelo (medida en términos de emisiones de CO_2) disminuyó un 65% cuando la densidad aparente aumentó de 1,4 a 1,8 g/cm^3. Esto

puede deberse a que en suelos más densos, con mayor contenido de arcilla, la retención de humedad es más alta, disminuyendo el contenido de aire, y a su vez el de oxígeno, provocando la disminución de los microorganismos aerobios que participan en el proceso de mineralización (Monsalve et al., 2017).

2.1.4.3. Características biológicas que interviene en la mineralización del nitrógeno

La participación de los microorganismos en el proceso de mineralización es muy importante. El nitrógeno atmosférico es tomado por los microorganismos e incorporado en sus estructuras, y luego será liberado al suelo, en este proceso de liberalización, el nitrógeno se vuelve asimilable y aprovechado por las plantas (Ramírez, 1997).

En la naturaleza existen dos tipos de fijación: la simbiótica y la asimbiótica; en la primera hay una asociación de beneficio entre la planta y el microorganismo, las plantas obtienen nitrógeno y los microorganismos sus alimentos, un ejemplo es la asociación que se da entre las leguminosas y las bacterias del género Rhizobiwn. El otro upo de fijación es la asimbiótica, en la cual algunas bacterias y algas verde-azules asimilan nitrógeno atmosférico y lo transforman en compuestos orgánicos, que son liberados al suelo posteriormente cuando el organismo muere. Por medio de la fijación biológica se pueden incorporar al suelo niveles de 100 k/ha de nitrógeno, o más (Ramírez, 1997).

Los organismos del suelo son responsables de la transformación de N en formas disponibles para la planta, controlando el proceso de mineralización de N. Las bacterias del suelo y muchos hongos son responsables de la inmovilización y mineralización de N del suelo y de los procesos que controlan el suministro de amonio (NH_4^+) para las plantas (Monsalve et al., 2017).

2.2. Zonas de vida de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao

2.2.1. Bosque Seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT)

Esta zona de vida caracteriza la zona andina de la provincia, se encuentra a una altitud entre los 2500 a 3500 msnm, y su biotemperatura media anual es entre 12.0 a 17.0 °C. Su precipitación se encuentra entre 400 a 700 mm de lluvia total anual y abarcando un área 16394.83 Has de la superficie (ZEEH, 2016).

2.2.2. Bosque Seco Premontano Tropical (bs-PT)

Esta zona de vida es parte de las zonas altoandinas. Se encuentra a una altitud de 1000 a 2250 msnm, su biotemperatura promedio es de mínimo de 17.4 °C y máxima de 25.1 °C, tiene una precipitación de 900 a 1000 mm anuales (INRENA, 1995).

2.2.3. Bosque muy Húmedo Montano Tropical (bmh-MT)

Esta zona de vida caracteriza algunas áreas alto andinas de la provincia. Se encuentra a una altitud entre los 3500 a 4500 msnm, y su biotemperatura media anual se encuentra entre 13.0 a 17.0 °C. Su precipitación es entre 1000 a 1500 mm anual. Abarca un área 17983.76 Has de la superficie total de la provincia Huánuco (ZEEH, 2016).

2.2.4. Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT)

Esta zona de vida es típica de las zonas altas de la provincia de Huánuco. Se encuentra a una altitud entre los 2500 a 3500 msnm, y su biotemperatura media anual se encuentra entre 12.0 a 16.0 °C. Su precipitación es entre 500 a 1000 mm de lluvia total anual. Abarca un área 31010.13 Has de la superficie total de la provincia Huánuco (ZEEH, 2016).

2.2.5. Bosque muy Húmedo Montano Bajo Tropical (bmh-MBT)

Esta zona de vida se encuentra a una altitud entre 2000 a 3000 msnm, y su biotemperatura media anual se encuentra entre 13.0 a 17.0 °C.

Su precipitación se 16 encuentra entre 1500 a 2000 mm anual y Abarca un área de 15035.10 ha de la superficie total de la provincia Huánuco (ZEEH, 2016).

2.2.6. Bosque Pluvial Montano Tropical (bp-MT)

Esta zona de vida se localiza en áreas bien definidas de las provincias de Huánuco. Se encuentra a una altitud entre los 3000 a 4000 msnm, y su biotemperatura media anual se encuentra entre los 7.0 a 13.0 °C. Su precipitación se encuentra entre 1000 a 2000 mm de lluvia total anual. Abarca un área 45245.42 Has de la superficie total de la provincia Huánuco (ZEEH, 2016).

2.2.7. Bosque Pluvial Montano Bajo Tropical (bp-MBT)

Esta zona de vida está dispersa y en áreas pequeñas, se encuentra a una altitud entre los 2500 a 3500 msnm, y su biotemperatura media anual esta entre 13.0 a 18.0 °C. Su precipitación se encuentra entre 1500 a 2500 mm de lluvia total anual (ZEELP, 2016)

2.2.8. Bosque Pluvial Premontano Tropical (bp-PT)

Esta zona de vida se encuentra a una altitud de 600 a 2000 msnm, tiene una precipitación máxima de 7162 mm y con promedio mínimo de 6608 mm, una temperatura media anual 24 °C y 25 °C (Mapa Ecológico del Perú, 1995)

2.2.9. Bosque muy Húmedo Premontano Tropical - Transicional a Bosque (bmh-PT (tb))

Esta zona de vida se encuentra a una altitud entre 500 a 2000 msnm, y su biotemperatura media anual se encuentra entre 18.0 a 24.0 °C. Su precipitación varía entre 1500 a 3500 mm anual. En esta parte empieza el crecimiento de árboles frondosos, la biodiversidad es abundante (ZEEH, 2016).

2.2.10. Bosque muy Húmedo Premontano Tropical (bmh-PT)

Esta zona de vida se encuentra a una altitud entre 500 a 2000 msnm, y su biotemperatura media anual se encuentra entre 18.0 a 24.0 °C. Sus regímenes de precipitación presentan una mayor variabilidad y se encuentran entre 1500 a 3500 mm de lluvia acumulada anual. Abarca un área 34304.46 Has y representa el 9.4% de la superficie total de la provincia de Huánuco (ZEEH, 2016).

2.2.11. Monte Espinoso Premontano Tropical (me-PT)

Según el mapa ecológico del Perú (1995) esta zona de vida está entre 500 – 2300 msnm, con una temperatura de mínima de 18.8 y máxima de 24.5, la precipitación mínima anual es 226 mm y como máxima 532 mm

2.3. Antecedentes

El tema de capacidad de mineralizar nitrógeno de los suelos ha sido ampliamente estudiado a nivel internacional, existen muy pocos antecedentes nacionales y locales. En un sentido mas amplio (internacional) algunos trabajos realizados muestran los siguientes resultados. Celaya *et al.* (2011) concluyeron que la mineralización de nitrógeno de los suelos de zonas áridas y semiáridas está condicionada a microclimas y al contenido de materia orgánica. Además, ellos estudiaron como la cubierta vegetal afecta a la dinámica del nitrógeno, es importante mencionar que la mineralización de esta es uno de los procesos mas importantes en la dinámica de este elemente. Suelos con poca cobertura tendieron a disminuir el contenido de nitrógeno y demás componentes químicos en el mismo, lo cual involucra al nitrógeno disponible. Por otro lado, Díaz (2015) en un trabajo experimental logro demostrar que la materia orgánica está muy relacionada al nitrógeno total, logro modelizar esta correlación, lo cual es razonable ya que la materia orgánica es fuente del nitrógeno en el suelo, sin embargo, el nitrógeno disponible podría ser indistinto a solo contenidos totales de materia orgánica, ya que su disponibilidad está supeditada al clima y otros factores. Este autor además mostro contenidos totales de nitrógeno en la provincia de Leoncio Prado, lo que lo describe así: Montaña alta 0.16 %, montaña baja 0.16 %,

colina alta 0.11 %, colina baja 0.12 %, lomada 0.10%, terraza alta 0.17 %, terraza media 0.12 %, terraza baja 0.21 %.

Los cultivos solo pueden asimilar formas inorgánicas de N, como nitrato y amonio. Sin embargo, gran parte o la mayor parte del estiércol se aplica en forma orgánica. El N orgánico permanece en el suelo hasta que se mineraliza. La mineralización es un proceso continuo, pero varios factores influyen en la velocidad a la que ocurre. La temperatura es el factor más importante que afecta las tasas de mineralización, pero los efectos de la temperatura se pueden estimar fácilmente con un enfoque de tiempo ajustado a la temperatura. El concepto de estado estacionario es útil para considerar los presupuestos generales de N del suelo. En su condición idealizada de estado estacionario, el N orgánico se agrega continuamente mientras se mineraliza a una velocidad equivalente para que las concentraciones de N orgánico en el suelo permanezcan constantes *(*Crohn, 2004*).*

El ingeniero agrónomo Martniez (2015) señala que los aportes potenciales de N por la mineralización de la MO serian de gran importancia según los rendimientos potenciales para los cultivos que son utilizados en las zonas semiáridas-subhumedas. De los métodos utilizados para estimar la mineralización potencial de N, el Nan demostró una mayor utilidad de los suelos estudiados en el corto plazo ante la rotación de cultivos, especialmente con leguminosas. El autor sugiere aumentar el número de muestreo para obtener estimaciones mas certeras del aporte de nitrógeno, además también señalan que es necesario que para diagnosticar la cantidad de fertilizante debería tomarse en cuenta el nitrógeno potencialmente mineralizable a la hora de siembra, y el nitrógeno que se mineralizara durante la estación de crecimiento del cultivo.

En el trabajo realizado por Dominguez (2008) indica que existen evidencias de que el Nan puede ser utilizado para caracterizar las variaciones de la MO ocurridas en función a los años de agricultura. No obstante, la caracterización de los sitios y la determinación de fracciones lábiles de C y N permitirían conocer más acerca de la variabilidad

encontrada y mejorar la predicción del potencial de mineralización del N edáfico.

Con lo que respecta a trabajos realizados en el cultivo de trigo Calvo (2013) señala que la incorporación del Nan a los modelos tradicionales de diagnóstico de N en trigo permitió mejorar la estimación del rendimiento del testigo y la exportación de N en grano, respecto de utilizar solo N-NO_3 como indicador de la fertilidad nitrogenada. Con dicha información se pudo desarrollar un modelo para predecir la respuesta a N y, por ende, la dosis de N en función de la suma de las precipitaciones durante el ciclo del trigo, el rendimiento del testigo y el Nan. En el caso de soja, la inclusión de cultivos de cubertura y una rotación de cultivos de alto índice de intensificación de secuencia del cultivo de soja establecidas sobre dos Argiudoles con prolongada historia agrícola, provocó incrementos en el Nitrógeno Orgánico labil (Fraccion labil es una parte de MO más activa que se presenta en el suelo) y Nan, aunque el Nitrógeno Orgánico Total solo aumentó en el sitio que presentaba mayor historia agrícola y niveles más bajos de MO. Los resultados obtenidos sugirieron la implementación de dichas prácticas de manejo contribuye mejorar el balance de N en secuencias basadas en soja, incrementando la sustentabilidad del sistema de producción.

En que concierne al método para determinar el Nan, según Echevarria et al (2000) indican que lo mejor para determinar el Nan en el suelo, es el método de la incubación anaeróbica durante una o dos semanas a 40ºC.

Como se puede ver, los antecedentes indican la importancia del estudio del Nan para poder mejorar la fertilización y producción de los cultivos, con los estudios demostrados que los niveles de fertilización serán más óptimas.

2.4. Hipótesis

- **Hipótesis general**

Los suelos de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao tienen diferentes capacidades para mineralizar el nitrógeno.

- **Hipótesis específicas**

La concentración de Materia Orgánica y nitrógeno total en suelos de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao son diferentes.

La concentración de nitrógeno potencial mineralizable (Nan) en suelos de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao diferente

El coeficiente de mineralización de nitrógeno en suelos de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao son diferentes y están relacionadas con la temperatura y precipitación de cada sitio.

La capacidad de mineralizar nitrógeno con las características y variables climáticas son directamente proporcional en los suelos de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao.

2.5. Variables

TABLA 1. TABLA DE VARIABLES

Variables		Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente	pH	Ácidos cambiables	Nivel de pH	0 a 14
	Materia Orgánica (MO)	Compuestos orgánicos	Concentración de MO en el suelo	%
	Nitrógeno Total (NT)	NH_4^+	Concentración de NT en el suelo	Ppm
	Nitrógeno Potencialmente Disponible (Nan)		Concentración de Nan	
	Textura	Partículas	El tamaño de las partículas	%Ao. % Ar, %Lo
Variable Dependiente	Capacidad de mineralizar N del suelo	El nitrógeno potencialmente mineralizable	Porcentaje de Nan que mineraliza a partir del NT	%
Variable Interviniente	Temperatura	Estado del ambiente	Indicadores climáticos	ºC
	Precipitación	Cantidad de lluvia		ml/mes

Fuente: Elaboración propia

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y Nivel de investigación

3.1.1. Tipo

Aplicada porque se aplicaron las teorías existentes de las ciencias del suelo en la determinación de nitrógeno potencialmente mineralizable en los suelos muestreados en las diferentes localidades de las provincias de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao y los resultados fueron aplicables para los cálculos de dosis de fertilización nitrogenada de los cultivos existentes en estos distritos.

3.1.2. Nivel de Investigación

La investigación fue de nivel correlacional y observacional porque comparamos los resultados obtenidos de los diferentes suelos y se correlacionaron los coeficientes de mineralización de nitrógeno con las características físicas (textura), químicas del suelo (pH, MO, NT, Nan y NO_3) y con las variables climáticas (temperatura y precipitación) de cada sitio. Estas correlaciones nos permitieron explicar la variabilidad de los potenciales de proveer Nitrógeno de los suelos y su variabilidad en función a factores ambientales y edáficos.

3.2. Lugar de ejecución

Este trabajo se realizó en el laboratorio de suelos de la UNHEVAL, los suelos se recolectaron de tres distritos de la provincia de Huánuco: Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao. Estos distritos están ubicados en zonas de vida muy variables, tales como, bosque seco montano bajo tropical (bs-MBT), bosque seco premontano tropical (bs-PT), bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT), bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT), bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh-MBT), bosque pluvial montano tropical (bp-MT), bosque pluvial montano bajo tropical (bp-MBT), bosque pluvial premontano tropical (bp-PT), bosque muy húmedo premontano tropical (transicional a bosque) (bmh-PT(tb)), bosque muy

húmedo premontano tropical (bmh-PT), monte espinoso premontano tropical (me-PT); según el sistema clasificación de las Formaciones vegetales o zonas de vida natural del mundo (AYBAR, 2017). Las características del suelo son muy variadas desde franco limoso, franco arcilloso a arenosos, generalmente con pH ácidos.

3.2.1. Ubicación de los sitios en estudio

TABLA 2

Distrito	Sector	Altitud (msnm)	Latitud sur	Longitud oeste
Churubamba	1. Pircoj	2450	9º 51’ 9’’	76º 6’ 6’’
	2. Chullqui	1830	9º 50’ 28’’	76º7’31’’
	3. Quechualoma	2624	9º 48’ 2.52’’	76º 10’ 46.56’’
	4. Cancan	3146	9º 37’ 54’’	75º 10’ 46.56’’
	5. Utao	2996	9º 45’ 45.7’’	76º 12’ 49.3’’
	6. Comun Corral	3664	9º 43’ 57.7’’	76º 13’ 28.6’’
	7. Riscupa	3676	9º 43’ 9.5’’	76º 13’ 41.5’’
	8. Congona	3110	9º 47’ 30’’	76º 13’ 56’’
Chinchao	1. Tungra	2574	9º 48’ 39’’	76º 5’ 17’’
	2. Huanushca	2971	9º 48’ 50’’	76º 6’ 30’’
	3. Tullca	2624	9º 48’ 50’’	76º 6’ 30’’
	4. Serro Verde	2724	9º 43’ 57.7’’	76º 05’ 48.5’’
	5. San Pedro de Carpish	2720	9º 43’ 15.8’’	76º 05’ 59.3’’
	6. Santa Catalina	1565	9º 36’ 10’’	76º 01’ 55’’
	7. Buenavista 2	1566	9º 41’ 06’’	75º 50’ 26’’
	8. Santa Rosa Alta	1225	9º 33’ 59’’	75º 54’ 03’’
	9. Pampamarca	1310	9º 37’ 54’’	75º 51’ 06’’
	10. Chichipara	1310	9º 39’ 15.1’’	75º 50’ 15’’
	11. Buena Vista 1 (puente	1059	9º 30’ 45.7’’	75º 56’ 44.4’’
	1. Pumpuy	2248	9º 48’ 50’’	76º 00’ 40’’

San Pablo de Pillao	2. Vista Alegre de Pillao	2856	9º 47' 18.6''	75º 56' 11.4''
	3. San Pedro de Pillao	2891	9º 46' 50.2''	75º 59' 06''
	4. Bella Vista	2818	9º 46' 45''	75º 53' 45''
	5. Pilko Pampa	2856	9º 45' 45''	75º 57' 25''
	6. Dos Aguas	1760	9º 47' 45''	75º 51' 30''
	7. Oso Pata	1846	9º 45' 30''	75º 49' 30''
	8. Nueva Esperanza de Huaylas	2838	9º 45' 8.35''	76º 4' 6.26''
	9. Santa Rosa	1231	9º 33' 59''	75º 54' 45''
	10. San Martin de Porras	1310	9º 47' 18.6''	75º 56' 11.4''
	11. Santa Ana de Pillao	1225	9º 34' 25''	75º 53' 11.4''
	12. San Ramon	1348	9º 35' 05''	75º 54' 05''

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

3.3.1. Población

Fue la totalidad de los suelos de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao que en sumatoria son 62 suelos, de los cuales 31 fueron suelos agrícolas y 31 suelos prístinos.

3.3.2. Muestra

La totalidad de la población fue muestreada. En cada sitio un suelo agrícola laboreado y un suelo virgen (prístino). En cada suelo se tomó muestras de la profundidad de 0 a 20 cm, una muestra compuesta de 25 submuestras en cada lote.

3.3.3. Tipo de muestreo

El tipo de muestreo fue no probabilístico, intencional o por conveniencia se seleccionaron directamente a toda la población para formar parte de la muestra.

3.3.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis fue cada parcela en cada sitio perteneciente a los distritos en estudio dentro de la región Huánuco.

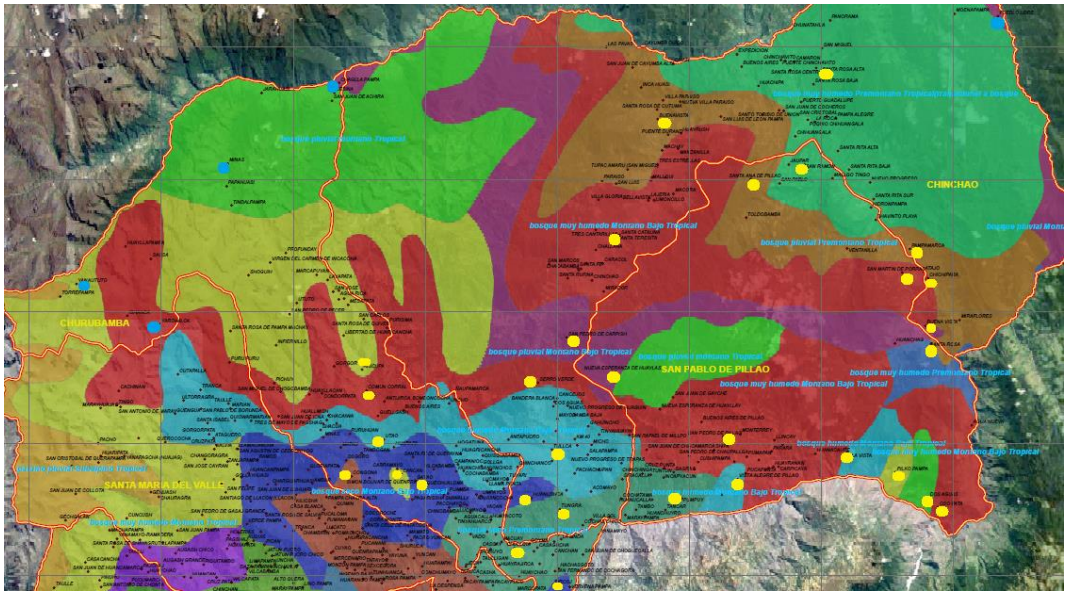


FIGURA 1. UBICACIÓN DE LOS SITIOS MUESTREADOS. CADA COLOR ABARCA A UNA DISTINTA ZONA DE VIDA DENTRO DE LOS DISTRITOS.

Fuente: Elaboración propia

3.4. Tratamiento en estudio

En la siguiente tabla se muestra los sitios de donde se obtuvieron las muestras, por los tanto son los tratamientos de estudio. Estos fueron designados según a la zona de vida a la que pertenecen.

TABLA 3. TRATAMIENTOS DE ESTUDIO

Distrito	Sector	Manejo	Zona de vida
Churubamba	1. Pircoj	Agrícola	bs-MBT
		Prístino o virgen	bs-MBT
	2. Chullqui	Agrícola	bs-PT
		Prístino o virgen	bs-PT
	3. Quechualoma	Agrícola	bs-MBT
		Prístino o virgen	bs-MBT
	4. Cancan	Agrícola	bmh-MT
		Prístino o virgen	bmh-MT
	5. Utao	Agrícola	bh-MBT

		Prístino o virgen	bh-MBT
	6. Común Corral	Agrícola	bmh-MBT
		Prístino o virgen	bmh-MBT
	7. Riscupa	Agrícola	bmh-MT
		Prístino o virgen	bmh-MT
	8. Congona	Agrícola	me-PT
		Prístino o virgen	me-PT
Chinchao	1. Tungra	Agrícola	bs-PT
		Prístino o virgen	bs-PT
	2. Huanushca	Agrícola	bs-MBT
		Prístino o virgen	bs-MBT
	3. Tullca	Agrícola	bh-MBT
		Prístino o virgen	bh-MBT
	4. Serro Verde	Agrícola	bmh-MBT
		Prístino o virgen	bmh-MBT
	5. San Pedro de Carpish	Agrícola	bp-MBT
		Prístino o virgen	bp-MBT
	6. Santa Catalina	Agrícola	bmh-MBT
		Prístino o virgen	bmh-MBT
	7. Buenavista	Agrícola	bp-MBT
		Prístino o virgen	bp-MBT
	8. Santa Rosa Alta	Agrícola	bm-HPT (tb)
		Prístino o virgen	bm-HPT (tb)
	9. Pampamarca	Agrícola	bp-PT
		Prístino o virgen	bp-PT
	10. Chichipara	Agrícola	bmh-MBT
		Prístino o virgen	bmh-MBT
	11. Buena Vista 1	Agrícola	bp-PT
		Prístino o virgen	bp-PT
San Pablo de Pillao	1. Pumpuy	Agrícola	bs-PT
		Prístino o virgen	bs-PT
	2. Vista Alegre de Pillao	Agrícola	bh-MBT
		Prístino o virgen	bh-MBT
	3. San Pedro de Pillao	Agrícola	bmh-MBT
		Prístino o virgen	bmh-MBT
	4. Bella Vista	Agrícola	bh-MBT
		Prístino o virgen	bh-MBT
	5. Pilko Pampa	Agrícola	bmh-MT
		Prístino o virgen	bmh-MT
	6. Dos Aguas	Agrícola	bp-MT
		Prístino o virgen	bp-MT
	7. Oso Pata	Agrícola	bmh-MBT
		Prístino o virgen	bmh-MBT
	8. Nueva Esperanza de	Agrícola	bp-MBT

	Huaylas	Prístino o virgen	bp-MBT
	9. Santa Rosa	Agrícola	bmh-PT
		Prístino o virgen	bmh-PT
	10. San Martin de Porras	Agrícola	bmh-MBT
		Prístino o virgen	bmh-MBT
	11. Santa Ana de Pillao	Agrícola	bp-PT
		Prístino o virgen	bp-PT
	12. San Ramón	Agrícola	bmh-PT (tb)
		Prístino o virgen	bmh-PT (tb)

Fuente: Elaboración propia

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LAS ZONAS DE VIDA EN ESTUDIO.

Zonas de vida		T min - T max (ºC)	P min - P max (mm)	Msnm
Bosque Seco Montano Bajo Tropical	bs-MBT	12.0 - 17.0	400 - 700	2500 - 3500
Bosque Seco Premontano Tropical	bs-PT	17.4 - 25.1	900 - 1000	1000 - 2250
Bosque Muy Húmedo Montano Tropical	bmh-MT	13.0 - 17.0	1000 – 1500	3500 - 4500
Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical	bh-MBT	12.0 - 16.0	500 - 1000	2500 - 3500
Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Tropical	bmh-MBT	13.0 - 17.0	1500 – 2000	2000 - 3000
Bosque Pluvial Montano Tropical	bp-MT	7.0 - 13.0	1000 – 2000	3000 - 4000
Bosque Pluvial Montano Bajo Tropical	bp-MBT	13.0 - 18.0	1500 – 2500	2500 - 3500
Bosque Pluvial Premontano Tropical	bp-PT	24.0 - 25.0	6608 – 7162	600 - 2000
Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical-Transicional a Bosque	bmh-PT (tb)	18.0 - 24.0	1500 – 3500	500 – 2000
Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical	bmh-PT	18.0 - 24.0	1500 – 3500	500 – 2000
Monte Espinoso Premontano Tropical	me-PT	18.8 - 24.5	226 - 532	500 – 2300

Fuente: Elaboración propia

3.5. Prueba de hipótesis

3.5.1. Diseño de la investigación

El diseño experimental fue descriptivo y correlacional porque solo se describen situaciones o casos de suelos agrícolas y prístinos bajo este estudio, donde la teoría se crea mediante la recopilación, análisis y presentación de los datos recopilados. Además, se establecieron relaciones entre las variables estudiadas dentro de los suelos ubicados en cada distrito considerando únicamente si cumplen los requisitos que buscamos (si es agrícola o prístino), haciendo un total de 31 suelos agrícolas y 31 suelos prístinos.

3.5.2. Técnicas estadísticas a utilizar

Se utilizó regresión lineal simple y test de F para conocer las diferencias entre cada línea de regresión, siempre corroborando la normalidad y homogeneidad de varianzas. También se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para conocer la diferencia entre sitios para cada variable en estudio, donde se usó como efecto fijo el manejo (agrícola o prístino), como efectos aleatorios fueron la zona de vida y sitios.

3.5.2.1. Regresión lineal simple

Regresión lineal o ajuste lineal es un modelo matemático usado para aproximar la relación de dependencia entre una variable dependiente Y, las variables independientes Xi y un término aleatorio ε (DEIO, 2012). Este modelo puede ser expresado como:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_p \beta_p + \varepsilon$$

Donde:

Y_t: Variable dependiente, explicada o regresando.

X_1, X_2, … ,X_p: variable explicativa, independientes o regresores.

B_0, B_1, B_2, …,B_p: miden la influencia que la influencias que las variables explicativas tiene sobre el regrediendo.

3.5.2. Datos registrados

3.5.2.1. Concentración de Materia orgánica total del suelo (MOT)

En las muestras de suelo de 0 a 20 cm de profundidad previamente secas y tamizadas a 2 mm de diámetro se midieron las concentraciones de MOT siguiendo el método descriptor por Walkley y Black (1954). (**ANEXO 7, 8 Y 9**)

3.5.2.2. Concentración de Nitrógeno total (NT)

El NT se estimó a partir de la MOT considerando como factor de corrección 0.045 (Asado, 2012).

3.5.2.3. Concentración de Nitrógeno potencialmente mineralizable (Nan)

El Nan se midió después de una incubación anaeróbica en tubos (150 por 16 mm) llenos con 5 g de suelo y 12,5 ml de agua destilada (Keenery y Bremner, 1966). Los tubos fueron herméticamente cerrados e incubados por 7 días a 40°C. Al final del periodo de incubación, el contenido fue transferido a fiolas con una solución de KCl 4M, fueron agitados durante 30 minutos y luego filtrados. El $N\text{-}NH_4^+$ liberado (Nan) se midió por colorimetría (Baethgen y Alley, 1989). El porcentaje de mineralización de N de cada suelo se calculó del cociente de la concentración de Nan sobre el N total estimado del estrato de 0-20 cm y multiplicado por 100. (**ANEXO 10, 11 y 12**)

%N potencialmente mineralizable = (Nan /N total) x 100

3.5.2.4. Textura del suelo

La cantidad de arena, limo y arcilla de las muestras de cada suelo se determinaron siguiendo el método de Hidrómetro de Bouyoucus (Conú, 2014). (**ANEXO 1, 2 y 3**)

3.5.2.5. pH del suelo

El pH se determinó con un pHmetro haciendo una pasta del suelo y agua en proporción de 1:1. (**ANEXO 4, 5 Y 6**)

3.5.2.6. Factores climáticos

Las variables climáticas: precipitación y temperatura fueron tomadas de los datos proporcionados por Senamhi, de las estaciones meteorológicas ubicadas en lugares cercanos a los sitios.

3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información

3.5.3.1. Técnicas bibliográficas y de campo

Análisis de contenido

El estudio y análisis se realizaron de manera objetiva y sistemática de los documentos leídos sobre el tema de investigación, los cuales sirvieron para elaborar el sustento teórico, redactadas según al modelo del Instituto de Investigación para la Cooperación de la Agricultura y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (IICA – CATIE).

Fichaje

La información bibliográfica se recolectó para buscar explicar los resultados y elaborar la literatura citada que sustenta la investigación redactadas de acuerdo al modelo del Instituto de Investigación para la Cooperación de la Agricultura y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (IICA – CATIE)

Observación

Permitió realizar la exploración del terreno de los sitios elegidos, fue un proceso permanente en la investigación para conocer las propiedades de cada punto a muestrear; permitió tomar apunte, fotografiar el objeto y documentar.

3.5.3.2. Instrumentos de recolección de información

Fichas

En el registro de información y el análisis de documentos se utilizó este instrumento de estudio. Estas fueron de: Registro o localización (fichas bibliográficas) y documentación e investigación (fichas textuales o de transcripción, resumen).

Libreta de campo

Las observaciones realizadas sobre la variable intervinientes, topografía, cultivo, pedregosidad y otras labores realizadas en el campo, se tomaron nota en la libreta de campo.

Procesamiento de la información

Las informaciones obtenidas se ordenaron y se presentaron a través de software para mayor ilustración. De acuerdo al diseño de investigación el procedimiento de datos, resultados y su interpretación son presentados en diagramas, cuadros y figuras.

3.6. Materiales y equipos

En la fase de campo, laboratorio y gabinete se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

3.6.1. Materiales para la toma de muestra de suelos:

Bolsa de plástico	Etiquetas
Barrenador	Marcador o plumón
Balde	Bandejas de plástico
Cuchillo	Tamiz Nº 2mm de diámetro
Libreta de cam	Mortero de Agata
po	Frascos con tapa
Lápiz	Espátulas

Moto

3.6.2. Preparación de la muestra

Bandejas de plástico

Tamiz de 2 mm de diámetro

Mortero de Agata

Frasco de tapa ancha

Espátula

Etiqueta

Brocha

3.6.3. Análisis de Textura

Muestras de suelos de los diferentes puntos

Probeta

Hidrómetro ASTM-152-H

Termómetro en grados Celsius

Cronometro

Dispersador eléctrico

Dispersador mecánico

Balanza

Pipeta graduada de 5cc

Frascos

Agua destilada

Reactivos

Hidroxido de sodio 1N+Oxalato de sodio saturado

Alcohol amílico ($C_5H_{11}OH$)

3.6.4. Medición de pH

20 g de suelo por cada muestra

Balanza

Vaso de 50 ml

Espátula

Vagueta de vidrio

Probeta de 20 ml

Agua destilada

Equipo

Phmetro

3.6.5. Materia orgánica del suelo

Muestra de suelo

Balanza

Espátula

Erlenmeyer de 250 ml

Bureta automática

Probeta graduada de 10 ml

Fiola de 100 ml

Pipeta volumétrica de 20 ml

Gotero

Piceta con agua destilada

Vasos de precipitados de 250 ml

Reactivos

Dicromato de potasio 1N

Ácido sulfúrico concentrado

Ácido sulfúrico al 1/3

Indicador de di fenilamina sulfúrica

Sulfato ferroso amoniacal 0.2N

3.6.6. Determinación de nitrógeno potencialmente mineralizable

Muestras de suelo

Tubos de ensayo

Vasos precipitados

Vasos de Erlenmeyer

Trípode de metal

Trípode de madera

Embudos

Papel filtro

Espátula

Fiola

Agua destilada

Equipos:

Horno

Baño María

Fotómetro	Cámara fotográfica y celular
Balanza eléctrica	Agitador eléctrico

Reactivos:

Cloruro de potasio 4M

Lejía (hipoclorito de sodio)

3.7. Conducción de la investigación

3.7.1. Fase de campo

En el mapa se ubicaron los puntos de muestreo considerando las zonas de vida en los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pablo de Pillao. Se establecieron los puntos donde se tomaron las muestras de los suelos cultivados y prístinos en cada sitio. Las muestras tomadas en cada suelo estuvieron compuestas de 25 submuestras en cada lote.

Antes de la toma de muestra se elaboró un croquis del terreno seleccionado, según la forma se subdividió en cuadros o en zigzag para el posterior muestreo. Se determinó la inclinación y según la recomendación a menor inclinación es mas uniforme el terreno que mayor inclinación y por lo tanto el número de muestreos puede variar. Además también se determinó la pedregosidad recorriendo el terreno, se consideraron aquellas piedras mayores a 25 cm y su medición fue por grados según Alicia Crosara. Se indago el último cultivo sembrado en el terreno y su rendimiento.

La toma de muestra fue compuesta porque se tomó 25 sub muestras para que finalmente mezclándolos solo se lleve al laboratorio aproximadamente 1 kg de suelo; cuando se sub dividió en cuadros, se muestreo una vez por cada bloque, en el caso de zigzag, se muestreo por cada punto para que finalmente se obtenga un muestra por cada terreno agrícola y otro de prístino.

3.7.2. Fase de laboratorio:

En esta segunda fase, los análisis se realizaron en el laboratorio de suelos de la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan con la constante supervisión de la Ing. Liliana Vega

3.7.2.1. Preparación de las muestras de suelo

a. Desecación: Las muestras se secaron al aire bajo sombra mínimo 3 días y máximo una semana, dependiendo de la humedad de los suelo. Estas muestras se secaron en bandejas de plástico y removiéndolo una vez al día para que el secado sea uniforme.
b. Molienda: Los agregados se sometieron a la fracturación con el mortero de Agata, los golpes no fueron muy fuertes para evitar quebrar las partículas de arena y grava.
c. Tamizado: El suelo molido se cernió con el tamiz de diámetro 2 mm obteniéndose una tierra fina.

Las muestras tamizadas fueron guardadas en frascos con sus respectivas tapas bien selladas para evitar derrames o ingreso de humedad, se etiquetaron para su correcta identificación. Luego se realizaron las diferentes determinaciones.

3.7.2.2. Análisis te textura

Método de Hidrometro de Bouyoucos

Se pesó 50 g de suelo en la balanza electrónica, la muestra se colocó en el vaso de dispersión y se adiciono 15 ml de Hexametafosfato de sodio al 10% y 5 ml de hidroxio de sodio 1N + 5 ml de oxalato de sodio saturado. Luego se añadió agua hasta las 2/3 partes del vaso y se procedió a la para la mezcla en el dispersador eléctrico durante un promedio de 10 minutos. Esta suspensión se traspasó a una probeta de sedimentación, se puso el hidrómetro y se completó con agua destilada hasta 1130 ml. El hidrómetro se retira y se agito con el dispersador manual hasta que todas las partículas estén suspendidas, después que se pongan en reposo se sumerge el hidrómetro y se cuenta 40 segundos y se realiza la primera lectura, si se

presenta espuma que dificulte la lectura, se adiciono alcohol amílico sobre la superficie, después se retiró con cuidado el hidrómetro y se introdujo el termómetro y se anotó la primera lectura de la temperatura. La suspensión se dejó reposar durante dos horas con el objetivo que las partículas se sedimenten, después de transcurrir el tiempo, de nuevo se introduce el hidrómetro y el termómetro para realizar la segunda lectura. (**ANEXO 1, 2 Y 3**)

3.7.2.3. Medición de pH

Método del potenciómetro

Se pesó 20 g de la muestra de suelo en un vaso precipitado de 50 ml, luego se añadió 20 ml de agua destilada a la muestra, se agito con una vagueta por un minuto y reposo por 30 minutos agitándolos 5 a 6 veces durante ese tiempo. El pHmetro se calibro en una solución buffer de 6.5 y 8.2 para calibrarlo, luego a esto se procedió a hacer la lectura de las muestras, por cada muestra se realizó 2 lecturas y el promedio de estas se tomó como pH final para mayor confianza en la lectura. (**ANEXO 4, 5 Y 6**)

3.7.2.4. Determinación de materia orgánica

Método de Walkley y Black Modificado

SOLUCIÓN CORRECTORA

El gasto fue 11.3 ml.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PROBLEMA

Se colocó 1 g de la muestra de suelo en un Erlenmeyer de 250 ml y se añadió 10 ml de Dicromato de Potasio. Se tomó con cuidado 10 ml de Ácido Sulfúrico concentrado. Se dejó digerir la solución durante 30 minutos o hasta que haya tomado la temperatura ambiental. La solución se aforo con agua destilada en una fiola de 100 ml para lograr una buena homogenización y se volvió al Erlenmeyer. Se tomó 20 ml de la solución homogenizada con una pipeta volumétrica y se colocó en un vaso precipitado de 250 ml, se añadió 5 gotas del indicador Difenalamina

Sulfurica, posteriormente se tituló con Sulfato Ferroso Amoniacal 0.2 N hasta obtener el color verde manzana. Se anotó el gasto. (**ANEXO 7, 8 Y 9**)

3.7.2.5. Determinación de nitrógeno potencialmente mineralizable

Método de la incubación anaeróbica

Se pesó 5 g de la muestra de suelo en un tubo de ensayo y se agregó agua destilada hasta llenarlo evitando lo mas mínimo que quede aire en el recipiente y se los tapo. Los tubos de ensayos se incubaron en un horno durante 7 días a 40 ºC con el objetivo de que liberen amoniaco al agua. Finalizado los 7 días, se agito enérgicamente los tubos de ensayo y se traspasó el contenido a un Erlenmeyer de 50 ml, el enjuague se realizó con KCl 4M de la misma cantidad de agua destilada que se utilizó en un inicio antes de la incubación. Esta nueva solución se puso en agitador eléctrico durante 30 min, en seguida se filtró con la ayuda de papel filtro y embudos. El producto filtrado se midió por colorimetría la concentración de NH4 siguiendo la técnica para N total. (**ANEXO 10, 11 Y 12**)

IV. RESULTADOS

4.1. Potencial de mineralización de N de los suelos

El análisis de clúster del potencial de mineralización de N estimado, permitió identificar dos grupos de sitios (grupos A y B) significativamente diferentes (p-valor<0.01, **Figura 2**). Los suelos del grupo A tuvieron bajos porcentajes de mineralización de N. Por el otro extremo, los del grupo B presentaron relativamente más altos porcentajes de mineralización de N.

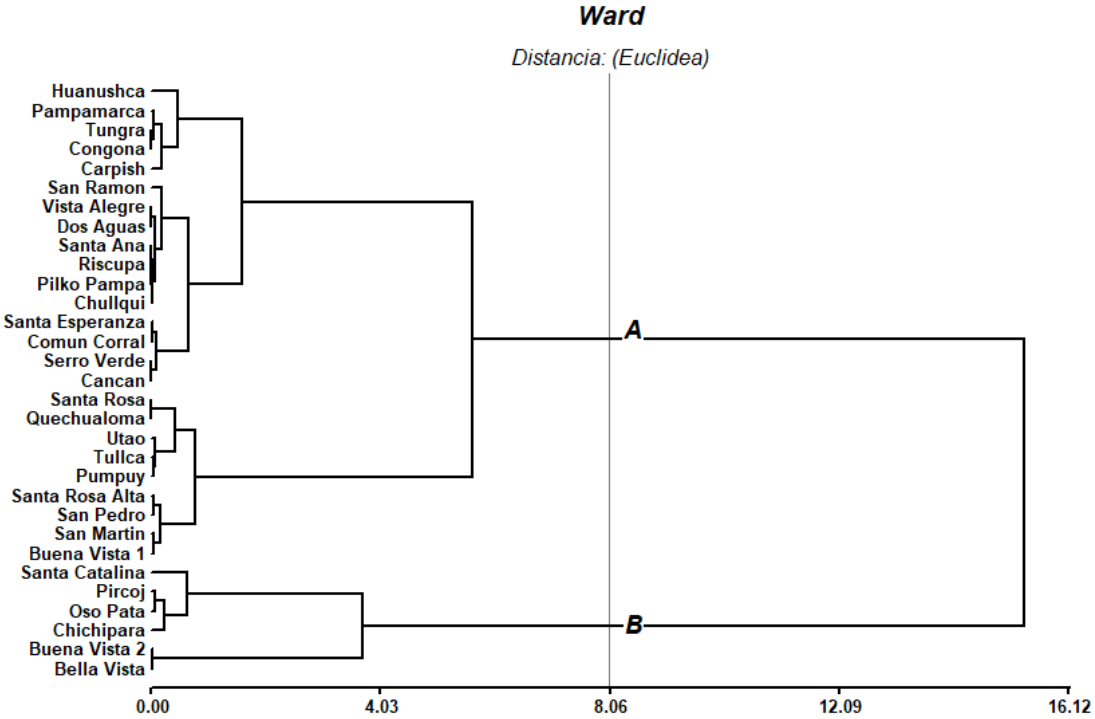


FIGURA 2. DENDOGRAMA DE SIMILARIDAD DE LOS SITIOS SEGÚN LOS PORCENTAJES DE MINERALIZACIÓN DE N EVALUADAS MEDIANTE DISTANCIA DE WARD.

Fuente: Elaboración propia

El Nan y N total estimado estuvieron positivamente relacionados, independientemente del tipo de manejo (i. e. agrícola o prístino). Sin embargo, los grupos identificados en el análisis de Clusters tuvieron tasas de mineralización del N distintas entre sí pero semejantes dentro de cada cluster (**Figura 2**). Por un lado, los suelos agrícolas y prístinos del grupo A (Huanushca, Pampamarca, Tungra, Congona, Carpish, San Ramón, Vista Alegre, Dos Aguas, Santa Ana, Riscupa, Pilko Pampa, Chullqui, Santa Esperanza, Comun Corral, Serro Verde, Cancan, Santa Rosa,

Quechualoma, Utao, Tullca, Pumpuy, Santa Rosa Alta, San Pedro, San Martín, Buena Vista 1) presentaron una pendiente de menos del 0,016 (1,16%) del N total estimado fue Nan. Esta tasa, que resultó la menor a la de los suelos del grupo B (Santa Catalina, Pircoj, Oso Pata, Chichipara, Buena Vista 2, Bella Vista) que fue de 0,036, es decir el 3,6% del N total fue Nan (**Figura 3**)

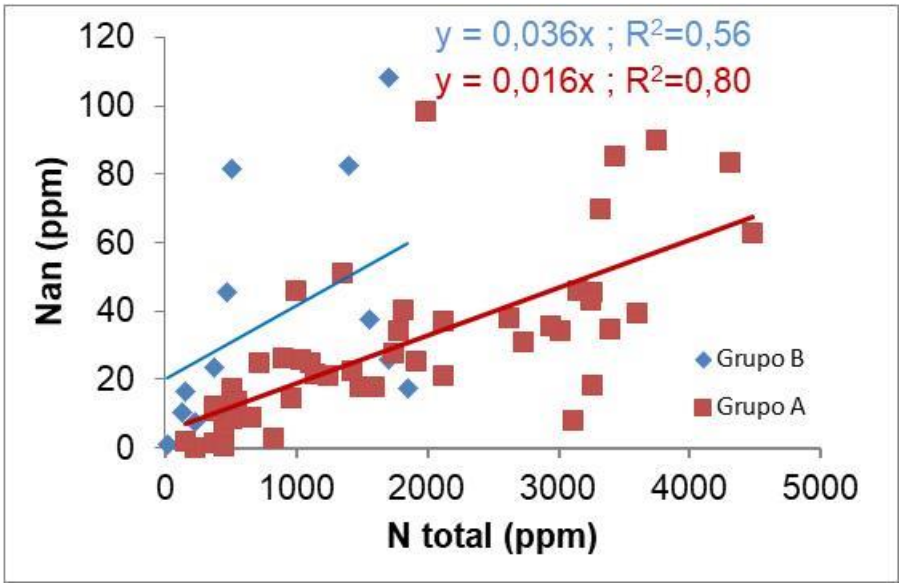


FIGURA 3. RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE NAN Y N TOTAL. LA LÍNEA AZUL CORRESPONDE A LA REGRESIÓN OBTENIDA PARA EL GRUPO B QUE INCLUYE A LOS SITIOS DE SANTA CATALINA, PIRCOJ, OSO PATA, CHICIPARA, BUENA VISTA 2, BELLA VISTA. LA LÍNEA ROJA CORRESPONDE AL GRUPO A QUE INCLUYE A HUANUSHCA, PAMPAMARCA, TUNDRA, CONGONA, CARPISH, SAN RAMÓN, VISTA ALEGRE, DOS AGUAS, SANTA ANA, RISCUPA, PILKO PAMPA, CHULLQUI, SANTA ESPERANZA, COMUN CORRAL, SERRO VERDE, CANCAN, SANTA ROSA, QUECHUALOMA, UTAO, TULLCA, PUMPUY, SANTA ROSA ALTO, SAN PEDRO, SAN MARTÍN, BUENA VISTA 1.

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de mineralización de N de los suelos fue distinto en los grupos A y B, según los resultados obtenidos del ANOVA (p-valor<0.01), los suelos del grupo B (3.6%) tuvieron mayores porcentajes de mineralización que los suelos del grupo A (en promedio 1.6%). Mientras que el uso no afectó al potencial de proveer N de los suelos, es decir, los suelos agrícolas y prístinos fueron estadísticamente iguales en % de mineralizar N (**Tabla 6 y 7**).

TABLA 5. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL EFECTO DE USO DEL SUELO Y DIFERENCIA ENTRE LOS GRUPOS (A Y B) PARA EL PORCENTAJE DE MINERALIZACIÓN DE N. EL NIVEL DE SIGNIFICACIÓN FUE 0.05.

Análisis de varianza					
Variable	**N**	**R^2**	**R-Aj**	**CV**	
% de mineralización de N	62	0.45	0.43	78.46	
Cuadro de Análisis de la Varianza					
Fuente de Variación	**Suma de Cuadrados**	**Grado de Libertad**	**Cuadro Medio**	**F Calculada**	**p-valor**
Modelo	207.63	2	103.81	23.91	< 0.0001
Uso	6.03	1	6.03	1.39	0.2432
GRUPO	201.59	1	201.59	46.44	< 0.0001
Error	256.13	59	4.34		
Total	463.76	61			

N: número de datos; R^2 y R-Aj.: % de Ajuste del análisis de varianza; CV: Coeficiente de variación.

Fuente: Elaboración propia

TABLA 6. TEST LSD DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL PORCENTAJE DE MINERALIZACIÓN DEL N ENTRE LOS GRUPOS DE SUELOS DISCRIMINADOS EN EL ANÁLISIS DE CLUSTER. EL NIVEL DE SIGNIFICACIÓN FUE DE 0.05. LA DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMS) FUE 1.05898. LOS PROMEDIOS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES (P>0.05). ERROR: 4.3413, GRADO DE LIBERTAD: 59.

GRUPO DE SUELO	**Orden de merito**	**Porcentaje de mineralización de N (%)**	**Error Estándar**
B	1	3.6	0.60
A	2	1.6	0.29

Fuente: Elaboración propia

TABLA 7. TEST LSD DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL PORCENTAJE DE MINERALIZACIÓN DEL N ENTRE SUELOS AGRÍCOLAS Y PRÍSTINOS. EL NIVEL DE SIGNIFICACIÓN FUE DE 0.05, LA DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMS) FUE 1.05898. LOS PROMEDIOS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES (P>0.05). ERROR: 4.3413, GRADO DE LIBERTAD: 59.

GRUPO DE SUELO	**Orden de merito**	**Porcentaje de mineralización de N (%)**	**Error Estándar**
Agrícola	1	4.37	0.43
Prístino	2	3.74	0.43

Fuente: Elaboración propia

4.2. Relación entre el Nan y arcilla, arena, pH del suelo

El Nitrógeno potencialmente mineralizable (Nan) estuvo relacionado inversamente al % de arcilla en el suelo (p-valor=0,02; **Figura 4**). Sin

embargo, dicha relación no fue muy fuerte porque el R^2 fue de 11%. Por el aumento de un % de arcilla, el Nan se reduce en 0,08 ppm. Es decir, suelos más finos (con mayor arcilla) tienen menos Nan. Estos resultados se corroboraron al verificar la relación entre el Nan y el contenido de arena (**Figura 5**), suelos más arenosos tuvieron mayor N disponible (Nan). Los suelos que tienen menos arena tuvieron mayores contenidos de Nan.

El pH, sin embargo no tuvo relación con el Nan ya que el R^2 fue de 2%. (**Figura 6**).

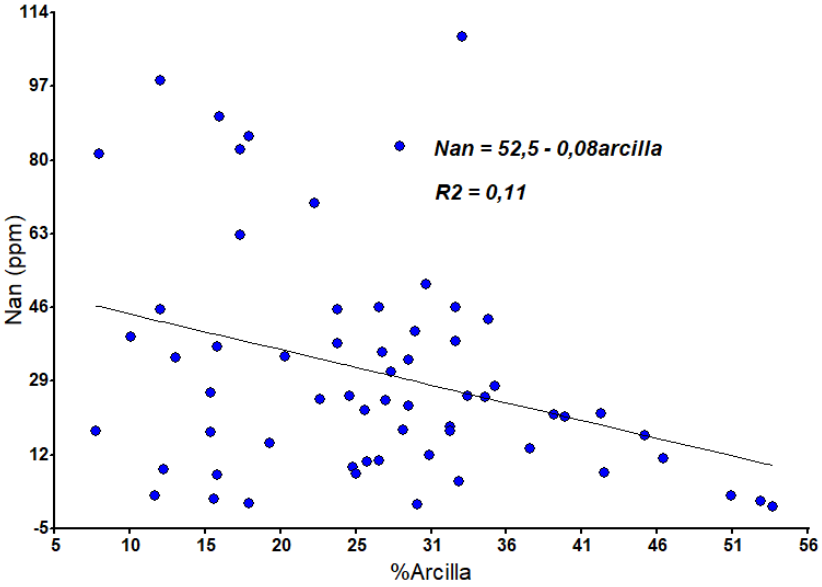


FIGURA 4. RELACIÓN ENTRE EL NAN Y EL CONTENIDO DE ARCILLA EN EL SUELO.

Fuente: Elaboración propia

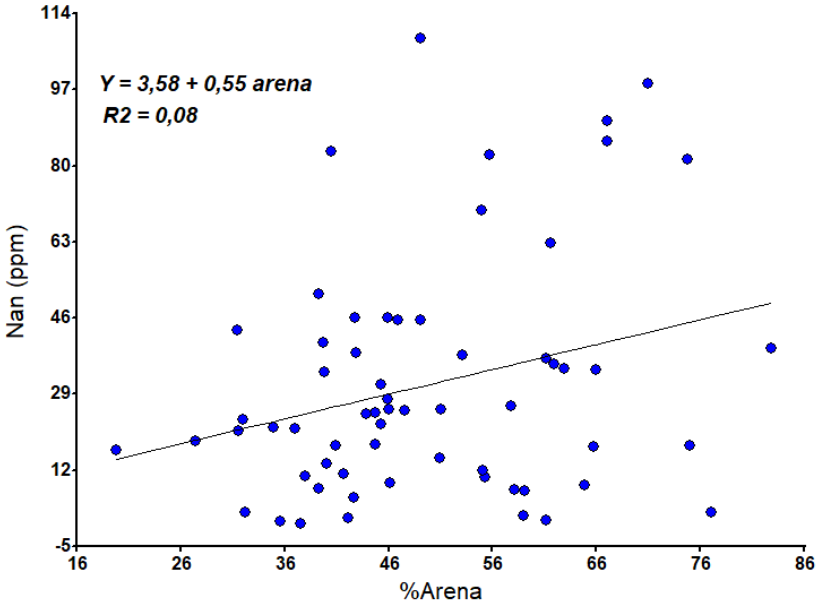


FIGURA 5. RELACIÓN ENTRE EL NAN Y EL CONTENIDO DE ARENA EN EL SUELO.

Fuente: elaboración propia

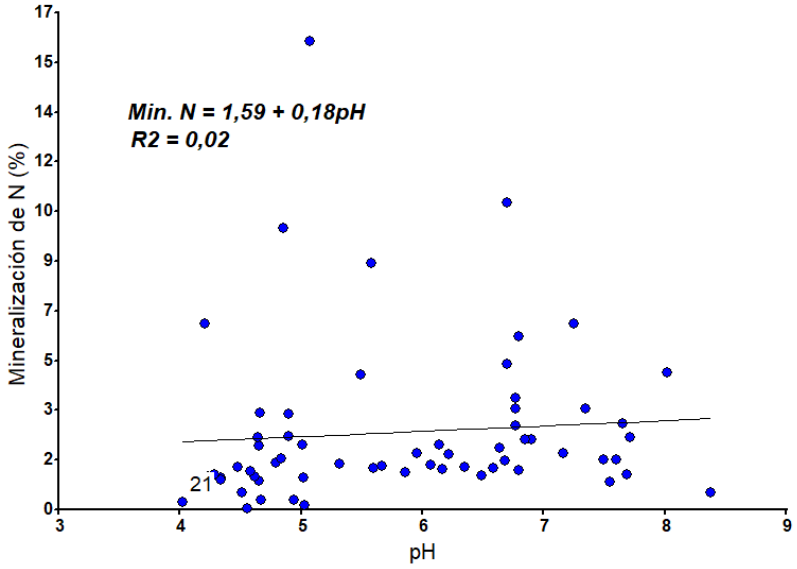


FIGURA 6. RELACIÓN ENTRE LA MINERALIZACIÓN DE N Y PH DEL SUELO.

Fuente: Elaboración propia

4.3. Materia orgánica del suelo

Los resultado del análisis de varianza indicaron diferencia significativa en contenido de materia orgánica del suelo entre suelos agrícolas y prístinos (p-valor<0.01), y muy diferente entre los grupos A y B (**Tabla 8**). Los suelos agrícolas presentaron en promedio un 3.84% de

materia orgánica, mayor a los suelos prístinos, que en promedio alcanzaron un 1.93% (**Tabla 10**). Los suelos del grupo A (discriminados en el dendograma) presentaron en promedio 3.90% de materia orgánica, superior a los suelos del grupo B que en promedio tuvieron 1.87% de materia orgánica (**Tabla 9**)

TABLA 8. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL EFECTO DE USO DEL SUELO Y DIFERENCIA ENTRE LOS GRUPOS (A Y B) PARA LA MO. EL NIVEL DE SIGNIFICACIÓN FUE 0.05.

Análisis de la varianza					
Variable	**N**	**R^2**	**R-Aj**	**CV**	
Materia orgánica (%)	62	0.22	0.19	68.84	
Cuadro de Análisis de la varianza					
Fuente de Variación	**Suma de Cuadrados**	**Grado de Libertad**	**Cuadro Medio**	**F Calculada**	**p-valor**
Modelo	96.55	2	48.27	8.27	0.0007
GRUPO	40.04	1	40.04	6.86	0.0112
Uso	56.51	1	56.51	9.68	0.0029
Error	344.34	59	5.84		
Total	440.88	61			

N: número de datos; R^2 y R-Aj.: % de Ajuste del análisis de varianza; CV: Coeficiente de variación.

Fuente: Elaboración propia

TABLA 9. TEST LSD DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE MATERIA ORGÁNICA ENTRE LOS GRUPOS DE SUELOS DISCRIMINADOS EN EL ANÁLISIS DE CLUSTER. EL NIVEL DE SIGNIFICACIÓN FUE DE 0.05. LA DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMS) FUE 1.55394. LOS PROMEDIOS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES (P>0.05).

GRUPO DE SUELO	**Orden de merito**	**Materia orgánica (%)**	**Error Estándar**
A	1	3.9	0.34
B	2	1.87	0.7

Fuente: Elaboración propia

TABLA 10. TEST LSD DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE MATERIA ORGÁNICA ENTRE SUELOS AGRÍCOLAS Y PRÍSTINOS. EL NIVEL DE SIGNIFICACIÓN FUE DE 0.05, LA DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMS) FUE 1.22786. LOS PROMEDIOS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES (P>0.05).

GRUPO DE SUELO	**Orden de merito**	**Materia orgánica (%)**	**Error Estándar**
Agrícola	1	3.84	0.49
Prístino	2	1.93	0.49

Fuente: Elaboración propia

4.4. Nitrógeno potencialmente mineralizable (Nan)

El análisis de varianza para Nan indicó diferencia significativa de Nan entre manejos, es decir suelos agrícolas presentaron mayor Nan que los prístinos (**Tabla 11**). Los suelos agrícolas tuvieron en promedio 42.23 ppm de Nan, mientras que los prístinos 25.20 ppm. Los grupos de suelo A y B discriminados con el análisis de cluster, sin embargo presentaron falta de diferencia estadística (p-valor=0.28) (**Tabla 12**). Los suelos del grupo A en promedio alcanzaron un 29.36 ppm de Nan, mientras que los del grupo B un 38.06 ppm de Nan (**Tabla 13**).

TABLA 11. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL EFECTO DE USO DEL SUELO Y DIFERENCIA ENTRE LOS GRUPOS (A Y B) PARA NAN. EL NIVEL DE SIGNIFICACIÓN FUE 0.05.

Análisis de varianza					
Variable	**N**	**R^2**	**R-Aj**	**CV**	
Nan (ppm)	62	0.12	0.09	80.9	
Cuadro de Análisis de la varianza					
Fuente de variación	**Suma de Cuadrados**	**Grado de libertad**	**Cuadrado medio**	**F calculada**	**p-valor**
Modelo	5229.23	2	2614.62	4.15	0.0207
Uso	4496.27	1	4496.27	7.13	0.0098
GRUPO	732.97	1	732.97	1.16	0.2854
Error	37211.78	59	630.71		
Total	42441.01	61			

N: número de datos; R^2 y R-Aj.: % de Ajuste del análisis de varianza; CV: Coeficiente de variación.

Fuente: Elaboración propia

TABLA 12. TEST LSD DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE CONCENTRACIÓN DE NAN ENTRE LOS GRUPOS DE SUELOS DISCRIMINADOS EN EL ANÁLISIS DE CLUSTER. EL NIVEL DE SIGNIFICACIÓN FUE DE 0.05. LA DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMS) FUE 16.15401. LOS PROMEDIOS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES (P>0.05)

GRUPO DE SUELOS	**Orden de mérito**	**Concentración de Nan (ppm)**	**Error estándar**
B	1	38.06	7.25
A	2	29.36	3.55

Fuente: Elaboración propia

TABLA 13. TEST LSD DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE CONCENTRACIÓN DE NAN ENTRE SUELOS AGRÍCOLAS Y PRÍSTINOS. EL NIVEL DE SIGNIFICACIÓN FUE DE 0.05, LA DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMS) FUE 12.76422. LOS PROMEDIOS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES (P>0.05).

USO DE SUELO	Orden de mérito	Concentración de Nan (ppm)	Error estándar
Agrícola	1	42.23	5.14
Prístino	2	25.20	5.14

Fuente: Elaboración propia

4.5. Características meteorológicas de los sitios que corresponden a diferentes zonas de vida

Las características ambientales de los suelos en agrupados por zonas de vida presentaron una amplia variación en temperatura y precipitación (**Tabla 14**). Sin embargo, el análisis de varianza indicó falta de diferencia para precipitación mínima y máxima anual, no hubo diferencia entre sitios del grupo A y B para temperatura mínima. Sin embargo, se vio diferencia significativa para temperatura máxima anual (p-valor<0.01, **Tabla 14**). Los suelos del Grupo B presentaron mayores valores de temperatura máxima, en promedio de 22.92°C, mientras que los suelos del grupo A en promedio alcanzaron 19.25°C.

TABLA 14. DATOS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA DE LAS ZONAS DE VIDA EN ESTUDIO.

Grupo	Sitio	Zona de vida	PP min anual	PP max anual	T° min anual	T° max anual
A	Huanushca	bs-MBT	1500	2000	13	17
	Pampamarca	bp-PT	1500	2000	13	17
	Tungra	bs-PT	500	1000	12	16
	Congona	me-PT	1000	1500	13	17
	Carpish	bs-MBT	1000	2000	7	13
	San Ramon	bmh-PT(TB)	5660	5660	24	24
	Vista Alegre	bh-MBT	400	700	12	17
	Dos Aguas	bp-MT	1500	2000	13	17
	Santa Ana	bp-PT	900	1000	17.4	25.1

	Riscupa	bmh-MT	1000	1500	13	17
	Pilko Pampa	bmh-MT	1500	2500	13	18
	Chullqui	bs-PT	900	1000	17.4	25.1
	Santa Esperanza	bp-MBT	1500	3500	18	24
	Común Corral	bmh-MBT	1500	2000	13	17
	Serro Verde	bmh-MBT	1000	1500	13	17
	Cancan	bmh-MT	1000	1500	13	17
	Santa Rosa	bmh-PT	5660	3500	24	24
	Quechualoma	bs-MBT	400	700	12	17
	Utao	bh-MBT	500	1000	12	16
	Tullca	bh-MBT	500	1000	12	16
	Pumpuy	bs-PT	900	1000	17.4	25.1
	Santo Rosa Alta	bmh-PT(TB)	1500	3500	18	24
	San Pedro	bmh-MBT	500	1000	12	16
	San Martín	bmh-MBT	1500	2000	13	17
	Buena Vista 1	bp-PT	5660	5660	24	24
B	Santa Catalina	bmh-MBT	1500	2000	13	25.5
	Pircoj	bs-MBT	400	700	12	25
	Oso Pata	bmh-MBT	1500	2500	13	19
	Chichipara	bmh-MBT	1500	3500	18	24
	Buena Vista 2	bp-MBT	1500	2500	13	20
	Bella Vista	bh-MBT	1500	2000	13	24
ANOVA						
Fuente de variación						
Uso		p-valor	>0.99	>0.99	>0.99	0.78

Grupo	p-valor	0.57	0.85	0.38	**<0.01****
CV	%	94.48	67.01	27.08	18.57

Fuente: Elaboración propia

4.6. pH y textura de suelos

Los resultados del análisis de varianza indicaron que el pH de los suelos agrícolas y prístinos fueron estadísticamente iguales, así también los suelos del grupo A y B no difirieron entre sí en pH (**Tabla 15**). En cuanto a la textura (arena, limo y arcilla) tampoco se vio diferencia entre manejos (suelos agrícolas y prístinos) y entre grupos A y B (**Tabla 15**).

TABLA 15. ANOVA DE PH, ARENA, LIMO, ARCILLA Y NAN PARA SUELOS AGRÍCOLAS Y PRÍSTINOS Y, PARA SUELOS DEL GRUPO A Y B.

		pH	**Arena (%)**	**Limo (%)**	**Arcilla (%)**
Uso	Agrícola	5.83	49.04	25.26	25.71
	Prístino	6.06	52.09	21.97	25.94
Grupo	A	5.79	49.14	23.35	27.51
	B	6.11	51.99	23.88	24.13
ANOVA					
Fuente de variación					
Uso (p-valor)		0.43	0.37	0.10	0.93
Grupo (p-valor)		0.41	0.50	0.83	0.34
CV (%)		20.53	26.91	33.59	40.87

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

5.1. Potencial de mineralización de N de los suelos

El análisis de Clúster de los suelos agrupó a los sitios en 2, independientemente de su uso (agrícola o prístino) (**Figura 2**). Los suelos del grupo A, son de climas más fríos y secos, por lo cual tenían los porcentajes más bajos, en promedio de 1,6%. Los suelos del grupo B, con climas relativamente más cálidos tuvieron un % de mineralización de N de 3,6% en promedio (**Figura 2**). Estos resultados pueden atribuirse a la variabilidad climática que favorece la mineralización. A mayor temperatura, los microorganismos mineralizadores se activan y pueden liberar mayor cantidad de nutrientes mineralizable como el Nitrógeno (Reussi Calvo et al., 2018). Estos resultados indican que sin importan el uso del suelo agrícola o prístino, la mineralización de N en los suelos dependen del clima, ya que este factor es determinante para establecer la capacidad de proveer N de un suelo.

El Nan y N total se relacionaron de forma positiva, independientemente del manejo (agrícola o prístino). Los mismos suelos identificados en el análisis de Clúster que correspondieron a los grupos A y B se agruparon también en el análisis de regresión lineal (**Figura 3**). Los resultados de este estudio son razonables porque en climas fríos y con baja humedad, el proceso de mineralización es más lento, porque la actividad microbiana de los suelos disminuye (Álvarez y Steinbach, 2011), lo mismo que ocurrió para los suelos del grupo A. La mineralización de la MO es rápida cuando hay altas precipitaciones y bajo contenido de arcillas en el suelo (Reussi Calvo et al., 2018). En este estudio se vio una ligera tendencia de baja disminución del Nan en suelos con mayor arcilla. Esto es atribuible a la facilidad de ataque de los microorganismos mineralizadores (Jaramillo, 2015). El Nan ha demostrado ser un estimador de la mineralización de la MO, ya que el 98% del N total en el suelo es orgánico (Genovese, 2009; Orcellet et al., 2017). Por lo tanto, el uso de promedios de la relación Nan: N total sería un buen estimador de la capacidad de mineralización del N, además de los niveles de MOS, depende también de las condiciones

ambientales que favorezcan la actividad de la biomasa microbiana edáfica, temperatura y precipitación principalmente. Entonces, claro está que no se puede predecir la capacidad de mineralizar N de un suelo solo conociendo la MOS y NT. No necesariamente cuando cambia la MOS implica cambios en la mineralización de N (Shafiri et al., 2007). Cada suelo es diferente en calidad de MOS y en clima.

Los resultados de este estudio se pueden usar como orientativa en la elaboración de diagnósticos de fertilidad en la región Huánuco, cuando no se dispone de información a escala de cada parcela (Reussi Calvo et al., 2014).

5.2. Relación entre el Nan y arcilla, arena, pH del suelo

Si bien los ajustes no dieron un valor de R^2 alto, se vio que el Nan guardó una relación negativa con el % de arcillas y positiva con la arena (**Figura 4 y 5**). Estos resultados indican que en suelos arcillosos, más finos existe menos potencial de mineralización de N que en los suelos arenosos. Carter (2002) y Fabrizzi *et al.* (2003) han señalado al Nan como indicador más temprano de los efectos de manejo sobre las propiedades del suelo, siendo los suelos arenosos los que mayor mineralización neta de N presentan, esto puede deberse a un aumento en la aireación del suelo (Thomsen y Olesen, 2000), por lo contrario la influencia de la arcilla sobre el contenido de humedad del suelo y por ende sobre el contenido de oxígeno, puede afectar procesos microbianos de mineralización, inmovilización y desnitrificación (Delin y Linden, 2002). El proceso de mineralización de N tiene dos etapas, el primero es la amonificación, mediante el cual el N orgánico es transformado a $N\text{-}NH_4$ y es realizado por microorganismos heterótrofos (bacterias, hongos y actinomicetes) (Longa *et al.*, 2017). Dado que el Nan es un indicador indirecto de la actividad biológica del suelo (Martínez *et al*., 2015), los factores que afectan a la biomasa microbiana también tienen efectos sobre la mineralización de N. La composición de la materia orgánica, condiciones ambientales y características del suelo como arcilla y pH son los principales factores que afectan la mineralización de N (Zapata-Hernández *et al*., 2020). Se sobreentiende que los suelos arenosos

tienen mayor velocidad de mineralizar N debido a la baja protección física de la textura arenosa de los microorganismos mineralizadores. Si bien, en este estudio no se vio efecto del pH sobre el Nan (**Figura 6)**, estudios más prolongados podrían mostrar estas relaciones, ya que este estudio solo fue de un año y campaña. Vale aclarar que la mineralización del N total de los suelos varía con las fracciones orgánicas lábiles, cantidad y calidad de MOS además de la humedad y temperatura de los sitios.

5.3. Materia orgánica del suelo

El contenido de materia orgánica fue diferente entre manejos. Suelos agrícolas tuvieron más MOS que los suelos prístinos (**Tabla 5**). Los mayores contenidos de MOT de los suelos agrícolas vistos en este estudio, pueden deberse a la redistribución de los residuos de cosecha en el perfil con las labranzas continuas, sumado al aporte de residuos provenientes de raíces de los cultivos. La agricultura con reposición de nutrientes a través de una fertilización continua produce mayores rendimientos, con lo cual se genera mayor biomasa vegetal (i. e. rastrojos), lo que puede cambiar las concentraciones del C y nutrientes en el suelo (Shahid et al., 2017). Zhu et al. (2015) también vieron que los suelos con cultivos mejor nutridos en el largo plazo, tienden a secuestrar más C orgánico proveniente de raíces muertas.

Los suelos del grupo A presentaron en promedio 3.90% de materia orgánica, superior a los suelos prístinos (**Tabla 5**). Esto es atribuible a la mayor variabilidad de retorno de rastrojos al suelo, en cada cosecha se devolvieron residuos de cosecha, en forma más diferenciada, sin embargo, puede haber ocurrido que en suelos del grupo B habrían presentado menores cantidades de masa de rastrojos, con lo cual la materia orgánica fue menor. En sistemas agrícolas continuos, con aporte de rastrojos, es posible aumentar las concentraciones de materia orgánica del suelo (Cazorla et al., 2017). Está documentado que los residuos de cosechas son fuente importante de C en el suelo (Beltran et al., 2016).

5.4. Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (Nan)

Si bien se vio diferencia en contenido de MOS entre suelos agrícolas y prístinos, el Nan también siguió el mismo patrón (**Tabla 6**). Estos resultados son atribuibles a la mayor mineralización de la materia orgánica cuando hay altos niveles, con lo cual el resultado habría sido mayor Nan en suelos agrícolas. En sistemas con baja remoción del suelo, la temperatura es menor, afectando de manera negativa a la mineralización del N (Domínguez et al., 2001), lo cual habría ocurrido en el caso de los suelos prístinos en este estudio. Por otro lado, los suelos agrícolas expuestos a labranzas continuas oxigenan el suelo permitiendo el aumento de la actividad de los microorganismos mineralizadores (Stevenson y Cole, 1999) liberando más nutrientes potencialmente mineralizables como el $N\text{-}NH_4^+$ (i. e. Nan).

El Nan de suelos de los grupos A y B fue estadisticamente igual, atribuible a la muestra de cada grupo estuvo compuesta por suelos agrícolas y prístinos.

5.5. Características meteorológicas de los sitios que corresponden a diferentes zonas de vida

Las características climáticas como precipitación mínima y máxima anual, temperatura mínima fueron estadísticamente iguales en todos los sitios. Sólo se vio diferencias en temperatura máxima anual (**Tabla 6**). Los suelos del Grupo B presentaron mayores valores de temperatura máxima, en promedio de 22.92°C, mientras que los suelos del grupo A en promedio alcanzaron 19.25°C. Esto representa la explicación de la mayor capacidad para mineralizar N de los suelos del grupo B. A mayores temperaturas, los microorganismos mineralizadores tienen mayor actividad. Zapata-Hernández et al. (2020) indicaron que las condiciones climáticas y características del suelo son los principales factores que afectan la mineralización. Climas más húmedos y cálidos activan más a los microorganismos mineralizadores en el suelo, con lo cual existe mayor liberación de Nan (Álvarez y Steinbach, 2011). Dado que el Nan es un indicador indirecto de la actividad biológica del suelo (Martínez *et al*., 2015), los factores que afectan

5.6. pH y textura del suelo

Los resultados del análisis de varianza indicaron que el pH de los suelos agrícolas y prístinos fueron estadísticamente iguales, así también los suelos del grupo A y B no difirieron entre si en pH (**Tabla 14**). En cuanto a la textura (arena, limo y arcilla) tampoco se vio diferencia entre manejos (suelos agrícolas y prístinos) y entre grupos A y B. Estos resultados son atribuibles al factor de formación de los suelos de la región Huánuco habría dado lugar a suelos con similar pH y textura. Este resultado corrobora que el pH y la textura de los suelos no habrían intervenido en la capacidad de mineralizar N de los suelos analizados, sino más bien habría sido el clima independientemente de que si el suelo era agrícola o prístino.

VI. CONCLUSIONES

El potencial de mineralizar N de los suelos de los distritos de Churubamba, Chinchao y San Pedro de Pillao se agrupó en 2, según su capacidad para mineralizar N. Los suelos del grupo B tuvieron en promedio 3.6% de porcentaje de mineralización de N, mientras que los del grupo A alcanzaron el 1.6%. Este agrupamiento fue independiente al manejo (agrícola o prístino), sino mas bien estuvieron separados por la temperatura más cálida de los suelos del grupo B que los del A. El Nan estuvo relacionado de forma negativa al % de arcilla y de forma positiva con la arena, sugiriendo que suelos arenosos tenían mayor Nan, atribuible a la menor barrera física de los suelos arenosos para los microorganismos mineralizadores, con lo cual habría ocurrido mayor mineralización de MOT. Sin embargo, la mineralización de N no guardó relación con el pH de los suelos. Los suelos agrícolas presentaron mayor MOT y Nan que los suelos pristinos. Las características climáticas diferenciables entre los grupos A y B fue la temperatura máxima anual, siendo el grupo B de climas más cálido a los del grupo A. Finalmente no se vio diferencia del pH y textura de los suelos agrícolas y prístinos, tampoco se vio diferencias entre suelos del grupo A y B.

VII. RECOMENDACIONES

1. Es necesario realizar un análisis de suelo antes del sembrío y dentro de esto analizar el Nan porque el coeficiente varía en cada lugar y de esta manera estaríamos sacando un coeficiente o porcentaje de mineralización más exacto para la obtención de Nitrógeno disponible.
2. No fertilizar con abonos nitrogenados cuando es innecesario porque solo aumenta el costo de producción.
3. Conocer la textura del suelo, dependiendo de eso se puede sugerir una mayor o menor cantidad en la fertilización nitrogenada.
4. Realizar estudios más detallados sobre la influencia del pH en la mineralización del nitrógeno que podría llevarse a cabo cada estación.
5. Es necesario poner en conocimiento de los agricultores el mapa de las zonas de vida para que puedan ubicar en que zona se encuentra su campo de cultivo, ayudara a un reconocimiento que pueda determinar a grandes rasgos sobre el aumento o la disminución en la fertilización.

VIII. LITERATURA CITADA

(DEIO) Departamento de Estadística e Investigación operativa, Regresión Lineal Simple 2012. 31 páginas.

(INRENA) Instituto Nacional de Recursos Naturales. Mapa Ecológico del Perú – Guía Explicativa. 1994.

(ONERN) Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. 1976 Principales ecosistemas de los trópicos húmedos americanos con énfasis en la selva central del Perú. Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa. Perú. 146 paginas.

(ZEEH) Zonificación Ecológica y Económica, Provincia de Huánuco, 2016.

(ZEELP) Zonificación Ecológica y Económica. Provincia de Leoncio Prado, 2016.

Asado, M. 2015. Manual de Analisis de Suelos con Fines Agrícolas. Laboratorio especializado de Suelos. E.A.P de Agronomía.

Aybar, C.y Lavado, W. 2017. Atalas de las Zonas de Vida del Perú. Guía Explicativa.

Calvo, H., Rozas, S., Echeverría, H., Berardo, A. y Diovisalvi, B. 2013. ¿El Nan Mejora el Diagnostico de Nitrógeno en Trigo?

Calvo, H., Rozas, S., Echeverría, H., Berardo, A. y Diovisalvi, B. 2014. Nitrogeno Organico y Nan en Secuencua con Predominio de Soja.

Calvo, R., Calandroni, M., Studdert, G., Cabria, F., Diovisalvi, N. y Berardo, A. 2014. Nitrógeno Incubado en Anaerobiosis y Materia Orgánica en Suelos Agrícolas de Buenos Aires. Página 6.

Celaya, H. y Castellanos, A. 2011. Mineralización de Nitrógeno en el Suelo de Zonas Áridas y Semiáridas. Página 12.

Cerón, L. y Aristizábal, F. 2012. Dinámica del Ciclo del Nitrógeno y Fósforo en Suelos.

Conú, L. y Jimenez, A. 2014. Determinación de Textura por el Método de Bouyoucos

Crohn, D. 2004. Nitrogen Mineralization and its Importance in Organic Waste Recycling. Página 5.

Delin, S. y B. Lindén. 2002. Relations between net nitrogen mineralization and soil characteristics within an arable field.

Echevarria, N., San Martin, N. y Bergonzi, R. 2000. Metodo Rapido de EStimacion de Nitrogeno Potencialmente Mineralizable en Suelos.

Florencia, M., Plasencia, A., Corbella, R., Andina, D., Sanzano, A. y Francisco. 2019. El Nitrógeno del Suelo. Página 1-3

Fuentes, W. y González, O. 2007. Estimación de la Mineralización Neta de Nitrógeno del Suelo en Sistemas Agroforestales y a Pleno Sol en el Cultivo del Café (Coffea arabica l.), en el Pacífico de Nicaragua, Departamento de Carazo.

Galvis, A. y Fernández, T. 2004. Hernández-Mendoza. Cálculo del nitrógeno potencialmente mineralizable.

Galvis, A. y Hernández, T. 2004. Cálculo del Nitrógeno Potencialmente Mineralizable.

http://www.peruecologico.com.pe/ecorregion_desierto_1.htm

Martinez, J., Galantini, J. y Lopez, F. 2015. Mineralizacion de Nitrogeno en Suelos del Sudoeste Bonaerense.

Monsalve, O., Gutiérrez, J. y Cardona, W. 2017. Factores que Intervienen en el Proceso de Mineralización de Nitrógeno Cuando son Aplicadas Enmiendas Orgánicas al Suelo.

Ottos, E. 2015. Relación Entre el Contenido de Materia Orgánica y Nitrógeno Total de los Suelos de la Provincia de Leoncio Prado. Página 102.

Ramírez, R. 1997. Propiedades Físicas Químicas y Biológicas de los Suelos

Rivera, R., Martín, G. y Pérez, D. 1999. Efecto de la Temperatura Sobre la Mineralización del Nitrógeno de Dos Especies de Abonos Verdes en Suelo Ferralítico Rojo.

Thomsen, I.K., J.E. Olesen, P. Schoenning, B. Jensen y B.T. Christensen. 2001. Net mineralization of soil N and 15N-ryegrass residues in differently textured soils of similar mineralogical composition. Soil Biol. Biochem.

Torbert, H. y Wood, C. 2008. Effects of Soil Compaction and Water-Filled Pore Space on Soil Microbial Activity and N Losses. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103629209368668

Urquieta, J., Dominguez, G., Studdent, G. y Tettenborn, S. 2008.Relación Entre el Nitrógeno Anaeróbico y Materia Orgánica se Suelos del Sudeste Bonaerence.

Vega, L. 2010. Efecto de Distintos Regímenes de Fertilización de Largo Plazo Sobre las Relaciones Estequiométricas C:N:P:S en Suelo y Planta. 142 paginas.

Vega, L., Asado, M. y Pérez, E. 2018. Potencial de Mineralización de Nitrógeno de Suelos con Distintos Manejos y Características Climáticas.

Vega, L., Rubio, G., Boxler, M. y Gutiérrez, F. 2017. Balance de Materia Organica y Capacidad de Mineralización de Nitrógeno de Distintos Suelos con Fertilización Continua.

Vega, L., Rubio, G., Boxler, M. y Gutiérrez, F. 2017. Capacidad de Mineralización de Nitrógeno de Distintos Suelos con Fertilización Continua.

Videla, X., Parada, A., Nario, A., Pino, I. y Hood, R. 2005. Efecto del Contenido de Agua en la Mineralización Bruta e Inmovilización de Nitrógeno.

Wang, H., Zhang, H., Zhao, Y. y Xu, R. 2018. Soil Acidification of Alfisols Influenced by Nitrate and Ammonium Nitrogen Level in Tea Plantation.

ANEXO

1. Textura

ANEXO 1. TEXTURA DE LOS SITIOS MUESTREADO DEL DISTRITO DE CHURUBAMBA

Lugar	Tipo	%Ao	%Ar	%Lo	Clase Textural
Pircoj	Agrícola	55.248	26.20	18.552	FrArAo
Pircoj	Prístino	51.032	33.00	15.968	FrArAo
Chullqui	Agrícola	46.112	25.20	28.688	FrAr
Chullqui	Prístino	58.185	25.40	16.416	FrArAo
Quechualoma	Agrícola	44.688	23.00	32.312	Fr
Quechualoma	Prístino	38.040	27.00	34.960	Fr
Cancan	Agrícola	45.248	27.80	26.952	Fr
Cancan	Prístino	42.672	32.40	24.928	FrAr
Utao	Agrícola	44.745	28.60	26.655	FrAr
Utao	Prístino	42.817	32.20	24.984	FrAr
Comun Corral	Agrícola	61.968	27.20	10.832	FrArAo
Comun Corral	Prístino	42.889	32.20	24.912	Fr
Riscupa	Agrícola	40.528	28.40	31.072	FrAr
Riscupa	Prístino	65.969	13.20	20.832	FrAo
Congona	Agrícola	45.969	34.80	19.232	FrArAo
Congona	Prístino	32.256	50.80	16.944	Ar

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2. TEXTURA DE LOS SITIOS MUESTREADO DEL DISTRITO DE CHINCHAO

Lugar	Tipo	%Ao	%Ar	%Lo	Clase Textural
Tungra	Agrícola	50.976	19.600	29.424	FrArAo
Tungra	Prístino	59.048	15.800	25.152	FrAo
Huanushca	Agrícola	37.609	53.599	8.792	Ar
Huanushca	Prístino	42.113	52.799	5.088	Ar
Tullca	Agrícola	34.904	42.000	23.096	Ar
Tullca	Prístino	40.976	31.800	27.224	FrAr
Serro Verde	Agrícola	39.752	29.400	30.848	FrAr
Serro Verde	Prístino	35.609	29.599	34.791	FrAr
Carpish	Agrícola	39.248	42.200	18.552	Ar

Carpish	Prístino	82.832	10.200	6.968	FrAo
Santa Catalina	Agrícola	46.905	24.200	28.895	Fr
Santa Catalina	Prístino	53.105	24.200	22.696	FrArAo
Buena Vista 2	Agrícola	74.831	8.000	17.168	FrAo
Buena Vista 2	Prístino	65.752	15.600	18.648	FrAo
Santa Rosa Alta	Agrícola	39.825	28.999	31.175	FrAr
Santa Rosa Alta	Prístino	46.040	25.000	28.960	Fr
Pampamarca	Agrícola	75.048	7.800	17.152	FrAo
Pampamarca	Prístino	77.120	11.800	11.080	FrAo
Chichipara	Agrícola	55.753	17.600	26.647	FrAo
Chichipara	Prístino	61.177	18.200	20.624	FrAo
Buena Vista 1	Agrícola	54.976	22.600	22.424	FrArAo
Buena Vista 1	Prístino	57.751	15.600	26.649	FrAo

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3. TEXTURA DE LOS SITIOS MUESTREADO DEL DISTRITO DE SAN PABLO DE PILLAO

Lugar	**Tipo**	**%Ao**	**%Ar**	**%Lo**	**Clase Textural**
Pumpuy	Agrícola	39.248	30.200	30.552	FrAr
Pumpuy	Prístino	64.904	12.400	22.696	FrAo
Vista Alegre	Agrícola	62.905	20.600	16.496	FrArAo
Vista Alegre	Prístino	41.679	46.201	12.120	Ar
San Pedro	Agrícola	47.607	34.201	18.192	FrArAo
San Pedro	Prístino	55.119	30.401	14.480	FrArAo
Bella Vista	Agrícola	49.048	32.600	18.352	FrArAo
Bella Vista	Prístino	19.826	44.999	35.175	Ar
Pilko Pampa	Agrícola	27.391	31.801	40.809	FrAr
Pilko Pampa	Prístino	67.049	18.200	14.752	FrAo
Dos Aguas	Agrícola	45.969	26.999	27.031	FrArAo
Dos Aguas	Prístino	61.192	16.000	22.808	FrAo
Oso Pata	Agrícola	32.040	29.000	38.960	FrAr
Oso Pata	Prístino	59.120	16.000	24.880	FrAo
Santa Esperanza	Agrícola	45.264	26.000	28.736	FrArAo
Santa Esperanza	Prístino	31.535	39.601	28.865	FrAr

Santa Rosa	Agrícola	61.607	17.600	20.792	FrAo
Santa Rosa	Prístino	70.977	12.200	16.824	FrAo
San Martin	Agrícola	67.049	16.200	16.752	FrAo
San Martin	Prístino	40.041	37.199	22.760	FrAr
San Ramon	Agrícola	49.120	12.200	38.680	Fr
San Ramon	Prístino	43.825	27.399	28.775	FrAr
Santa Ana	Agrícola	31.464	34.400	34.136	FrAr
Santa Ana	Prístino	36.959	38.801	24.240	FrAr

Fuente: Elaboración propia

2. pH

ANEXO 4. PH DE LOS SITIOS MUESTREADO DEL DISTRITO DE CHURUBAMBA

Lugar	Tipo	pH
Pircoj	Agrícola	5.58
Pircoj	Prístino	5.67
Chullqui	Agrícola	6.17
Chullqui	Prístino	7.50
Quechualoma	Agrícola	6.77
Quechualoma	Prístino	6.77
Cancan	Agrícola	4.62
Cancan	Prístino	5.86
Utao	Agrícola	5.02
Utao	Prístino	5.49
Comun Corral	Agrícola	4.29
Comun Corral	Prístino	4.48
Riscupa	Agrícola	5.96
Riscupa	Prístino	4.23
Congona	Agrícola	4.79
Congona	Prístino	4.67

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5. PH DE LOS SITIOS MUESTREADO DEL DISTRITO DE CHINCHAO

Lugar	Tipo	pH
Tungra	Agrícola	6.07
Tungra	Prístino	6.49

Huanushca	Agrícola	4.56
Huanushca	Prístino	4.94
Tullca	Agrícola	6.22
Tullca	Prístino	7.35
Serro Verde	Agrícola	6.14
Serro Verde	Prístino	5.03
Carpish	Agrícola	4.02
Carpish	Prístino	4.34
Santa Catalina	Agrícola	4.85
Santa Catalina	Prístino	6.90
Buena Vista 2	Agrícola	5.07
Buena Vista 2	Prístino	7.55
Santa Rosa Alta	Agrícola	7.16
Santa Rosa Alta	Prístino	4.64
Pampamarca	Agrícola	7.69
Pampamarca	Prístino	8.38
Chichipara	Agrícola	6.80
Chichipara	Prístino	8.02
Buena Vista 1	Agrícola	6.64
Buena Vista 1	Prístino	7.65

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6. pH DE LOS SITIOS MUESTREADO DEL DISTRITO DE SAN PABLO DE PILLAO

Lugar	Tipo	pH
Pumpuy	Agrícola	6.77
Pumpuy	Prístino	6.68
Vista Alegre	Agrícola	4.34
Vista Alegre	Prístino	4.65
San Pedro	Agrícola	4.58
San Pedro	Prístino	4.90
Bella Vista	Agrícola	7.25
Bella Vista	Prístino	6.70
Pilko Pampa	Agrícola	4.51
Pilko Pampa	Prístino	4.90
Dos Aguas	Agrícola	6.35

Dos Aguas	Prístino	4.84
Oso Pata	Agrícola	4.21
Oso Pata	Prístino	4.66
Santa Esperanza	Agrícola	5.32
Santa Esperanza	Prístino	4.65
Santa Rosa	Agrícola	6.59
Santa Rosa	Prístino	6.70
San Martin	Agrícola	6.85
San Martin	Prístino	7.71
San Ramón	Agrícola	5.60
San Ramón	Prístino	5.01
Santa Ana	Agrícola	6.80
Santa Ana	Prístino	7.60

Fuente: Elaboración propia

3. Materia Orgánica

Factor de Corrección: 0.88495575

ANEXO 7. PORCENTAJE DE MO DE LOS SITIOS MUESTREADO DEL DISTRITO DE CHURUBAMBA

LUGAR	TIPO	MATERIA ORGÁNICA
Pircoj	Agrícola	0.27
Pircoj	Prístino	3.80
Chullqui	Agrícola	1.44
Chullqui	Prístino	0
Quechualoma	Agrícola	1.60
Quechualoma	Prístino	0.82
Cancan	Agrícola	6.06
Cancan	Prístino	0
Utao	Agrícola	3.55
Utao	Prístino	2.22
Comun Corral	Agrícola	6.53
Comun Corral	Prístino	5.82
Riscupa	Agrícola	9.56

Riscupa	Prístino	6.68
Congona	Agrícola	3.86
Congona	Prístino	1.83

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8. PORCENTAJE DE MO DE LOS SITIOS MUESTREADO DEL DISTRITO DE CHINCHAO

LUGAR	TIPO	MATERIA ORGÁNICA
Tungra	Agrícola	2.14
Tungra	Prístino	0
Huanushca	Agrícola	0.51
Huanushca	Prístino	0.82
Tullca	Agrícola	2.53
Tullca	Prístino	1.13
Serro Verde	Agrícola	4.03
Serro Verde	Prístino	0
Carpish	Agrícola	6.92
Carpish	Prístino	8.01
Santa Catalina	Agrícola	1.05
Santa Catalina	Prístino	3.47
Buena Vista 2	Agrícola	1.13
Buena Vista 2	Prístino	4.11
Santa Rosa Alta	Agrícola	3.95
Santa Rosa Alta	Prístino	2.30
Pampamarca	Agrícola	3.31
Pampamarca	Prístino	0
Chichipara	Agrícola	3.10
Chichipara	Prístino	0.04
Buena Vista 1	Agrícola	7.38
Buena Vista 1	Prístino	1.99

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 9. PORCENTAJE DE MO DE LOS SITIOS MUESTREADO DEL DISTRITO DE SAN PABLO DE PILLAO

LUGAR	TIPO	MATERIA ORGÁNICA
Pumpuy	Agrícola	3.00
Pumpuy	Prístino	1.13
Vista Alegre	Agrícola	7.54
Vista Alegre	Prístino	1.13
San Pedro	Agrícola	4.25
San Pedro	Prístino	0.82
Bella Vista	Agrícola	3.78
Bella Vista	Prístino	0.35
Pilko Pampa	Agrícola	7.23
Pilko Pampa	Prístino	7.62
Dos Aguas	Agrícola	6.99
Dos Aguas	Prístino	4.71
Oso Pata	Agrícola	0.82
Oso Pata	Prístino	0.51
Santa Esperanza	Agrícola	3.16
Santa Esperanza	Prístino	4.71
Santa Rosa	Agrícola	9.95
Santa Rosa	Prístino	4.40
San Martin	Agrícola	8.32
San Martin	Prístino	1.21
San Ramon	Agrícola	7.23
San Ramon	Prístino	2.45
Santa Ana	Agrícola	7.20
Santa Ana	Prístino	2.77

4. Nitrógeno Total y Porcentaje de Mineralización

ANEXO 10. ABSORBANCIA, NITRÓGENO TOTAL, NAN Y PORCENTAJE DE MINERALIZACIÓN DE LOS SUELOS DE CHURUBAMBA

Churubamba	Tipo	NT (ppm)	Nan (ppm)	% de mineralización de N
Pircoj	Agrícola	122.58	10.3340	8.43
Pircoj	Prístino	1709.24	25.6325	1.50
Chullqui	Agrícola	648.57	9.0418	1.39
Chullqui	Prístino	450.00	7.7508	1.72
Quechualoma	Agrícola	718.70	24.7426	3.44
Quechualoma	Prístino	368.04	10.5971	2.88
Cancan	Agrícola	2726.16	31.1427	1.14
Cancan	Prístino	450.00	5.7625	1.28
Utao	Agrícola	1595.36	17.6325	1.11
Utao	Prístino	999.23	45.9228	4.60
Comun Corral	Agrícola	2936.56	35.5598	1.21
Comun Corral	Prístino	2620.96	38.1338	1.45
Riscupa	Agrícola	4304.14	83.2497	1.93
Riscupa	Prístino	3006.69	34.3352	1.14
Congona	Agrícola	1735.62	27.7255	1.60
Congona	Prístino	823.90	2.7022	0.33

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 11. ABSORBANCIA, NITRÓGENO TOTAL, NAN Y PORCENTAJE DE MINERALIZACIÓN DE LOS SUELOS DE CHINCHAO

Chinchao	Tipo	NT (ppm)	Nan (ppm)	% de mineralización de N
Tungra	Agrícola	964.16	14.7646	1.53
Tungra	Prístino	157.95	1.8550	1.17
Huanushca	Agrícola	227.77	0.1089	0.05
Huanushca	Prístino	368.04	1.2663	0.34
Tullca	Agrícola	1139.50	21.5321	1.89
Tullca	Prístino	508.30	17.4847	3.44
Serro Verde	Agrícola	1814.44	40.4006	2.23
Serro Verde	Prístino	450.00	0.6695	0.15
Carpish	Agrícola	3111.89	7.8597	0.25
Carpish	Prístino	3602.82	39.1690	1.09
Santa Catalina	Agrícola	473.24	45.6089	9.64
Santa Catalina	Prístino	1560.29	37.5768	2.41
Buena Vista 2	Agrícola	508.30	81.4611	16.03

Buena Vista 2	Prístino	1849.51	17.2579	0.93
Santa Rosa Alta	Agrícola	1779.37	34.0186	1.91
Santa Rosa Alta	Prístino	1034.30	25.6242	2.48
Pampamarca	Agrícola	1490.16	17.6048	1.18
Pampamarca	Prístino	450.00	2.6341	0.59
Chichipara	Agrícola	1393.65	82.3223	5.91
Chichipara	Prístino	17.38	0.8157	4.69
Buena Vista 1 (Puente Duran)	Agrícola	3322.29	70.0519	2.11
Buena Vista 1 (Puente Duran)	Prístino	894.03	26.3442	2.95

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 12. ABSORBANCIA, NITRÓGENO TOTAL, NAN Y PORCENTAJE DE MINERALIZACIÓN DE LOS SUELOS DE SAN PABLO DE PILLAO

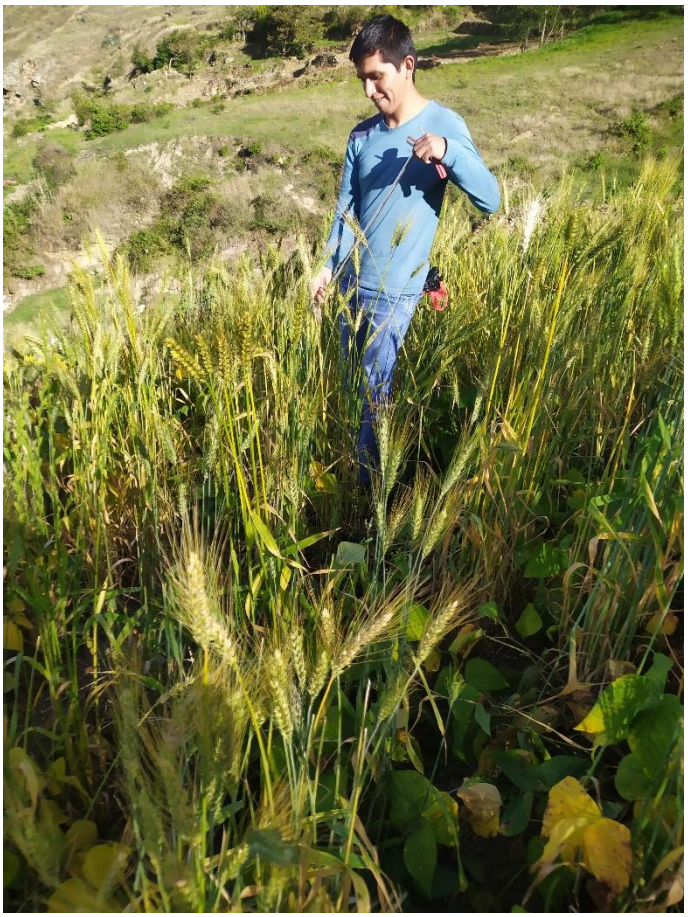
Pillao	Tipo	NT (ppm)	Nan (ppm)	% de mineralización de N
Pumpuy	Agrícola	1349.89	51.31	3.80
Pumpuy	Prístino	508.30	8.57	1.69
Vista Alegre	Agrícola	3392.42	34.63	1.02
Vista Alegre	Prístino	508.30	11.08	2.18
San Pedro	Agrícola	1910.95	25.29	1.32
San Pedro	Prístino	368.04	12.05	3.27
Bella Vista	Agrícola	1700.55	108.33	6.37
Bella Vista	Prístino	157.64	16.53	10.49
Pilko Pampa	Agrícola	3252.15	18.52	0.57
Pilko Pampa	Prístino	3427.48	85.53	2.50
Dos Aguas	Agrícola	3146.96	45.98	1.46
Dos Aguas	Prístino	2121.35	36.96	1.74
Oso Pata	Agrícola	368.04	23.39	6.35
Oso Pata	Prístino	227.77	7.49	3.29
Santa Esperanza	Agrícola	1420.02	22.39	1.58
Santa Esperanza	Prístino	2121.35	20.88	0.98
Santa Rosa	Agrícola	4479.47	62.68	1.40
Santa Rosa	Prístino	1981.08	98.41	4.97
San Martin	Agrícola	3743.08	89.88	2.40
San Martin	Prístino	543.37	13.39	2.46
San Ramon	Agrícola	3252.15	45.50	1.40
San Ramon	Prístino	1104.43	24.67	2.23
Santa Ana	Agrícola	3240.05	43.29	1.34
Santa Ana	Prístino	1244.69	21.29	1.71

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 13. TOMA DE MUESTRA EN SANTA ESPERANZA DE HUAYLAS – SAN PABLO DE PILLAO

ANEXO 14. MUESTREANDO UN CAMPO DE CAPULI.

ANEXO 15. MUESTREANDO SUELO EN PIRCOJ – CHURUBAMBA.



ANEXO 16. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.

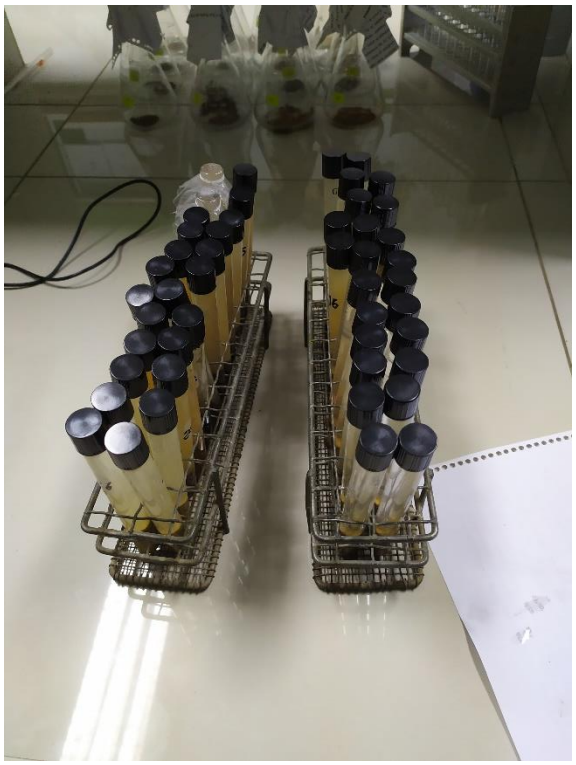
ANEXO 17. ZARANDEANDO LAS MUESTRAS.

ANEXO 18. MUESTRAS PARA ANALIZAR.

ANEXO 19. INCUBACIÓN DE SUELOS PARA DETERMINACIÓN DEL NAN.

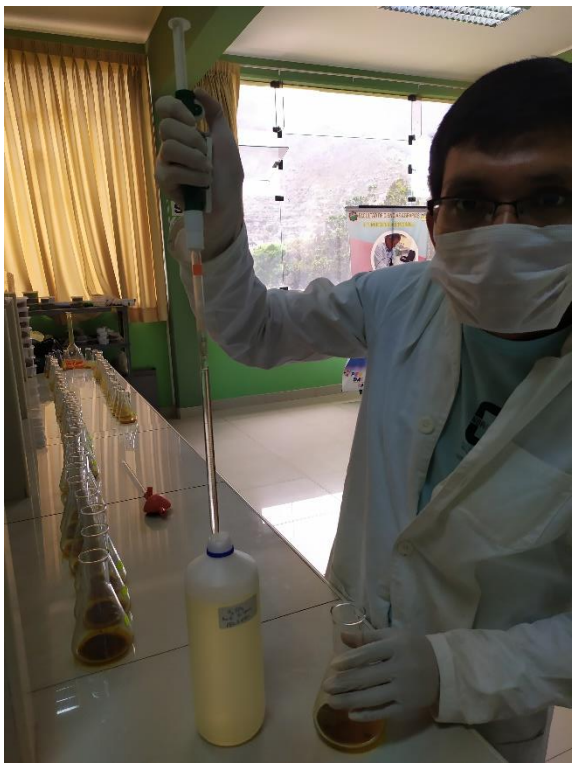
ANEXO 20. MEDICIÓN DE PH

ANEXO 21. SUELOS INCUBADOS DESPUÉS DE 7 DÍAS.



ANEXO 22. AGITACIÓN DE MUESTRAS DURANTE 30 MINUTOS

ANEXO 23. AGREGANDO ÁCIDO SULFÚRICO PARA LA DETERMINACIÓN DE MO.



ANEXO 24. REPOSO DESPUÉS DE AGREGAR EL ÁCIDO SULFÚRICO.

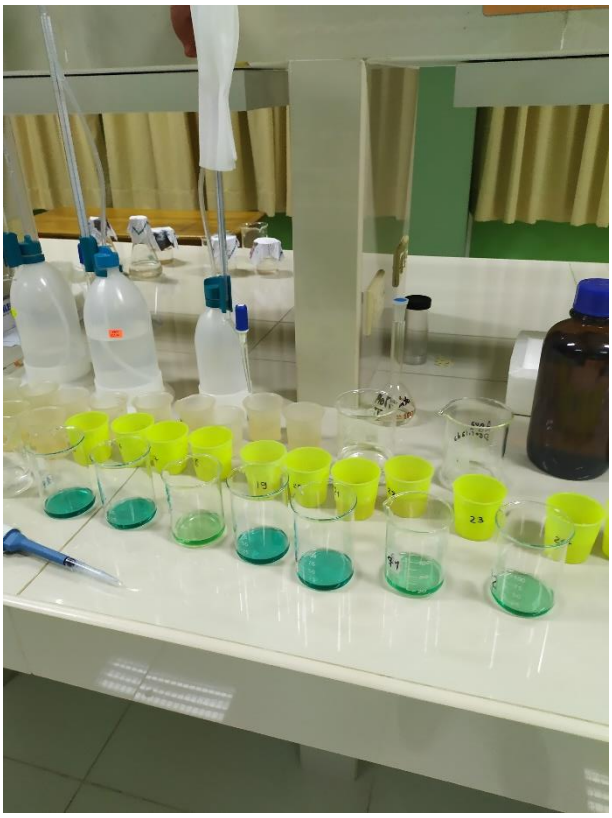
ANEXO 25. TITULACIÓN CON SULFATO FERROSO.

ANEXO 26. AGITACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA MEDIR LA TEXTURA.

ANEXO 27. REPOSO DURANTE 2 HORAS PARA LA SEGUNDA LECTURA.

ANEXO 28. FILTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA LA LECTURA EN ESPECTROFOTOMETRÍA.

ANEXO 29. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA LA MEDICIÓN EN EL ESPECTOFOMETRO.



ANEXO 30. MEDICIÓN EN EL ESPECTROFOTÓMETRO.