

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**“RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA Y
NITRÓGENO TOTAL DE LOS SUELOS DE LA PROVINCIA DE
LEONCIO PRADO”**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

ELVIS OTTOS DÍAZ

Tingo María – Perú

2015

DEDICATORIA

A NUESTRA MADRE TIERRA, QUE NOS DA LA VIDA

AGRADECIMIENTO

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1. Nitrógeno	14
2.1.1. Formas de nitrógeno en los suelos.....	14
2.1.2. Ciclo del nitrógeno.....	18
2.1.3. Contenido del nitrógeno total en suelos tropicales	20
2.1.4. Determinación del nitrógeno total método de Kjeldahl.....	21
2.1.5. Contenido del nitrógeno total de la materia orgánica de los suelos	23
2.2. Análisis de la materia orgánica.....	24
2.2.1. Origen y composición de la materia orgánica del suelo.....	25
2.2.2. Contenido y distribución de la materia orgánica en el suelo.....	27
2.2.3. Materia orgánica de los sistemas agrícolas	29
2.2.4. Determinación del carbono orgánico Walkley-Black y materia orgánica.....	32
2.3. Relación carbono nitrógeno (C/N).....	34
2.4. Geomorfología, fisiografía y distribución espacial	41
2.4.1. Fisiografía tectodinámica y suelo	42
2.4.2. Clasificación de las geoformas de carácter tectónico degradacional y agradacional.....	44
2.4.3. Distribución espacial de la fertilidad de los suelos	45
III. MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1. Ubicación	48
3.2. Materiales y Metodología	49
3.2.1. Muestreo de suelos	50
3.2.2. Determinación de los paisajes de la provincia de Leoncio Prado.....	50

3.2.3. Análisis de caracterización y determinación de la materia orgánica modificado por el laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)	51
3.2.4. Determinación del nitrógeno total (método de Kjeldahl), y contenido del nitrógeno total en la materia orgánica.....	54
3.2.5. Correlación entre la materia orgánica y el nitrógeno total...	56
3.2.6. Relación carbono nitrógeno (C/N)	57
3.2.7. Distribución espacial de la fertilidad del suelo.	58
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
4.1. Análisis de caracterización, materia orgánica y nitrógeno total	61
4.1.1. Textura y composición granulométrica	61
4.1.2. Reacción del suelo (pH)	61
4.1.3. Materia orgánica	61
4.1.4. Nitrógeno total a partir de la materia orgánica	72
4.1.5. Nitrógeno total obtenido con el método de Kjeldahl.....	73
4.1.6. Contenido de nitrógeno de la materia orgánica de los suelos	78
4.1.7. Fósforo	82
4.1.8. Potasio disponible.....	82
4.1.9. Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe)	83
4.1.10. Cationes cambiabiles	83
4.1.11. Distribución espacial de la fertilidad de los suelos de la provincia de Leoncio Prado	83
4.2. Correlación y regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total	86
4.2.1. Correlación entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos montañosos	89
4.2.2. Correlación entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos colinosos.....	92
4.2.3. Correlación entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de planicie.....	96

4.3. Relación entre materia orgánica y nitrógeno total (C/N)	101
4.3.1. Relación carbono nitrógeno (C/N) de los suelos montañosos	102
4.3.2. Relación carbono nitrógeno (C/N) de los suelos colinosos.....	103
4.3.3. Relación carbono nitrógeno (C/N) de suelos de planicie..	104
V. CONCLUSIONES	106
VI. RECOMENDACIONES.....	107
VII. RESUMEN.....	108
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	110
IX. ANEXO	117

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Constituyentes comunes de la materia orgánica del suelo y rapidez relativa de la descomposición.....	32
2. Relación entre el carbono y el nitrógeno de algunos materiales orgánicos.....	36
3. Métodos analíticos para el análisis de suelos.....	52
4. ANVA, de regresión lineal simple	57
5. Guía para calificar la fertilidad de los suelos	60
6. Contenido de materia orgánica, en las unidades fisiográficas de los suelos de la provincia de Leoncio Prado	72
7. Contenido promedio del nitrógeno total, en las unidades fisiográficas de los suelos de la provincia de Leoncio Prado, obtenido con el método de jkendahl	77
8. Contenido medio del nitrógeno total (Kjeldahl), en la materia orgánica en las unidades fisiográficas de los suelos de Leoncio Prado.....	81
9. ANVA, de regresión lineal simple, de los suelos de Leoncio Prado	88
10. ANVA, de regresión lineal múltiple, de los suelos de Leoncio Prado.....	89
11. ANVA, de regresión lineal múltiple, de los suelos montañosos de Leoncio prado.....	92
12. ANVA, de regresión lineal múltiple, de suelos colinosos de la provincia Leoncio Prado	96
13. Coeficiente de determinación (r^2), correlación (r) y Coeficiente de regresión (B).....	100
14. ANVA, de regresión lineal múltiple, de los suelos de planicie de Leoncio prado.....	101
15. Valor promedio de la relación entre el carbono orgánico y el nitrógeno total (C/N), en las unidades fisiográficas.....	105
16. Análisis de caracterización de los suelos de la provincia de Leoncio Prado.....	118

17. Índice de correlación entre la materia orgánica y las variables edafológicas (arena, arcilla, limo, Ph, P, K ₂ O, CIC, Ca, Mg, Na, K, Al, H).....	125
18. Contenido de nitrógeno total en la materia orgánica (N en la M.O) expresado en porcentaje de 274 suelos de Leoncio prado	126
19. Relación entre el carbono orgánico y el nitrógeno total (C/N), en los suelos de la provincia de Leoncio Prado	131
20. Niveles de pH	136
21. Niveles del contenido de materia orgánica, nitrógeno, fosforo y potasio disponible	136
22. Puntajes para calificar el nivel de la fertilidad en los suelos	136

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Formas de nitrógeno en los suelos.....	15
2. Ciclo del nitrógeno en la naturaleza.....	19
3. Ciclo de carbono en la naturaleza	25
4. Cambios en los niveles de nitrato del suelo durante la descomposición de residuos pobres en nitrógeno.....	38
5. Contenido de la materia orgánica en las unidades fisiográficas de los suelos de la provincia de Leoncio Prado	72
6. Contenido del nitrógeno total, en las unidades fisiográficas de los suelos de la provincia de Leoncio Prado, obtenido con el método de Kjeldahl.....	77
7. Contenido del nitrógeno total, en las unidades fisiográficas de los suelos de la provincia de Leoncio Prado, obtenido con el método de Kjeldahl.....	82
8. Distribución espacial de la fertilidad de los suelos de la provincia de Leoncio Prado en base a los puntajes obtenido.	85
9. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de la provincia de Leoncio Prado	87
10. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de montaña alta	90
11. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de montaña baja	91
12. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de colina alta	93
13. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de colina baja.....	94
14. Recta de regresión entre la materia orgánica (carbono orgánico) y nitrógeno total de los suelos de lomada	95
15. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de terraza alta.....	97

16. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de terraza media.....	98
17. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de terraza baja	99
18. Relación entre el carbono orgánico y el nitrógeno total (C/N), de las unidades fisiográficas de la provincia de Leoncio Prado	105
19. Distribución espacial de la fertilidad de los suelos de la provincia de Leoncio Prado, reclasificada con los rangos del IGAC (1995).....	137
20. Mapa fisiografico de la provincia de Leoncio Prado.....	138
21. Muestreo, recepción y secado de los suelos	139
22. Determinación de la materia orgánica y del nitrógeno total (digestión) .	139

I. INTRODUCCIÓN

En el trópico el agotamiento de la materia orgánica y el nitrógeno genera efectos negativos en los cultivos, este agotamiento es favorecido por las condiciones edáficas y climáticas (Vitousek *et al.*, 1997, citado por CELAYA y CASTELLANO, 2011). La materia orgánica es el componente más limitante para mejorar la salud, calidad y sustentabilidad agronómica del suelo (DONAHUE, *et al.*, 1981; ETCHEVERS, 2013; TASISTRO, 2014). La materia orgánica es el reservorio de alrededor del 95 % del nitrógeno edáfico e influye favorablemente sobre propiedades físicas, químicas y biológicas, es uno de los componentes de la sustentabilidad de los agroecosistemas (Swift y Woomer, 1991, citado por ALVAREZ *et al.* 2002).

La determinación de la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos tropicales constituye dos parámetros de mayor importancia para el conocimiento de su fertilidad. El nitrógeno orgánico es el elemento nutritivo que con mayor frecuencia limita los rendimientos en los trópicos y en las regiones templadas (SÁNCHEZ, 1981; DONAHUE, *et al.*, 1981; HAYNES, 1986; FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987; CAMPBELL y REECE, 2007).

El contenido del nitrógeno total de los suelos, se evalúa indirectamente, como análisis de rutina se determina a partir de la materia orgánica considerando que el nitrógeno representa el 5 % de la materia orgánica (JACKSON, 1964; PRIMO, 1973; INTA, 2012). Sin embargo esto puede variar de 5 a 6 % (PRIMO, 1973).

Los resultados de la materia orgánica obtenidos con el método de Walkley y Blak se multiplica por el factor 0.05 (5 %) y se obtiene un valor que corresponde al contenido de nitrógeno total del suelo, este nuevo valor se coloca en el resultado que emiten los laboratorios de análisis de suelos. Sin embargo este factor (5 %) debería evaluarse, para nuestros suelos de acuerdo a la recomendación de JACKSON (1964), Martin (1962), citado por JARAMILLO (1969), PRIMO (1973), INTA (2012), por lo tanto se desconoce si el factor (5 %) es recomendado para los suelos de selva. Esta estimación generalizada y aplicada a los suelos de selva, puede constituir un error y afectar negativamente la interpretación de los resultados, recomendación y por consiguiente llevar a errores de subestimación o sobreestimación del nitrógeno en los programas de fertilización, generando un desbalance nutricional.

Relacionando los resultados de la materia orgánica (obtenido con el método de Walkley y Blak) entre el nitrógeno total (obtenido con el método de Kjeldahl), podría obtenerse un modelo matemático (ecuación de regresión) que se ajuste mejor a los datos, mediante este sistema podría estimarse el contenido del nitrógeno total de los suelos de Leoncio Prado, previa determinación del contenido de la materia orgánica. Conociéndose los valores del carbono orgánico y nitrógeno total se estimaría el contenido del nitrógeno total en la materia orgánica para los suelos de nuestra provincia y probablemente corregir el factor convencional (5 %) para la transformación de materia orgánica a nitrógeno total.

En tal sentido la determinación del nitrógeno y materia orgánica de los suelos constituye la mayor importancia para proponer programas de nutrición y optimizar la eficiencia de los fertilizantes, además existen pocos trabajos de investigación realizados en suelos tropicales. En la provincia de Leoncio Prado, no existen trabajos publicados al respecto. Por lo tanto; se plantea como hipótesis la existencia de una relación directa entre la materia orgánica y el nitrógeno total con un contenido de 5 % de nitrógeno total en la materia orgánica en estos suelos. Considerando lo mencionado se ha planteado el presente trabajo y los objetivos son:

Objetivo general

1. Correlacionar el contenido de la materia orgánica (analizado con el método de Walkley y Blak), con el contenido de nitrógeno total (analizado con el método de Kjeldahl).

Objetivos específicos

1. Determinar el contenido de la materia orgánica (analizado con el método de Walkley y Black), y el contenido del nitrógeno total (analizado con el método de Kjeldahl) en las diferentes unidades fisiográficas de los suelos de la provincia de Leoncio Prado.
2. Determinar la relación entre el contenido de la materia orgánica y el nitrógeno total.
3. Determinar la relación carbono/nitrógeno (C/N) de los suelos de la provincia de Leoncio Prado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Nitrógeno

El nitrógeno es el elemento nutritivo que con mayor frecuencia limita los rendimientos en los trópicos y en las regiones templadas (SÁNCHEZ, 1981; HAYNES, 1986; FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987; CAMPBELL y REECE, 2007). El nitrógeno es un nutriente esencial más crítico en el crecimiento de las plantas, ya que es uno de los constituyentes principales de los compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así también de las paredes celulares, clorofila en los vegetales y otras sustancias de la planta (DONAHUE *et al.*, 1981).

Las reservas del nitrógeno existentes en la biosfera son pequeñas en relación con las presentes en la litosfera, atmósfera y hidrosfera (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987). Aproximadamente el 98 % del nitrógeno total del planeta tierra se encuentra en la litosfera (suelos, rocas, sedimentos y materiales fósiles), el resto del nitrógeno se encuentra casi en su totalidad en el aire y constituye el 78 % (Stevenson, 1982 citado por PERDOMO y BARBAZAN, 2009; TISDALE y NELSON, 1988). El nitrógeno de la atmósfera se encuentra en forma molecular (N_2), aunque existen otras formas gaseosas de nitrógeno de mucha menor importancia cuantitativa: óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2) y amoníaco (NH_3).

2.1.1. Formas de nitrógeno en los suelos

El nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NO_3^-) o amonio

(NH_4^+), y puede encontrarse en muy diversos estados de oxidación y reducción. La cantidad de nitrógeno disponible para las plantas obedece a un balance entre ganancias y pérdidas (TISDALE y NELSON, 1988), entre las ganancias de nitrógeno en el suelo se pueden considerar, las fijaciones (eléctricas, biológicas e industriales), los abonos de origen orgánico (estiércoles) y los residuos de cosecha, mientras que las pérdidas de nitrógeno más significativas son: la extracción por los cultivos, lixiviación, volatilización. desnitrificación y fijación de amonio en la Figura 1, se observa las formas de nitrógeno presentes en los suelos (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

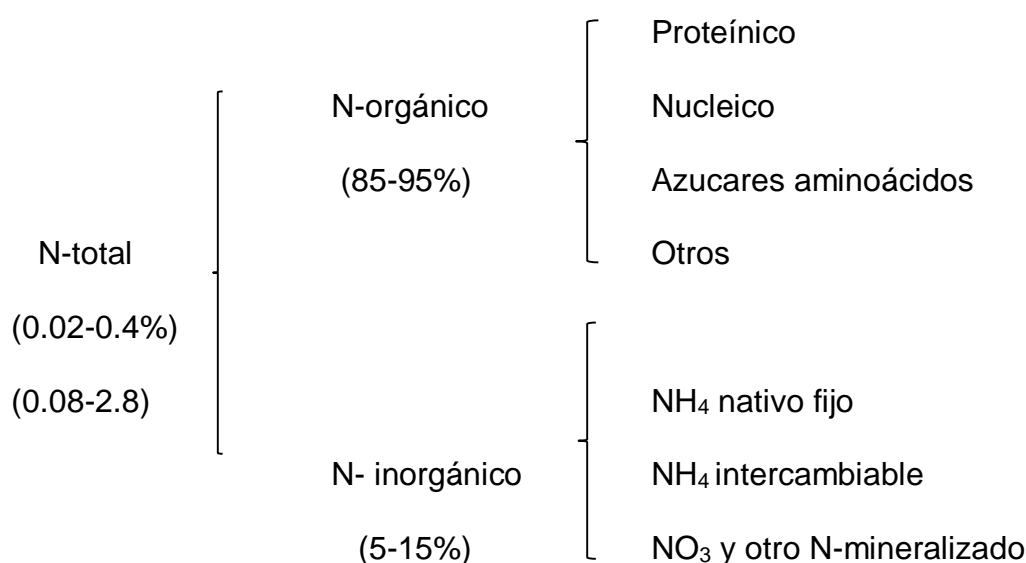


Figura 1. Formas de nitrógeno en los suelos.

Las técnicas de fraccionamiento del nitrógeno de los suelos son complicadas, de acuerdo con las recomendaciones, se calienta el suelo con 3N ó 6N de HCl durante 24 horas, después se pueden diferenciar las siguientes fracciones: Nitrógeno insoluble en ácido, contribuye con 20 a 35% del nitrógeno total. El nitrógeno (NH_3) recolectado del hidrolizado por

destilación con MgO; contribuye con 20 a 35 % del nitrógeno total. El nitrógeno de aminoácidos, determinado con ninhidrina amoniacal; contribuye generalmente con 30 a 45 % del nitrógeno total. El nitrógeno de azúcares aminados determinado por destilación por tampón fosfato borato; contribuye con 5 a 10 % del nitrógeno total. Nitrógeno hidrolizable desconocido, que contribuye con 10 al 20 % del nitrógeno total (STEVENSON y COLE, 1999).

Comúnmente, el nitrógeno orgánico representa entre el 85 y 95 % del nitrógeno total, la mayor parte de su naturaleza química es desconocida. Los compuestos nitrogenados que se acumulan en los suelos, en forma de restos animales y vegetales, tienen en su mayoría naturaleza proteica. Existen algunas pruebas que constatan este hecho; por ejemplo, al atacar al suelo con HCl 6 N en caliente, se extrae una serie de aminoácidos que constituyen las proteínas vegetales y animales (TISDALE y NELSON, 1988).

Entre el 20 y 40 % del nitrógeno de los suelos se presenta en forma de aminoácidos. Entre los aminoácidos se han encontrado: lisina, serina, arginina, Alanina, isoleucina, glicina, ácido aspártico, treonina y otros. Entre los azúcares aminados se han identificado derivados de la glucosa y de la galactosa. La glucosamina y galactosamina pueden constituir entre el 5 y 10 % del nitrógeno total. Otros compuestos orgánicos como los mucopéptidos (combinaciones de aminoácidos y aminoazúcares), los ácidos teichoicos (polímeros orgánicos fosfatados que contienen alanina) y algunas purinas y pirimidinas (adenina, guanina, xantina, uracil y tiamina), constituyen una fracción menos importante del nitrógeno orgánico (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

Hay otros compuestos orgánicos nitrogenados que posiblemente, entre todos, sumen otro 1 % del nitrógeno total; por ejemplo, una pequeña fracción del nitrógeno que es resistente a la hidrólisis por ácidos o álcalis, aparece en la forma de complejo lignina amoníaco. En el suelo también hay dos complejos carbohidratoproteínicos: péptidos de muramilo y ácido teichoico, Ambos, componentes de las paredes celulares bacteriales, además otros compuestos orgánicos en los suelos son: creatinina, alantoína, trimetilamina, Colina, etanolamina, histamina, urea (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

En formas inorgánicas, el nitrógeno se presenta como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido (NO_2) y amoníaco (NH_3), en cantidades mínimas casi no detectables; además, como amonio (NH_4), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3). Por lo general estas formas inorgánicas constituyen sólo hasta el 2% del nitrógeno total del suelo. Existen otras formas cristalinas inorgánicas, como las tarakanitas, un ejemplo es fosfatos amónicoferrialumínicos, que representan a productos de transformación de fertilizantes fosfatados. El nitrógeno inorgánico representa un 2 % del nitrógeno total del suelo, encontrándose en formas de nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y nitrito (NO_2^-), Estas formas inorgánicas son transitorias en el suelo, por lo cual las cantidades de N inorgánico del suelo son extremadamente variables, pudiendo existir desde unos pocos gramos hasta más de 100 kg/ha de nitrógeno (PERDOMO y BARBAZÁN, 2009).

El nitrógeno inorgánico de los suelos tiene un ámbito generalmente comprendido entre 5 y 15 %. Diversos estudios demuestran que los porcentajes de nitrógeno inorgánico son altos en suelos de regiones áridas o semiáridas, correspondiendo a los suelos volcánicos los porcentajes menores.

Por lo general, el Nitrógeno intercambiable ($N-NH_4$) no supera el 2 % del nitrógeno total. El denominado amonio nativo fijo tiene un ámbito comprendido entre 3 y 13 %. El nitrógeno mineralizado ($N-NH_3$, $N-NO_2$, $N-NO_3$) en la mayoría de los casos no supera el 2 % (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

2.1.2. Ciclo del nitrógeno

La Figura 2 muestra el ciclo del nitrógeno según Stevenson (1965), citado por FASSBENDER y BORNEMISZA, (1987). El ciclo del nitrógeno en el suelo es parte del ciclo integral del nitrógeno en la naturaleza y no sólo se limita al ecosistema sino que implica las interacciones complejas con los animales el hombre, atmósfera e hidrosfera (TISDALE y NELSON, 1988). La mineralización del nitrógeno es la transformación del nitrógeno orgánico a nitrógeno inorgánico (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), se lleva a cabo por tres reacciones. Aminización: Transformación de proteínas en amidas (proteínas $\rightarrow R-NH_2 + CO_2 +$ energía). Amonificación: Transformación de los compuestos orgánicos hasta amonio (NH_4^+). Nitrificación: Es la transformación del amonio (NH_4^+) o parte del nitrógeno amoniacal a la forma de nitrato (NO_3^-), pasando previamente por nitrito (NO_2^-). En oposición de la mineralización esta la inmovilización; en este proceso el nitrógeno inorgánico es incorporado e inmovilizado temporalmente en los microorganismos (FASSBENDER Y BORNEMISZA, 1987).

La amonificación tiene dos etapas, la primera es la transformación de NH_4 a nitrito (NO_2^-) y posteriormente se lleva a cabo la conversión de NO_2^- a NO_3^- (PERDOMO y BARBAZÁN, 2009).

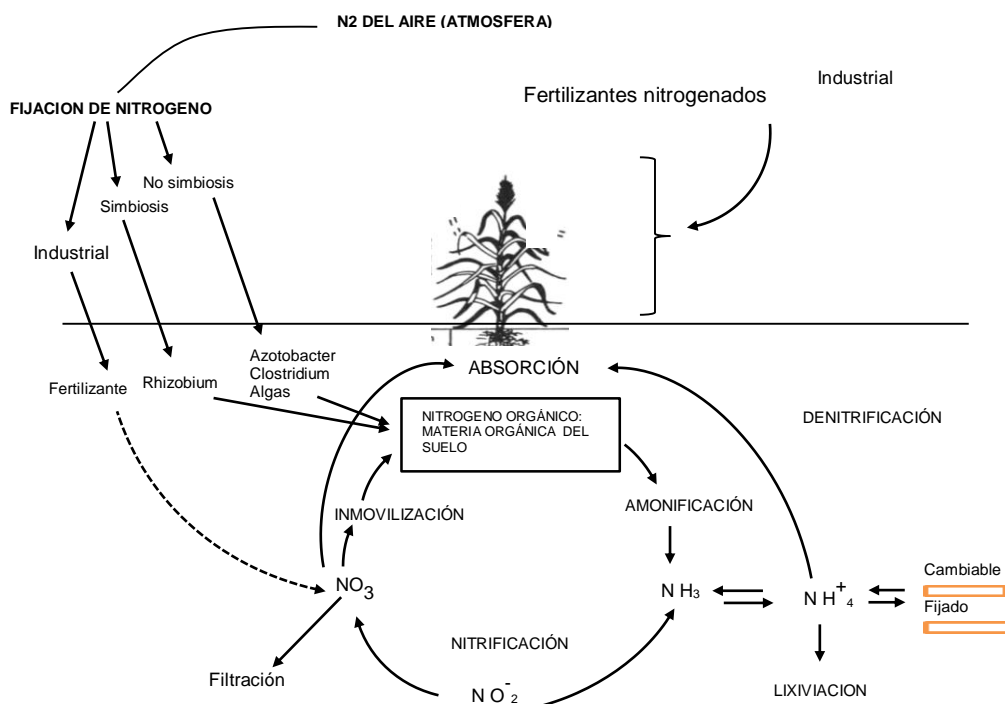


Figura 2. Ciclo del nitrógeno en la naturaleza.

En general la mineralización depende de la relación C/N, y donde el NH_4 producido puede sufrir inmovilización microbiana, absorción por las plantas, intercambio catiónico de suelo, lixiviación, o conversión a NO_3^- . La inmovilización es usualmente lo más importante (depende de la C/N). El NH_4 en los sitios de intercambio (10 - 20 kg/ha) se recicla rápidamente; pero si el NH_4^+ es abundante se nitrifica. Por otro lado, en muchos casos el NO_3^- Aumenta con la distribución en el suelo y puede ser mayor que la absorción por plantas o microbios; depende de la disponibilidad de nitrógeno y carbono. Los NO_3^- son muy móviles y susceptibles a lixiviación (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987). Paralelamente la adición de residuos orgánicos está acompañada de un incremento en la población microbiana, estas poblaciones

requieren nitrógeno para hacer posible el crecimiento de la biomasa microbial. Al tomar el N necesario para su crecimiento, la flora microbiana baja los niveles de NO_3^- y NH_4^+ disminuyendo la disponibilidad de nitrógeno para los organismos nitrificantes y para las plantas, esto se conoce como inmovilización. Otro proceso que puede ocurrir es desnitrificación, que es la reducción enzimática del NO_3^- . Esta cadena de reacciones reductivas toma lugar en condiciones anaeróbicas donde los microorganismos utilizan los sustratos como aceptores de electrones. Los gases producidos como N_2O y N_2 son perdidos, resultando esto en disminuciones del contenido de nitrógeno mineral (PERDOMO y BARBAZÁN, 2009)

2.1.3. Contenido del nitrógeno total en suelos tropicales

En los suelos de áreas con climas tropical, el contenido de nitrógeno total varía ampliamente entre 0.02 y 0.4 %, con valores muy altos en los suelos desérticos y semidesérticos; en casos extremos, como en los suelos muy ricos en materia orgánica, puede llegar hasta el 2 %. Comúnmente el nitrógeno orgánico representa el 85 y 95 % del nitrógeno total. Entre el 20 y el 40 % del nitrógeno de los suelos se presenta en forma de aminoácidos. Las cantidades de nitrógeno presente en los suelos están controladas. Especialmente, por las condiciones climáticas y vegetación; estas últimas inciden, además, en las condiciones locales de la topografía, en el material parental, en las actividades del hombre y en el tiempo que estos factores han actuado sobre el suelo (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

2.1.4. Determinación del nitrógeno total método de Kjeldahl

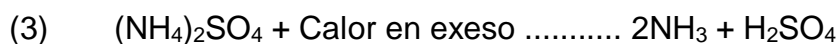
El método más empleado es de kjeldahl. Cuando se trata una sustancia orgánica con ácido sulfúrico hirviendo, hay derrumbamiento molecular por oxidación de la materia orgánica, formándose H_2O , CO_2 y el nitrógeno se transforma en NH_3 y con el H_2SO_4 forma $(NH_4)_2SO_4$. La determinación comprende tres etapas: ataque o digestión de la muestra para convertirla en amoníaco, destilación y titulación (JACKSON, 1964; BAZAN, 1996).

a. Digestión

La muestra sufre un proceso de digestión con una mezcla catalizadora que contiene H_2SO_4 y K_2SO_4 . La digestión se realiza en presencia de calor en una estufa usando un balón de cuello alargado. La presencia del ácido sulfúrico cumple la finalidad destruir el material carbonaceo de la muestra orgánica, liberando el nitrógeno en forma de NH_3 y a la vez captura el NH_3 y forma un compuesto de tipo $(NH_4)_2SO_4$ (BAZAN, 1996).



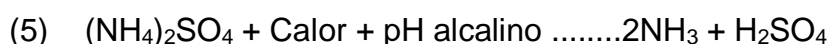
El K_2SO_4 sirve para elevar la temperatura de ebullición del H_2SO_4 acelerar la reacción y prevenir las pérdidas del nitrógeno por volatilización. El cuello alargado del balón Kjeldahl sirve como un condensador para prevenir las pérdidas del H_2SO_4 . Una pérdida excesiva del líquido en el balón con un interior de apariencia seca puede producir pérdida del nitrógeno. Las pérdidas del nitrógeno por el exceso de temperatura se representa en la siguiente reacción (BAZAN, 1996).



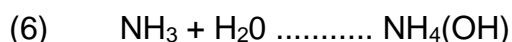
Cuando el proceso de digestión se inicia la mezcla y solución de ataque se vuelve oscuro (negra). Esto es causado por la formación de compuestos de carbón. Pero como el proceso continúa, el material oscuro desaparece a medida que el carbón es oxidado a CO_2 con la consiguiente reducción del H_2SO_4 hasta H_2O y formación de ácidos sulfurosos. Una coloración clara de toda la mezcla es un indicador de que todos los compuestos nitrogenados han sido destruidos (BAZAN, 1996).

b. Destilación

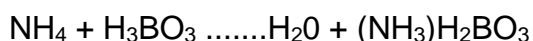
Un sistema de destilación es usado para realizar la determinación cuantitativa del $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ o nitrógeno en la solución que ha sufrido en la digestión. Una cantidad de NaOH al 32 % es adicionada en el proceso de destilación y tiene la finalidad de neutralizar el H_2SO_4 no usado durante la digestión y a la vez dar un carácter alcalino a la solución. El nitrógeno es así liberado en la forma de NH_3 de este sistema alcalino. La ecuación de reacción es:



El condensador usado en el sistema de destilación sirve para enfriar el flujo gaseoso, el cual reacciona con el NH_3 para formar $\text{NH}_4(\text{OH})$, de acuerdo a la siguiente reacción:



El $\text{NH}_4(\text{OH})$ destilado es recolectado en una solución ácida (ácido bórico), de tal forma que se produce la siguiente reacción:



El pH del ácido débil, bórico, es menor que 5; pero como el $\text{NH}_4(\text{OH})$ es destilado dentro de la solución de ácido bórico, el pH de la solución tiende a incrementarse. La presencia de un indicador en el ácido bórico cambiara de color a medida que la solución se hace alcalina (JACKSON, 1964).

c. Titulación

El ácido bórico más la mezcla de la solución destilada. es titulada con un ácido, HCl o H_2SO_4 de concentración conocida, hasta que el indicador muestre un cambio a su coloración inicial. La reacción es:



Los miliequivalente (meq) de ácido usado en esta titulación, son iguales a los meq de nitrógeno en la muestra.

2.1.5. Contenido del nitrógeno total de la materia orgánica de los suelos

Martin (1962), citado por JARAMILLO (1969) afirma que la materia orgánica del suelo contiene cerca de 5 % de nitrógeno total. Según JACKSON (1964), la multiplicación del contenido total de nitrógeno por 20 da una primera aproximación del contenido de materia orgánica total, suponiendo esto que en una materia orgánica que tenga una relación C/N de 11.6 hay un 5 % de N ya que se supone convencionalmente que la materia orgánica tiene 58 % de carbono. Es posible obtener una idea general del contenido total de nitrógeno en un suelo a partir del contenido en materia orgánica del mismo ($\text{M.O} \times 0.05 = \text{N}$) o de la pérdida por ignición a 400°C ($\text{pérdida} \times 0.022 \text{ a } 0.03 = \text{N}$). Según JACKSON (1964), INTA (2012), estos factores aproximados se encuentran sometidos a grandes variaciones cuando se aplican a suelos diferentes.

El contenido medio de nitrógeno de la materia orgánica del suelo es de 5 % aproximadamente, variando generalmente entre el 4 y el 6 %. Este dato indica que la proporción de nitrógeno en la materia orgánica transformada en humus es mayor que en la materia vegetal original. Lo cual es explicable si se tiene en cuenta que las bacterias metabolizan el carbono, convirtiéndolo en CO₂ que escapa del suelo, dando como resultado el enriquecimiento en nitrógeno (PRIMO, 1973). Existe una relación directa entre la cantidad de materia orgánica y nitrógeno total del suelo, se estima que en la materia orgánica existe 5 % de nitrógeno total, pero también otros elementos esenciales para las plantas (Graetz, 1997, citado por SANDOVAL, 2010).

2.2. Análisis de la materia orgánica

La fracción orgánica del suelo que incluye vegetales y animales en diferente estado de descomposición se conoce como materia orgánica. Los elementos nutritivos se acumulan en las plantas generalmente en calidad de compuestos orgánicos de una estructura polimerizada. Se pueden diferenciar los grupos de: carbohidratos; proteínas, polipéptidos y ácidos nucleicos; grasas, ceras y resinas; ligninas; y otros compuestos (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

La determinación de la materia orgánica se basa en la cuantificación del carbono que se encuentra en los suelos formando parte de materiales orgánicos, FAO (2002) muestra que el carbono orgánico del suelo representa la mayor reserva de interacción con la atmosfera. La materia orgánica es principalmente carbono (cerca del 58 % por peso). La Figura 3 muestra el ciclo del carbono en la naturaleza.

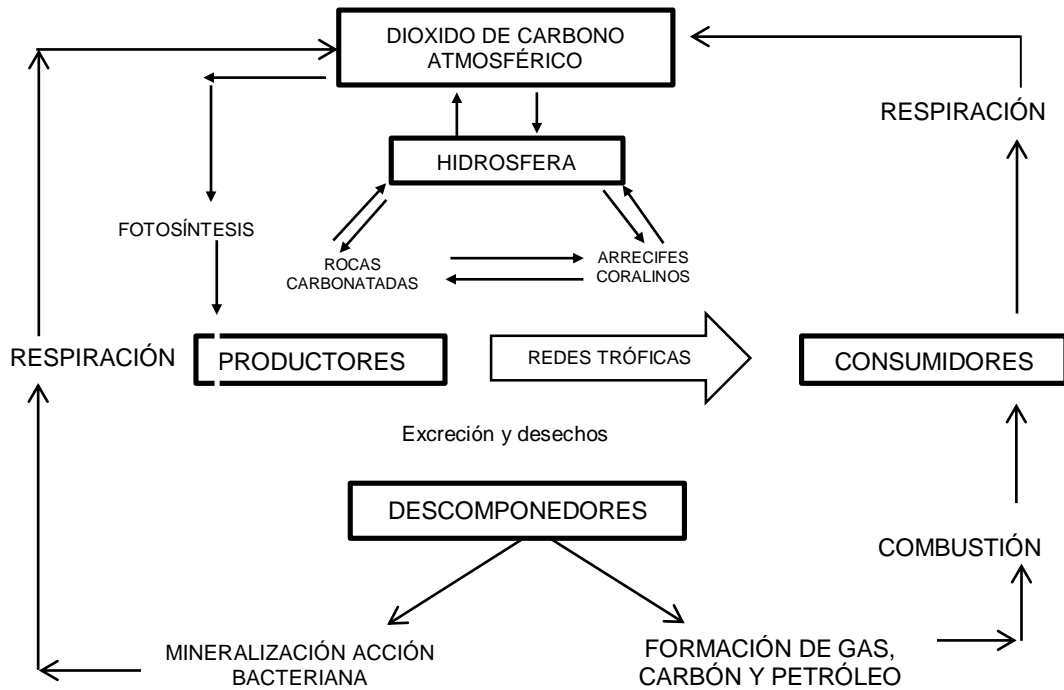


Figura 3. Ciclo de carbono en la naturaleza.

2.2.1. Origen y composición de la materia orgánica del suelo

El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de distinto origen, entre estos, restos de las plantas superiores que llegan al suelo de dos maneras: se depositan en la superficie (hojas, ramas, flores y frutos) o quedan directamente en la masa del suelo (raíces al morir). Otras dos fuentes importantes son el plasma microbiano y los restos de la fauna habitante del suelo. Inmediatamente después de la caída de los materiales al suelo y muchas veces antes, comienza un rápido proceso de transformación por parte de los macro y microorganismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía. El proceso de descomposición está acompañado de la liberación de CO_2 y de los nutrientes contenidos en los residuos orgánicos. Del 75 a 90 % de los restos orgánicos están constituidos por agua. Una fracción pequeña de la materia orgánica del suelo está constituida por

carbohidratos, aminoácidos, ácidos alifáticos, proteínas, grasas, etc y en su mayor parte están formadas por las llamadas sustancias húmicas, que son una serie de compuestos de alto peso molecular (STEVENSON y COLE, 1999).

Estas sustancias húmicas han sido divididas en grupos de acuerdo a su solubilidad en soluciones ácidas y básicas concentradas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Los ácidos húmicos son moléculas más grandes y complejas que los ácidos fúlvicos, además presentan contenidos más alto de nitrógeno pero menor de grupos funcionales (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

a. Carbohidratos: Se consideran a los monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos, siendo la celulosa uno de los principales carbohidratos. Son de gran importancia porque ayudan a enlazar partículas inorgánicas, participan en la formación de complejos, estimulan la germinación de las semillas y la elongación de las raíces, afectan la capacidad de intercambio catiónico, la retención de iones y la actividad biológica (DAVELOUIS, 1992).

b. Los aminoácidos: Son la base de las proteínas. La polimerización de ellos conlleva a la formación de dipéptidos y tripéptidos. Existen muchos factores que influyen la presencia de los aminoácidos en los suelos como: condiciones de humedad, tipo de planta, estado de crecimiento, adición de residuos orgánicos, prácticas culturales (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

c. Grasas, ceras y resinas: Las grasas son sustancias de reserva que se acumulan en diferentes órganos de las plantas especialmente en las semillas y derivan de la glicerina esterificada (DAVELOUIS, 1992).

d. Ligninas: Derivan del fenilpropano sustituido. Actualmente se aceptan dos estructuras básicas del fenol en las ligninas de acuerdo a la existencia de uno o dos radicales $-OCH_3$. Las ligninas son componentes básicos de los tejidos leñosos y constituye el sostén de las plantas (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

2.2.2. Contenido y distribución de la materia orgánica en el suelo

Los factores que determinan el contenido de materia orgánica y nitrógeno son determinados, en primera instancia, por el clima y la vegetación, pero también sufren el efecto de otros factores locales, como el relieve, material parental, el tipo y duración de la explotación de los suelos, y algunas de sus características químicas, físicas y microbiológicas. Entre las características intrínsecas de los suelos hay que considerar especialmente el contenido y tipo de arcilla, y su reacción así mismo se encontró una relación inversa entre la materia orgánica, el nitrógeno y la temperatura; es decir, al aumentar la temperatura decrece el contenido de materia orgánica y nitrógeno en los suelos (JENNY, 1941).

La distribución de los nutrientes en suelos con sembrío dependen de factores ambientales como el clima (temperatura, humedad, precipitación), tipo de suelo, material genético, manejo agronómico y el nivel de rendimiento entre otros (ZAVALA, 2007).

La reacción del suelo influye en el contenido de la materia orgánica. Por lo general se ha encontrado que en suelos ácidos, con un pH menor a 5, se produce una acumulación de la materia orgánica. Esto se debe a diferentes razones; por un lado, el pH incide en el contenido y composición de los microorganismos de los suelos: en condiciones ácidas se limita la acción bacteriana y de la macroflora y se favorece la reproducción de los hongos. Lo que da como resultado una menor eficiencia en la mineralización y humificación con la consecuente acumulación de la materia orgánica. Por otro lado, la reacción de suelo determina la saturación de complejo de intercambio de los suelos; en condiciones ácidas aumenta el Al cambiante y se produce deficiencias en disponibilidad de Ca, Mg para los microorganismos, conduciendo igualmente a la acumulación del carbono (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

El contenido de materia orgánica de los suelos es muy variable, se encuentran desde trazas en los suelos desérticos hasta un 90 a 95 % en los suelos turbosos. El horizonte A de los suelos explotados agrícolamente, por lo general, presenta valores entre 0.1 y 10 % de materia orgánica, cuyo contenido decrece con la profundidad en el perfil del suelo (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987). También Deam (1930), citado por SÁNCHEZ (1981) encontró que el contenido promedio de materia orgánica (M.O) en los suelos superficiales de 223 suelos hawaianos era de 3.75 %. El contenido medio de materia orgánica de varios cientos de capas arables de suelos de áreas údicas de Puerto Rico era de 3.54 % M.O. y de áreas ústicas 1.84 % (Smith *et al.*, 1951, citado por SÁNCHEZ, 1981). El contenido medio de 570 capas arables

de suelos recolectados en África por Bich y Friend (1956), citado por SÁNCHEZ (1981) era de 3.36 % (M.O.), aproximadamente la mitad de ellos tenían más de 4 % de materia orgánica.

Diaz-Romeu *et al.*, (1970), citado por FASSBENDER y BORNEMISZA (1987), para 167 muestras de suelos analizados del horizonte superficial en suelos de América Central, encontraron contenidos de materia orgánica entre 0.68 hasta 21.03 % con un promedio de 5.10 %. La mayor parte de las muestras presentaron valores de contenido de materia orgánica entre 1.724 y 4.31 %. FASSBENDER y BORNEMISZA (1987), muestran valores del contenido de materia orgánica para suelos de los trópicos de Brasil, para 91 muestras, y el 50 % de las muestras presentan valores entre 0.862 y 3.448 % de materia orgánica. Nye y Greenland (1960), citado por FASSBENDER y BORNEMISZA (1987), encontraron en los trópicos húmedos perennifolios valores de contenido de materia orgánica que oscilan entre 2.32 y 7.06 % con un promedio de 3.18 %. En los suelos de sabanas, encontraron valores promedio entre 0.39 y 2.34 % con un promedio de 1.43 % de materia orgánica.

2.2.3. Materia orgánica de los sistemas agrícolas

El mantenimiento de la materia orgánica del suelo es un proceso clave relacionado con la sostenibilidad y productividad de los sistemas agrícolas, especialmente para los que están en suelos frágiles y manejados por agricultores de pocos recursos (SÁNCHEZ, 1981). La importancia de la materia orgánica descansa en su contribución a la capacidad de intercambio catiónico del suelo y, por ende, en la retención de los nutrientes, su función como una fuente importante de nitrógeno y fósforo, y su rol en el

mantenimiento de la agregación, estructura física, y retención del agua del suelo (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

Cambios en el medio ambiente del suelo pueden resultar en una disminución rápida de la materia orgánica, resultando especialmente en suelos meteorizados, en la disminución de la productividad. Además, su pérdida contribuye al enriquecimiento atmosférico del carbono y al efecto invernadero asociado con la conversión de los bosques tropicales a otras formas de uso. Puesto que los agricultores pobres tienen poco acceso a los insumos químicos que se requieren para mantener la productividad de su terreno, el conocimiento sobre cómo mantener o renovar los niveles de materia orgánica del suelo a través de la adición de insumos orgánicos es incompleto (SÁNCHEZ, 1981).

En el caso de los suelos cultivados, la influencia de factores edafogenéticos como el clima o la vegetación se ven profundamente modificados debido a las prácticas de cultivo. De modo general, puede decirse que la transformación que lleva a cabo el Hombre sobre los suelos cultivados produce un aumento de la tasa de mineralización de la materia orgánica. Esto tiene como efecto un aumento apreciable de las concentraciones de los elementos nutritivos asimilables en el suelo, y por lo tanto, un aumento de la fertilidad (JORDÁN, 2006).

FASSBENDER y BORNEMISZA (1987) indican que al no ser sustituido de los suelos el humus que se mineraliza, el suelo sufre un empobrecimiento progresivo en coloides orgánicos, lo que origina una disminución en la capacidad de cambio catiónico (CIC) del complejo coloidal


adsorbente y una pérdida de nutrientes, degradación de sus propiedades físicas desde el punto de vista agrícola, como la estructura, la porosidad, la capacidad de drenaje, etc. Para evitar el empobrecimiento existen básicamente dos técnicas que se han desarrollado:

a. En los países occidentales se realiza el cultivo de “parcela fija”. El agricultor debe recurrir al abonado mineral para aumentar la concentración de los nutrientes y a la adición de materia orgánica artificialmente al suelo, o bien al barbecho, técnica extensiva que permite la recuperación anual del suelo.

b. En diversos países de África y Sudamérica se practica la agricultura itinerante. Se cultivan áreas de poca extensión. El suelo cultivado es abandonado al cabo de un período de tiempo que oscila entre 2 y 5 años, dependiendo del rendimiento y otros condicionantes ecológicos y sociales. En ese momento se comienza a explotar un nuevo punto del que se retira la vegetación original, generalmente mediante el fuego (FASSBENDER y BORNEMIZZA, 1987; JORDÁN, 2006).

La cascarilla de arroz son los tegumentos del arroz. Estos son excelentes acondicionadores, mantienen los suelos bien aireados. Sin embargo carecen de adecuadas capacidades de retención de agua y nutrientes. Las cascarillas se descomponen lentamente en la mezcla del suelo, y puede durar hasta 10 años (ETCHEVERS, 2003). En el Cuadro 1 se observa los Constituyentes comunes de la materia orgánica del suelo y rapidez relativa de la descomposición

Cuadro 1. Constituyentes comunes de la materia orgánica del suelo y rapidez relativa de la descomposición.

Constituyentes orgánicos	Contenido aproximado de la materia orgánica	
Azúcares, almidones, proteínas simples	1 - 5	descomposición rápida
Proteínas crudas	5 - 20	
Hemicelulosa	10 - 25	
Celulosa	30 - 50	
Lignina, grasas, Ceras	10 - 30	descomposición lenta

FUENTE: ETCHEVERS, 2003.

2.2.4. Determinación del carbono orgánico Walkley-Black y materia orgánica

Según JACKSON (1964) el método de Walkley y Black se basa en la determinación del carbono que se encuentra en los suelos formando parte de cuatro tipos de materiales orgánicos y minerales:

1. Carbonatos minerales, principalmente Ca CO_3 y $\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$.
2. Formas muy condensadas de composiciones próximas al carbono elemental (carbón vegetal, Grafito, carbón de hulla).
3. Residuos de plantas, animales y microorganismos, alterados y bastante resistentes (humus).
4. Residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y de microorganismos vivos y muertos, que sufren descomposiciones bastante rápidas den los suelos.

El carbono total de los suelos incluye estas cuatro formas. El carbono orgánico total incluye las tres últimas, siendo eliminadas las formas minerales por lavado con un ácido. El contenido de carbono orgánico del suelo

puede expresarse directamente como tanto por ciento de carbono o ser calculado en forma de materia orgánica mediante la multiplicación el factor convencional para pasar de carbono a materia orgánica es 1.724 y se basa en la hipótesis de que la materia orgánica del suelo tiene un 58 % de carbono. Este factor es llamado factor de "Van Bemmelen" (JACKSON, 1964).

Las determinaciones de materia orgánica del suelo se basan generalmente en los análisis de carbono orgánico, cuyos resultados se multiplican por el factor convencional de 1.742 (JENNY, 1941). La materia orgánica del suelo es oxidada por una mezcla de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) más ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. El exceso del dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) es determinado por titulación con sulfato ferroso ($FeSO_4$)

Según Walkley y Black (1934), citado por JACKSON (1964), se introduce en un matraz Erlenmeyer de 500 ml la muestra de 0.5 g de suelo (0.05 g en el caso de turba; 2 g para suelos que tengan menos del 1% de materia orgánica), que haya pasado a través de un tamiz no ferroso de 0.2 mm, a continuación se añade 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ de concentración exactamente 1N sobre el suelo, mezclando ambos mediante un movimiento de giro imprimido al matraz. Se añaden seguidamente, 20 ml de H_2SO_4 concentrado y se sigue mezclando mediante un giro suave durante un minuto, para asegurar el contacto íntimo del reactivo con el suelo, con cuidado para evitar que el suelo quede adherido a la pared del matraz fuera del contacto con el reactivo. Se deja la mezcla en reposo durante 20 a 30 minutos, simultáneamente se realiza un ensayo en blanco (sin suelo).

Se diluye la disolución a 200 ml, con agua luego se añade 10 ml de H_3PO_4 al 85 %. 0.2 g de NaF y 30 gotas de difenilamina. La disolución se valora por retroceso con el disolución del sulfato ferroso amónico 0.5 N ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), sin embargo Walkley (1947), citado por JACKSON (1964) empleó 1N de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. El color verde oscuro debido a los iones cromo en principio y se desplaza hacia un azul turbio a medida que avanza la valoración. En el punto final este color cambia bruscamente a verde brillante, dando el viraje con una gota. Si se han gastado más de 8 de los 10 ml de ácido crómico se repite el ensayo tomando una muestra de suelo más pequeña. El resultado se calcula con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ M.O} = 10 (1-T/S) \times 34$$

Dónde: S es la valoración en blanco (ml de dilución ferrosa). T es la valoración de la muestra (ml de dilución ferrosa), el factor 1.34 se deduce de la siguiente forma; $(1.0\text{N}) \times 12/4000 \times 1.72 / 0.77 \times 100/0.5 = 1.34$ siendo 0.5 el peso de la muestra. 1.72 es el factor de Van Bemmelen para pasar de carbono a materia orgánica y 12/4000 el peso meq del carbóno. Se usa el factor de recuperación del 77% hallado por Walkley (1947), citado por JACKSON (1964).

2.3. Relación carbono nitrógeno (C/N)

La relación entre el carbono y el nitrógeno es un valor numérico que determina la proporción de Carbono/Nitrógeno (C/N) que podemos encontrar en un suelo. El carbono y el nitrógeno son dos elementos indispensables para el desarrollo de la vida ya que afectan directa o indirectamente a todos los procesos biológicos (SAENZ, 1966). El contenido de nitrógeno en los microorganismos y los materiales orgánicos están en proporción al contenido

de carbono y se le denomina la relación carbono/nitrógeno (C/N). Una relación alta de carbono orgánico/ nitrógeno total, indica un material relativamente bajo en contenido de nitrógeno. El Cuadro 2, muestra algunos materiales comunes con su relación carbono nitrógeno (DONAHUE *et al.*, 1981).

Esta relación controla la actividad de los microorganismos y la facilidad con que se puede descomponer la materia orgánica, teniendo como límites críticos los siguientes: una relación C/N menor o igual a 10 indican una descomposición fácil, la relación C/N mayor que 30 indica una descomposición difícil (Orozco, 1984, citado por JARAMILLO, 2002). La relación C/N es un parámetro que evalúa la calidad de los restos orgánicos de los suelos, es decir, determina el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo. Una Relación C/N < 5 indica excesiva mineralización, contenido de materia orgánica bajo, escasa fertilidad y destrucción de la microflora y microfauna. Una relación C/N entre 5 y 8 Indica una tendencia hacia la mineralización de la materia orgánica, la fertilidad es de baja a moderada y Puede aumentar la tasa orgánica del suelo mediante aportaciones grandes y continuas de materia orgánica.

Una relación C/N entre 8 y 12 indica un equilibrio entre mineralización y humificación con fertilidad elevada, para conservar esta tasa es recomendable realizar aportes periódicos de materia orgánica. La relación C/N menor a 12 indica una tendencia a la humificación, poco frecuente en suelos cultivados en sistemas agrícolas (JORDAN, 2006).

Cuadro 2. Relación entre el carbono y el nitrógeno de algunos materiales orgánicos.

Material orgánico	Relación C/N
Bacteria	4:1. 5:1
Hongo	9:1
Humus en suelos cálido cultivados	11:1
Leguminosas maduras(alfalfa, trébol)	20:1
Paja de bosque	30:1
Tallo de maíz	90:1
Aserrín	250:1

Fuente: DONAHUE, *et al.*, 1981.

La relación C/N en la materia orgánica de la capa arable del suelo varía de 8 a 15, con un promedio de 10 a 12. Sin embargo la relación tiende a ser menor en los suelos de las regiones áridas que en los suelos de regiones húmedas con similares temperaturas. También la relación C/N, es menor en las regiones calientes que en las frías (DAVELOUIS, 1992). En estudios de fertilidad realizados sobre diversas áreas se ha puesto de manifiesto la estrecha relación existente entre los contenidos de materia orgánica y de nitrógeno en los suelos (SANZ *et al.*, 1975).

La relación C/N en los materiales de las plantas es variable, variando de 30 en las leguminosas y abonos orgánicos y de 100 en ciertos residuos tipo paja y tan alto como 400 en el aserrín. Por otro lado, la relación C/N del cuerpo de los microorganismos es no sola más constante sino más estrecha, de 4/1 y 9/1 teniendo las bacterias rangos más estrechos que los hongos, por ser más ricas en proteínas (DONAHUE *et al.*, 1981).

Desde un punto de vista biológico, la caracterización de los suelos no sólo se basa en la naturaleza y la descripción del humus, sino también en el contenido de materia orgánica total y la relación C/ N del total del suelo

(relación C/N). El C fijado por la biomasa proviene del CO₂ atmosférico, reducido durante el proceso de fotosíntesis por las plantas, y suele oscilar en torno a un 50 a 60% de la materia orgánica (el C orgánico representa entre el 0.6 y el 1.7% del suelo). Sin embargo, el porcentaje de N es mucho menor y más variable. Por el N entran en competencia las raíces de las plantas y los microorganismos, por lo que puede ser un factor limitante.

La presencia de N en el suelo depende de varios factores, como el contenido en N de las plantas que colonizan el suelo. Para una buena humificación de la materia orgánica es necesaria una buena actividad biológica, una buena aireación del suelo y riqueza de C y N en el medio. La descomposición rápida de la materia orgánica fresca es indispensable para una buena humificación (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

La Figura 4 muestra los cambios en los niveles del nitrato del suelo durante la descomposición de la materia orgánica pobre en nitrógeno según TISDALE y NELSON (1988). Las bacterias y hongos como otros sistemas en la naturaleza cuando disponen de un amplio suministro de comida se multiplican rápidamente. Entre más grande es la población, más rápida la descomposición de la materia orgánica. Las cantidades de microorganismos son limitadas si no está disponible una cantidad adecuada de nitrógeno. Las bacterias requieren una libra de nitrógeno por cada cuatro o cinco libras de carbono (Relación C/N 4/1 o 5/1). Si la paja contiene baja proporción de nitrógeno (relación C/N 90/1), se incorpora a un suelo bajo en nitrógeno, el número de bacterias aumentará lentamente por lo limitante del nitrógeno. La paja se pudrirá lentamente porque es una comida con nutrientes para los

microorganismos pudridores. Este proceso puede ser acelerado añadiendo nitrógeno (fertilizante) para suplir las necesidades de las plantas y los microbios (TISDALE y NELSON, 1988).

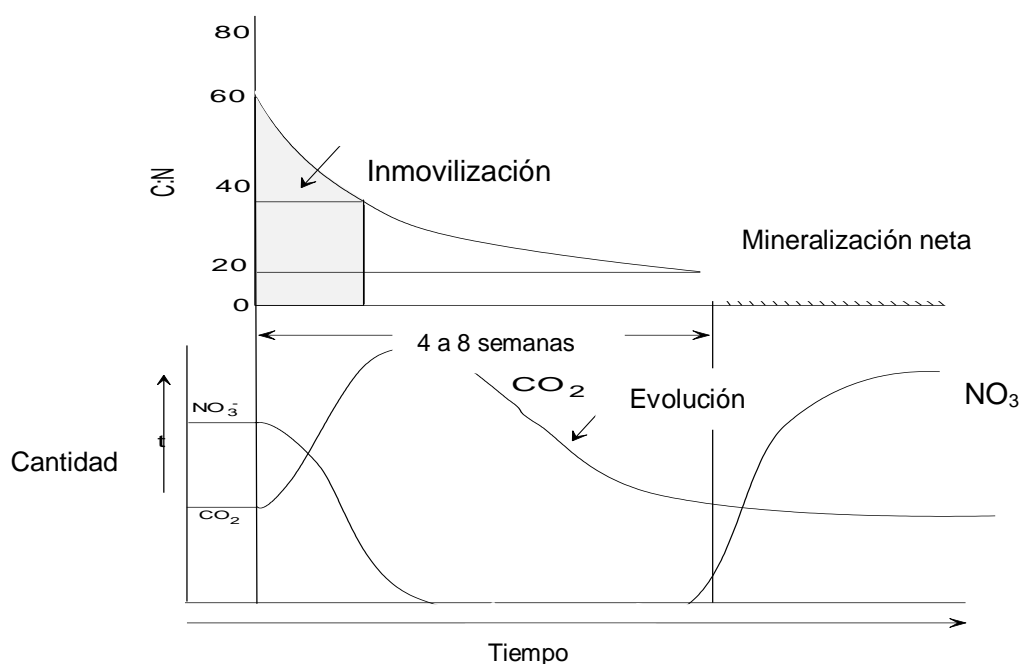


Figura 4. Cambios en los niveles de nitrato del suelo durante la descomposición de residuos pobres en nitrógeno.

Cuando se agregan grandes cantidades de restos de cosecha con una amplia relación C/N (50/1) al suelo que soporta una vigorosa digestión, se presentan cambios violentos. La flora heterotrófica bacterias, hongos y actinomicetos se activan multiplicándose rápidamente y produciendo CO_2 en grandes cantidades. Debido a ello el nitrógeno nítrico prácticamente desaparece del suelo debido a la creciente demanda microbiana por N para fabricar su proteína tisular, y por un tiempo el nitrógeno mineral no se encuentra disponible para las plantas superiores. Cuando termina el proceso de descomposición orgánica en el suelo, la relación C/N del suelo disminuye debido a la pérdida del carbono y a la conservación del nitrógeno en el cuerpo de los organismos. Esta condición persiste hasta que la actividad de

los organismos responsables de la descomposición cesa gradualmente debido a falta de carbono fácilmente oxidable. Su número disminuye y formación de CO₂ también, la demanda de N por los organismos se hace menos y la nitrificación prosigue. Los nitratos reaparecen (DAVELOUIS, 1992).

Las fuentes de materiales orgánicos que provienen de paja de gramíneas, celulosa y lignina (madera y aserrín), tienen poco nitrógeno pero su contenido de carbono es alto, en consecuencia, su descomposición requiere más tiempo. La adición de fuentes nitrogenadas a estos residuos acelera la descomposición ayudando a satisfacer la demanda microbiana de nutrientes. La descomposición del cedro y ciprés pueden tardar hasta cinco años, como regla empírica se puede aplicar 20 kg de Urea/Tn de residuos (ETCHEVERS, 2003).

Los residuos vegetales con una relación C/N de 20/1 o menores tienen nitrógeno suficiente para suministrar a los organismos pudridores u a las plantas. Residuos con relación C/N de 20/1 a 30/1 suministran nitrógeno suficiente para la descomposición, pero no lo suficiente para ser utilizado por las plantas. Residuos con relación C/N mayores de 30/1 se descomponen lentamente por que carecen de nitrógeno suficiente para ser utilizado por los microorganismos descomponedores para su reproducción. Originado el uso del nitrógeno ya en el suelo. Si las condiciones ambientales son favorables, la velocidad de descomposición de los residuos es máxima durante las primeras semanas después de incorporado al suelo (DONAHUE *et al.*, 1981).

La microflora edáfica que actúa en la descomposición y mineralización de la materia orgánica requiere carbono como fuente de energía y nitrógeno como intermediario en la síntesis de proteínas. Si en un suelo,

la relación C/N en la materia orgánica es elevada, los microorganismos disponen de C en abundancia, pero carecen de N. con lo cual son pocos los microorganismos que pueden actuar en la degradación de la materia orgánica. Como consecuencia, el proceso de mineralización se ralentiza, y el N amoniacal o los nitratos asimilables por las plantas superiores se encontrarán en baja cantidad en el suelo. De este modo, podemos decir que la relación C/N tiene una gran importancia en la valoración de la fertilidad del suelo (SAENZ, 1966).

Cuando se agrega al suelo residuos con una alta relación C/N, se produce una alta competencia por el nitrógeno entre los microorganismos. Pero hay excepciones y es el contenido de lignina y polifenoles de los residuos los que más influyen en la descomposición de los residuos. Que la relación C/N. Debido a que esta relación es relativamente constante en los suelos, el mantenimiento del carbón y por lo tanto de la materia orgánica de suelo, depende mayormente del nivel del nitrógeno en el suelo. Pero también de la cantidad de lignina y polifenoles (MELILLO *et al.*, 1982). A mayor contenido de estos últimos, menor será la velocidad de descomposición de los residuos orgánicos (DAVELOIS, 1990).

Los valores de la ecuación de regresión lineal y el índice de correlación entre el carbono orgánico y nitrógeno total de los suelos del Valle del Ebro son de $y = 0.1123 + 0.0268 X$, con un coeficiente de correlación de ($r=0.875$), y coeficiente de determinación $r^2 = 0.766$, para los suelos de regadío, y de $y = 0.1105 + 0.0116 X$ con un coeficiente de correlación de ($r=0.923$), y coeficiente de determinación ($r^2=0.852$), para los suelos de secano (SANZ *et al.*, 1975).

2.4. Geomorfología, fisiografía y distribución espacial

Etimológicamente, la palabra geomorfología viene de tres raíces griegas: geos (tierra), morphe (forma) y logos (tratado), quiere decir, es el estudio de las formas de la superficie terrestre. En el tiempo varios autores dieron distintas definiciones prácticas de geomorfología. Según, Bloon (1973), citado por VILLOTA (2005), define La geomorfología como la ciencia del estudio del paisaje terrestre. La geomorfología estudia el relieve terrestre, presente y pasado (paleogeomorfología) desde el punto de vista descriptivo, genético y evolutivo (RIVERA, 2011). La fisiografía es una materia estrechamente relacionada con la geomorfología, con la cual se le confunde frecuente mente. Etimológicamente, la palabra proviene de dos vocablos griegos: phisios = naturaleza, y graphos = descripción, o sea que la fisiografía es la descripción de la naturaleza, o mejor la descripción de las producciones de la naturaleza. Se advierte en la definición etimológica un mayor alcance que el de la geomorfológica (VILLOTA, 2005).

Zuidam (1979), citado por VILLOTA (2005) define la fisiografía como la descripción de los aspectos físicos (abióticos) de la tierra, la descripción del paisaje terrestre, incluyendo aspectos del uso de la tierra, vegetación e influencia humana, Gosen (1967), citado por VILLOTA (2005), indica que la fisiografía tiene por objeto describir, clasificar y correlacionar aquellos paisajes terrestres, característicos de ciertos procesos fisiográficos, del modo en que aquellos puedan conducir, al reconocimiento del patrón de suelo. De acuerdo con VILLOTA (2005), el análisis fisiográfico consiste en un método moderno para interpretar imágenes de la superficie terrestre, que

se basa en la relación paisaje-suelo. Se asume que los suelos son perfiles tanto como paisajes, tal como afirma el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1993).

La geomorfología profundiza su estudio en el origen evolución, composición de las geoformas, así como de las fuerzas, agentes y procesos responsables de su morfología actual. La fisiografía concentra su atención en la descripción y clasificación sistemática de esas geoformas, con apoyo en la interpretación de fotografías aéreas y otras imágenes de sensores remotos. La fisiografía en un sentido pedológico persigue en principio los mismos objetivos que la geomorfología (VILLOTA, 2005).

2.4.1. Fisiografía tectodinámica y suelo

El paisaje está determinado por las rocas, construido por las fuerzas externas e internas de la tierra, que han actuado a través del tiempo geológico, en presencia de vida. Un paisaje ha evolucionado como resultado de la reacción de las rocas a la acción atmosférica y a las fuerzas del agua, bajo la energía solar; evolución que se manifiesta a través de procesos de degradación y acumulación (Bloom, 1973, citado por VILLOTA, 2005).

La tectodinámica es responsable de las deformaciones de las rocas y de la creación de los relieves positivos o negativos, a través de los llamados procesos endógenos, entre los cuales se destacan: La orogénesis o conjunto de procesos en que se originan las cordilleras, plegamientos y/o fracturación de las masas estructuras rocosas; la fragmentación y deriva de continentes; la expansión de los fondos oceánicos (VILLOTA, 2005).

La denudación (latín: desnudo= acción de desnudar), se refiere a la meteorización o procesos físicos y químicos (VILLOTA, 2005). El interperismo o meteorización física comprende (temperatura, erosión, influencia de plantas), y los procesos químicos (hidrolisis, hidratación, acidificación, oxidación, disolución), que contribuye a la degradación y reducción de los relieves iniciales (DAVELOUIS, 1992).

El suelo es el resultado final de la meteorización, cuyo grado de evolución depende de la interacción de los factores formadores (relieve. material parental. clima. tiempo y organismos). Los diferentes tipos de suelos resultantes de esta interacción de factores formadores, son agrupados por la taxonomía de suelos en doce ordenes (SOIL SURVEY STAFF, 1993, citado por VILLOTA, 2005). Un concepto moderno según SOIL SURVEY STAFF (1993), define el suelo como una colección de cuerpos naturales de la superficie de la tierra, modificados incluso hecho por el hombre de materiales terrosos, que contiene la materia viva y capaz de soportar las plantas. Su límite superior es el aire o el agua poco profundo SOIL SURVEY STAFF (1993), indica que límite inferior del suelo, suele ser el límite inferior de la actividad biológica, que coincide con la raíz.

La definición moderna incluye como suelo todos los cuerpos naturales que contienen materia viva y son capaces de soportar las plantas a pesar que no tienen partes genéticamente diferenciadas. Un depósito es suelo si puede soportar las plantas (SOIL SURVEY STAFF, 1993). En general busca utilizar la geomorfología y pedología para analizar, en forma concomitante, los procesos de formación y evolución del suelo y paisajes (ZINCH, 2012).

2.4.2. Clasificación de las geoformas de carácter tectónico degradacional y agradacional

Según VILLOTA (2005), el efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales, tanto sobre los relieves iniciales originados por la tectodinámica, como sobre algunos paisajes construidos por procesos exógeno agradacionales, están conduciendo a la morfodinámica parcial o total de estos relieves a través del tiempo geológico y bajo condiciones cambiantes

Según FAO (1968), citado por VILLOTA, (2005) define la montaña como la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como: una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser, aguda, sub aguda, semirredondeada, redondeada, o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas, presentan un declive promedio superior al 30%. Además estas montañas pueden presentar plegamientos anticlinal y sinclinal. La colina es una elevación natural del terreno, de menor desnivel que una montaña (menos de 300 metros), las laderas presentan una inclinación promedio superior al 16%, puede reconocerse colinas altas. Bajas, medias con elevación a un nivel de base local común. Las elevaciones del terreno de similar altura que las colinas, pero con cimas más amplias, redondeada y alargadas y gradientes entre 8 y 16% son las lomas.

La acidificación es progresiva por la alta precipitación (lixivia y transporte) generando el reemplazo paulatino de las bases cambiables Ca. Mg. K y Na por H^+ . Al^{+3} , este reemplazo también se da por la extracción de las plantas y uso de fertilizantes (Ortiz, 1973, citado por SÁNCHEZ, 1982)

La agradación comprende el conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, las cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie terrestre mediante la depositación de los minerales sólidos resultado de la denudación de los relieves más elevados, estos procesos agradacionales más importantes según el agente responsable pueden ser: sedimentación coluvial (suelo > H₂O), sedimentación diluvial (suelo = H₂O) y sedimentación aluvial (suelo < H₂O). Las terrazas de lodos son formados en primera instancia por un rápido relleno con potentes flujos de lodo relativamente fluidos, de tramos de valles erosionales (forma de V) intramontanos, y la posterior incisión y remoción parcial de los diluviones (VILLOTA, 2005).

2.4.3. Distribución espacial de la fertilidad de los suelos

Varios enfoques han sido utilizados para generar información de suelos, el principal corresponde al “método convencional” que se basa en generar un modelo mental de la relación suelo-paisaje y correlacionar con los demás factores formadores del suelo, en donde, tradicionalmente, la distribución espacial de las unidades suelo-paisaje es identificada y delineada a través de la fotointerpretación, lo cual genera los clásicos mapas de suelo tipo “área-clase-polígono”, que constituyen la principal fuente de información en la distribución espacial de las propiedades edáficas; y en la cual, el área de un polígono es asignada con los valores de la propiedad del tipo de suelo identificado a través del perfil modal (ROSSITER, 2000).

En el ámbito mundial, sobre todo en los países desarrollados, investigadores de la ciencia del suelo han venido desarrollando técnicas modernas para el levantamiento y mapeo de suelos basadas, principalmente,

en el modelo continuo de variación espacial (CMSV); donde, se considera al suelo como un continuo, es decir, se considera que el mismo se encuentra ampliamente distribuido en la superficie terrestre, por tanto ya no es necesario discretizar o estratificar el suelo-paisaje ya que su variabilidad es gradual, por tanto siempre se habla del tipo de suelo presente y sus propiedades, salvo casos excepcionales como lagunas, afloramientos rocosos. Etc, para lo cual, se utiliza técnicas geoestadísticas para predecir datos de variables edafológicas, con base a puntos muestreados de esa variable, en lugares que no fueron visitados en la etapa de campo (Vargas, 2009, citado por MORENO, 2012; HENRIQUEZ *et al.*, 2005).

Según el IGAC citado por MORENO (2012), fertilidad es la cualidad que permite a un suelo proporcionar los compuestos apropiados, en las cantidades debidas y en el balance adecuado para el crecimiento de las plantas específicas., cuando otros factores son favorables como luz, agua. Temperatura, etc. Según MORENO (2012) manifiesta que un buen diagnóstico de la fertilidad, dentro de los primeros 50 cm del suelo, puede conseguirse interpretando conjuntamente los parámetros que informan sobre los distintos ámbitos, considerando importantes los siguientes: pH, capacidad de intercambio catiónico, bases totales, saturación de bases, saturación por aluminio, carbono orgánico, potasio y fósforo disponible y la salinidad.

Según Valbuena *et al.*, (2007) citado por MORENO, (2012) la Geoestadística, rama de la estadística estudia variables distribuidas espacialmente, para la estimación, predicción y simulación de dichas variables. Además la interpolación con el análisis geoestadístico se basa en la teoría de

las variables regionalizadas y en su dependencia y auto correlación bajo un marco de variabilidad espacial. Según Dalence (2012), citado por MORENO (2012), la interpolación es el procedimiento que predice los valores de los atributos en sitios no muestreados desde mediciones hechas en localizaciones puntuales, dentro de la misma área, convirtiendo datos puntuales a campos continuos. El esquema de interpolación son: a) determinístico; no estocástico, y b) estadísticos (estocástico) o probabilísticos, el cual tiene un componente determinístico y otro correlacionado espacialmente. El Kriging es el método de interpolación probabilístico, mejor estimador lineal no sesgado.

Según JENNY (1941), todos los suelos son anisotrópico y la distribución espacial de las características del suelo no es aleatoria, pero depende de las direcciones a lo largo de una línea que se extiende desde la superficie del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El muestreo del suelo se realizó en el ámbito de la provincia de Leoncio Prado. Se tomaron muestras de los seis distritos que lo conforman; Rupa Rupa, Jose Crespo y Castillo, Mariano Dámaso Beraun, Daniel Alomias Robles, Felipe Luyando, Hermilio Valdizan. El análisis de caracterización se realizó en el laboratorio de Análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en el Km. 1.5 de la carretera Tingo María - Huánuco. Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco; cuyas coordenadas geográficas son: Zona18L. Este 390555. Norte 8970250 y Altitud 660 m.s.n.m.

El área de estudio se encuentra comprendido en la zona de vida bosque muy húmedo montano sub tropical (bmh-mst) (HOLDRIDGE, 1982). La provincia de Leoncio Prado se ubica en el gran complejo andino (Cordillera de los Andes), y comprende dos unidades morfoestructurales relevantes: por el oeste, se encuentra la Cordillera Oriental y por el este, la Cordillera o Faja Subandina. A través de los diferentes periodos o eras, los procesos geológicos y geomorfológicos produjeron en la provincia una serie de cambios, tales como la sedimentación, el hundimiento, levantamiento de la corteza, etapas erosivas y denudacionales, que explican el relieve actual.

La provincia de Leoncio Prado, presenta un relieve con gran variedad de formas, entre las que destacan las zonas montañosas con diversas características de pendiente y altitud. Asimismo, la acción dinámica de los ríos

que drenan la provincia ha desarrollado relieves relativamente planos a ondulados en algunos sectores. Paralelamente, en este territorio se han producido intensos procesos pedogenéticos que dieron origen a la gran variedad de suelos, los cuales han tenido, a su vez, influencia en la diversidad de la vegetación y hábitats. La red hidrográfica de la provincia forma parte de la cuenca alta del río Huallaga. El río Huallaga, en su recorrido por la provincia, presenta alta pendiente y gran velocidad de corriente. Los principales tributarios de este río nacen en la Cordillera Oriental y Cordillera Subandina.

El clima varía de húmedo y cálido en las áreas bajas de planicies y lomadas del sector central de la cuenca, hasta muy húmedo y templado frío en las montañas. Una característica fundamental de la provincia es el exceso de humedad, que da lugar a escorrentía durante todo el año, bajo la forma de arroyuelos, riachuelos y ríos de regímenes continuos. De esta manera, la escorrentía hídrica constituye el principal factor para el potencial desarrollo de la actividad agropecuaria de la zona.

3.2. Materiales y Metodología

El análisis de caracterización se realizó en el laboratorio de Análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. La metodología que se emplearon para el análisis de las muestras es el mismo que emplea el laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, el Cuadro 3 muestra los métodos analíticos que se realizaron en el análisis de caracterización de los suelos. Se analizaron 275 muestras, estas muestras de suelos son procedentes de la provincia de Leoncio Prado.

3.2.1. Muestreo de suelos

Se tomaron 274 muestras de suelos, estas fueron extraídas previa identificación del paisaje. Las muestras se obtuvieron de forma aleatoria espacialmente de 0 a 20 centímetros del suelo, del gran paisaje planicie: paisaje planicie fluvial, sub paisaje terraza media no inundable. Otro grupo de las muestras de suelo procedieron del gran paisaje colinoso: paisaje colina denudacionada, sub paisaje colina alta y colina baja, y lomada también se obtuvieron muestras del gran paisaje montañoso: paisaje montaña denudacional, sub paisaje, montaña baja y alta. Se elaboró un mapa de fertilidad con los resultados.

3.2.2. Determinación de los paisajes de la provincia de Leoncio Parado

La identificación y determinación de las unidades fisiográficas, se basó en la interpretación de imágenes de satélite (imagen Landsat), el análisis de cartas y observaciones directas realizadas en el terreno a través de las visitas en todos los lugares donde se obtuvo las muestras de suelos. El estudio es acompañado por un mapa. Mesozonificación Ecológica y Económica (ZEE), para el Desarrollo Sostenible de la Zona de Selva del Departamento de Huánuco (IIAP y DEVIDA, 2010).

El sistema empleado para la clasificación de las unidades fisiográficas, se ha desarrollado sobre la base de niveles de percepción espacial. Esta corresponde al gran paisaje o unidad genética de relieve, y atendiendo los procesos geomorfológicos, la cual no obstante, debe estar cobijada por una determinada unidad climática, dentro de una provincia

fisiográfica (oriente y oxidente) dada, para ser asimilada al gran paisaje. Bajo estas condiciones, el gran paisaje comprende asociaciones o complejos de paisajes con relaciones de parentesco de tipo climático, geogenético, litológico y topográfico

También se consideró como segundo nivel que, corresponde al paisaje fisiográfico, unidad fundamental de los levantamientos edafológicos no detallados. Las unidades aquí encontradas dentro de un gran paisaje, se identifican sobre la base de su morfología específica e inclusión de otros atributos: material parental, edad, esta última en términos relativos (muy antiguo. Antiguo, subreciente, reciente, subactual, actual) o de niveles (altos, Medios, bajos).

3.2.3. Análisis de caracterización y determinación de la materia orgánica modificado por el laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)

La fase del laboratorio en su etapa preliminar comprendió, el traslado de las muestras de suelos en condiciones apropiadas con su identificación respectiva asimismo correspondió realizar la preparación inicial de las muestras en cuanto a secado y tamizado, para luego desarrollar los diversos análisis fisicoquímicos.

Para el desarrollo de los diferentes análisis, tanto físico como químico, se utilizaron metodologías específicas de rutina del Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva UNAS, esto se muestran en el Cuadro 3. Los análisis de laboratorio efectuados con respecto a las características de los suelos fueron los siguientes.

Cuadro 3. Métodos analíticos para el análisis de suelos.

Parámetro	Método empleado
Análisis físico del suelo	
Ao. Lo y Ar (%)	Hidrómetro de Bouyoucos
Análisis Químico del suelo	
pH (1:1)	Potenciómetro, relación suelo agua 1:1
Carbono Orgánico (%)	Walkley y Black
Materia orgánica (%)	% Carbono orgánico x 1.724
Nitrógeno (%)	% M.O x 0.045
Nitrógeno Total	Kjeldahl (Titulación con HCl 0.01N)
Fósforo disponible (ppm)	Olsen modificado
Potasio disponible	Acetato de Amonio 1N pH: 7.0
Cationes cambiabiles (Ca ⁺² , Mg ⁺² , Na ⁺ , k ⁺), para suelos con pH>5.5	Reemplazamiento con acetato de amonio 1N pH: 7.0 (cuantificado por EAA).
cationes cambiabiles (Ca ⁺² , Mg ⁺² , Al ⁺³ , H ⁺), para suelos con pH < 5.5	Reemplazamiento con cloruro de potasio 1N: cuantificado el Ca ⁺² , Mg ⁺² por EAA, y método de Yuan para Al ⁺³ , H ⁺ .
CIC	Suma de cationes (Ca ⁺² , Mg ⁺² , Na ⁺ , k ⁺)
CICe	Suma de cationes (Ca ⁺² , Mg ⁺² , Al ⁺³ , H ⁺),

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la U.N.A.S 2013.

Preparación de muestras de suelo

- Las muestras de suelos recepcionados en el laboratorio de análisis de suelos son codificados y etiquetados.
- Las muestras de suelos son secados bajo sombra luego molido.
- El suelo es tamizado en un tamiz de 2 mm de diámetro y limpiados después de cada tamizada para no contaminar las muestras.

Determinación del carbono orgánico (método de Walkley y Black), modificado por MANSILLA (2000) en el laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)

- Pesar 0.5 g. de suelo (TFSA).
- Depositar en un matraz erlenmeyer de 250 ml.
- Agregar 10 ml de dicromato de potasio 1 N.
- Añadir 10 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Mezclar para homogenizar la solución y dejar reposar por 1 hora a más, llevar a un volumen de 100 ml con agua destilada.
- Tomar 10 ml de esta solución en un vaso de precipitado y agregar de 2 a 3 gotas del indicador difenilamina sulfúrica.

- Titular con la sal de Morh 0.5 N. El cambio de color verde oscuro a verde brillante indicará el final de la titulación. anotar el gasto de la solución de la sal de Morh.
- Paralelamente realizar un blanco (sin muestra).

Cálculo del contenido de materia orgánica considerando los siguientes valores:

(1) Datos:	Peso Muestra	:	0.5 g
	Vol. Dic. 1N	:	10 ml
	Vol. total	:	100 ml
	Alícuota	:	10 ml
	Gasto Sal de Mohr 0.5 N	:	En el blanco 2.2 ml
			En la muestra 2.0 ml

(2) Determinación del volumen de dicromato que no reacciona con la M.O.

$$G_b = (2.2\text{ml S.M} \times 100\text{ml}/10\text{ml}) \Rightarrow (22\text{ml S.M} \times 0.5\text{N}/1\text{N}) = 11\text{ml S.M}$$

$$f_c = \frac{\text{Dicromato-K 1N añadido}}{\text{Sal de Mohr 1N gastada}} = \frac{10\text{ ml}}{11\text{ ml}} = 0.9091\text{ Dic/S.M}$$

$$G_m = (2.0\text{ml S.M} \times 100\text{ml}/10\text{ml}) \Rightarrow (20\text{ml S.M} \times 0.5\text{N}/1\text{N}) = 10\text{ ml S.M}$$

$$G_{Cm} = G_m \times f_c = 10\text{ ml S.M} \times 0.9091\text{Dic/S.M} = 9.091\text{ ml de Dic en exceso no reacciona con la M.O}$$

(3) Determinación del volumen de dicromato que reacciona en la oxidación del carbono orgánico de la materia orgánica.

$$10\text{ ml Dic} - 9.091\text{ ml de Dic} = 0.909\text{ ml de Dic} \dots\dots\dots(A)$$

(4) Conversión del volumen de gasto a % C

$$\text{Gasto (Dic)} \times \text{Normalidad (Dic)} = \text{meq C}$$

$$0.909\text{ ml} \times 1\text{ meq/ml} = 0.909\text{ meq C}$$

Se debe considerar que en el método de Walkley y Black se oxida el 75% del C orgánico y que por lo tanto el peso equivalente del C se toma como 4:

$$\text{peq. C} = 12/4 = 3\text{ g.}$$

$$1\text{meq C} = (12/4)/1000 = 3\text{mg. se considera 4 mg.}$$

Entonces: $0.92\text{meq} \times \frac{4\text{ mg}}{\text{meq}} = 3.636\text{ mg C}/500\text{ mg de suelo} \times 100 = 0.727\% \text{ C}$

(5) Materia orgánica:

$$\% \text{ M.O.} = \% \text{ C} \times 1.724 = 1.27\%$$

Fórmula final resumida:

$$\% \text{ M. O} = \frac{A \times 0.004 \times 100 \times 1.724}{\text{Peso Muestra}} = \frac{\left(10 - G_m * \frac{10}{G_b}\right) 0.004 \times 100 \times 1.724}{\text{Peso Muestra}}$$

Nitrógeno total = % MO x 0.05.

Donde:

G_b = Gasto en la titulación en el blanco.

F_c = Factor de Corrección (con la prueba en blanco).

G_m = Gasto en la titulación de la muestra.

GC_m = Gasto corregido en la muestra

S.M = Sal de morh.

Dic = Dicromato.

DU = Volume de dicromato que reacciono con la materia orgánica

3.2.4. Determinación del nitrógeno total (método de Kjeldahl), y contenido del nitrógeno total en la materia orgánica

a. Determinación del nitrógeno total (método de Kjeldahl), segun BAZÁN (1996)

- Pesar 1 gramo de suelo (TFSA).
- Adicionar el catalizador y enrollar el papel.
- Colocar en un balón Kjeldahl
- Agregar 3 ml de H₂SO₄ consentrado
- Colocar los valones en el digestor, elevar la temperatura gradualmente hasta que la muestra se aclare.
- Retirar el balón del digestor y dejar enfriar a temperatura del ambiente.

- Destilar añadiendo H₂O destilada luego NaOH. recoger el destilado en una solución de ácido bórico más indicador.
- Titular con HCl 0.01 Normal. Paralelo hacer un blanco.

El cálculo se realiza de la forma siguiente:

$$(1) \quad \text{meq HCl} = \text{meq Nitrogeno}$$

$$(2) \quad \text{meq HCl} = \text{Gasto del HCl} \times N$$

$$(3) \quad \% N = \frac{(\text{Gm}-\text{Gb}) \times N \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de muestra seca (suelo)}}$$

Donde:

Gm = Gasto de HCl en la titulación de la muestra.

Gb = Gasto de HCl en la titulación del blanco.

N = Concentración (normalidad) de HCl usado en la titulación.

0.14 = peso en miligramos de 1 meq (miliequivalente) de nitrógeno.

La interpretación de los resultados de los suelos se realizó de acuerdo a los valores críticos establecidos para cada metodología de extracción tal como se indica en el Cuadro 21 adjunto en el anexo.

b. Contenido del nitrógeno total en la materia orgánica

Según JACKSON (1964), se obtiene este resultado a partir del valor medio del carbono obtenido con el método de Walkley- Blak. En el desarrollo de su metodología indica que la multiplicación del contenido total de nitrógeno por 20 da una primera aproximación del contenido de materia orgánica total, suponiendo esto que en una materia orgánica que tenga una relación C/N de 11.6 hay un 5 % de nitrógeno, ya que se supone convencionalmente que la materia orgánica tiene 58 % de carbono.

3.2.5. Correlación entre la materia orgánica y el nitrógeno total

La relación entre la materia orgánica y nitrógeno total se determinó considerando como variable dependiente al contenido de nitrógeno total, y variable independiente al contenido de materia orgánica. Para estimar la asociación y correlación entre las variables, en primer lugar se elaboró un diagrama de dispersión de los datos, observando la tendencia que muestra la figura. Se evaluó un modelo matemático que mejor se ajuste a la dispersión. Para obtener la recta de regresión deseada, y para el análisis de regresión lineal simple, se recurrió al método de los mínimos cuadrados. se consideró el análisis de varianza de regresión lineal simple para determinar la significancia de la relación y para determinar el grado de asociación entre las variables se realizó el análisis de correlación (CALZADA, 1970).

Modelo aditivo de la línea recta.

$$Y_i = B_0 + B_1 X_i + e_i \quad i=1, \dots, n$$

Dónde:

$B_0 + B_1 X_i$ = es la media de la población Y, especificada para el valor X_i .

e_i = error.

B_0 = es el valor de Y cuando X toma el valor cero.

B_1 = es la pendiente de la recta, o coeficiente de regresión poblacional.

Coeficiente de regresión.

$$B_1 = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} = \frac{SP \text{ de } XY}{SCX}$$

Coeficiente de correlación.

$$r = \frac{SP \text{ de } XY}{\sqrt{SC \text{ de } X \cdot SC \text{ de } Y}}$$

Análisis de variancia de regresión lineal simple

$$SC_{\text{total}} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

$$SC_{\text{expli. regre}} = B_1^2 \left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right)$$

$$SC_{\text{inex. err. resi}} = SC_{\text{total}} - SC_{\text{ex. regre}} \dots$$

$$Bo = \bar{Y} - B_1 \bar{X}$$

Cuadro 4. ANVA, de regresión lineal simple.

F. Var	Gl	SC	CM	FC
Regresión	1	$B_1^2 \left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right)$	$SC_{\text{ex}}/1$	$M_{\text{ex}}/CM_{\text{inex}}$
Residual	n-2	$SC_{\text{total}} - SC_{\text{ex. regre}}$	$SC_{\text{inex}}/(n-2)$	
Total	n-1	$\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$		

Fuente: (Calzada, 1970)

Suma de cuadrados

$$SC_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$SC_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

Suma de productos.

$$SP = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}$$

Prueba de F.

$$\frac{CM \text{ de regresión lineal}}{CM \text{ residual}}$$

3.2.6. Relación carbono nitrógeno (C/N)

La relación carbono nitrógeno (C/N), se determinó de manera individual para cada suelo, dividiendo el carbono orgánico (obtenido método de Walkley- Blak), con el nitrógeno total (método de Kjeldalh) de un mismo suelo.

3.2.7. Distribución espacial de la fertilidad del suelo

Esta etapa tiene como fin predecir valores de variables edafológicas cuantitativas en sitios que no fueron colectados los suelos a través del análisis geoestadístico. Para la elaboración del mapa de fertilidad se considera ocho variables edafológicas, potencial de hidrogeno (pH), carbono orgánico C.O (%), fósforo disponible (P ppm), potasio disponible K₂O (Kg/ha), saturación de bases SB (%), bases totales BT (%), saturación de aluminio SA (%), Capacidad de intercambio catiónico CIC (meq/100 g suelos).

Para el proceso de los datos se utilizó el sistema de información geográfica (SIG). ArcGis 10.2.2 más IDRISI 17 the selva edition. Primero se interpoló las variables edafológicas con distribución normal con el IDW (inverse distance weighting) en el ArcGis se exportaron al IDRISI donde se reclasificó de acuerdo a la regionalización de las variables y realizó la suma algebraica, obteniéndose un solo mapa. El análisis geoestadístico se realizó con el Kriging el cual se fundamenta en las variables regionalizadas y autocorrelacionadas, a partir de semivariogramas con el cual se definió el modelo de mejor ajuste. El cuadro 4 muestra regiones calificadas cualitativamente, con base a tablas guías, determinadas por rangos cuantitativos, sobre los niveles óptimos, moderados o deficientes en los suelos para cada variable química edafológica.

El modelo de fertilidad aplicado fue de acuerdo a la descripción de MORENO (2012), en esta etapa se procedió a calificar la fertilidad, de las 297 muestras, se validó los mapas regionalizados, de acuerdo al Cuadro 5 (guía),

propuesta por el IGAC (1995) y Ortega (1987) citado por SERRANO y VARGAS (2005), quienes modificaron la metodología propuesta por el IGAC en 1961 (Sánchez *et al.*, 1996, citado por MORENO, 2012). Sin embargo el año 2014 para el presente trabajo se modificó los rangos para el potasio disponible tal como se muestra en el Cuadro 5, esta modificación fue propuesta por el ingeniero Mansilla, Hugo Huamani y el Biólogo Miguel Huauya, docentes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). El cuadro 5, además sirve para cuantificar y calificar la fertilidad del suelo, desde el punto de vista químico por los primeros centímetros del suelo. Por tal motivo, para efectos del presente estudio, se procedió a determinar el promedio de cada variable, además el cálculo de la fertilidad total queda determinada por la ecuación (1) donde la suma de puntajes se multiplica por el factor K (0.285) para transformar a un puntaje dentro de la escala de 0 a 10:

$$\text{Fertilidad Total} = \sum \text{ de puntajes} \times K \quad (1)$$

Donde $K = 10 / 35 = 0.285$, indicando que es el puntaje máximo obtenido de las sumatoria del puntaje máximo de cada variable, es decir, de las condiciones óptimas de cada una de las mismas; 10 es el puntaje máximo a la escala, llevada. Los Puntajes para calificar el nivel de la fertilidad en los suelos fueron; clase de fertilidad muy alta, Alta, moderada, baja, muy baja, estos rangos se muestran en el Cuadro 21 que se adjuntan al anexo (IGAC, 1995 citado por MORENO, 2012).

Cuadro 5. Guía para calificar la fertilidad de los suelos.

Variable edafológica		Niveles				
Potencial hidrógeno	pH	< 4.5; > 8.5	4.5 a 5.0; > 7.8 a 8.5	> 7.3 a 7.8; > 5.0 a 5.5	> 5.5 a 6.0	> 6.0 a 7.3
	Interpretación	Muy ácido y alcalino	Ácido y medianamente alcalino	Lig. alcalino y medianamente ácido	Ligeramente ácido	Prácticamente neutro
	Puntaje	1	2	3	4	5
Saturación de aluminio	SA (meq/100 g)	> 60.0	> 30 – 60	5.0 – 14	> 14 - 30	< 5
	Interpretación	Muy alta	Alta	Moderada	Baja	Muy baja
	Puntaje	1	2	3	4	5
capacidad de intercambio catiónico	CIC (meq/100 g)	< 5	05-10	> 10 – 15	> 15 - 20	> 20
	Interpretación	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
	Puntaje	1	2	3	4	5
Bases Totales	BT (meq/100 g)	< 4	04-8	> 8 – 12	> 12 - 16	> 16
	Interpretación	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
	Puntaje	0.5	1	1.5	2	2.5
Saturación de bases	SB (%)	< 10	10-35	> 35 – 50	> 50 - 70	> 70
	Interpretación	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
	Puntaje	0.5	1	1.5	2	2.5
Carbón orgánico	CO (%)	< 0.2	0.2 – 0.5	> 0.5 – 1.7	> 1.7 – 3.0	> 3.0
	Interpretación	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
	Puntaje	1	2	3	4	5
Fósforo disponible	P (ppm)	< 10	10 – 20	> 20 – 30	> 30 - 40	> 40
	Interpretación	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
	Puntaje	1	2	3	4	5
Potasio disponible	K (Kg/ha/100 g)	< 150	150 – 300	> 300 – 450	> 450 – 600	> 600
	Interpretación	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
	Puntaje	1	2	3	4	5
	∑ puntajes	7	14	21	28	35
	∑ puntajes x K	2	4	6	8	10

Fuente: IGAC (1995) y Ortega (1987) citado por SERRANO y VARGAS (2005).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de caracterización, materia orgánica y nitrógeno total

El Cuadro 16 adjunto en el anexo, muestra los resultados del análisis de caracterización de los 274 suelos. Se puede observar las características físicas (mecánicas) y químicas de los suelos sometidos a estudio. Para la interpretación de los resultados químicos se emplearon los valores de los Cuadros 19 y 20 que se adjuntan en el anexo.

4.1.1. Textura y composición granulométrica

Los suelos estudiados tienen una textura variada predominando los suelos francos arcilloso arenoso y franco arcillosos, y en menor cantidad suelos arcillosos. Estos resultados se presentan en el Cuadro 16.

4.1.2. Reacción del suelo (pH)

El pH de los suelos (274), vario en un rango de 3.80 a 7.68 con un promedio de 4.93, estos valores varías desde extremadamente ácido hasta fuertemente acido. El Cuadro 5 muestra los resultados del pH para las 274 muestra de suelos analizados.

4.1.3. Materia orgánica

El Cuadro 16 muestra el contenido de la materia orgánica de los suelos analizados (274 muestras), de los 6 distritos de la provincia de Leoncio Prado, que fluctúo de 0.6 hasta 6.72 % con un promedio de 2.78 % calificándolo como un nivel medio; los niveles hallados se califican como bajo (74 suelos) que representa el 27 %, medio (150 suelos) que representa el 54.7 % y alto (50 suelos) que representa el 18.2 %. Estos valores son similares

al hallado por ROMERO (1992), quien en un estudio realizado en los suelos de Leoncio Prado, encontró que el contenido de la materia orgánica fluctuó de 0.6 hasta 5.7 % con un promedio de 2.43 %, sin embargo Deam (1930), citado por SÁNCHEZ (1981) encontró valores más altos de materia orgánica (M.O) en los suelos superficiales de 223 suelos tropicales hawaianos que era de 3.75 %.

Smith *et al.*, (1951), citado por SÁNCHEZ (1981) encontraron contenidos más altos de materia orgánica de varios cientos de capas arables de puerto Rico de áreas údicas (humedad) que era de 3.54 % M.O y valores más bajos para áreas usticas que era 1.84 % M.O. de igual manera Diaz-Romeu *et al.*,(1970) citado por FASSBENDER y BORNEMISZA (1987), para 167 muestras de suelo superficial de américa central, encontraron contenidos de materia orgánica entre 0.68 a 21.03 % con un promedio de 5.10 %.

Bich y Friend (1956), citado por SÁNCHEZ (1981), determinaron que el contenido medio de materia orgánica de 570 capas arables de suelos tropicales era 3.36 % y aproximadamente la mitad de ellos tenían más de 4% de materia orgánica. El contenido promedio de materia orgánica de los suelos la provincia de Leoncio Prado fue de 2.87 %. El contenido promedio menor de la materia orgánica de los suelos de La Provincia de Leoncio Prado en relación con los resultado obtenidos por diferentes autores en zonas similares se explicaría considerando el origen de aquellos suelos. En el caso de los suelos Hawaianos. Puerto Rico y Centro América tienen un origen volcánico y los suelos son ricos en alofán mineral secundario amorfo. FASSBENDER y BORNEMISZA (1987), indica que los suelos de Centro América son derivados

de cenizas volcánicas siendo el alofán en los andeps típicos, la superficie específica de este mineral es $500 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ y tiene una gran porosidad siendo un fuerte adsorbente de sustancias orgánicas por posibles fuerzas de Van der Waals. Por lo contrario para el caso de los suelos de la provincia de Leoncio Prado sin embargo también debe considerarse el régimen de precipitación, altas temperaturas, acidez del suelo, textura y tipo de arcilla cauliníticos (1:1) que no contribuyen a la acumulación al contrario favorecen la dinámica microbiana en un material orgánico sobre un lecho principalmente sedimentario, estructural cubierto de vegetales, en un tiempo, a esto sumado la mala práctica agrícola en algunas áreas.

JENNY (1941) indica que el contenido de la materia orgánica está controlado por los factores que lo gobiernan, determinó que bajo la escasez de precipitaciones, los valores de pH son altos, lo que denota la alcalinidad. Bajo la alta precipitación, los valores de pH son bajos, lo que indica la acidez del suelo. El mismo autor describe que los procesos naturales que llevan al desarrollo de los suelos con contenidos variables de M.O, están relacionados a los factores de formación del suelo: $M.O. \% \text{ y } N = f '(cl'. o '. r' p. t);$ (tiempo, Clima, vegetación, material madre, topografía).

a. Materia orgánica de los suelos montañosos

El Cuadro 6 muestra el contenido de la materia orgánica en los suelos de montaña alta de la provincia de Leoncio Prado que fluctuó de 1.01 a 6.05 % con un promedio de 2.69 % y el contenido de materia orgánica

de los suelos de montaña baja, fluctúa de 1.31 a 5.71 % con un promedio de 2.98 %. Siendo ambos valores numéricamente similar.

El Cuadro 6, muestra el contenido promedio de materia orgánica en los suelos del gran paisaje montañoso siendo este 2.83 % y es mayor en relación a los suelos del gran paisaje colinoso, pero menor con respecto a los suelos de planicie, esta diferencia también se observa en la Figura 5. El contenido promedio de la materia orgánica en los suelos montañosos es más bajos que los hallados por Nye y Greenland (1960), citado por FASSBENDER y BORNEMISZA (1987), quienes encontraron en los trópicos húmedos un valor promedio de materia orgánica de 3.18 %

HUAMANI y HUAUYA (2011), también encontraron contenidos más altos de materia orgánica en los suelos de Hermilio Valdizan que era 3.24 %. Esta ligera diferencia mayor de contenido de materia orgánica se explicaría por la presencia alta de compuestos como lignina, taninos por la posible aplicación de materia orgánica puesto que en los cafetales de esta zona es común la aplicación de guano de isla, algunos suelos de bosque húmedo sin agricultura contribuyen a la acumulación de la materia orgánica.

La vegetación observada en los suelos de montaña alta fueron principalmente árboles y abundante vegetación de hoja ancha: ishanga (*Urera lasinata*), Albizia (*Albizia sp*), guava (*Inga sp*), pica pica o pimienta (*Polygonum hydropiperoides Michaux*); en lugares muy húmedos se observó la acelga o lengua de vaca (*Rumex crispus*); higuera (*Ricinus communis*); heliconia (*Heliconia rostrata*).

Según ZÁRATE y MORI (2010), en su informe de Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Zona de Selva del Departamento de Huánuco los bosque de montañas altas de la Cordillera Subandina está conformada principalmente por: *Otoba parvifolia*, *Acalypha macrostachya*, *Iriartella deltoidea*, *Tapirira guianensis*. *Begonia parviflora*, *Chrysochlamys ulei*, *Dieffenbachia* sp., *Hamelia* sp., *Mabea occidentales*, *Matisia cordata*, *Pourouma guianensis*. *Pterocarpus amazonum*. *Acalypha* sp., *Alchornea latifolia*, *Alchorneopsis floribunda*. *Allophylus floribundus*. *Andira* sp., *Aphelandra* sp., *Aphelandra* sp., *Aspidosperma* sp.. *Asplenium auritum*, *Attalea o bactris*, *Banara guianensis*, *Brosimun utile* cf., *Brosimun utile*, *Bunchosia argéntea*, *Calathea* sp. etc.

En los suelos de montaña baja las malezas observadas fueron similares al de montaña alta sin embargo al parecer predominan la Heliconia (*Heliconia rostrata*), el cetico (*Cecropia sciadophylla*), mata palo (*Coussapoa* sp), tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*).

Los suelos montañosos se caracterizan por tener una pendiente pronunciada que favorece la erosión sin embargo el contenido de la materia orgánica fue variable con un promedio de (2.83 %) que se califica como nivel medio, esto se explicaría. por la alta vegetación y atendiendo a su carácter morfogenético u origen, tectodinámica y evolución a través de la gemorfodinámica y procesos que lo describen. Según VILLOTA (2005), los relieves montañosos son parte de las geoformas de carácter tectónico

degradacional y denudacional (fluvio erosional) sobre las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas dando origen a suelos de distinta calidad.

b.) Materia orgánica de los suelos colinosos

El Cuadro 6 muestra el contenido de materia orgánica de los suelos de colina alta de la provincia de Leoncio Prado, que fluctuó de 0.67 a 4.03 % con un promedio de 2.15 % y en los suelos de colina baja el contenido de materia orgánica fluctuó de 0.91 a 4.37 % con un promedio de 2.29 %. Los suelos de lomada presentaron contenidos de materia orgánica que fluctuaron de 0.77 a 4.16 % con promedio de 2.01 %.

En la Figura 5 se puede observar el comportamiento de la materia orgánica de las tres unidades fisiográficas (montañoso, colinoso, planicie), los cuales presentaron valores similares numéricamente, calificándose a todas las unidades fisiográficas como medio por que presentan contenidos de materia orgánica mayores a 2 % y menores a 4 %, esta relativa acumulación se explicaría por la reducida tasa de mineralización y se debería principalmente a la presencia de arcillas de tipo 1:1 fuerte acidez y vegetación resistente a la degradación (Macorilla, rabo de zorro). La fuerte acidez limita significativamente la actividad microbiana (LAMBERS *et al.*, 1998), y en consecuencia la mineralización de la materia orgánica, la arcilla caolinitica puede contribuir al menor lavado. Esto se corrobora con estudios realizados por Abruña y Vicente (1955), citado por FASSBENDER y BORNEMISZA (1987), que demostraron que en los suelos caoliniticos, la retención superficial de materia orgánica es fuerte. También algunas especies vegetales como la Macorilla con alta relación C/N generan la acumulación del carbono al suelo.

Stefano y Founier (2005), citado por CARBONEL (2009), encontraron que especies que presentaban alta relación C/N, lignina o compuestos secundarios como taninos y fenoles, se descomponían lentamente.

En los suelos de colina alta los vegetales predominantes observados fueron árboles en áreas poco intervenidos y arbustos asociados a hierbas en áreas agrícolas. Entre las especies observadas tenemos: cetico (*Cecropia sciadophylla*), lupuna (*Ceiva pentandra*) y malezas como; Rabo de Zorro (*Andropogon bicornis*); Cashaucsha o Chicula (*imperata brasiliensis*). según ZÁRATE y MORI (2010) en la Selva del Departamento de Huánuco entre las especies más conspicuas de los Bosques de colinas altas de la Cordillera Subandina están: *Matisia cordata*, *Socratea exorrhiza*, *Rinorea flavescens*, *Nealchornea yapurensis*, *Socratea exorrhiza*, *Theobroma subincanum*, *Pseudolmedia macrophylla*, *Drypetes amazónica*, *Patinoa sphaerocarpa*, *Tapura* sp., *Adiantum obliquum*, *Guarea kunthiana*, *Iryanthera ulei*, *Tectaria incisa*, *Aspidosperma* sp., *Batocarpus orinocensis*, *Carludovica palmata*, *Croton matourensis*, *Otoba parvifolia*, *Quararibea wittii*, *Randia* sp., entre otros. En colina baja se observaron vegetales similares al de colina alta.

En los suelos de lomada se observó que predominan la macorilla o chaca chaca (*Pteridium aquilinum*), rabo de zorro (*Alopecurus* sp), moco de pavo (*Echinochloa* sp), gramalote (*Panicum maximum*), Coquito (*Cyperus rotundus* L.), Gramilla (*Chloris gayana*), grama dulce (*Cynodon dactylon* L.), según ZÁRATE y MORI (2010) la composición de especies florística del Bosque de colinas bajas de la Cuenca Amazónica de Huánuco

están representadas por: *Himatanthus sucuuba*, *Euterpe precatória*, *Cordia nodosa*, *Inga* sp., *Attalea* sp., *Ceiba* sp., *Protium tenuifolium*, *Drypetes amazónica*, *Hyeronima alchorneoides*, *Clarisia biflora*, *Ficus insípida*, *Tectaria incisa*, *Philodendron micranthum*, *Philodendron* sp., *Iriartella deltoidea*, *Cecropia sciadophylla*, *Costus* sp., *Carludovica palmata*, *Cyclanthus bipartitus tessmannii*, *Parkia* sp., *Hasseltia floribunda*, *Heliconia* sp., *Aniba taubertiana*, *Trichilia rubra*, *Trichilia* sp., *Maclura tinctoria*, *Pseudolmedia laevis*, *Virola pavonis*, *Heisteria nítida*, *Piper* sp., *Pariana aurita* cf., *Piresia sympodic*, etc.

Algunos suelos de este paisaje mostraron contenidos altos de materia orgánica. Esto se explicaría por la presencia de rocas sedimentarias en las partes más altas que dieron origen a estos suelos. Resultados similares encontraron el IIAP (1995), ZAVALETA (1992) agrupando como Mollisoles a los suelos negros originarios de rocas calcáreas que ocurren en algunas zonas de Selva Alta, en laderas empinadas en el Alto Huallaga. Según VILLLOTA (2005), algunos suelos colinosos pueden tener un origen depositacional ya sea coluvial sin embargo no debe descartarse la actividades antrópicas (aplicación de abonos), incorporación de materiales orgánicos de alta relación C/N.

Los suelos de lomada presentaron los valores medios más bajos de materia orgánica en relación a los tres paisajes, esto se debería a la alta precipitación, escasa vegetación, pendiente pronunciada, y mal uso de estos suelos, también se observa el carácter denudacional. Según VILLLOTA (2005) los suelos de lomada y colina tienen una característica de formación

denudacional destructivo, a través de la interacción de los procesos de formación. ROJAS *et al.*, (1999), encontraron contenidos de materia orgánica entre 0.80 y 0.90 % en suelos de Paraguay con inclinación mayor a 2 % y determinaron que los suelos con menor inclinación presentan mayor acumulación de materia orgánica.

c.) Materia orgánica de los suelos de planicie

El Cuadro 6 muestra el contenido de materia orgánica de los suelos de terraza alta de la provincia de Leoncio Prado que fluctuaron de 0.6 hasta 5.37 % con un promedio de 2.98 %, mientras que el contenido de materia orgánica los suelos de terraza media fluctuó de 1.01 a 5.71 % con un promedio de 3.44 % y los suelos de terraza baja presentaron contenidos de materia orgánica más altos que fluctuaron de 1.16 a 6.72 % con un promedio de 3.75 %. Esta diferencia también se puede observar en la figura 5.

El gran paisaje planicie mostro el contenido de materia orgánica más alto en relación a los demás paisajes. Estos niveles coincide con los hallados por BRINGAS (2010), quien encontró que el contenido de materia orgánica de suelos de planicie de Tingo María en un sistema agroforestal (Cacao y Bolaina) era de 2.32 % calificándose como nivel medio sin embargo el contenido de materia orgánica es menor, esta ligera diferencia puede explicarse por la menor profundidad de muestreo (2-14 cm) que realizaron. Otra razón por la cual estos suelos presentaron contenidos más altos de materia orgánica en relación a las demás paisajes, sería la posición geográfica con poca pendiente donde la erosión es menor.

Los niveles medios de materia orgánica de los suelos es referencia de buenas características, coincidiendo con lo hallado por el IIAP (1995) que encontraron suelos con buenas características fisicoquímicas incluyendo Entisoles. Esto se explicaría por el carácter de formación de estos suelos que es acumulativo o deposición que en un tiempo corto ocurrió, y podría estar ocurriendo, por cause de un rio aledaño, transporte de materiales de suelos más alto, ligera pendiente que evita el lavado y erosión. VILLOTA (2005) describe los suelos de planicie con un carácter de formación agradacional acumulativo constructivo, teniendo como proceso la sedimentación aluvial, diluvial, coluvial lo cual le confiere mejores características tanto físico y químicos en relación a los demás paisajes, sin embargo el contenido de materia orgánica de los tres paisajes se califica como nivel medio, porque el contenido de materia orgánica se encuentran entre 2 y 4% esta relativa similitud explicaría/confirmaría que la calidad del suelo está influenciado por los factores naturales y antrópicos.

Entre los factores naturales JENNY (1941), describe que el suelo es el resultado de la interacción de los factores como el tiempo. Clima, vegetación, material madre, relieve. De acuerdo a ello considerándose la posición geográfica, la provincia de Leoncio prado se encuentra en el complejo andino (Cordillera de los Andes) entre las unidades morfoestructurales: cordillera oriental y central con cierta parentesco en su unidad parental, además toda el área de estudio se encuentra en la Zonda de vida bosque muy húmedo montano sub tropical (bmh-mst). Entre los factores antrópicos debe considerarse que la agricultura practicada tiene un nivel similar

En los suelos de terraza alta se observó que predominan los arbustos y hiervas de hoja ancha y angosta, principalmente: higuerrilla (*Ricinus communis*) grama dulce, grama bermuda o pata de gallina (*Cynodon dactylon* L.). sorgo o grama china (*Sorghum halapense* L.), coquito o cauchilla (*Cyperus esculentus* L.), coquito (*Cyperus rotundus* L.), kudzu (Kudzu sp), verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), Yuyo (*Amaranthus celosioides*), palmera que camina (*Socratea exorrhiza*), lengua de vaca (*Rumex crispus* L.), En suelos de terrazas medias se observaron el aguaje (*Mauritia flexuosa*), palmera huasi (*Euterpe precatoria*), peine de maquisapa (*Apeiba membranacea*), En las terrazas bajas se observaron el aguaje en mayor cantidad en lugares de alta humedad, en áreas agrícolas de las terraza bajas se observó hiervas pequeñas de hoja ancha y angosta principalmente: pata de gallo o pata de gallina (*Dactyloctenium aegyptium*), amor seco (*Bidens pilosa* L.), Malva (*Malva parviflora*), paico (*Chenopodium ambrosioides* L.), Kudzu (kudzu sp).

Según ZÁRATE y MORI (2010) la composición de especies florística del Bosque de planicie no inundable de la Cuenca Amazónica se la selva de Huánuco están representadas por: *Oxandra mediocres*. *Dendrobangia multinervia*. *Guarea pterorhachis*. *Matisia cordata*. *Conceveiba rhytidocarpa*. *Virola peruviana* cf., *Neea spruceana*, *Pentagonia spathicalyx*, *Schoenobiblus diphnoides*, *Apeiba membranacea*, *Celtis schippii*, *Leonia glycycarpa*. *Aphelandra arundinacea*, *Mendoncia smithii*, *Guatteria megalophylla*, *Guatteria* spp.. *Oxandra xylopioides*, *Rollinia schunkei* cf., *Rollinia* sp., *Trigynaea* sp., *Unonopsis* sp., *Tabernaemontana undulata*, *Euterpe precatoria*, *Geonama diversa* cf., *Jacaranda copaia*, *Cordia nodosa*.

Cuadro 6. Contenido de materia orgánica, en las unidades fisiográficas de los suelos de la provincia de Leoncio Prado.

Fisiografía		M.O (%)			D.ES	C.V	
		Límite inferior	Límite superior	Promedio			
Montañoso	Ma	1.01	6.05	2.69	2.83	1.10	40.98
	Mb	1.31	5.71	2.98		1.14	38.47
Colinoso	Ca	0.67	4.03	2.15	2.15	0.90	41.91
	Cb	0.91	4.37	2.29		1.07	46.67
	Lo	0.77	4.16	2.01		0.97	48.35
Planicie	Ta	0.60	5.37	2.98	3.39	1.09	36.47
	Tm	1.01	5.71	3.44		1.15	33.61
	Tb	1.68	6.72	3.75		3.75	36.87

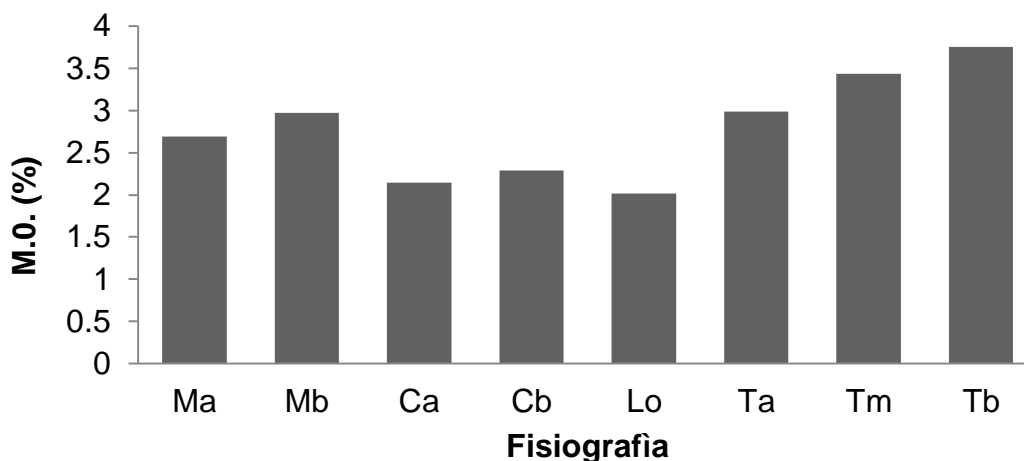


Figura 5. Contenido de la materia orgánica en las unidades fisiográficas, de los suelos de la provincia de Leoncio Prado.

4.1.4. Nitrógeno total a partir de la materia orgánica

El contenido del nitrógeno total, de 274 muestras procedentes de la Provincia de Leoncio Prado, se obtiene a partir de la materia orgánica, multiplicado por 0.045. Estos resultados no representan una tendencia similar con la materia orgánica, debido a que los valores para el nitrógeno se obtuvieron considerando que la materia orgánica, contiene 4.5 % de nitrógeno. por ser suelos de selva. Pero los niveles críticos utilizados están calibrados considerando que la materia orgánica contiene 5 % de nitrógeno total.

4.1.5. Nitrógeno total obtenido con el método de Kjeldahl

El contenido de nitrógeno total obtenido con el método de kjeldahl, de 274 muestras de suelos procedentes de los 6 distritos de la provincia de Leoncio Prado se muestran en el Cuadro 16, el resultado obtenido fluctuó de 0.04 hasta 0.39 % con un promedio de 0.15 %. Este resultado se encuentra dentro de los rangos propuestos por HAYNES (1986), quien indica que el sistema nitrógeno del suelo es dinámico, y cualquier cambio ambiental puede conducir a un nuevo nivel de equilibrio del nitrógeno en el suelo. Por lo tanto, el contenido de N del suelo es muy diverso, que van desde menos de 0.1% en el suelo del desierto a más del 2 % en los suelos altamente orgánico.

JENNY (1941), afirma que los factores que influye en el desarrollo del suelo se describe en la forma de una ecuación general ($S = cl, o, r, p, t.$). Las cantidades de nitrógeno en los suelos están controladas, especialmente por las condiciones climáticas y la vegetación además por las condiciones locales de la topografía, material parental, las actividades del hombre y el tiempo que estas han interactuado. Según FASSBENDER y BORNEMIZA (1987), el clima tiene una influencia sobre el nivel del nitrógeno en los suelos a través del efecto de la temperatura y las condiciones de humedad (régimen de lluvias) sobre el desarrollo de las plantas y micro organismos, encontrándose relaciones inversas entre la temperatura y cantidad de nitrógeno (JENNY, 1941). La distribución de los nutrientes dependen de factores ambientales como el clima (temperatura. humedad. precipitación), tipo de suelo, material genético, manejo agronómico y el nivel de rendimiento entre otros (ZAVALA, 2007).

Según el INTA (2012) para el cálculo del fertilizante se considera el nitrógeno orgánico, sin embargo los laboratorios en general no analizan el nitrógeno orgánico en cambio emplean dos métodos: a) Kjeldhal. b) según JACKSON (1964) a partir de su materia orgánica (M.O (%) x 0.05 = N). En ambos casos se obtiene el nitrógeno total, pero considerando que el nitrógeno del suelo principalmente es orgánico puede considerarse que el nitrógeno total es igual al nitrógeno orgánico para el cálculo de fertilizantes. El coeficiente de mineralización es la cantidad de nitrógeno orgánico que se mineraliza a nitrógeno inorgánico.

a.) Nitrógeno total de los suelos montañosos

El Cuadro 7 muestra el contenido del nitrógeno total obtenido con el método de Kjeldahl, de los suelos de la provincia de Leoncio Prado, correspondientes a la unidad fisiográfica montaña alta, que fluctuó de 0.06 hasta 0.36 % con un promedio de 0.16 %. En los suelos de montaña baja, el contenido del nitrógeno total fluctuó de 0.06 hasta 0.32 % con un promedio de 0.16 %, observándose que ambos valores medios son iguales.

Los suelos montañosos presentaron un valor medio de nitrógeno total de 0.16 % tal como se muestra en el Cuadro 6. Este valor es más alto en relación con los suelos colinosos, esta diferencia se explicaría por los procesos evolutivos que se sufren ambos paisajes. Los suelos montañosos generalmente están cubiertos de abundante vegetación que compensa su mayor inclinación, dependiendo de su unidad genética de relieve, mientras que los colinosos presentan menos vegetación y un carácter denudativo sobre una zona con alta precipitación.

FASSBENDER (1975), indica que en los suelos desarrollados sobre sedimentos meteorizados y deficientes en elementos nutritivos, la acumulación de nitrógeno es generalmente superficial, los arboles presentan un sistema radicular poco profundo y son objeto de una degradación rápida cuando se tumba y quema el bosque.

b.) Nitrógeno total de los suelos colinosos

El Cuadro 7 muestra el contenido de nitrógeno total obtenido con el método de kjeldahl, de los suelos de la provincia de Leoncio Prado, correspondientes al gran paisaje colinoso el cual es 0.11 %, en la unidad fisiográfica colina alta, fluctuó de 0.04 hasta 0.19 % con un promedio de 0.11%. En los suelos de Colina baja, el contenido del nitrógeno total fluctuó de 0.04 hasta 0.26 % con un promedio de 0.12 %. En los suelos de lomada el contenido de nitrógeno total fluctuó de 0.04 hasta 0.23 % con un promedio de 0.10 %. El valor promedio del nitrógeno total del gran paisaje colinoso es 0.11 %, este resultado coincide con lo hallado por JARQUIN *et al.*, (2011) quien encontró que la concentración promedio de nitrógeno total en suelos de una región tropical de México era de 0.12 %. Sin embargo los suelos colinosos presentaron los contenidos más bajo de nitrógeno total en relación con los suelos montañosos y planicie tal como se muestra en la Figura 6.

La alta precipitación, reducida vegetación y alta pendiente que caracteriza a los suelos colinosos contribuyen a la considerable disminución del nitrógeno, favoreciendo el perdido nitrógeno mineral por desnitrificación, lixiviación, volatilización.

Según Huang (1995) Citado por ROJAS *et al.*, (1999) en esta posición fisiográfica el terreno soporta una alta fuerza de arrastre o alta erosión produciendo arrastre y remoción del componente orgánico de las capas superficiales y sub superficiales. El componente orgánico que contiene el nitrógeno puede desaparecer de la parte más inclinada del terreno por la acción de la salpicadura de las gotas de lluvias, y por el transporte de agua de escurrimiento. Los contenidos más bajos del nitrógeno total para estos suelos (colinosos) también se explicarían atendiendo a su geoforma de carácter degradacional y al mal uso y manejo. Algunos suelos colinosos presentaron contenidos altos de nitrógeno tota, esto podría deberse a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, también a su carácter agradacional a partir de rocas sedimentarias (calizas) o relieves kársticas que dan condiciones favorables a los suelos para la actividad microbiana.

c.) Nitrógeno total de los suelos de planicie

El Cuadro 7 muestra el valor promedio de nitrógeno total obtenido con el método de kjeldahl de los suelos del gran paisaje planicie que es 0.19 % en la unidad fisiográfica terraza alta, fluctuó de 0.04 hasta 0.37 % con un promedio de 0.17 %. En los suelos de terraza media, el contenido del nitrógeno total fluctuó de 0.06 hasta 0.30 % con un promedio de 0.20 %. En los suelos de terraza baja el contenido de nitrógeno total fluctuó de 0.10 a 0.39 % con un promedio de 0.21 %. Observándose una ligera diferencia que no es significativo numéricamente, esto posiblemente por tratarse de suelos con similares características de topografía (pendiente). La Figura 6 muestra que estos suelos presentan los contenidos de nitrógeno total más altos en relación

al resto de los suelos estudiados, esto se explicaría por su litología, según VILLOTA (2005), los suelos de terrazas corresponden a depósitos cuaternarios constituidos por sedimentos fluviales y aluviales. En los suelos de terraza la topografía es plana, y evitan el lavado por las excesivas precipitaciones, confiriéndole a estos suelos características fisicoquímicas de buena fertilidad.

Cuadro 7. Contenido promedio del nitrógeno total, en las unidades fisiográficas de los suelos de la provincia de Leoncio Prado obtenido con el método de Kjeldahl.

Fisiografía		N total (%)			D.ES	C.V	
		Límite inferior	Límite superior	Promedio			
Montañoso	Ma	0.06	0.36	0.16	0.16	0.07	40.70
	Mb	0.06	0.32	0.16		0.07	40.21
Colinoso	Ca	0.04	0.19	0.11	0.11	0.04	36.82
	Cb	0.04	0.26	0.12		0.05	41.05
	Lo	0.04	0.23	0.10		0.05	43.95
Planicie	Ta	0.04	0.37	0.17	0.19	0.06	38.97
	Tm	0.08	0.38	0.20		0.08	39.28
	Tb	0.10	0.39	0.21		0.08	39.31

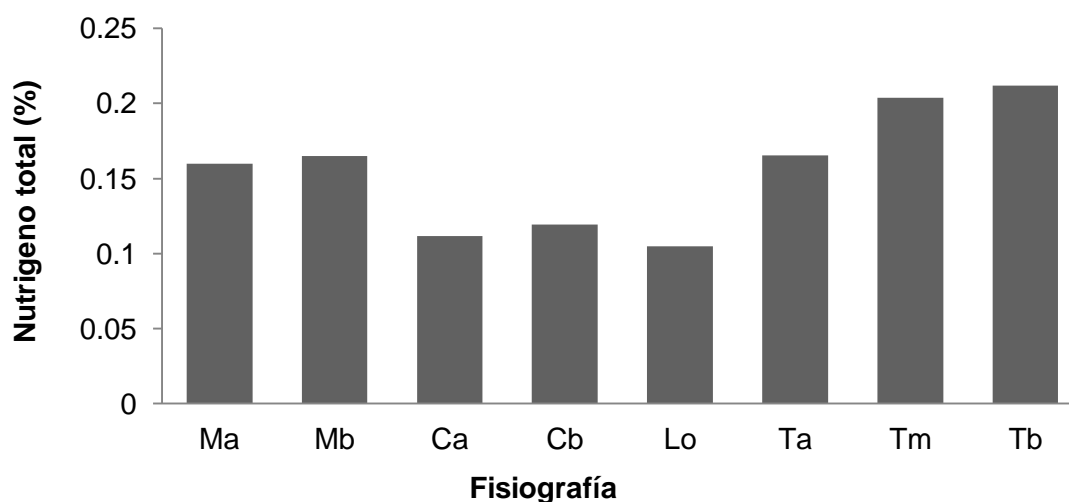


Figura 6. Contenido del nitrógeno total, en las unidades fisiográficas de los suelos de la provincia de Leoncio Prado, obtenido con el método de Kjeldahl.

4.1.6. Contenido de nitrógeno de la materia orgánica de los suelos

El Cuadro 18 que se adjunta en el anexo, muestra los resultados del contenido de nitrógeno total en la materia orgánica para 274 suelos analizados expresado en porcentaje, fluctuando desde 2.74 a 10.92 %, con un valor medio de 5.714 %, este resultado se aproxima con la recomendación generalizada que indica que la materia orgánica tiene 5 % de nitrógeno total, según JACKSON (1964), es posible obtener una idea general del contenido total de nitrógeno en un suelo a partir del contenido en materia orgánica del mismo ($M.O \times 0.05 = N$), del mismo modo PRIMO (1973), indica que el contenido promedio de nitrógeno de la materia orgánica del suelo es de 5 % aproximadamente, variando generalmente entre el 4 y 6 %. Sin embargo encontraron valores de 7 y 11 % para casos particulares de suelos de Costa y Sierra del Perú (QUEVEDO. s/f), al respecto ETCHEVERS (2003), menciona que la materia orgánica del suelo, contiene de 5 a 6 % de nitrógeno.

Quedando claro que el factor es muy variable y se explicaría por la característica en común que tienen todos los suelos: son anisotrópico (JENNY, 1941). Este factor aproximado se encuentra sometido a grandes variaciones cuando se aplican a suelos de tipos diferentes (JACKSON, 1964; PRIMO, 1973; ETCHEVERS, 2003), Si considero que el nitrógeno orgánico representa el 95 % del nitrógeno total (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987), entonces el contenido de nitrógeno orgánico en la materia orgánica sería 5.4 %, para los suelos de la Provincia de Leoncio Prado.

a.) Contenido promedio del nitrógeno total en la materia orgánica, en los suelos montañosos

El Cuadro 8 muestra los resultados del contenido promedio del nitrógeno total en la materia orgánica de los suelos de montaña alta. El contenido promedio de nitrógeno total en la materia orgánica de los suelos de montaña alta es 6.14 %, fluctuando de 4.29 a 8.98%. En los suelos de montaña baja este valor fluctuó de 3.47 a 8.69 % con un promedio de 5.70 %, este valor similar al resto de las unidades fisiográficas (Mb, Ca, Cb, Lo, Ta, Tm, Tb) tal como se observa en la Figura 7. El contenido promedio de nitrógeno total de la materia orgánica de los suelos del gran paisaje montañoso es 5.92 %, este valor es mayor en relación a las demás paisajes, sin embargo no existiría diferencias significativas numéricamente. El mayor contenido de nitrógeno en la materia orgánica en este paisaje se explicaría por su menor contenido de materia orgánica en relación a su contenido nitrógeno total. Este resultado no concuerda además es mayor (5.92 %) que el valor de la recomendación universal que indica que la materia orgánica tiene 5 % de nitrógeno total.

b.) Contenido de nitrógeno total de la materia orgánica en los suelos colinosos

El Cuadro 8 muestra los resultados del contenido del nitrógeno total en la materia orgánica de los suelos de colina alta que fluctuó de 3.10 a 8.28 % con un promedio de 5.47 %, en los suelos de colina baja fluctuó de 2.93 a 7.85 % con un promedio de 5.52 % y en los suelos de lomada fluctuó de 2.74 a 8.14 % con un promedio 5.53 %, el valor más bajo es para los suelos de colina alta, sin embargo los valores son similares y no muestra diferencias significativa numérica.

La Figura 7 muestra que los suelos del gran paisaje colinoso tienen el contenido más bajo de nitrógeno total en relación a los demás paisajes, esto se explicaría por la característica que tienen estos suelos, son ácidos con poca vegetación y malas prácticas agrícolas. Los suelos colinosos y de lomadas son resultado de la degradación prolongada e intensiva de anteriores pie de monte y antiplanicies, o por la degradación extrema (senil) de una antigua elevaciones (VILLLOTA, 1992). También estaría influenciado por el material parental que dio origen, DONAHUE *et al.*, (1981) Indican que algunos suelos ácidos se forman de materiales parentales ácidos. Debe considerarse la pérdida del N inorgánico. En suelos de México FLORES *et al.*, (2008) encontró que la pérdida total de N inorgánico (NO_3^-) y (NH_4^+), era de importancia.

También debe considerarse que el contenido de nitrógeno en el suelo es variable influenciado por las lluvias y sequías. SÁNCHEZ (1981), explica que los suelos tropicales presentan contenidos de N inorgánico que fluctúa estacionalmente, así en la estación seca se reduce y en la estación húmeda se incrementa el nitrato.

C.) Contenido promedio del nitrógeno total de la materia orgánica en los suelos de planicie

El Cuadro 8 muestra el contenido del nitrógeno total en la materia orgánica de los suelos de planicie. El contenido promedio de nitrógeno total en la materia orgánica de los suelos de terraza alta fluctuó de 4.37 a 10.42 % con un promedio de 5.72 %, en terraza media fluctuó de 4.29 a 8.34 % con un promedio de 5.96 %, y en los suelos de terraza baja fluctuó de 4.29 a 7.37 % con un promedio 5.66 %.

En la Figura 7 se observa que el valor promedio más bajo corresponde a los suelos de terraza baja, y el valor medio más alto a los suelos de terraza media, sin embargo no existiría diferencia significativa numéricamente entre estos valores ya que son similares. El contenido promedio del nitrógeno en la materia orgánica del gran paisaje planicie es 5.78 % menor que en los suelos montañosos (5.92 %) sin embargo tampoco existiría diferencia significativa numérica, por lo tanto no sería indispensable realizar un modelo discreto de variabilidad espacial en función a las unidades fisiográficas para los suelos de la provincia para este estudio, esto se explicaría como la existencia de una variabilidad mínima de las condiciones edáficas, climáticas y antrópica.

Según USDA (2010), citado por MORENO (2012) el suelo se encuentra ampliamente distribuido en la superficie de la tierra, por lo tanto se le considera un continuo. Según MORENO (2012), ROSSETIER (2000) el suelo en sí mismo se encuentra ampliamente distribuido y no es necesario discretizar

Cuadro 8. Contenido promedio del nitrógeno total (Kjeldahl), en la materia orgánica en las unidades fisiográficas de los suelos de Leoncio Prado.

Fisiografía		N total (%) en la M.O			D.ES	C.V	
		Límite inferior	Límite superior	Promedio			
Montañoso	Ma	4.29	8.98	6.14	5.92	1.49	24.26
	Mb	3.47	8.69	5.70		1.40	24.67
Colinoso	Ca	3.10	8.28	5.47	5.50	1.47	26.80
	Cb	2.93	7.85	5.52		1.37	24.76
	Lo	2.74	8.14	5.53		1.42	25.70
Planicie	Ta	4.37	10.42	5.72	5.78	1.41	24.58
	Tm	4.29	8.34	5.96		1.22	20.43
	Tb	4.29	7.37	5.66		0.77	13.62

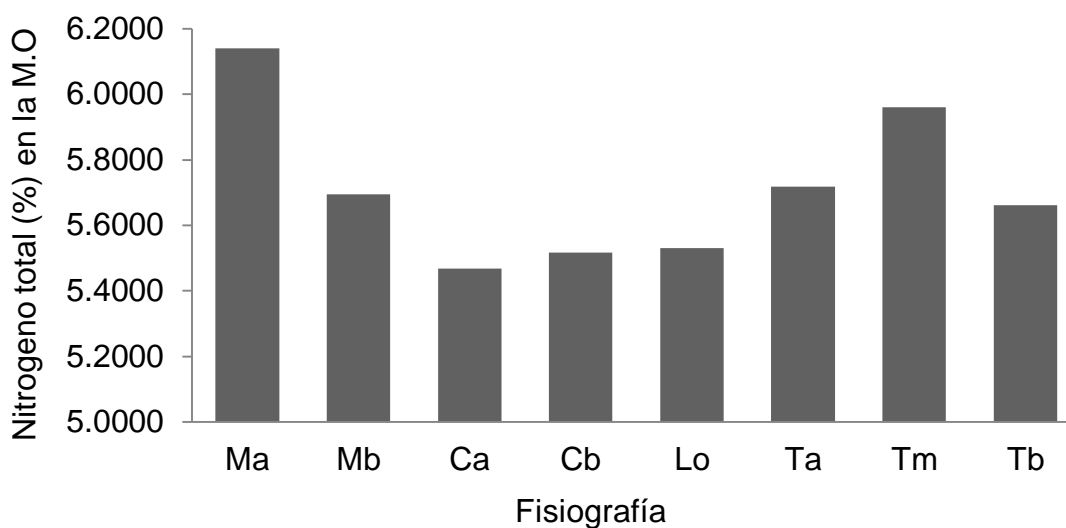


Figura 7. Nitrógeno total en la materia orgánica de los suelos, en las unidades fisiográficas.

4.1.7. Fósforo

El Cuadro 16 adjunto al anexo muestra el contenido de fosforo disponible para 274 muestras de suelos que fluctuó de 2.20 a 15.47 ppm, con un promedio de 6.26 ppm, clasificándose como bajos (188 suelos), medio (151 suelos), y altos (21 suelos). Predominando el contenido bajo que representa el 68.6 % seguido el contenido medio que representa 31 % y alto 0.4 %. El contenido de fosforo es influenciado por el pH y concentraciones de aluminio, el fosforo se encuentra más disponible en suelos con pH entre 6 y 7.5

4.1.8. Potasio disponible

El contenido de potasio disponible de 274 muestras de suelos, fluctuó desde 72.88 a 634.7 kg/ha, con un promedio de 262.2 kg/ha. Según los niveles propuestos por la Universidad Nacional Agraria La Molina, las muestras se interpretan como: bajos (180 suelos), medios (90 suelos) y altos (4 suelos), los contenidos bajos de potasio se deben principalmente a la pérdida por percolación y por la no restitución de la materia orgánica.

4.1.9. Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe)

Para los suelos con pH mayor a 5.5 la CIC es estimada por la suma de cationes cambiabiles (Ca, Mg, Na, K), extraídos con acetato de amonio 1N pH 7.0 la CIC para estos suelos fluctuó de 13.37 meq/100 hasta 2.10 meq/100 con un promedio de 7.65 meq/100. Para los suelos con pH menor a 5.5 la CIC es estimada por la suma de cationes cambiabiles (Ca. Mg. Al. H) extraídos con KCl 1N (CIC efectiva). La capacidad efectiva de intercambio catiónico promedio fue 6.26 meq/100, con rangos entre 2.10 meq/100 a 15.53 meq/100. Se necesita un CICe de por lo menos 4 meq/100, para retener la mayoría de los cationes contra la lixiviación (SÁNCHEZ, 1981).

4.1.10. Cationes cambiabiles

El valor de las bases cambiabiles fluctuó entre 6.41 y 100 % con un valor promedio de 65.57 %. La saturación de aluminio vario de 1.013 a 75.57 % considerándose los valores más altos como un factor limitante para la obtención de altos rendimientos de los cultivos. La acidez cambiabile fluctuó de 2.87 hasta 93.59 % con un promedio de 26.45 %.

4.1.11. Distribución espacial de la fertilidad de los suelos de la provincia de Leoncio Prado

Basado, principalmente, en el modelo continuo de variación espacial, donde se considera al suelo como un continuo, es decir, se considera que el suelo se encuentra ampliamente distribuido en la superficie terrestre, se elaboró un mapa de distribución espacial en función a su fertilidad química.

La Figura 8 muestra la distribución espacial de la fertilidad de los suelos, obtenido a partir del mapa base por puntajes sin reagruparlos y sin considerar los rangos propuestos por el IGAC (1995), este mapa muestra 5 niveles (colores) o puntajes obtenidos. El color verde oscuro corresponde a suelos con mayor puntaje (5.60 – 6.80) y serían los mejores suelos de la provincia suponiéndose una fertilidad muy alta. El color verde claro pertenece a los suelos que obtuvieron puntajes de 5.04 a 5.59 y serían buenos suelos suponiéndose su fertilidad como alta. El color amarillo corresponde a los suelos que obtuvieron puntajes de 4.51 a 5.03 y se calificaría como suelos de fertilidad media. El color marrón claro corresponde a los puntajes de 4.06 a 4.50 y no ofrecerían buenas características y podría calificarse como suelos de fertilidad baja.

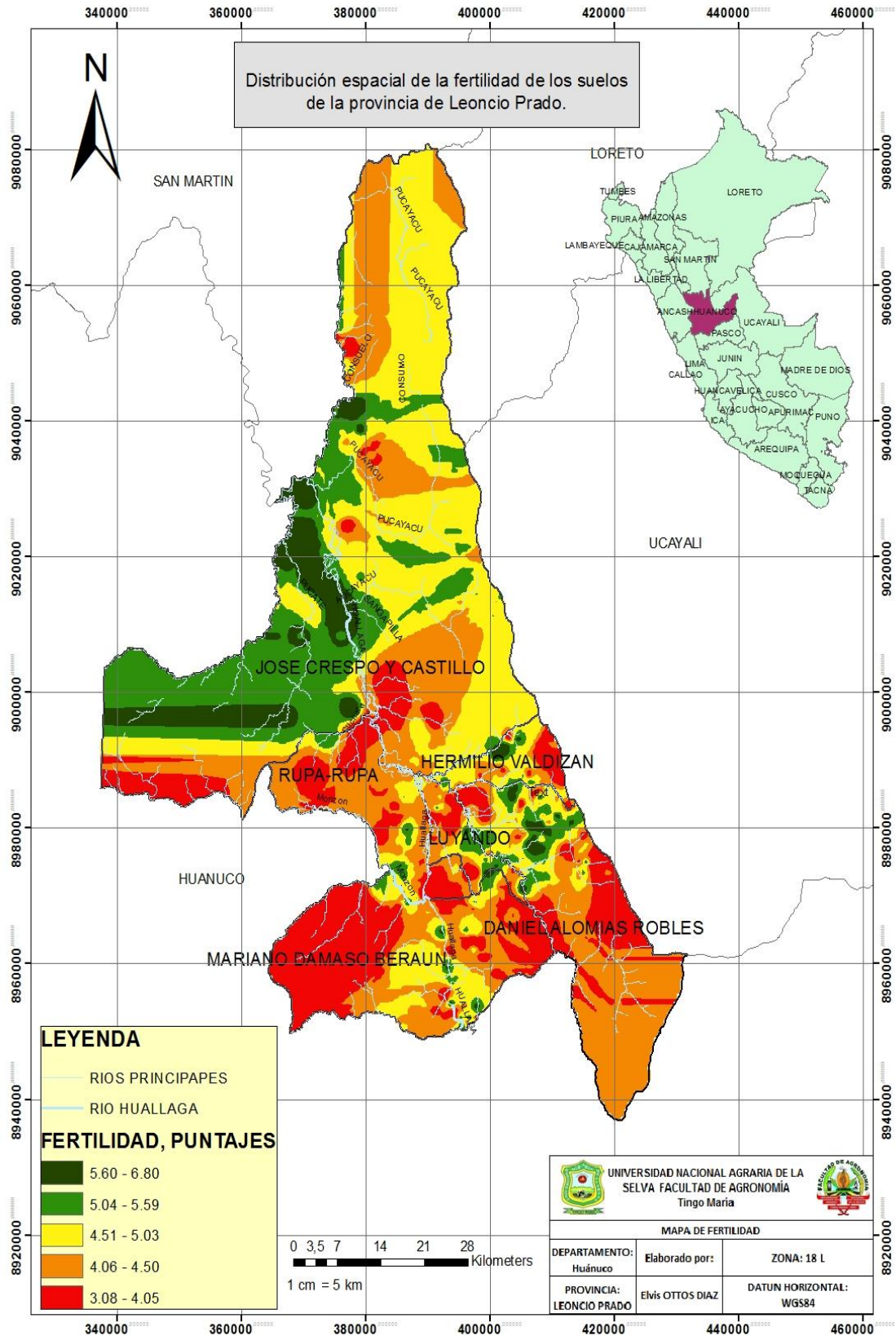


Figura 8. Distribución espacial de la fertilidad de los suelos de la provincia de Leoncio Prado, en base a los puntajes obtenidos.

El color rojo corresponde a los suelos con puntajes más bajos de 3.08 a 4.05 y se interpretaría como suelos de fertilidad muy baja. En el margen izquierdo del río Huallaga en José Crespo y Castillo se encuentran los mejores suelos respecto a la provincia de Leoncio Prado, estos suelos tienen fertilidad muy alta y alta. En el distrito de Rupa Rupa es predominante los suelos de fertilidad muy baja, baja, también se encuentran suelos con fertilidad media y alta pero en menor cantidad, confiriéndole malas características agronómicas.

La Figura 19 junto al anexo, muestra la distribución espacial de la fertilidad de los suelos de la provincia Leoncio Prado, que se elaboró a partir de mapa por puntajes reclasificándolo de acuerdo a los rangos propuestos por el IGAC (1995), este mapa muestra 4 colores. El color rojo (puntaje: 6.7- 8.4) se califica como suelos fertilidad alta, el color celeste (puntaje: 5.1 - 6.7) califica como suelos de fertilidad moderada, el color amarillo (puntaje: 3.6 - 6.1) califica como suelos de fertilidad baja, el color azul (puntaje: < 3.6) califican como suelos de fertilidad muy baja. No se encontraron suelos con puntajes mayores de 8.4 por lo tanto no habrían suelos con fertilidad muy alta.

4.2. Correlación y regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total

En la Figura 9 se observa la recta de regresión y la distribución del contenido de la materia orgánica y nitrógeno total, de 274 suelos analizados. El Cuadro 9, muestra el ANVA de regresión lineal simple de los suelos de Leoncio Prado, donde se observa que existe una alta asociación entre estas dos variables existiendo una relación directa (positiva) entre el contenido de materia orgánica (carbono orgánico) y nitrógeno total. La ecuación de regresión

que mejor se ajusta a los valores evaluados es lineal ($y = 0.0511 X_{(\%M.O)} + 0.0123$), de acuerdo a este modelo matemático y al coeficiente de regresión, por cada unidad que se incrementa en la materia orgánica, se verá afectada el nitrógeno total incrementándose en 0.0511%.

El doctor Félix Quevedo (sin publicar), por referencia del ingeniero Mansilla encontró en el Perú ecuaciones de regresión lineal para suelos de costa $y = 0.181 + 0.0591 X_{(\%M.O)}$, y para suelos de sierra del Perú $y = 0.0569 + 0.0522 X_{(\%M.O)}$. De acuerdo a estas ecuaciones, para los suelos de costa por cada unidad que se incremente en la materia orgánica. el contenido de nitrógeno se incrementara en un 0.0569 %. En los suelos de sierra por cada unidad que se incremente de materia orgánica el nitrógeno se incrementara en un 0.052%. SANZ *et al.*, (1975) en España encontraron ecuaciones para suelos de regadío $y = 0.1123 + 0.0268X$ ($r=0.875$), y para suelos secano $y = 0.1105 + 0.0116X$ ($r=0.923$).

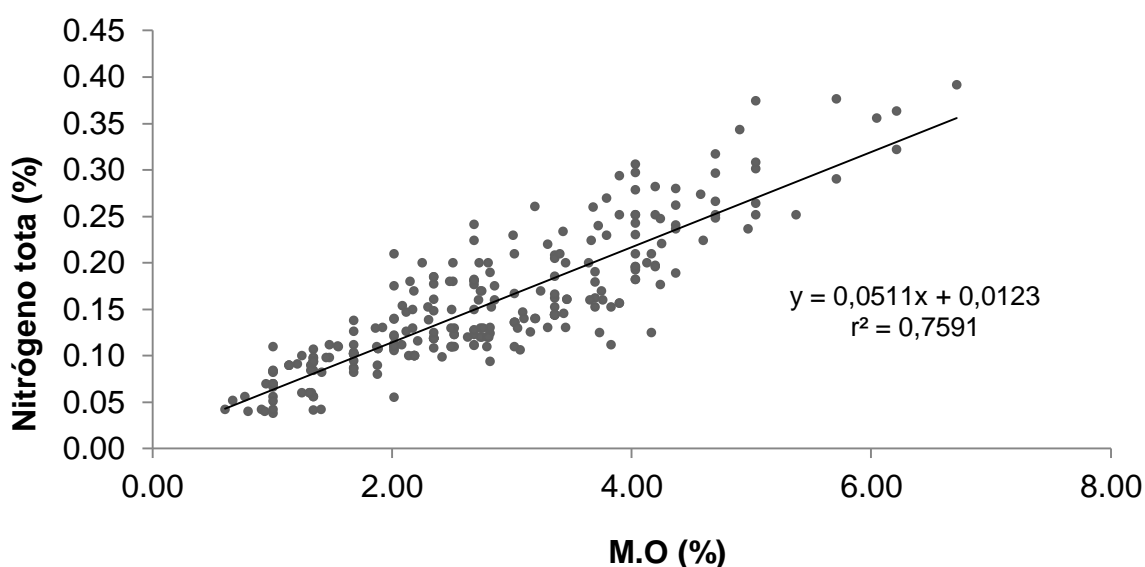


Figura 9. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de la provincia de Leoncio Prado.

Correlacionando las variables materia orgánica y nitrógeno total de las muestras de suelos analizadas (274), de la provincia de Leoncio prado, se obtuvo el coeficiente de determinación $r^2 = 0.7591$, el cual significa que el 75.91 % de la variación del nitrógeno extraído con el método Kjeldahl, puede ser atribuida al contenido de materia orgánica en estos suelos. El valor del índice de correlación (r) entre la materia orgánica y el nitrógeno total es $r = 0.8713^{**}$, por lo tanto existió una correlación significativa alta entre el contenido de materia orgánica y nitrógeno total, este valor se aproxima al hallado por SANZ *et al.*, (1975) para un total de 295 suelos de España que fue $r = 0.923$ y $r^2 = 0.852$. Sin embargo, el doctor Félix Quevedo encontró valores de $r = 0.811$ y $r^2 = 0.658$ para suelos de costa y $r = 0.846$. $r^2 = 0.716$ para suelos de sierra del Perú.

Cuadro 9. ANVA, de regresión lineal simple, de los suelos de Leoncio Prado.

F. Var	GI	SC	CM	FC	F Tab	
					0.01	0.05
Regresión	1	1.0300	1.0300	854.018 ^{**}	6.73-3.88	
Residual	272	0.3280	0.0012			
Total	273	1.3580				

a Variables predictoras: (Constante). Materia Orgánica (%)

b Variable dependiente: Nitrogeno Total (%).

a.) Correlación general y regresión múltiple de los suelos de la provincia de Leoncio prado

Con el propósito de evaluar la variable edafológica que más influye en el contenido de la materia orgánica, se realizó la correlación general con los resultados del análisis de caracterización (Arena, Limo, Arcilla, pH, O, P, K₂O, CIC, Ca, Mg, Na, K, Al, H) cuyos índices de correlación se muestran en

el Cuadro17 que se adjunta en el anexo, donde se observa que la materia orgánica correlaciona significativamente con la Arena, Arcilla, pH, P, K₂O, CIC, Ca, Mg, K, Na, Al, H, Considerando estas 12 variables que correlacionan se evaluó un modelo matemático a través la regresión lineal múltiple, obteniéndose el coeficiente de determinación ($r^2 = 0.17$) y el coeficiente de correlación ($r = 0.41$). El Cuadro 10 muestra el ANVA de análisis de regresión lineal múltiple sustentando así la existencia de la relación controlada por la ecuación aditiva lineal; M.O (%) = 1.435 + 0.002(P₂O₅) + 0.138(K₂O) - 0.130(Al), siendo las variables predictores él, fosforo, potasio, aluminio y la constante, por lo tanto estas tres variables influyen en el contenido de la materia orgánica en los suelos, del cual el aluminio es la variable edafológica que afecta negativamente el contenido de la materia orgánica en los suelos de la provincia de Leoncio prado.

Cuadro 10. ANVA, de regresión lineal múltiple, de los suelos de Leoncio Prado

F. Var	GI	SC	CM	FC	F Tab	
					0.01	0.05
Regresión	3	67.131	22.377	18.432**	0.0012	
Residual	270	327.794	1.214			
Total	273	394.925				

Variables predictoras: (Constante), K₂O, P, Al
Variable dependiente: M.O (%)

4.2.1. Correlación entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos montañosos

En la Figura 10, se observa la recta de regresión y la distribución del contenido de la materia orgánica y nitrógeno total, de los suelos de montaña alta, existiendo una relación directa entre el contenido de materia orgánica y nitrógeno total, la ecuación de regresión que mejor se ajusta a los

valores evaluados es lineal ($y=0.048X_{(\%M.O)}+0.0307$), de acuerdo a esta ecuación por cada unidad que se incrementa en la materia orgánica, se verá afectada el nitrógeno total incrementándose en 0.048%.

Se obtuvo el coeficiente de determinación $r^2=0.66$ el cual significa que el 66.24 % de la variación del nitrógeno extraído con el método Kjeldahl puede ser atribuida al contenido de materia orgánica en estos suelos. El valor del índice de correlación (r) entre la materia orgánica y el nitrógeno total de los suelos de montaña alta es $r= 0.8138^{**}$ este valor indica un grado de asociación muy alto, este valor es mayor que el de montaña baja ($r = 0.8018$), y menor que los demás (Ca, Cb, Ta, Tm, Tb) estos valores se muestran en el Cuadro 8.

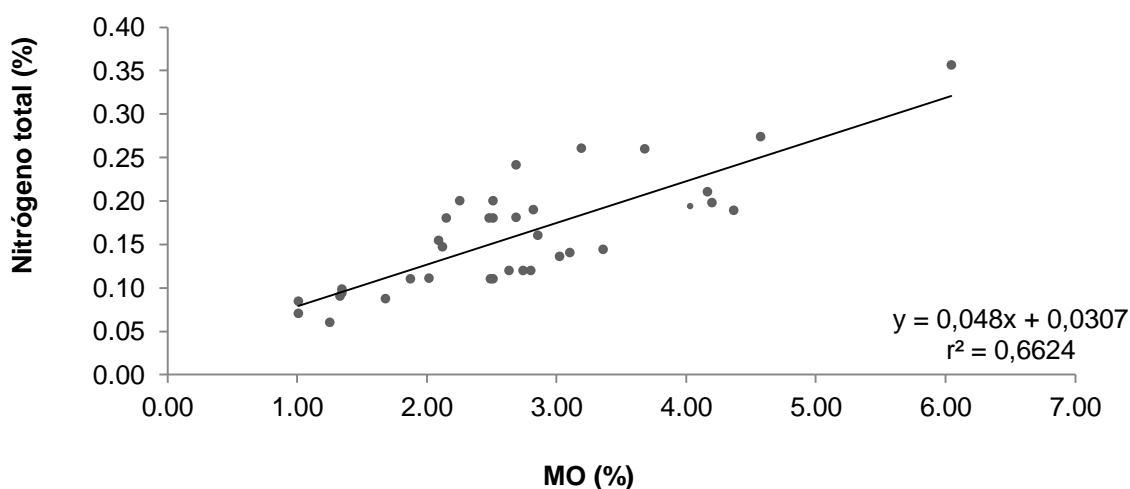


Figura 10. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de montaña alta.

En la Figura 11 se observa la recta de regresión y la distribución del contenido de la materia orgánica y nitrógeno total, de los suelos de montaña baja, existiendo una relación directa entre el contenido de materia orgánica y nitrógeno total. La ecuación de regresión que mejor se ajusta a las

variables evaluados es lineal ($Y = 0.0477X_{(\%M.O)} + 0.0227$), de acuerdo a esta ecuación por cada unidad que se incrementa en la materia orgánica, se verá afectada el nitrógeno total incrementándose en 0.0477 %. El Cuadro 12 muestra el coeficiente de determinación para los suelos de montaña baja, es $r^2 = 0.6803$, el cual significa que el 68.03% de la variación del nitrógeno total extraído con el método Kjeldahl puede ser atribuida al contenido de la materia orgánica en estos suelos. El valor del índice de correlación (r) entre la materia orgánica y el nitrógeno total es $r = 0.8248^{**}$ este valor indica un grado de asociación muy alto, siendo este valor (r) mayor que el de montaña alta, colina alta, colina baja y menor que el resto (Ta, Tm, Tb).

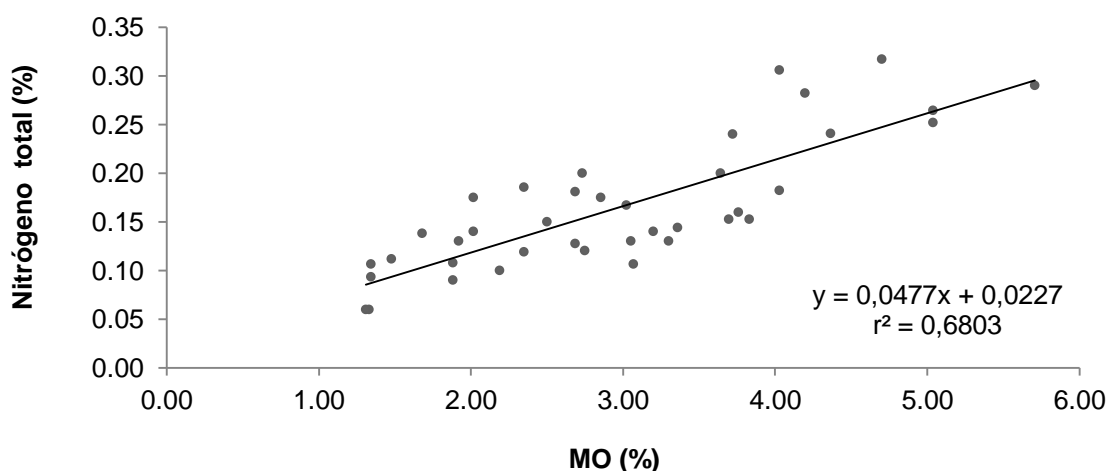


Figura 11. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de montaña baja.

a. Correlación general y regresión múltiple de los suelos montañosos

Para determinar la variable que más influye en el contenido de la materia orgánica en los suelos montañosos, se realizó la correlación general con los resultados del análisis de caracterización que corresponden al gran paisaje montañoso (Arena, Limo, Arcilla, pH, M.O, NT, P_2O_5 , K_2O , CIC,

Ca, Mg, Na, K, Al, H, ClCe), cuyos índices de correlación se muestran en el Cuadro 17 que se adjunta en el anexo, donde se observa que existe una correlación significativa entre la materia orgánica y la Arena, Arcilla, pH, P₂O₅, K₂O, ClC, Ca, Mg, K, Na, Al, H, Considerando estas 12 variables que correlacionan se evaluó un modelo matemático a través la regresión lineal múltiple, el índice de correlación es (r = 0.47) y el coeficiente de determinación (r²= 0.22). El Cuadro 11 muestra el ANVA de análisis de regresión lineal múltiple sustentando así la existencia de la relación controlada por la ecuación aditiva lineal; M.O (%) = 2.429-0.374(Al) + 0.021(Arena), siendo las variables predictoras él aluminio y arena. El aluminio afecta negativamente el contenido de la materia orgánica en los suelos montañosos, el efecto de la arena se debería a que estos suelos están formándose a partir de las rocas por interperismo físicos, químicos dando origen en estos suelos a partir de partículas grandes que influirían más en el contenido de la materia orgánica.

Cuadro 11. ANVA, de regresión lineal múltiple, de los suelos montañosos de Leoncio prado.

Modelo	GL	SC	CM	F	Sig.
Regresión	2.000	21.101	10.551	10.436	0.000105
Residual	72.000	72.793	1.011		
Total	74.000	74.000			

Variables predictoras: (Constante), Al, Arena
Variable dependiente: M.O

4.2.2. Correlación entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos colinosos

En la Figura 12 se observa la recta de regresión y la distribución del contenido de la materia orgánica y nitrógeno total, de los suelos de colina

alta, existiendo una relación directa entre el contenido de materia orgánica y nitrógeno total, la ecuación de regresión que mejor se ajusta a los valores evaluados es lineal ($y = 0.0366X_{(\%M.O)} + 0.033$), de acuerdo a esta ecuación por cada unidad que se incrementa en la materia orgánica, se verá afectada el nitrógeno total, incrementándose en 0.0366 %.

En el Cuadro 13 se observa el coeficiente de determinación $r^2=0.6429$, el cual significa que el 64.29 % de la variación del nitrógeno de los suelos colina alta extraído con el método Kjeldahl puede ser atribuida al contenido de materia orgánica en estos suelos. El valor del índice de correlación (r) entre la materia orgánica y el nitrógeno total de los suelos de colina alta es $r= 0.8018^{**}$, este valor indica un grado de asociación muy alto, siendo el valor más bajo respecto a los demás.

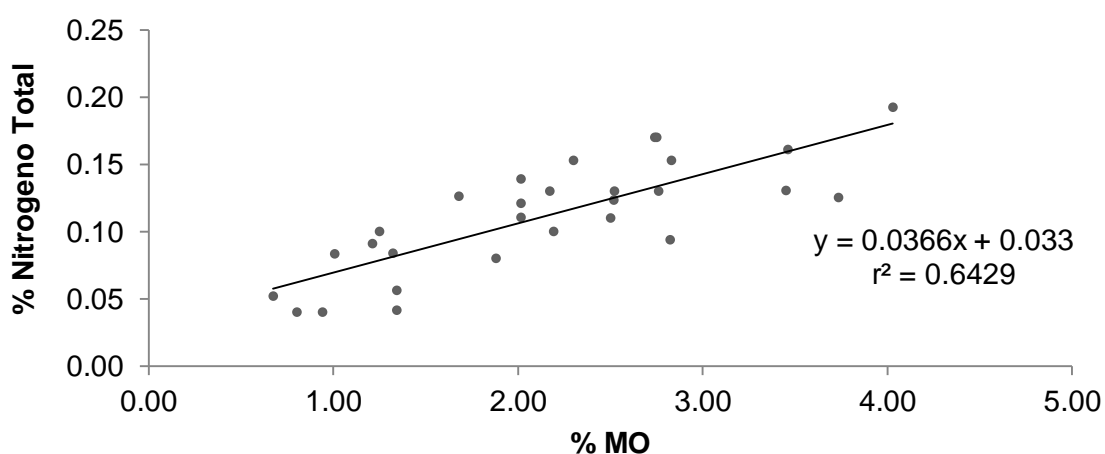


Figura 12. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de colina alta.

En la Figura 13 se observa la recta de regresión y la distribución del contenido de la materia orgánica y nitrógeno total, de los suelos de colina baja, existiendo una relación directa entre el contenido de materia orgánica y nitrógeno total, la ecuación de regresión que mejor se ajusta a los valores

evaluados es lineal ($y = 0.0377X_{(\%M.O)} + 0.0331$), de acuerdo a esta ecuación por cada unidad que se incrementa en la materia orgánica, se verá afectada el nitrógeno total, incrementándose en un 0.0377%.

El Cuadro 13 muestra el coeficiente de determinación para los suelos de colina baja. $r^2=0.6795$, el cual significa que el 67.95 % de la variación del nitrógeno total de los suelos de colina baja extraído con el método Kjeldahl puede ser atribuida al contenido de materia orgánica en estos suelos. El valor del índice de correlación (r) entre la materia orgánica y el nitrógeno total es $r= 0.8243^{**}$, este valor indica un grado de asociación muy alto, este valor es mayor que el de montaña alta ($r=0.8139$), colina alta (0.8018) y lomada (8212), y menor que el de montaña baja ($r=0.8248$), terraza alta ($r=0.8312$), terraza media ($r=0.8950$) y terraza baja ($r=0.9449$).

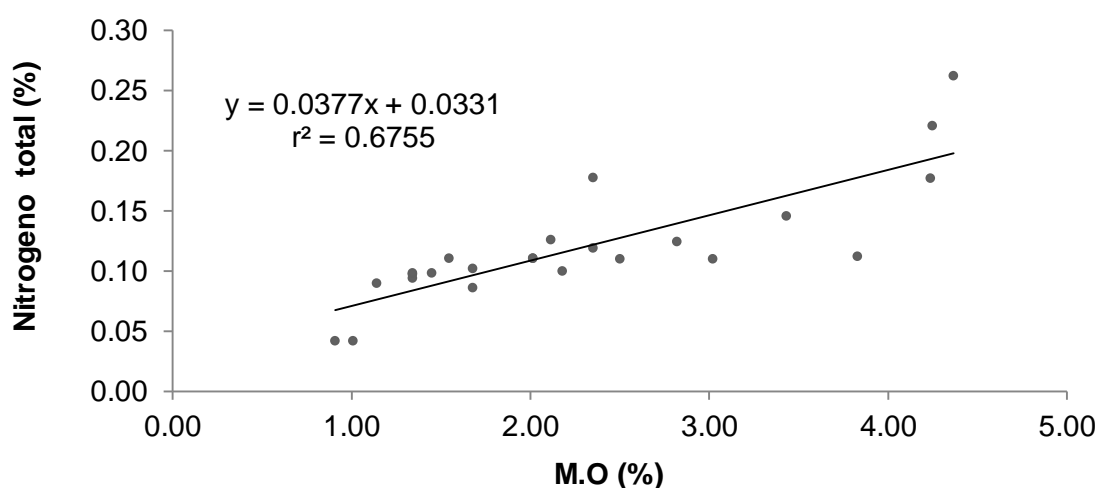


Figura 13. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de colina baja.

En la Figura 14, se observa la recta de regresión y la distribución del contenido de la materia orgánica y nitrógeno total, suelos de lomada, existiendo una relación entre el contenido de materia orgánica y nitrógeno

total, la ecuación de regresión que mejor se ajusta a las variables evaluados es lineal ($y=0.0389X_{(\%M.O)}+0.0266$), de acuerdo a este modelo matemático y al índice de correlación, por cada unidad que se incrementa la materia orgánica, se verá afectada el nitrógeno total, incrementándose en 0.0389%.

El Cuadro 13, muestra el coeficiente de determinación para los suelos de lomada. $r^2=0.6744$, el cual significa que el 67.44% de la variación del nitrógeno extraído con el método Kjeldahl puede ser atribuida al contenido de materia orgánica en estos suelos. El valor del índice de correlación (r) entre la materia orgánica y el nitrógeno total de los suelos de lomada es $r= 0.8212^{**}$ este valor indica un grado de asociación muy alto, siendo mayor que los suelos de montaña alta ($r=0.8139$), colina alta ($r=0.8018$) y menor que el resto.

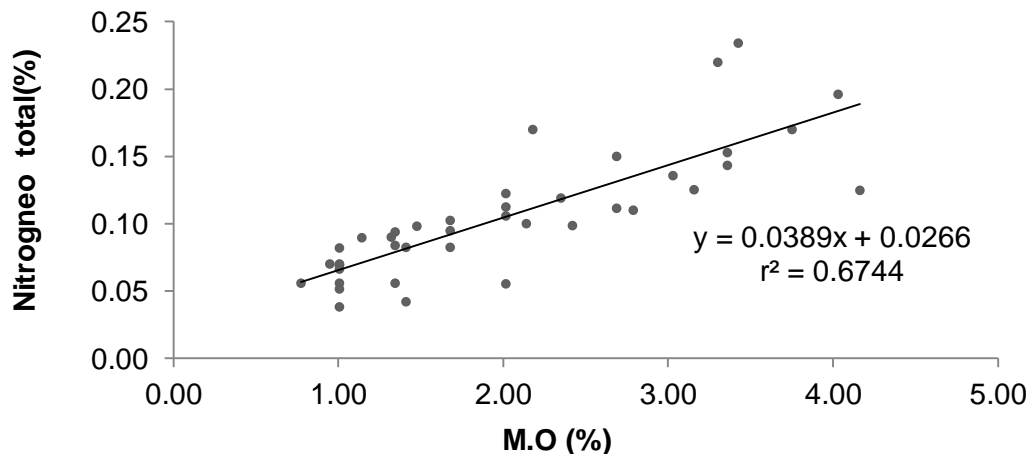


Figura 14. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de lomada.

a. Correlación general y regresión múltiple de los suelos colinosos

Para determinar la variable edafológica que más influye en el contenido de la materia orgánica en los suelos colinosos, se realizó la correlación general con los resultados del análisis de caracterización que

corresponden al gran paisaje colinoso (Arena, Limo, Arcilla, pH, M.O, NT, P₂O₅, K₂O, CIC, Ca, Mg, Na, K, Al, H, ClCe), cuyos índices de correlación se muestran en el Cuadro 17 que se adjunta en el anexo, donde se observa que existe una correlación significativa entre la materia orgánica y el calcio. Considerando esta variables (Ca), se evaluó un modelo matemático a través la regresión lineal simple, el coeficiente de correlación es (r=0.22) y coeficiente de determinación (r²=0.05). El Cuadro 12 muestra el ANVA de análisis de regresión lineal múltiple, sustentando así la existencia de la relación controlada por la ecuación aditiva lineal; M.O (%) = 1.844 + 0.109 (Ca), siendo la variable predictor a él calcio. por lo tanto esta variables influyen en el contenido de la materia orgánica en los suelos colinosos de la provincia de Leoncio prado.

Cuadro 12. ANVA, de regresión lineal múltiple, de suelos colinosos de la provincia de Leoncio Prado.

Modelo	GL	SC	CM	FC	Sig. 0.01
Regresión	1.0000	4.4373	4.4373	4.8889	0.0295
Residual	92.0000	83.5023	0.9076		
Total	93.0000	87.9397			

Variable predictor a: (Constante), Ca
Variable dependiente: M.O

4.2.3. Correlación entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de planicie.

En la Figura 15 se observa la recta de regresión y la distribución del contenido de la materia orgánica y nitrógeno total. de los suelos de terraza alta, existiendo una relación directa entre el contenido de materia orgánica y nitrógeno total, la ecuación de regresión que mejor se ajusta a los valores

evaluados es lineal ($y = 0.0493X_{(\%M.O)} + 0.0185$), de acuerdo a este modelo matemático y al coeficiente de regresión, por cada unidad que se incrementa en la materia orgánica, se verá afectada el nitrógeno total, incrementándose en 0.0493%, por lo tanto se podría emplear esta ecuación para predecir el contenido del nitrógeno total a partir de los resultados de la materia orgánica para los suelos de planicie.

El Cuadro 13, muestra el coeficiente de determinación para los suelos de terraza alta. $r^2=0.6909$, el cual significa que el 69.09% de la variación del nitrógeno extraído con el método Kjeldahl puede ser atribuida al contenido de materia orgánica en estos suelos. El valor del índice de correlación (r) entre la materia orgánica y el nitrógeno total es $r= 0.8312^{**}$, este valor indica un grado de asociación muy alto, siendo este valor mayor que los resultados obtenidos para montaña alta ($r=0.8139$), montaña baja ($r=0.8248$), colina alta (0.8018), colina baja ($r=0.8219$), lomada ($r=0.8212$), y menor que terraza media ($r=0.8950$) y terraza baja ($r=0.9440$).

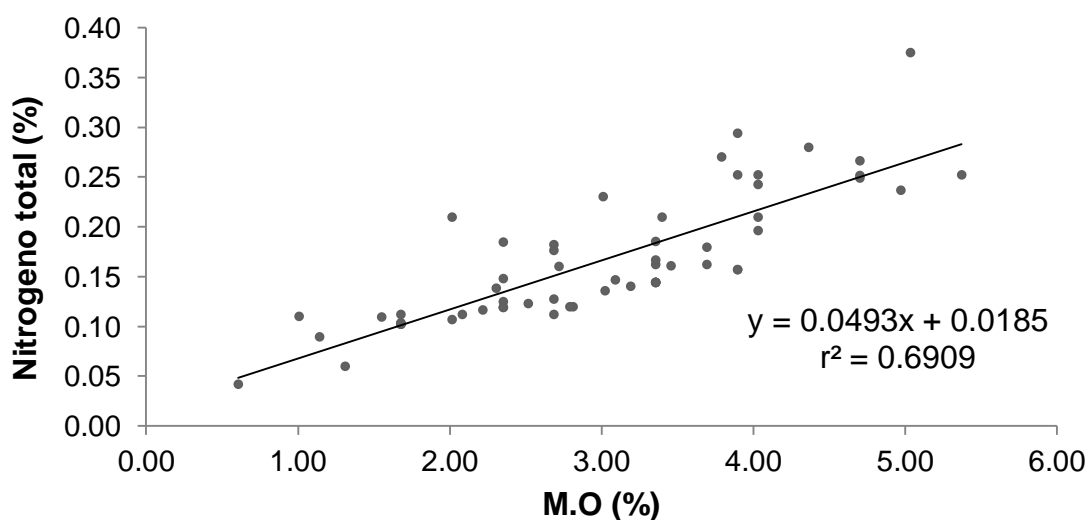


Figura 15. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de terraza alta.

En la Figura 16, se observa la recta de regresión y la distribución del contenido de la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de terraza media, existiendo una relación directa entre el contenido de materia orgánica y nitrógeno total, la ecuación de regresión que mejor se ajusta a los valores evaluados es lineal ($y = 0.062x - 0.0094$), de acuerdo a este modelo matemático y al coeficiente de regresión por cada unidad que se incrementa en la materia orgánica, se verá afectada el nitrógeno total, incrementándose en 0.062%.

El Cuadro 13 muestra el coeficiente de determinación para los suelos de terraza alta. $r^2=0.8011$, el cual significa que el 80.11% de la variación del nitrógeno extraído con el método Kjeldahl puede ser atribuida al contenido de materia orgánica en estos suelos. El valor del índice de correlación (r) entre la materia orgánica y el nitrógeno total de los suelos de terraza alta es $r = 0.8950^{**}$, este valor indica un grado de asociación muy alto, siendo menor que el de los suelos de terraza media ($r=0.8950$) y terraza baja ($r= 0.9440$), pero mayor que los demás.

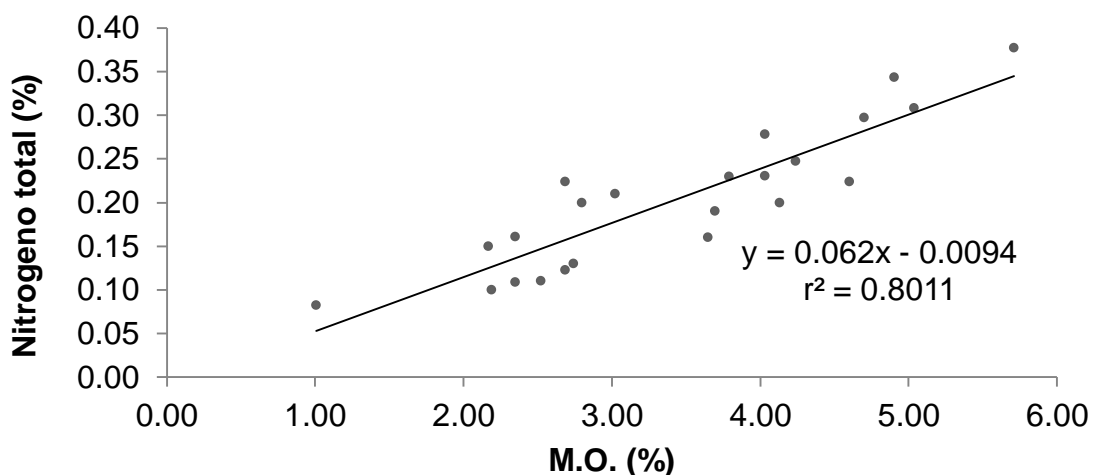


Figura 16. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de terraza media.

En la Figura 17 se observa la recta de regresión y la distribución del contenido de la materia orgánica y nitrógeno total, de los suelos de terraza baja, existiendo una relación directa entre el contenido de materia orgánica y nitrógeno tota. La ecuación de regresión que mejor se ajusta a los valore evaluados es lineal ($y = 0.0569X_{(\%M.O)} - 0.0014$), de acuerdo a este modelo, y al coeficiente de regresión por cada unidad que se incrementa en la materia orgánica, se verá afectada el nitrógeno total, incrementándose en 0.0569%.

El Cuadro 13 muestra el coeficiente de determinación para los suelos de terraza media, $r^2=0.8911$, el cual significa que el 89.11% de la variación del nitrógeno extraído con el método Kjeldahl puede ser atribuida al contenido de materia orgánica en estos suelos. El valor del índice de correlación (r) entre la materia orgánica y el nitrógeno total es $r= 0.94398^{**}$, indicando un grado de asociación muy alto, cercano a la unidad, este valor es el más alto comparado con el resto de las unidades fisiográficas.

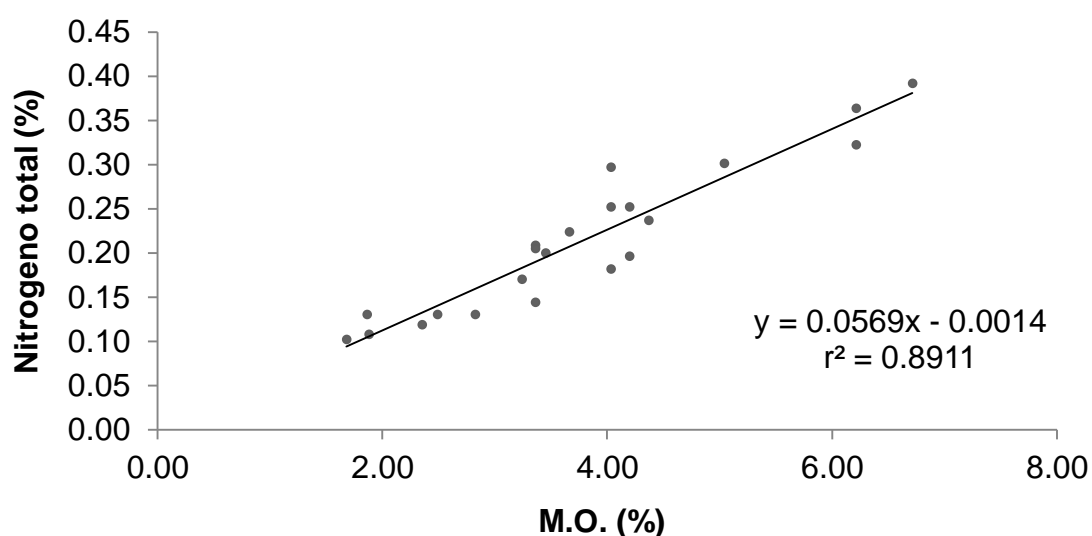


Figura 17. Recta de regresión entre la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de terraza baja.

Cuadro 13. Coeficiente de determinación (r^2), correlación (r) y Coeficiente de regresión (B).

Fisiografía	r^2	r	B	Constante
Ma	0.662	0.814	0.048	0.0307
Mb	0.680	0.825	0.048	0.0227
Ca	0.643	0.802	0.037	0.0330
Cb	0.676	0.822	0.038	0.0331
Lo	0.674	0.821	0.039	0.0266
Ta	0.691	0.831	0.049	0.0185
Tm	0.801	0.895	0.062	0.0094
Tb	0.891	0.944	0.057	0.0014

a. Correlación general y regresión múltiple de los suelos planicie

Para determinar la variable que más influye en el contenido de la materia orgánica en los suelos de gran paisaje planicie, se realizó la correlación general con las variables edafológicas (Arena, Limo, Arcilla, pH, M.O, NT, P_2O_5 , K_2O , CIC, Ca, Mg, Na, K, Al, H, ClCe), cuyos índices de correlación se muestran en el Cuadro 17, donde se observa que la materia orgánica correlaciona con el P, K_2O y Al, Considerando estas 3 variables que correlacionan se evaluó un modelo matemático a través la regresión lineal múltiple. el índice de correlación es ($r=0.29$), y coeficiente de determinación ($r^2=0.083$). El Cuadro 14 muestra el ANVA de análisis de regresión lineal múltiple sustentando así la existencia de la relación controlada por la ecuación aditiva lineal; $M.O (\%) = 2.418 + 0.003 (K_2O)$, quedando solo como variable predictora el potasio, por lo tanto esta variables influyen en el contenido de la materia orgánica en los suelos montañosos de la provincia de Leoncio prado.

Cuadro 14. ANVA, de regresión lineal múltiple, de los suelos de planicie de Leoncio prado.

Modelo	SC	GI	CM	F	Sig.
Regresión	12.579	1.000	12.579	9.428	0.003
Residual	137.434	103.000	1.334		
Total	150.013	104.000			

Variables predictoras: (Constante), K₂O

Variable dependiente: M.O

4.3. Relación entre materia orgánica y nitrógeno total (C/N)

El Cuadro 19 que se adjunta en el anexo muestra los resultados de la relación carbono nitrógeno (C/N) de las 274 muestra de suelos analizados, los valores hallados de la relación C/N fluctuaron desde 5.31 hasta 21.15, con un promedio de 10.75. Este resultado coincide con los hallados por CARBAJAL (2008), quien encontró una relación C/N de 10.41 para suelos tropicales del valle de Alcalá en Colombia. Resultado similar obtuvo ENRRIQUEZ *et al.*, (2014) encontrando una relación de C/N de 10.67 en suelos de Costa Rica.

El resultado obtenido nos indica la existencia de un equilibrio entre el contenido de carbono y el nitrógeno total en el suelo, por consiguiente la mineralización y descomposición es normal. TISDALE y NELSON (1988), citado por DONAHUE (1981) mencionan que una relación C/N entre 10 y 12 es muestra de equilibrio entre mineralización y humificación con su medio ambiente. Demolon (1944), citado por SANZ *et al.* (1975) menciona que la relación entre el carbono de la materia orgánica y el nitrógeno de los suelos que suele tender hacia el equilibrio natural es caracterizado por el valor de 10.

El resultado obtenido se explicaría por la alta humedad y temperatura favorable para la actividad microbiana en los suelo. SÁNCHEZ (1981) menciona que la humedad, pH y la arcilla entre otros controlan esta relación, y que en los suelos tropicales en la época seca la relación C/N se reduce generando un incremento del nitrógeno mineral. También se encontraron algunos valores de relación C/N menores que 5, estos valores bajos indicarían una carencia de materia orgánica o una excesiva mineralización, con una pérdida del equilibrio entre la materia orgánica y el nitrógeno. Esto puede ser a causa de la alta precipitación y alta temperatura, además el tipo de vegetación. También no debe descartarse aplicaciones de fertilizantes nitrogenados de origen sintético y posibles errores en el análisis, esto durante la titulación.

La disponibilidad de equipos automatizados de mayor precisión minimizarían los posibles errores. Sin embargo algunos suelos presentaron alta relación C/N. esto se explicaría por presencia de vegetales ricos en lignina. que se acumula por la alta acides del suelo y la textura arcillosa. PRIMO (1973), DONAHUE *et al.*, (1981), SÁNCHEZ (1981) describen que residuos vegetales ricos en lignina (polímero aromático), sufren procesos de lenta transformación.

4.3.1. Relación carbono nitrógeno (C/N) de los suelos montañosos

El Cuadro 15, muestra la relación C/N de los suelos de montaña alta, fluctuando de 6.46 a 13.53 con un promedio de 10.00, los suelos de montaña baja presentaron una relación C/N que fluctuó de 6.67 a 16.74 con un promedio 10.79, en la Figura 18, se observa que estos valores medios no

muestra diferencias significativas numéricamente, indicando que la relación C/N en el gran paisaje montañoso no muestra diferencias entre sus unidades. Este resultado nos indica un equilibrio entre el carbono de la materia orgánica y el nitrógeno total de estos suelos sin embargo el valor medio de relación C/N para el gran paisaje montañoso es 10.40 igual que el gran paisaje planicie, en ambos casos menores en relación al gran paisaje colinoso. Este resultado se debería a la alta humedad y temperatura apropiada que favorece actividad microbiana acelerando la descomposición, mineralización y evitando que compuestos carbonaceos se acumulen en los suelos montañosos.

4.3.2. Relación carbono nitrógeno (C/N) de los suelos colinosos

La relación media C/N de los suelos colinosos se muestran en el Cuadro 15, se observa que los suelos de colina alta obtuvieron una relación C/N que fluctuó de 7.00 a 18.72 con un promedio de 11.39, en los suelos de colina baja este valor fluctuó de 7.39 a 19.83 con un promedio de 11.20, y en los suelos de lomada fluctuó de 7.13 hasta 21.15 con un promedio de 11.30.

En la Figura 18, se observa la distribución de estos resultados notándose que los valores son similares numéricamente, indicando que la mineralización se da de manera equilibrada, sin embargo la relación (C/N) de gran paisaje colinoso es 11.30 correspondiendo al valor más alto con relación a los demás paisajes, esto se explicaría por la calidad de la materia orgánica que se incorpora al suelo, algunos tejidos ofrecen mayor resistencia a la mineralización, y podría estar acumulándose en el suelo.

Según Lajtha y Schlesinger (1986), citado por CELAYA y CASTELLANOS (2011) indican que es tan importante como la relación C/N, y la concentración de lignina regula la cantidad y velocidad de la mineralización del nitrógeno, coincidiendo con ETCHEVERS (2003), quien encontró algunos suelos con contenidos de materia orgánica alta, y explicó por la acumulación de restos vegetales con una alta relación C/N produciendo la inanición por nitrógeno en el suelo y en las plantas. Esto también explicaría la deficiencia nutricional de las plantas en los suelos colinosos, asumiendo que el nitrógeno es un nutriente limitante de mayor importancia para las plantas.

Los suelos colinosos generalmente se caracterizan por ser arcillosos, con mala propiedad química, la presencia de acidez a alta no favorece el desarrollo de la población de organismos biológicos que contribuiría a la mineralización evitándose así la mineralización. Consecuentemente la acumulación de materiales ricos en carbono.

4.3.3. Relación carbono nitrógeno (C/N) de suelos de planicie

El Cuadro 15 muestra la relación C/N de los suelos de terraza alta (Ta) y fluctuó de 5.31 hasta 14.41 con un promedio de 10.65 en los suelos de terraza media esta relación fluctuó de 6.96 a 13.29 con un promedio de 10.13 en los suelos de terraza baja la relación C/N fluctuó de 7.87 a 13.51 con un promedio de 10.43. Se observa que los valores medios obtenidos son numéricamente similares y cercanos a 10, estos valores se interpretan como una proporción estable entre el contenido del nitrógeno total y la materia orgánica, según TISDALE y NELSON (1988) una relación C/N cercano a 10 es

una tendencia a la mineralización y limitada la acumulación de la materia orgánica en el suelos. Estos resultados se muestran en la Figura 18.

Cuadro 15. Valor promedio de la relación entre el carbono orgánico y el nitrógeno total (C/N), en las unidades fisiográficas.

Fisiografía		C/N			D.ES	C.V	
		Límite inferior	Límite superior	Promedio			
Montañoso	Ma	6.46	13.53	10.00	10.40	2.40	24.02
	Mb	6.67	16.74	10.79		2.58	34.92
Colinoso	Ca	7.00	18.72	11.39	11.30	3.16	27.77
	Cb	7.39	19.83	11.20		3.02	26.96
	Lo	7.13	21.15	11.30		3.39	29.97
Planicie	Ta	5.31	14.41	10.65	10.40	2.20	20.64
	Tm	6.96	13.29	10.13		2.06	20.31
	Tb	7.87	13.51	10.43		1.46	13.95

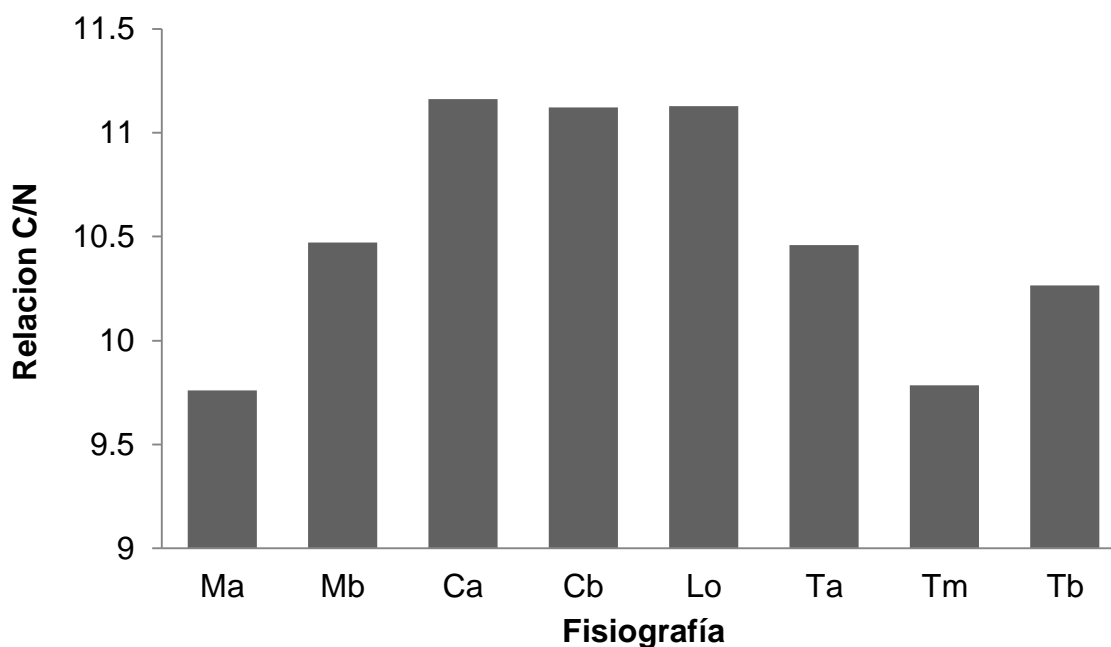


Figura 18. Relación entre el carbono orgánico y el nitrógeno total (C/N), de las unidades fisiográficas de la provincia de Leoncio Prado.

V. CONCLUSIONES

1. El contenido promedio de la materia orgánica de los suelos de la provincia de Leoncio Prado es de 2.78 %. En las unidades fisiográficas el contenido promedio de la materia orgánica fueron: montaña alta 2.69 %, montaña baja 2.98 %, Colina alta 2.15 %, colina baja 2.29 %, lomada 2.01 %, terraza alta 2.98 %, terraza media 3.44 %, terraza baja 3.75 %.
2. El contenido promedio del nitrógeno total (N total) de los suelos de la provincia de Leoncio Prado es 0.15 %. En las unidades fisiográficas el contenido promedio del nitrógeno total fueron: 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 %.
3. Existe una relación entre la materia orgánica (analizado con el método de Walkley y Blak) y el nitrógeno total (analizado con el método de kjeldahl), con una correlación de $r = 0.923$, y el modelo matemático se expresa de la manera siguiente $y = 0.0511 X_{(M.O\%)} + 0.0123$.
4. La relación promedio entre el carbono y el nitrógeno (C/N) de los suelos de la provincia de Leoncio Prado es 10.73. Se obtuvo una relación C/N de 10 para suelos de montaña alta, relación C/N de 10.79 para montaña baja, relación C/N de 11.39 para colina alta, relación C/N de 11.20 para colina baja, relación C/N de 11.30 para lomada. relación C/N de 10.65 para terraza alta, relación C/N de 10.13 para terraza media, relación C/N de 10.43 para terraza baja.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar más trabajos de investigación referente al contenido de la materia orgánica y nitrógeno total de los suelos con mayor número de muestras considerando los patrones de usos y vegetación existente en los lugares muestreados, considerando las herramientas geoestadísticas como instrumento de apoyo.
2. Para las condiciones similares donde se realizó el trabajo de investigación emplear la ecuación: $y = 0.0511 X_{(\%M.O)} + 0.0123$. para estimar el contenido del nitrógeno total a partir del contenido de la materia orgánica. y reemplazar el factor de conversión de materia orgánica a nitrógeno total (4.5 %). considerando que el contenido del nitrógeno total promedio para la materia orgánica de los suelos de Leoncio Prado es 5.71 %.
3. Realizar trabajos de investigación a fin de determinar los niveles críticos equivalentes que conllevan a preparar rangos de interpretación.
4. Evaluar la relación entre el carbono y el nitrógeno (C/N) considerando la vegetación, relación lignina celulosa y actividad microbiana de los lugares de muestreo.

VII. RESUMEN

El estudio se ha realizado entre julio y diciembre del 2013, obteniéndose muestras de suelos en las distintas unidades fisiográficas de la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. Los objetivos fueron: Determinar el contenido de la materia orgánica analizado con el método de Walkley y Blak (UNAS, 2014) y el contenido del nitrógeno total analizado con el método de Kjeldahl (BAZAN 2004), en las diferentes unidades fisiográficas de los suelos de la provincia de Leoncio Prado. Determinar la relación entre el contenido de la materia orgánica y el nitrógeno total (CALZADA 1985). Determinar la relación carbono/nitrógeno (C/N). Los resultados obtenidos, establecen que el contenido promedio de la materia orgánica de los suelos de la provincia de Leoncio Prado es de 2.78 %. En las unidades fisiográficas el contenido promedio de la materia orgánica fueron: Montaña alta 2.69 %, montaña baja 2.98 %, Colina alta 2.15 %, colina baja 2.29 %, lomada 2.01 %, terraza alta 2.98 %, terraza media 3.44 %, terraza baja 3.75 %. El contenido promedio del nitrógeno total (N total) de los suelos de la provincia de Leoncio Prado es 0.15 %. En las unidades fisiográficas el contenido promedio del nitrógeno total fueron: 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 %. Existe una relación entre la materia orgánica y el nitrógeno total, con una correlación de $r = 0.923$, y el modelo matemático se expresa de la manera siguiente $y = 0.0511 X_{(M.O\%)} + 0.0123$. La relación promedio entre el carbono y el nitrógeno (C/N) de los suelos de la provincia de Leoncio Prado es

10.73. Se obtuvo una relación C/N de 10 para suelos de montaña alta, relación C/N de 10.79 para montaña baja, relación C/N de 11.39 para colina alta, relación C/N de 11.20 para colina baja, relación C/N de 11.30 para lomada, relación C/N de 10.65 para terraza alta, relación C/N de 10.13 para terraza media, relación C/N de 10.43 para terraza baja.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ALVAREZ, R., STEINBACH, H., SALAS, J., GRIGERA, S. 2002 Materia orgánica y fertilidad de los suelos en la pampa ondulada. Buenos Aires, Argentina. [En línea]: (<http://www.ipni.net/publication/ia-C500FDFAD0DADculo%20Materia%20org%C3%A1nica%20art%C3%ADculo%20Materia%20org%C3%A1nica.pdf>, documento, 30 Feb. 2014).
2. BAZAN, R. 1996. Manual para el análisis químico de suelos plantas y aguas Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 69 p.
3. BRINGAS, H. 2010. Estimación del carbono almacenado en un sistema agroforestal de cacao comparado con un bosque secundario de tres edades. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 99 p.
4. CAMPBELL, N. y REECE, J. 2007. Biología 7^{ma} edición. Ed. Médica Panamericana. 1532 páginas. [En línea]: (<http://books.google.com.pe/books?id=QcU0yde9PtkC&hl=es>, documento, 10 Jun 2014).
5. CARBAJAL, A. 2008. Relación del carbono y nitrógeno del suelo con usos y coberturas del terreno en Alcala, Valle del Cauca. [En línea]: (<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/146314C331.pdf> documento, 21 Jun. 2014).
6. CARBONEL, E. 2009. Diagnóstico de micorrizas en 5 sistemas de uso del suelo en el valle de Chanchamayo. [En línea]: (<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/123456789/498/P34-C2-T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>, documento, 2 Jun. 2013).
7. CALZADA, B. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Ed. Jurídico. Lima, Perú. 643 p.
8. CELAYA, H. y CASTELLANOS, A. 2011. Mineralización del nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. [En línea]: (<http://www.redalyc.org/pdf/573/57321283013.pdf>, documento, 30 Jun. 2013).
9. DAVELOUIS, J. 1992. Edafología II. Ed. C.E.A. Lima, Perú 120 p.

10. DONAHUE, R., MILLER, W., SHICKLUNA, J. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Ed. Prentice/Hall Internacional. Madrid, España. 624 p.
11. ETCHEVERS, J. 2003. Manual de fertilizantes para horticultura. Ed. Limusa. S.A. México 296 p.
12. FAO, 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Basado en el trabajo de Michael Robert. Institut national de Recharge Agronomique. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO): [en línea]. Paris Francia. 62p. http://bookalimentos.google.com.pe/books?id=OKZt9agfRksC&pg=PA53&dq=fao+captura+de+carbono&hl=es&sa=X&ei=aIX7U_WmO7C-sQT5t4GwBQ&ved=0CCAQ6AEwAQ#v=onepage&q=fao%20captura%20de%20carbono&f=false, documento, 5 de En. 2014)
13. FASSBENDER, H. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 1^{ra} Ed. IICA. San José-Costa Rica.
14. FASSBENDER, H. y BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos con énfasis en Suelos de América Latina. 2^{da} Ed. IICA. San José-Costa Rica. 420 p.
15. FLORES, H., CARRILLO, R., NICOLÁS, F., HIDALGO, C., RUIZ, J. 2008. Aportes de nitrógeno y fósforo de tres sistemas agrícolas de la cuenca hidrográfica: [en línea]. (http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000700001&lang=pt, documento, 26 de dic. 2014)
16. HAYNES, R. 1986. Mineral nitrogen in the plant-soil system. 1^{ra} Ed. Editorial Reino Unido Prensa Academica. Orlando Florida. [en línea]. (http://books.google.com.pe/books?id=FcVfW4myqjgC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, documento, 10 Jun. 2014).
17. HENRIQUEZ, C., KILLORN, R., BERTSCH, F., SANCHO F. 2005. La geoestadística en el estudio de la variación espacial de la fertilidad del suelo mediante el uso del interpolador Kriging [En línea]: (www.mag.go.cr/rev_agri/inicio.htm, documento, 5 jun. 2014)

18. HOLDRIDGE, L.R. 1982. Ecología: basado en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José. de Costa Rica. 216p.
19. HUAMANI, H. HUAUYA, M. 2011. Evaluación de la condición nutricional del suelo y foliar en cultivo de café orgánico en tingo maría, Perú [en línea]. (<http://www.unas.edu.pe/r evia/a rticulo/ eva luaci%C3% B3n-de-la-condici%C3% B3n-nutricional-del-suelo-y-foliar-en-cultivo-de-caf%C3%A9-org%C3%A1nico-en>, documento, 2 Nov. 2013).
20. IIAP, 1995. El recurso del suelo en la amazonia peruana. diagnóstico para su investigación (Segunda Aproximación). Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana. Documento técnico N° 14.
21. IIAP y DEVIDA. 2010. Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Zona de Selva del Departamento de Huánuco. fisiografía zona de selva Huánuco.
22. IIAP. 1995. El recurso del suelo en la amazonia peruana. diagnóstico para su investigación (Segunda Aproximación). Instituto de Investigacion de la Amazonia Peruana. Documento técnico N° 14.
23. INTA, 2012. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria edc. 2012. [en línea]: (<http://int a. g ob. ar/documentos/manual-de-fertilidad-y-evaluacion-de-suelos1/atmulti download/file/INTAPT89ManualdeFertilidad%5B1%5D%20% 281%2 9.pdf>, documento, 10 jul. 2012).
24. JACKSON, M. 1964. Análisis químico de suelos. 2^{da} Edición. Ed. Omega S.A. Barcelona, España. 653 p.
25. JARAMILLO, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 595 p.
26. JARAMILLO, L. 1969. Caracterización de algunos latosoles de Mesoamerica.[enlínea]. (<http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CB4QFjAB&url=http%3A%2F%2Forton.catie.ac.cr%2Frepdoc%2FA4092E%2FA4092E.PDF&ei=zLr7U6ncE8u5ogSKt4HoDA&usq=AFQjCNEmOXzHpKqTT1EjwOH0ZOLpholA2Q>, documento, 10 Feb. 2014).

27. JARQUIN, A., SALGADO, S., PALMA, J., CAMACHO, W., GUERRERO A. 2011. Análisis del nitrógeno total en suelos tropicales por espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) y quimiometria [en línea]. (<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140531952011000600001&script=sciarttext>, documento, Nov. 2013).
28. JENNY, H. 1941. Factors of soil formation a system of quantitative pedology. 1941. Berkeley California EE.UU.
29. JORDAN, A. L 2006 Manual de edafología. departamento de Cristalografía. mineralogía y química agrícola de la Universidad de Sevilla [en línea]: (<http://agrolibros.blogspot.com/2009/06/manual-de-edafologia-jordan.html>. 20 de abril del 2012).
30. LAMBERS, H., CHAPIN., PONS, T. 1998. Plant physiological ecology. springerVerlag. New York. New York. 540p. [en línea]: ([ecologyhttp://books.google.com.pe/books?id=PXBq6jsT5SYC&pg=PA273&lpg=PA273&dq=lambers+et+al+1998+plant+physiological+ecology&source=bl&ots=zrDKe2NkeA&sig=VfLgZxA8qU3dPDVz1QNFazSou6A&hl=es&sa=X&ei=VnavU8SjJ4elsATV_oHwCw&ved=0CCoQ6AEwAQ#v=onepage&q=lambers%20et%20al%201998%20plant%20physiological%20ecology&f=false](http://books.google.com.pe/books?id=PXBq6jsT5SYC&pg=PA273&lpg=PA273&dq=lambers+et+al+1998+plant+physiological+ecology&source=bl&ots=zrDKe2NkeA&sig=VfLgZxA8qU3dPDVz1QNFazSou6A&hl=es&sa=X&ei=VnavU8SjJ4elsATV_oHwCw&ved=0CCoQ6AEwAQ#v=onepage&q=lambers%20et%20al%201998%20plant%20physiological%20ecology&f=false), documento, 10 jul. 2012)
31. MANSILLA, L. 2000. Guía de práctica de análisis fisicoquímico de suelos. Ed. UNAS. Tingo María, Perú. 40 p.
32. MARIN, M., ARAGÓN, P., GÓMEZ, C. 2002. Análisis químico de suelos y aguas. Manual de laboratorio. Universidad politécnica de valencia. [en línea]: (www.httpedafologia.ugr.es/gestionsuelosgrupoapRACTICAS_quiones.pdf, documento 10 may. 2013).
33. MELILLO, M., ABER. J., MURATORE, J. 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. Ecology. 63:621: [en línea]. (http://research.eeescience.utoledo.edu/lees/papers_pdf/Melillo_1982_Ecology.pdf, documento, 26 En. 2014).
34. MORENO, V. 2012. Fertilidad de los suelos a través de la regionalizacion de variables edafológicas mediante herramientas geoestadísticas. en seis cantones del Ecuador. Centro de levantamiento

- Aeroespaciales y Aplicaciones SIG. Tesis de M. Sc en Geoinformación. Universidad Mayor de San Simón. Ecuador. 69 p.
35. PERDOMO, C y BARBAZÁN, M. 2009. El nitrógeno. Universidad de la República. Área de suelos y aguas Facultad de agronomía Montevideo Uruguay. [en línea]: (<http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>, documento, 10 Jun. 2014).
 36. PRIMO, E. 1973. Química agrícola. Edit. Alhambra. edc 1ra. España.471p.
 37. RIVERA, H. 2011. Geología general. Edc. 3ra. Editorial. Megabyte.533 P.Lima-Peru.
 38. ROMERO, L. 1992. Calibración de siete métodos de análisis de fósforo disponible en suelos del Alto Huallaga. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 77 p.
 39. ROJAS, A.E., MORENO, G., PAREDES, M., 1999. Relación del contenido de la materia orgánica con el relieve del terreno. Departamento de suelos de la Universidad Nacional de Asunción: [en línea] (<http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/179/175>, documento, 26 Feb. 2014)
 40. ROSSITER, D. 2000. Metodologías para el levantamiento del recurso suelo. Enschede: International Institute for Geo-Information Science & Earth Observation (ITC). Soil Science Division. [en línea]: (http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/teach/ssm/SSM_LectureNotes2_E.pdf, documento, 4 Feb. 2014)
 41. SAENZ, A. 1966. Suelos tropicales .Ed. Universidad Nacional de Costa Rica.
 42. SÁNCHEZ, P.A. 1981 Suelos del trópico, características y manejo. San José de Costa Rica. IICA.660 p.
 43. SANDOVAL, R. 2010. Características edafológicas y potencial productivo de eucalipto urophylla y E. grandis en Huimanguillo. Tabasco. tesis de Mg. Sc. En ciencias forestal. [en línea]: <http://www.bibliocolposmx8080/jspui/bitstream/handle/10521/190/PerezSandovalRMCForestal2010.pdf?sequence=1>, documento, 26 jul 2012).

44. SANCHEZ, J. 1982. Efectos de la aplicación de cal, fosforo y potasio en la producción de café (*Coffea arabica*) var. Caturra. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. 76p.
45. SANZ, M., HERAS, L., MONTAÑEZ, L. 1975. Índice de correlación entre el carbono orgánico y nitrógeno en suelos de la cuenca del Ebro, España [en línea]: (<http://digital.csic.es/bitstream>, documento, 10 jul. 2013).
46. SERRANO, E. y VARGAS, H. 2005. Evaluación de la fertilidad de los suelos del departamento de Cundinamarca utilizando métodos geoestadísticos. Análisis Geográfico. 137p.
47. STEVENSON, F. y COLE, M. 1999. 2^{da} Ed. Cycles of soil: carbon. nitrogen. phosphorus. sulfur. micronutrients. Printed in the United States of America. [en línea]: http://books.google.com.pe/books?i_d=KdnWlzM0HIC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, documento, 12 May. 2014).
48. SOIL SURVEY STAFF, 1993. Soil Survey Manual: U. S. D. A. Handbook 18. [en línea]: (http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/d=nrcs142p2_054262, documento, 26 jul. 2012).
49. SOIL SURVEY STAFF, 1999. Soil taxonomy: U.S.D.A. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Handbook 436. 2da Edic. [en línea]: (http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2051232.pdf, documento, 20 jul, 2014)
50. TASISTRO, A. 2014. El rol de la materia orgánica en la salud del suelo. (TASISTRO A. 2014. EEUU). Conferencia internacional. IPNI y CYMMIT. [en línea]. <https://www.youtube.com/watch?v=zjfvTQeX2c>, documento, 30 Jun. 2014).
51. TISDALE, S. y NELSON, W. 1988. Fertilidad de los suelos fertilizantes. Edt. Hispano América S.A. México.
52. VILLOTA, H. 2005. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2da. Ed. Instituto Geografico Agustin

Codazzi Bogota Colombia: [en línea] (<http://biblioteca.igac.gov.co/anium/Documentos/1-00778.pdf>, documento, 26 En. 2014)

53. ZARATE, R. y MORI, T. 2010. Vegetación de la zona selva de Huánuco. Informe temático de. Mezonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Zona de Selva del Departamento de Huanuco. Convenio IIAP y DEVIDA.
54. ZAVALA, J. 2007. Nutrición mineral y fertilización de palma aceitera. Diplomado en cultivos industriales tropicales. Universidad Nacional Agraria de la Selva-Tingo María. Perú. 159 p.
55. ZAVALA, G. 1992. Edafología: El suelo en relación con la producción. CONCYTEC. Lima-Peru. 223 pág.
56. ZINCH, A. 2012. Geopedología, elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos [en línea]: http://www.itc.nl/library/papers_2012/general/zinck_geopedologia_2012.pdf, documento, 10 Oct. 2014)

IX. ANEXO

Cuadro 16. Análisis de caracterización de los suelos de la provincia de Leoncio Prado.

Cod.	Arena	Arcilla	Limo	Textura	pH	M.O	N.T	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bas.	Ac.	Sat. Al	Fisiografía
	%					(Walkle y Black)	(Kjeldahl)											1:1	%	ppm	
1	42.00	31.00	27.00	Fr. A	4.13	4.57	0.27	6.41	185.51	----	0.75	0.14	0.00	0.00	1.59	0.38	2.86	31.04	68.96	55.68	Ma
2	52.00	19.00	29.00	Fr.	5.62	3.19	0.26	7.76	225.26	9.43	6.44	2.65	0.27	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ma
3	48.00	17.00	35.00	Fr.	6.20	4.70	0.32	8.21	325.96	7.10	5.04	1.70	0.29	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Mb
4	8.00	14.00	78.00	Fr. L.	7.30	2.09	0.15	7.65	295.49	10.11	7.31	1.83	0.63	0.34	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ma
5	50.00	17.00	33.00	Fr.	5.80	5.71	0.29	8.66	355.12	7.12	5.14	1.65	0.27	0.06	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Mb
6	56.00	17.00	27.00	Fr. A	5.90	5.04	0.25	8.57	424.02	11.34	9.00	2.02	0.28	0.04	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Mb
7	46.00	29.00	25.00	Fr. Ar. A	4.45	1.34	0.06	6.86	133.83	----	1.56	1.78	0.00	0.00	1.51	0.46	5.31	62.89	37.11	28.39	Ca
8	52.00	27.00	21.00	Fr Ar A	4.71	2.02	0.12	7.76	135.16	----	1.56	0.79	0.00	0.00	0.75	0.23	3.33	70.44	29.56	22.61	Ca
9	46.00	31.00	23.00	Fr Ar A	5.40	2.35	0.16	5.96	139.13	----	5.31	1.19	0.00	0.00	1.41	0.36	8.27	78.56	21.44	17.11	Tm2
10	50.00	21.00	29.00	Fr	4.74	1.68	0.09	5.74	144.43	----	4.15	1.18	0.00	0.00	1.67	0.49	7.49	71.09	28.91	22.34	Lo
11	22.00	25.00	53.00	Fr.L	4.87	1.68	0.11	5.33	72.88	----	3.70	0.82	0.00	0.00	0.59	0.20	5.30	85.15	14.85	11.05	Ta2
12	44.00	31.00	25.00	Fr. Ar	4.47	1.48	0.11	5.69	159.01	----	2.82	0.92	0.00	0.00	2.26	0.60	6.59	56.68	43.32	34.28	Mb
13	50.00	35.00	15.00	Ar.A	4.76	2.02	0.18	7.81	176.23	----	2.80	0.89	0.00	0.00	1.09	0.23	5.01	73.64	26.36	21.74	Mb
14	28.00	37.00	35.00	Fr.Ar	5.31	1.68	0.14	7.31	271.64	----	3.50	1.34	0.00	0.00	0.84	0.25	5.92	81.72	18.28	14.13	Mb
15	52.00	35.00	13.00	Ar.A	5.40	4.37	0.24	7.76	331.27	----	2.98	0.98	0.00	0.00	0.33	0.16	4.46	88.95	11.05	7.51	Mb
16	50.00	13.00	37.00	Fr.	5.76	5.04	0.26	8.25	405.47	12.41	9.04	3.00	0.31	0.06	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Mb
17	54.00	37.00	9.00	Ar.A	4.95	4.03	0.19	7.81	259.71	----	2.14	0.95	0.00	0.00	0.50	0.38	3.98	77.71	22.29	12.63	Ma
18	48.00	23.00	29.00	Fr.	5.60	6.05	0.36	4.12	265.01	8.46	4.35	3.78	0.26	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ma
19	36.00	45.00	19.00	Ar.	5.44	2.69	0.18	7.27	139.13	----	9.48	0.76	0.00	0.00	1.59	0.38	12.21	83.87	16.13	13.03	Ma
20	66.00	23.00	11.00	Fr.Ar.A	4.70	1.34	0.10	7.31	251.76	----	4.60	0.25	0.00	0.00	2.26	0.69	7.80	62.14	37.86	28.96	Ma
21	50.00	39.00	11.00	Ar.A	3.86	2.69	0.24	6.59	131.18	----	2.20	0.73	0.00	0.00	2.51	0.54	5.97	48.89	51.11	42.04	Ma
22	50.00	25.00	25.00	Fr.Ar.A	6.00	4.20	0.28	9.20	398.84	4.75	2.90	1.48	0.28	0.09	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Mb
23	30.00	41.00	29.00	Ar.	4.20	1.01	0.07	3.81	157.68	----	2.21	0.85	0.00	0.00	6.31	1.87	11.24	27.18	72.82	56.16	Lo
24	40.00	29.00	31.00	Fr.Ar	4.43	1.34	0.06	4.97	184.18	----	1.66	0.86	0.00	0.00	1.14	0.44	4.09	61.47	38.53	27.84	Lo
25	36.00	41.00	23.00	Ar.	4.38	2.02	0.06	8.57	90.10	----	1.75	0.58	0.00	0.00	5.36	1.54	9.22	25.22	74.78	58.10	Lo
26	54.00	27.00	19.00	Fr.Ar.A	6.36	1.01	0.06	5.29	251.76	3.28	1.32	1.90	0.05	0.02	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Lo
27	36.00	29.00	35.00	Fr.Ar	4.20	3.69	0.16	5.92	262.36	----	1.17	0.07	0.00	0.00	1.67	0.41	3.32	37.20	62.80	50.36	Ta2
28	40.00	25.00	35.00	Fr.	4.46	3.09	0.15	4.71	113.96	----	1.64	0.38	0.00	0.00	2.59	0.95	5.56	36.24	63.76	46.67	Ta2
29	40.00	27.00	33.00	Fr.Ar	4.70	2.69	0.18	7.27	125.88	----	2.42	0.61	0.00	0.00	0.67	0.32	4.01	75.46	24.54	16.69	Ta2
30	36.00	29.00	35.00	Fr.Ar	4.10	3.36	0.16	6.19	462.45	----	1.81	0.82	0.00	0.00	1.84	0.62	5.08	51.57	48.43	36.23	Ta2
31	52.00	21.00	27.00	Fr.	5.60	4.03	0.31	7.63	371.02	5.50	2.25	2.95	0.23	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Mb
32	36.00	35.00	29.00	Fr.Ar	4.21	2.02	0.14	9.51	198.76	----	1.99	1.08	0.00	0.00	5.27	1.13	9.47	32.38	67.62	55.71	Ca
33	40.00	27.00	33.00	Fr.Ar	5.09	4.03	0.28	6.82	251.76	----	3.77	1.44	0.00	0.00	2.85	1.09	9.15	56.93	43.07	31.12	Tm2

34	32.00	35.00	33.00	Fr.Ar	4.21	3.36	0.14	6.37	172.26	----	4.18	1.43	0.00	0.00	2.34	0.61	8.55	65.46	34.54	27.40	Lo
35	54.00	17.00	29.00	Fr.Ar	3.82	3.03	0.14	8.03	119.65	----	1.75	0.93	0.00	0.00	5.19	1.01	8.87	30.09	69.91	58.48	Lo
36	70.00	27.00	3.00	Fr.Ar.A	4.49	3.73	0.13	7.27	478.35	----	3.19	1.33	0.00	0.00	1.59	0.38	6.48	69.63	30.37	24.53	Ca
37	50.00	21.00	29.00	Fr.	4.24	4.03	0.25	8.07	602.90	----	2.27	0.86	0.00	0.00	1.51	0.46	5.09	61.33	38.67	29.58	Ta2
38	48.00	33.00	19.00	Fr.Ar.A	4.08	4.70	0.25	3.94	382.94	----	4.03	1.74	0.00	0.00	1.80	0.17	7.74	74.54	25.46	23.27	Ta2
39	58.00	15.00	27.00	Fr. A	4.24	2.02	0.11	6.82	144.43	----	4.35	1.27	0.00	0.00	1.93	0.83	8.37	67.05	32.95	23.00	Ta1
40	42.00	19.00	39.00	Fr.	5.32	2.52	0.12	4.57	479.67	----	5.34	1.88	0.00	0.00	0.25	0.24	7.71	93.61	6.39	3.26	Ta1
41	40.00	33.00	27.00	Fr.Ar	5.28	3.43	0.15	8.12	94.08	----	3.73	0.93	0.00	0.00	0.17	0.32	5.15	90.43	9.57	3.25	Cb
42	36.00	35.00	29.00	Fr.Ar	4.21	2.02	0.11	8.07	157.68	----	1.50	0.83	0.00	0.00	5.27	1.92	9.52	24.50	75.50	55.38	Ca
43	54.00	25.00	21.00	Fr.Ar.A	3.88	1.68	0.10	5.83	139.13	----	1.29	0.69	0.00	0.00	2.59	0.56	5.13	38.61	61.39	50.55	Ta1
44	68.00	25.00	7.00	Fr.Ar.A	4.40	2.02	0.11	6.28	280.91	----	3.38	1.41	0.00	0.00	1.59	0.38	6.76	70.85	29.15	23.53	Lo
45	60.00	23.00	17.00	Fr.Ar.A	4.98	1.68	0.08	6.37	287.54	----	2.75	1.58	0.00	0.00	3.01	1.22	8.56	50.53	49.47	35.21	Lo
46	38.00	23.00	39.00	Fr.	5.34	2.02	0.21	8.43	307.41	----	1.03	1.95	0.00	0.00	1.55	0.42	4.95	60.21	39.79	31.29	Ta2
47	42.00	35.00	23.00	Fr.Ar	4.15	3.36	0.21	4.62	204.06	----	1.33	0.73	0.00	0.00	0.67	0.32	3.04	67.64	32.36	22.01	Tb2
48	40.00	27.00	33.00	Fr.Ar	4.45	5.04	0.37	6.32	251.76	----	4.16	1.41	0.27	0.08	1.59	0.38	7.53	73.85	26.15	21.11	Ta2
49	54.00	33.00	13.00	Fr.Ar.A	4.75	3.02	0.14	5.47	311.39	----	2.86	1.33	0.00	0.00	1.59	0.38	6.16	68.04	31.96	25.81	Ta2
50	36.00	43.00	21.00	Ar.	4.80	3.19	0.14	6.37	117.93	----	0.61	0.80	0.00	0.00	2.43	0.53	4.36	32.31	67.69	55.62	Ta2
51	62.00	27.00	11.00	Fr.Ar.A	4.63	2.35	0.12	6.41	198.76	----	1.65	0.94	0.00	0.00	5.02	1.18	8.79	29.42	70.58	57.13	Cb
52	56.00	11.00	33.00	Fr. A	5.60	4.03	0.18	8.70	174.91	8.90	6.80	1.60	0.08	0.42	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Mb
53	64.00	11.00	25.00	Fr. A	5.16	2.69	0.18	6.46	237.19	----	1.94	0.73	0.00	0.00	1.09	0.29	4.05	65.93	34.07	26.89	Ta2
54	64.00	11.00	25.00	Fr. A	5.09	3.36	0.14	6.82	368.37	----	1.53	0.72	0.00	0.00	0.42	0.17	2.83	79.14	20.86	14.78	Mb
55	36.00	33.00	31.00	Fr.Ar	5.01	1.88	0.11	8.57	279.59	----	2.08	0.83	0.00	0.00	0.42	0.57	3.88	74.65	25.35	10.77	Mb
56	56.00	25.00	19.00	Fr.Ar.A	4.72	1.34	0.09	6.37	278.26	----	1.24	0.94	0.00	0.00	3.35	1.08	6.61	32.99	67.01	50.63	Mb
57	42.00	29.00	29.00	Fr.Ar	5.21	1.01	0.08	6.50	333.92	----	1.05	0.71	0.00	0.00	0.40	0.09	2.25	78.07	21.93	17.89	Ca
58	39.00	21.00	40.00	Fr.	7.68	1.68	0.09	6.41	268.99	5.21	4.36	0.70	0.10	0.05	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ma
59	38.00	41.00	21.00	Ar.	4.74	1.21	0.09	5.83	234.54	----	5.01	0.75	0.00	0.00	5.02	1.28	12.06	47.75	52.25	41.64	Ca
60	30.00	35.00	35.00	Fr.Ar	4.30	1.01	0.05	7.76	278.26	----	0.98	2.06	0.00	0.00	1.17	0.70	4.91	61.89	38.11	23.87	Lo
61	52.00	19.00	29.00	Fr.	4.44	2.30	0.14	4.66	136.48	----	2.80	0.89	0.00	0.00	3.85	1.17	8.71	42.33	57.67	44.21	Ta1
62	20.00	27.00	53.00	Fr.Ar.L	4.31	4.37	0.26	6.59	147.74	----	3.46	0.83	0.00	0.00	3.10	1.04	8.42	50.85	49.15	36.80	Cb
63	36.00	31.00	33.00	Fr.Ar	5.40	2.69	0.13	8.75	237.19	----	2.01	0.29	0.00	0.00	0.42	0.57	3.28	69.99	30.01	12.75	Mb
64	28.00	31.00	41.00	Fr.Ar.L	4.45	1.34	0.08	9.06	145.76	----	1.89	0.15	0.00	0.00	4.19	1.72	7.95	25.66	74.34	52.65	Lo
65	49.00	31.00	20.00	Fr.Ar.A	6.24	2.35	0.12	4.62	425.34	3.48	2.46	0.63	0.32	0.06	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Mb
66	38.00	27.00	35.00	Fr.Ar	5.63	3.36	0.14	9.02	84.80	6.37	5.80	0.50	0.04	0.03	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ma
67	80.00	11.00	9.00	A.Fr	5.80	0.67	0.05	5.06	348.49	4.47	3.23	1.17	0.05	0.03	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ca
68	30.00	29.00	41.00	Fr.Ar.L	4.36	2.42	0.10	6.01	250.44	----	0.97	0.29	0.00	0.00	2.09	0.57	3.92	32.18	67.82	53.38	Lo
69	26.00	45.00	29.00	Ar.	4.13	2.69	0.15	6.46	283.56	----	2.25	0.91	0.00	0.00	6.53	1.35	11.04	28.62	71.38	59.16	Lo
70	63.00	19.00	18.00	Fr. A	4.35	3.36	0.17	7.31	290.19	----	2.44	0.68	0.00	0.00	1.51	0.46	5.08	61.26	38.74	29.63	Ta2
71	64.00	9.00	27.00	Fr. A	4.25	2.35	0.12	4.93	363.07	----	2.67	0.94	0.00	0.00	2.43	0.53	6.57	55.01	44.99	36.97	Tb1
72	40.00	25.00	35.00	Fr.	4.62	4.03	0.18	5.51	333.92	----	0.88	0.57	0.00	0.00	2.01	0.55	4.01	36.10	63.90	50.14	Tb1
73	30.00	29.00	41.00	Fr.Ar.L	4.36	1.34	0.04	6.14	241.16	----	0.97	0.71	0.00	0.00	2.09	0.57	4.34	38.70	61.30	48.25	Ca
74	46.00	21.00	33.00	Fr.	4.57	3.02	0.17	5.06	339.22	----	1.89	1.32	0.00	0.00	1.76	0.61	5.57	57.53	42.47	31.59	Mb

75	36.00	35.00	29.00	Fr.Ar	3.87	1.34	0.10	6.14	290.19	----	1.44	1.09	0.00	0.00	3.35	0.79	6.66	37.92	62.08	50.25	Cb
76	72.00	13.00	15.00	A.Fr	4.89	2.08	0.11	7.67	156.36	----	1.05	0.67	0.00	0.00	0.59	0.40	2.70	63.48	36.52	21.73	Ta2
77	28.00	45.00	27.00	Ar.	6.50	3.66	0.22	9.06	218.63	10.73	8.90	1.67	0.12	0.04	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Tb2
78	60.00	15.00	25.00	Fr. A	5.35	1.68	0.13	4.48	388.24	----	6.26	2.23	0.00	0.00	0.67	0.41	9.57	88.68	11.32	7.00	Ca
79	52.00	19.00	29.00	Fr.	4.65	3.46	0.16	6.73	360.42	----	3.89	1.67	0.00	0.00	0.92	0.26	6.73	82.45	17.55	13.67	Ca
80	50.00	25.00	25.00	Fr.Ar.A	4.38	1.01	0.11	5.02	124.56	----	2.35	0.68	0.00	0.00	5.69	1.20	9.93	30.56	69.44	57.34	ta2
81	16.00	39.00	45.00	Fr.Ar.L	4.37	4.16	0.12	7.13	91.56	----	1.20	0.68	0.00	0.00	2.51	0.54	4.93	38.09	61.91	50.93	lo
82	44.00	25.00	31.00	Fr.	5.81	2.35	0.12	7.85	133.83	4.96	3.46	1.08	0.41	0.01	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	ta2
83	54.00	19.00	27.00	Fr. A	4.74	1.01	0.04	6.64	267.66	----	4.03	1.38	0.00	0.00	0.59	0.40	6.39	84.60	15.40	9.17	Lo
84	40.00	23.00	37.00	Fr.	5.16	1.55	0.11	4.93	283.56	----	12.67	1.78	0.00	0.00	0.84	0.25	15.53	93.02	6.98	5.39	ta2
85	54.00	19.00	27.00	Fr.A	4.76	1.68	0.10	5.60	257.06	----	8.50	2.15	0.00	0.00	1.34	0.53	12.52	85.06	14.94	10.70	TA2
86	34.00	37.00	29.00	Fr.Ar	3.87	2.35	0.12	6.19	329.94	----	1.52	1.13	0.00	0.00	2.93	0.62	6.20	42.81	57.19	47.27	Lo
87	42.00	35.00	23.00	Fr.Ar	4.30	2.69	0.12	4.71	217.31	----	0.87	0.63	0.00	0.00	2.09	0.47	4.06	36.92	63.08	51.56	Tm2
88	36.00	31.00	33.00	Fr.Ar	4.37	1.01	0.07	4.62	124.56	----	1.46	0.63	0.00	0.00	2.51	0.74	5.34	39.18	60.82	47.00	Lo
89	22.00	31.00	47.00	Fr.Ar.L	4.94	1.01	0.07	5.65	321.99	----	2.09	0.88	0.00	0.00	2.09	0.66	5.72	51.81	48.19	36.57	Lo
90	46.00	31.00	23.00	Fr.Ar.A	4.02	2.82	0.12	4.57	329.94	----	1.12	0.68	0.00	0.00	2.59	0.75	5.14	34.84	65.16	50.50	Cb
91	50.00	23.00	27.00	Fr.	4.53	4.03	0.20	9.60	124.16	----	2.50	0.63	0.00	0.00	1.93	0.44	5.49	56.94	43.06	35.08	Lo
92	50.00	27.00	23.00	Fr.Ar.A	6.07	3.90	0.25	7.27	251.76	4.97	3.95	0.72	0.22	0.08	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta2
93	30.00	43.00	27.00	Ar.	5.08	2.12	0.13	8.03	120.58	----	2.46	0.23	0.00	0.00	1.51	0.46	4.65	57.64	42.36	32.41	Cb
94	38.00	27.00	35.00	Fr.Ar	5.60	3.46	0.16	6.50	299.46	2.10	1.41	0.37	0.26	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta2
95	72.00	11.00	17.00	A.Fr	4.65	1.68	0.10	5.33	197.43	----	2.52	0.65	0.00	0.00	1.51	0.46	5.14	61.68	38.32	29.32	Cb
96	36.00	41.00	23.00	Ar.	4.56	1.34	0.09	5.60	151.06	----	1.35	0.71	0.00	0.00	4.44	0.98	7.47	27.54	72.46	59.35	Cb
97	32.00	27.00	41.00	Fr.Ar.L	4.82	2.02	0.11	4.93	95.40	----	4.15	0.91	0.00	0.00	0.67	0.32	6.04	83.69	16.31	11.09	Cb
98	74.00	13.00	13.00	A.Fr	7.05	6.72	0.39	4.97	371.02	7.74	6.08	1.27	0.31	0.08	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Tb1
99	56.00	18.00	26.00	Fr.A	6.62	4.37	0.24	4.66	278.26	5.01	3.31	1.32	0.36	0.02	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Tb2
100	38.00	27.00	35.00	Fr.Ar	4.12	3.	0.14	5.24	164.31	----	6.66	2.03	0.00	0.00	0.09	0.16	8.94	97.13	2.87	1.03	Ta1
101	22.00	21.00	57.00	Fr.L	4.94	3.36	0.14	9.02	382.94	----	3.93	1.09	0.00	0.00	0.60	0.12	5.74	87.48	12.52	10.50	Tb1
102	42.00	23.00	35.00	Fr.	5.25	1.68	0.10	4.48	250.44	----	2.66	0.84	0.00	0.00	0.34	0.17	4.01	87.23	12.77	8.56	Tb1
103	26.00	21.00	53.00	Fr.L	5.45	1.68	0.10	4.44	356.44	----	6.66	1.20	0.00	0.00	0.09	0.09	8.04	97.79	2.21	1.15	Ta1
104	30.00	29.00	41.00	Fr.Ar.L	6.00	3.36	0.14	4.75	286.21	13.37	10.98	2.20	0.12	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta1
105	26.00	23.00	51.00	Fr.Ar	5.54	3.90	0.16	3.90	265.01	8.42	6.95	1.32	0.11	0.04	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta1
106	38.00	27.00	35.00	Fr.Ar	6.30	3.90	0.16	6.01	266.34	9.02	6.99	1.78	0.19	0.05	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta1
107	40.00	23.00	37.00	Fr.	5.54	2.22	0.12	4.26	382.94	10.30	8.11	2.00	0.14	0.05	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta1
108	40.00	23.00	37.00	Fr.	7.03	0.60	0.04	5.47	184.18	12.56	11.53	0.93	0.05	0.05	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta1
109	36.00	43.00	21.00	Ar.	5.36	3.90	0.29	6.28	184.18	----	12.55	2.27	0.00	0.00	0.42	0.17	15.41	96.16	3.84	2.72	Ta1
110	30.00	29.00	41.00	Fr.Ar.L	5.95	1.14	0.09	6.95	353.79	8.16	6.64	1.28	0.17	0.06	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta1
111	30.00	43.00	27.00	Ar.	4.30	2.02	0.11	4.07	107.33	----	0.85	0.14	0.00	0.00	1.59	0.38	2.96	33.38	66.62	53.80	Cb
112	52.00	17.00	31.00	Fr.	4.50	4.37	0.28	8.21	225.26	----	2.22	0.83	0.00	0.00	1.84	1.11	6.01	50.82	49.18	30.65	Ta2
113	48.00	17.00	35.00	Fr.	4.80	2.35	0.12	4.59	325.96	----	3.02	0.85	0.00	0.00	0.67	1.30	5.84	66.27	33.73	11.47	Ta1
114	50.00	27.00	23.00	Fr.Ar.A	4.90	1.88	0.11	6.40	165.63	----	2.17	0.84	0.00	0.00	1.57	0.40	4.98	60.46	39.54	31.59	Tb2
115	50.00	17.00	33.00	Fr.	6.40	2.82	0.13	6.61	143.11	7.90	6.14	1.65	0.07	0.04	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Tb2

116	34.00	29.00	37.00	Fr.Ar	4.10	1.48	0.10	3.97	267.66	----	3.35	0.75	0.00	0.00	2.09	0.86	7.05	58.12	41.88	29.67	Lo
117	42.00	27.00	31.00	Fr.Ar	4.70	1.01	0.04	4.07	160.33	----	1.06	0.45	0.00	0.00	1.51	0.46	3.47	43.31	56.69	43.36	Cb
118	40.00	35.00	25.00	Fr.Ar	4.50	1.14	0.09	5.62	254.41	----	1.81	0.79	0.00	0.00	2.43	0.53	5.55	46.78	53.22	43.73	Cb
119	26.00	47.00	27.00	Ar.	4.20	1.14	0.09	4.59	139.13	----	1.60	0.33	0.00	0.00	1.41	0.36	3.70	52.10	47.90	38.22	Lo
120	44.00	33.00	23.00	Fr.Ar	4.09	3.36	0.15	4.33	148.41	----	0.65	0.68	0.00	0.00	1.67	0.49	3.49	38.01	61.99	47.90	Lo
121	34.00	27.00	39.00	Fr.Ar	5.40	3.36	0.20	7.02	242.49	----	0.93	0.82	0.00	0.00	1.76	0.51	4.01	43.47	56.53	43.87	Tb2
122	44.00	31.00	25.00	Fr.Ar	4.47	4.03	0.25	9.46	159.01	----	3.32	0.92	0.00	0.00	1.67	0.89	6.80	62.33	37.67	24.63	Tb1
123	50.00	35.00	15.00	Fr.Ar	5.21	4.03	0.30	9.30	176.23	----	2.80	0.89	0.00	0.00	1.09	0.23	5.01	73.64	26.36	21.74	Tb1
124	28.00	45.00	27.00	Ar.	3.96	2.02	0.12	2.20	139.13	----	0.09	0.05	0.00	0.00	1.59	0.38	2.10	6.41	93.59	75.57	Lo
125	32.00	35.00	33.00	Fr.Ar	5.12	6.21	0.36	6.66	331.27	----	2.98	0.98	0.00	0.00	0.50	0.48	4.95	80.10	19.90	10.15	Tb1
126	26.00	53.00	21.00	Ar.	4.30	1.68	0.10	6.19	272.96	----	0.92	0.74	0.00	0.00	2.34	0.61	4.62	36.00	64.00	50.78	Lo
127	26.00	57.00	17.00	Ar.	4.75	2.02	0.11	4.64	153.71	----	0.49	0.45	0.00	0.00	1.63	0.34	2.91	32.31	67.69	56.10	Lo
128	48.00	27.00	25.00	Fr.Ar.A	5.17	5.04	0.30	9.51	265.01	----	2.18	1.89	0.00	0.00	0.59	0.40	5.05	80.50	19.50	11.60	Tb2
129	48.00	27.00	25.00	Fr.Ar.A	5.29	4.03	0.23	3.50	536.65	----	9.48	0.76	0.00	0.00	1.59	0.38	12.21	83.87	16.13	13.03	Tm1
130	66.00	23.00	11.00	Fr.Ar.A	4.80	6.21	0.32	7.49	410.77	----	6.50	0.25	0.00	0.00	0.67	0.32	7.73	87.27	12.73	8.66	Tb1
131	36.00	27.00	37.00	Fr.Ar	4.78	1.34	0.10	7.38	131.18	----	5.20	0.73	0.00	0.00	0.42	0.57	6.90	85.74	14.26	6.06	Cb
132	28.00	55.00	17.00	Ar.	4.80	1.68	0.09	5.05	398.84	----	1.45	0.74	0.00	0.00	2.34	0.61	5.15	42.59	57.41	45.55	Cb
133	28.00	31.00	41.00	Fr.Ar.L	4.68	2.52	0.12	4.07	159.01	----	0.65	1.00	0.00	0.00	3.18	0.76	5.59	29.52	70.48	56.91	Ca
134	40.00	27.00	33.00	Fr.Ar	4.09	3.69	0.15	5.00	477.02	----	0.66	0.19	0.00	0.00	2.26	0.69	3.80	22.27	77.73	59.46	Mb
135	52.00	35.00	13.00	Ar.A	4.40	4.20	0.20	6.04	304.76	----	0.70	0.91	0.00	0.00	3.10	0.84	5.55	28.99	71.01	55.83	Ma
136	56.00	29.00	15.00	Fr.Ar.A	4.30	2.35	0.19	6.04	251.76	----	0.66	0.95	0.00	0.00	1.67	0.39	3.68	43.77	56.23	45.52	Mb
137	36.00	29.00	35.00	Fr.Ar	4.77	3.02	0.14	4.54	262.36	----	1.17	0.07	0.00	0.00	1.67	0.41	3.32	37.20	62.80	50.36	Ma
138	26.00	47.00	27.00	Ar.	5.04	2.85	0.18	6.40	131.18	----	2.24	0.88	0.00	0.00	2.34	0.61	6.07	51.32	48.68	38.62	Mb
139	40.00	27.00	33.00	Fr.Ar	4.65	2.85	0.16	4.02	125.88	----	1.17	0.61	0.00	0.00	3.10	0.84	5.72	31.10	68.90	54.17	Ma
140	36.00	29.00	35.00	Fr.Ar	5.40	4.37	0.19	4.85	197.43	----	1.05	0.82	0.00	0.00	1.84	0.62	4.33	43.12	56.88	42.54	Ma
141	30.00	17.00	53.00	Fr.L	6.40	4.03	0.21	9.77	371.02	9.37	8.25	0.82	0.23	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta2
142	70.00	29.00	1.00	Fr.Ar.A	5.22	4.20	0.25	8.01	404.14	----	1.91	0.66	0.00	0.00	2.09	0.86	5.52	46.50	53.50	37.89	Tb1
143	68.00	29.00	3.00	Fr.Ar.A	5.17	4.20	0.20	9.20	396.19	----	3.27	1.44	0.00	0.00	1.26	0.71	6.68	70.50	29.50	18.81	Tb1
144	40.00	27.00	33.00	Fr.Ar	4.62	1.01	0.08	6.09	172.26	----	1.18	1.43	0.00	0.00	2.34	0.61	5.55	46.81	53.19	42.20	Tm2
145	60.00	15.00	25.00	Fr.A	3.98	0.77	0.06	8.47	177.56	----	2.23	1.16	0.00	0.00	2.68	0.87	6.93	48.87	51.13	38.63	Lo
146	70.00	27.00	3.00	Fr.Ar.A	5.00	5.04	0.31	7.13	597.60	----	3.19	1.33	0.00	0.00	1.55	0.42	6.48	69.63	30.37	23.88	Tm1
147	50.00	21.00	29.00	Fr.	5.03	5.71	0.38	7.02	602.90	----	2.27	0.86	0.00	0.00	0.67	0.32	4.11	76.03	23.97	16.30	Tm2
148	48.00	33.00	19.00	Fr.Ar.A	4.93	4.70	0.30	8.47	515.45	----	4.03	1.74	0.00	0.00	1.80	0.17	7.74	74.54	25.46	23.27	Tm2
149	40.00	29.00	31.00	Fr.Ar	4.50	3.69	0.19	5.16	251.76	----	5.00	0.77	0.00	0.00	1.59	0.38	7.74	74.54	25.46	20.56	Tm1
150	40.00	29.00	31.00	Fr.Ar	5.49	4.24	0.25	3.60	352.47	----	10.12	1.28	0.00	0.00	0.33	0.16	11.90	95.86	4.14	2.81	Tm1
151	40.00	27.00	33.00	Fr.Ar	4.31	3.02	0.21	6.71	371.02	----	0.73	0.68	0.00	0.00	2.76	0.68	4.85	28.96	71.04	56.93	Tm2
152	44.00	29.00	27.00	Fr.Ar	4.33	2.69	0.22	6.50	251.76	----	1.50	0.83	0.00	0.00	2.18	0.78	5.29	44.13	55.87	41.16	Tm1
153	40.00	33.00	27.00	Fr.Ar	4.09	2.35	0.18	5.99	271.64	----	1.34	0.69	0.00	0.00	2.59	0.56	5.18	39.20	60.80	50.07	Cb
154	68.00	25.00	7.00	Fr.Ar.A	4.24	2.35	0.18	4.95	280.91	----	3.38	1.41	0.00	0.00	1.59	0.38	6.76	70.85	29.15	23.53	Ta1
155	42.00	31.00	27.00	Fr.Ar	4.13	2.82	0.19	5.11	185.51	----	0.75	0.14	0.00	0.00	1.59	0.38	2.86	31.04	68.96	55.68	Ma
156	52.00	19.00	29.00	Fr.	5.62	2.51	0.18	6.66	225.26	9.43	6.44	2.65	0.27	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ma

157	48.00	17.00	35.00	Fr.	6.20	1.87	0.11	7.18	325.96	7.10	5.04	1.70	0.29	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ma
158	50.00	27.00	23.00	Fr.Ar.A	5.00	2.51	0.11	6.40	298.14	----	2.67	0.84	0.00	0.00	1.57	0.40	5.48	64.07	35.93	28.71	Ma
159	50.00	17.00	33.00	Fr.	5.80	2.75	0.17	7.70	355.12	7.12	5.14	1.65	0.27	0.06	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ca
160	56.00	17.00	27.00	Fr.A	5.90	3.68	0.26	7.59	424.02	11.34	9.00	2.02	0.28	0.04	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ma
161	46.00	29.00	25.00	Fr.Ar.A	4.45	1.33	0.09	5.62	133.83	----	1.56	1.78	0.00	0.00	1.51	0.46	5.31	62.89	37.11	28.39	Ma
162	44.00	29.00	27.00	Fr.Ar	4.71	3.76	0.16	5.11	135.16	----	1.56	0.79	0.00	0.00	2.43	0.53	5.30	44.27	55.73	45.79	MB
163	46.00	31.00	23.00	Fr.Ar.A	5.40	2.52	0.13	4.59	139.13	----	5.31	1.19	0.00	0.00	1.41	0.36	8.27	78.56	21.44	17.11	Ca
164	26.00	49.00	25.00	Ar.	4.74	2.12	0.15	4.85	144.43	----	2.15	0.35	0.00	0.00	1.67	0.49	4.66	53.52	46.48	35.91	Ma
165	34.00	49.00	17.00	Ar.	4.45	2.83	0.15	3.40	136.48	----	1.03	0.65	0.00	0.00	1.76	0.51	3.94	42.51	57.49	44.62	Ca
166	44.00	31.00	25.00	Fr.Ar	4.47	0.91	0.04	4.28	95.40	----	0.82	0.09	0.00	0.00	2.26	0.60	3.77	24.20	75.80	59.99	Cb
167	50.00	35.00	15.00	Ar.A	4.76	2.51	0.20	6.71	176.23	----	2.80	0.89	0.00	0.00	1.09	0.23	5.01	73.64	26.36	21.74	Ma
168	28.00	37.00	35.00	Fr.Ar	5.31	2.79	0.11	6.14	271.64	----	3.50	1.34	0.00	0.00	0.84	0.25	5.92	81.72	18.28	14.13	Lo
169	52.00	35.00	13.00	Ar.A	5.40	2.49	0.13	6.66	331.27	----	2.98	0.98	0.00	0.00	0.33	0.16	4.46	88.95	11.05	7.51	Tb2
170	50.00	13.00	37.00	Fr.	5.76	1.32	0.09	7.23	405.47	12.41	9.04	3.00	0.31	0.06	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Lo
171	54.00	37.00	9.00	Ar.A	4.95	0.95	0.07	6.71	259.71	----	2.14	0.95	0.00	0.00	0.50	0.38	3.98	77.71	22.29	12.63	Lo
172	48.00	23.00	29.00	Fr.	5.60	1.86	0.13	9.51	265.01	8.46	4.35	3.78	0.26	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Tb2
173	36.00	45.00	19.00	Ar.	5.44	4.13	0.20	6.09	139.13	----	9.48	0.76	0.00	0.00	1.59	0.38	12.21	83.87	16.13	13.03	Tm1
174	66.00	23.00	11.00	Fr.Ar.A	4.70	3.10	0.14	6.14	251.76	----	4.60	0.25	0.00	0.00	2.26	0.69	7.80	62.14	37.86	28.96	Ma
175	50.00	39.00	11.00	Ar.A	3.86	3.65	0.16	5.31	131.18	----	2.20	0.73	0.00	0.00	2.51	0.54	5.97	48.89	51.11	42.04	Tm1
176	50.00	25.00	25.00	Fr.Ar.A	6.00	2.50	0.11	8.32	398.84	4.75	2.90	1.48	0.28	0.09	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Cb
177	16.00	45.00	39.00	Ar.	3.90	1.33	0.06	4.07	159.01	----	0.65	1.00	0.00	0.00	3.18	0.76	5.59	29.52	70.48	56.91	Mb
178	26.00	41.00	33.00	Ar.	4.50	2.63	0.12	7.07	265.01	----	0.66	0.19	0.00	0.00	2.26	0.69	3.80	22.27	77.73	59.46	Ma
179	52.00	35.00	13.00	Ar.A	4.30	3.05	0.13	6.04	304.76	----	0.70	0.75	0.00	0.00	3.10	0.84	5.39	26.91	73.09	57.47	Mb
180	56.00	29.00	15.00	Fr.Ar.A	4.30	2.75	0.12	6.04	251.76	----	0.66	0.95	0.00	0.00	1.67	0.39	3.68	43.77	56.23	45.52	Mb
181	36.00	29.00	35.00	Fr.Ar	5.10	3.20	0.14	4.54	262.36	----	1.17	0.07	0.00	0.00	1.67	0.41	3.32	37.20	62.80	50.36	Mb
182	46.00	29.00	25.00	Fr.Ar.A	4.62	2.50	0.15	5.88	131.18	----	1.74	0.88	0.00	0.00	2.34	0.61	5.57	46.95	53.05	42.08	Mb
183	40.00	27.00	33.00	Fr.Ar	4.70	1.88	0.09	4.02	125.88	----	1.17	0.61	0.00	0.00	3.10	0.84	5.72	31.10	68.90	54.17	Mb
184	36.00	29.00	35.00	Fr.Ar	5.40	2.19	0.10	4.85	197.43	----	1.81	0.82	0.00	0.00	1.84	0.62	5.08	51.57	48.43	36.23	Mb
185	52.00	21.00	27.00	Fr.	5.60	2.74	0.12	6.50	371.02	5.50	2.25	2.95	0.23	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ma
186	70.00	29.00	1.00	Fr.Ar.A	3.90	2.79	0.12	5.42	198.76	----	0.91	0.66	0.00	0.00	3.35	0.79	5.70	27.49	72.51	58.70	Ta2
187	40.00	27.00	33.00	Fr.Ar	5.40	1.31	0.06	5.57	251.76	----	3.77	1.44	0.00	0.00	2.85	1.09	9.15	56.93	43.07	31.12	Ta2
188	32.00	35.00	33.00	Fr.Ar	4.21	1.88	0.08	5.05	172.26	----	4.18	1.43	0.00	0.00	2.34	0.61	8.55	65.46	34.54	27.40	Ca
189	50.00	37.00	13.00	Ar.A	4.80	2.14	0.10	5.62	332.59	----	1.86	0.64	0.00	0.00	1.59	0.38	4.47	55.95	44.05	35.57	Lo
190	70.00	27.00	3.00	Fr.Ar.A	6.00	2.80	0.20	7.13	597.60	9.17	6.38	2.65	0.12	0.03	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Tm1
191	50.00	21.00	29.00	Fr.	6.10	2.17	0.15	7.02	602.90	6.37	4.53	1.72	0.10	0.03	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Tm1
192	48.00	33.00	19.00	Fr.Ar.A	4.70	2.74	0.13	4.85	250.44	----	4.03	1.74	0.00	0.00	1.80	0.17	7.74	74.54	25.46	23.27	Tm1
193	46.00	35.00	19.00	Ar.A	5.30	3.79	0.23	5.16	251.76	----	5.00	0.77	0.00	0.00	1.09	1.37	8.23	70.08	29.92	13.22	Tm1
194	40.00	27.00	33.00	Fr.Ar	4.50	2.48	0.18	5.36	424.02	----	0.94	1.72	0.00	0.00	1.76	0.51	4.92	53.98	46.02	35.72	Ma
195	34.00	41.00	25.00	Ar.	3.80	2.19	0.10	6.71	371.02	----	0.73	0.68	0.00	0.00	2.76	0.68	4.85	28.96	71.04	56.93	Tm1
196	44.00	29.00	27.00	Fr.Ar	4.30	2.52	0.11	5.47	251.76	----	1.50	0.83	0.00	0.00	2.18	0.78	5.29	44.13	55.87	41.16	Tm1
197	54.00	25.00	21.00	Fr.Ar.A	3.88	0.94	0.04	4.43	139.13	----	1.29	0.69	0.00	0.00	2.59	0.56	5.13	38.61	61.39	50.55	Ca

198	68.00	25.00	7.00	Fr.Ar.A	4.40	2.50	0.11	4.95	280.91	----	3.38	1.41	0.00	0.00	1.59	0.38	6.76	70.85	29.15	23.53	Ca
199	60.00	23.00	17.00	Fr.Ar.A	4.98	3.75	0.17	5.05	287.54	----	2.75	1.58	0.00	0.00	3.01	1.22	8.56	50.53	49.47	35.21	Lo
200	44.00	33.00	23.00	Fr.Ar	4.30	0.80	0.04	4.33	198.76	----	1.03	1.95	0.00	0.00	1.55	0.42	4.95	60.21	39.79	31.29	Ca
201	42.00	35.00	23.00	Fr.Ar	5.40	2.18	0.10	4.64	204.06	----	0.83	0.73	0.00	0.00	2.18	0.78	4.51	34.53	65.47	48.23	Cb
202	40.00	27.00	33.00	Fr.Ar	4.45	2.25	0.20	5.00	251.76	----	4.16	1.41	0.00	0.00	1.59	0.38	7.53	73.85	26.15	21.11	Ma
203	54.00	33.00	13.00	Fr.Ar.A	5.30	2.76	0.13	9.09	311.39	----	2.86	1.33	0.00	0.00	1.59	0.38	6.16	68.04	31.96	25.81	Ca
204	36.00	43.00	21.00	Ar.	3.90	1.25	0.10	5.05	117.93	----	0.61	0.80	0.00	0.00	2.43	0.53	4.36	32.31	67.69	55.62	Ca
205	62.00	27.00	11.00	Fr.Ar.A	4.63	2.15	0.18	5.11	198.76	----	1.65	0.94	0.00	0.00	5.02	1.18	8.79	29.42	70.58	57.13	Ma
206	66.00	17.00	17.00	Fr. A	5.90	3.72	0.24	9.15	307.41	5.14	1.96	1.60	1.51	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Mb
207	64.00	11.00	25.00	Fr. A	6.10	3.01	0.23	9.41	634.70	6.75	3.87	1.30	1.54	0.03	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta2
208	64.00	11.00	25.00	Fr. A	5.80	2.73	0.20	7.64	500.87	6.87	4.05	1.27	1.53	0.03	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Mb
209	36.00	33.00	31.00	Fr.Ar	5.57	3.64	0.20	7.59	398.84	3.96	2.08	0.83	1.03	0.03	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Mb
210	56.00	25.00	19.00	Fr.Ar.A	4.72	1.31	0.06	5.05	278.26	----	1.24	0.94	0.00	0.00	3.35	1.08	6.61	32.99	67.01	50.63	Mb
211	42.00	29.00	29.00	Fr.Ar	5.21	2.19	0.10	5.21	333.92	----	1.05	0.71	0.00	0.00	0.40	0.09	2.25	78.07	21.93	17.89	Ca
212	44.00	27.00	29.00	Fr.Ar	4.40	2.81	0.12	9.15	268.99	----	1.77	2.77	0.00	0.00	0.84	0.25	5.61	80.71	19.29	14.91	Ta2
213	56.00	17.00	27.00	Fr. A	4.43	3.07	0.11	7.13	446.55	----	5.22	1.11	0.00	0.00	0.84	0.34	7.51	84.26	15.74	11.15	Mb
214	40.00	25.00	35.00	Fr.	5.20	3.30	0.22	6.66	278.26	----	0.98	2.06	0.00	0.00	1.17	0.70	4.91	61.89	38.11	23.87	Lo
215	54.00	25.00	21.00	Fr.Ar.A	4.77	3.79	0.27	6.76	265.01	----	4.45	1.88	0.00	0.00	1.93	1.03	9.28	68.16	31.84	20.75	Ta2
216	52.00	13.00	35.00	Fr.	7.02	3.02	0.11	7.38	284.89	12.40	9.91	2.03	0.37	0.09	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Cb
217	36.00	31.00	33.00	Fr.Ar	5.47	2.49	0.11	7.80	237.19	----	5.51	1.13	0.00	0.00	1.67	0.49	8.80	75.37	24.63	19.03	Ma
218	38.00	27.00	35.00	Fr.Ar	5.73	1.25	0.06	6.92	268.99	11.08	8.78	1.97	0.27	0.06	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ma
219	50.00	21.00	29.00	Fr.	6.05	2.80	0.12	8.42	385.59	12.14	9.46	2.30	0.32	0.06	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ma
220	36.00	49.00	15.00	Ar.	4.30	2.30	0.15	4.54	96.73	----	1.80	0.62	0.00	0.00	2.59	0.56	5.57	43.40	56.60	46.60	Ca
221	34.00	29.00	37.00	Fr.Ar	4.81	2.74	0.17	3.29	335.24	----	0.84	0.66	0.00	0.00	2.01	0.55	4.05	36.84	63.16	49.56	Ca
222	30.00	29.00	41.00	Fr.Ar.L	4.36	2.18	0.17	4.64	250.44	----	0.97	0.71	0.00	0.00	2.09	0.57	4.34	38.70	61.30	48.25	Lo
223	50.00	21.00	29.00	Fr.	4.24	1.92	0.13	3.08	376.32	----	2.25	0.41	0.00	0.00	2.18	0.58	5.42	49.09	50.91	40.19	Mb
224	52.00	17.00	31.00	Fr.	3.99	2.72	0.16	9.30	290.19	----	1.94	1.18	0.00	0.00	3.35	0.69	7.15	43.55	56.45	46.81	Ta2
225	62.00	15.00	23.00	Fr. A	5.16	3.45	0.20	3.40	363.07	----	12.67	1.78	0.00	0.00	0.84	0.25	15.53	93.02	6.98	5.39	Tb1
226	34.00	21.00	45.00	Fr.	4.95	3.45	0.13	2.93	333.92	----	9.38	1.73	0.00	0.00	0.67	0.32	12.10	91.86	8.14	5.54	Ca
227	50.00	21.00	29.00	Fr.	4.91	1.32	0.08	4.85	386.92	----	4.40	1.53	0.00	0.00	2.51	0.54	8.98	66.01	33.99	27.96	Ca
228	30.00	49.00	21.00	Ar.	4.90	1.41	0.04	3.86	127.21	----	1.89	0.48	0.00	0.00	1.76	0.61	4.73	50.05	49.95	37.15	Lo
229	54.00	15.00	31.00	Fr. A	4.70	3.30	0.13	6.87	412.09	----	6.45	0.68	0.00	0.00	1.51	0.46	9.09	78.34	21.66	16.57	Mb
230	20.00	21.00	59.00	Fr.	6.00	4.60	0.22	9.20	381.62	9.67	9.02	0.33	0.06	0.26	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Tm2
231	50.00	21.00	29.00	Fr.	4.84	3.24	0.17	2.98	351.14	----	4.45	3.01	0.00	0.00	2.09	0.66	10.22	73.01	26.99	20.48	Tb2
232	60.00	15.00	25.00	Fr. A	5.35	2.17	0.13	3.60	388.24	----	6.26	2.23	0.00	0.00	0.67	0.41	9.57	88.68	11.32	7.00	Ca
233	30.00	49.00	21.00	Ar.	4.80	1.45	0.10	5.47	148.41	----	1.89	0.66	0.00	0.00	2.09	0.76	5.40	47.11	52.89	38.76	Cb
234	50.00	25.00	25.00	Fr.Ar.A	4.07	3.40	0.21	3.50	310.06	----	1.35	0.68	0.00	0.00	1.67	0.69	4.40	46.25	53.75	38.08	Ta2
235	22.00	61.00	17.00	Ar.	4.17	4.24	0.18	3.14	247.79	----	1.68	0.56	0.00	0.00	7.20	1.37	10.80	20.68	79.32	66.65	Cb

236	36.00	45.00	19.00	Ar.	5.29	4.03	0.19	9.30	192.13	----	9.70	1.18	0.00	0.00	0.33	0.06	11.28	96.51	3.49	2.97	Ca
237	52.00	19.00	29.00	Fr.	4.34	3.83	0.15	5.73	331.27	----	2.98	0.98	0.00	0.00	1.84	0.62	6.43	61.68	38.32	28.66	Mb
238	50.00	27.00	23.00	Fr.Ar.A	3.90	2.02	0.14	6.40	298.14	----	2.67	0.84	0.00	0.00	2.34	0.61	6.47	54.31	45.69	36.25	Mb
239	42.00	27.00	31.00	Fr.Ar	4.39	1.34	0.11	2.93	178.88	----	2.57	0.66	0.00	0.00	1.34	0.43	5.00	64.55	35.45	26.78	Mb
240	42.00	33.00	25.00	Fr.Ar	4.90	4.16	0.21	7.07	307.41	----	4.50	1.01	0.00	0.00	2.09	0.86	8.46	65.09	34.91	24.73	Ma
241	42.00	31.00	27.00	Fr.Ar	4.80	4.70	0.25	5.62	266.34	----	1.56	1.78	0.00	0.00	1.51	0.46	5.31	62.89	37.11	28.39	Ta1
242	44.00	29.00	27.00	Fr.Ar	4.65	3.69	0.18	5.11	267.66	----	1.56	0.79	0.00	0.00	1.42	0.55	4.32	54.37	45.63	32.97	Ta1
243	46.00	31.00	23.00	Fr.Ar.A	4.62	2.35	0.12	4.59	271.64	----	5.31	1.19	0.00	0.00	1.41	0.36	8.27	78.56	21.44	17.11	Ta1
244	50.00	27.00	23.00	Fr.Ar.A	4.90	4.97	0.24	9.51	541.95	----	4.15	1.18	0.00	0.00	1.67	0.49	7.49	71.09	28.91	22.34	Ta1
245	48.00	27.00	25.00	Fr.Ar.A	5.90	4.70	0.27	8.27	401.49	5.63	3.05	1.63	0.51	0.43	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta1
246	60.00	15.00	25.00	Fr. A	5.35	2.35	0.15	15.47	385.59	----	6.26	2.23	0.00	0.00	0.67	0.41	9.57	88.68	11.32	7.00	Ta1
247	26.00	29.00	45.00	Fr.Ar.L	4.76	1.41	0.08	3.60	176.23	----	2.80	0.89	0.00	0.00	2.09	0.47	6.25	59.01	40.99	33.50	Lo
248	32.00	29.00	39.00	Fr.Ar	5.90	2.35	0.11	6.14	251.76	6.31	4.00	0.33	1.54	0.43	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Tm2
249	62.00	19.00	19.00	Fr.Ar	4.23	4.90	0.34	13.50	198.76	----	2.98	0.98	0.00	0.00	1.51	0.46	5.93	66.80	33.20	25.40	Tm2
250	30.00	29.00	41.00	Fr.Ar.L	4.01	1.01	0.08	4.07	161.66	----	1.03	0.33	0.00	0.00	3.77	1.16	6.29	21.68	78.32	59.91	Lo
251	30.00	35.00	35.00	Fr.Ar	3.90	3.16	0.13	3.14	259.71	----	2.14	0.83	0.11	0.06	0.00	0.00	2.97	100.00	0.00	0.00	Lo
252	34.00	31.00	35.00	Fr.Ar	4.37	1.54	0.11	4.33	291.51	----	1.68	0.77	0.00	0.00	1.67	0.39	4.52	54.20	45.80	37.08	Cb
253	36.00	45.00	19.00	Ar.	5.44	4.25	0.22	6.09	271.64	----	4.98	0.76	0.00	0.00	1.59	0.38	7.71	74.45	25.55	20.63	Cb
254	66.00	23.00	11.00	Fr.Ar.A	5.04	4.03	0.24	6.14	397.52	----	5.46	0.25	0.00	0.00	2.26	0.69	8.66	65.90	34.10	26.09	Ta1
255	42.00	39.00	19.00	Fr.Ar	4.80	2.02	0.11	5.31	131.18	----	2.20	0.73	0.00	0.00	2.51	0.54	5.97	48.89	51.11	42.04	Ma
256	50.00	25.00	25.00	Fr.Ar.A	5.30	3.36	0.14	8.32	398.84	----	1.45	0.74	0.00	0.00	1.00	0.80	3.99	54.91	45.09	25.05	Ta2
257	42.00	29.00	29.00	Fr.Ar	4.92	2.69	0.13	4.07	265.01	----	0.65	1.00	0.00	0.00	1.51	0.46	3.62	45.59	54.41	41.63	Ta1
258	26.00	41.00	33.00	Ar.	5.40	3.43	0.23	3.45	265.01	----	2.66	0.36	0.00	0.00	2.26	0.69	5.97	50.49	49.51	37.87	Lo
259	52.00	29.00	19.00	Fr.Ar.A	5.12	5.37	0.25	7.07	304.76	----	0.70	0.75	0.00	0.00	0.67	0.32	2.43	59.55	40.45	27.50	Ta1
260	56.00	29.00	15.00	Fr.Ar.A	4.10	2.69	0.18	6.04	251.76	----	0.66	0.95	0.00	0.00	1.67	0.39	3.68	43.77	56.23	45.52	Mb
261	36.00	29.00	35.00	Fr.Ar	5.10	1.34	0.09	7.13	262.36	----	5.00	0.15	0.00	0.00	1.67	0.59	7.42	69.45	30.55	22.58	Lo
262	50.00	25.00	25.00	Fr.Ar.A	3.97	2.69	0.11	5.88	276.94	----	1.74	0.88	0.00	0.00	2.51	0.64	5.77	45.35	54.65	43.55	Lo
263	10.00	53.00	37.00	Ar.	4.70	2.82	0.09	4.02	258.39	----	1.67	0.61	0.00	0.00	3.77	1.06	7.10	32.07	67.93	53.03	Ca
264	52.00	29.00	19.00	Fr.Ar.A	5.27	3.36	0.19	7.44	594.95	----	2.81	0.82	0.00	0.00	0.67	0.32	4.61	78.62	21.38	14.54	Ta2
265	52.00	21.00	27.00	Fr.	5.60	3.83	0.11	6.50	371.02	3.07	2.25	0.52	0.23	0.07	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Cb
266	70.00	29.00	1.00	Fr.Ar.A	5.95	4.03	0.20	13.71	332.59	3.14	1.82	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00	Ta1
267	50.00	25.00	25.00	Fr.Ar.A	3.87	1.34	0.09	4.07	332.59	----	3.58	0.66	0.00	0.00	3.22	0.72	8.17	51.81	48.19	39.43	Ma
268	56.00	29.00	15.00	Fr.Ar.A	4.00	3.36	0.14	7.70	200.08	----	3.48	0.33	0.00	0.00	2.09	0.86	6.76	56.28	43.72	30.97	Ta2
269	48.00	41.00	11.00	Ar.A	5.35	1.68	0.10	6.66	332.59	----	3.35	0.66	0.00	0.00	3.22	0.72	7.95	50.42	49.58	40.56	Ta2
270	48.00	29.00	23.00	Fr.Ar.A	4.90	1.68	0.10	5.11	477.02	----	2.44	0.48	0.00	0.00	3.22	0.72	6.86	42.56	57.44	46.99	Ta1

271	42.00	29.00	29.00	Fr.Ar	5.40	2.69	0.11	4.38	336.57	----	4.10	0.54	0.00	0.00	3.22	0.72	8.58	54.07	45.93	37.58	Ta2
272	52.00	41.00	7.00	Ar.A	3.87	1.01	0.07	4.59	266.34	----	1.49	0.33	0.00	0.00	3.22	0.72	5.76	31.60	68.40	55.96	Lo
273	42.00	31.00	27.00	Fr.Ar	3.87	1.01	0.08	3.34	332.59	----	2.04	0.66	0.00	0.00	3.22	0.72	6.64	40.64	59.36	48.57	Ma
274	10.00	53.00	37.00	Ar.	3.87	1.01	0.07	4.22	465.10	----	1.52	0.66	0.00	0.00	3.22	0.72	6.12	35.64	64.36	52.66	Ma
	Máximo				7.68	6.72	0.39	15.47	634.70	13.37	12.67	3.78	1.54	0.43	7.20	1.92	15.53	100.00	93.59	75.57	
	Mínimo				3.80	0.60	0.04	2.20	72.88	2.10	0.09	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	6.41	0.00	0.00	
	Promedio				4.93	2.75	0.15	6.22	270.21	7.65	3.31	1.08	0.07	0.02	1.61	0.48	6.29	64.98	35.02	26.97	

A.= Arena; A.Fr = Arena Franca; Fr.Ar = Franco Arenoso; Fr.= Franco; Fr.L = Franco Limoso; L.= limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar = Franco Arcilloso
Fr.Ar.L = Franco Arcillo Limoso; Ar.A = Arcillo Arenoso; Ar = Arcilloso.

Ma = Monataña alta; Mb = Monataña baja; Ca = Colina alta; Cb = Colina baja; Lo = Lomada; Ta2 = Terraza alta ondulada; Ta1 = Terraza alta plana; Tm2 = Terraza media ondulada; Tm1 = Terraza media plana; Tb2 = Terraza baja plana; Tb1 = Terraza baja inundable.

N.T = Nitrogeno total; M.O = materia orgánica

Cuadro 17. Índice de correlación entre la materia orgánica y las variables edafológicas (Arena, Arcilla, Limo, pH, P, K₂O, CIC, Ca, Mg, Na, K, Al, H).

Fisiografía	Arena	Arcilla	Limo	pH	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	Na	K	Al	H
	r ²												
Montañoso													
(M.O)	0.261(*)	-0.310(**)	-0.028	0.282(*)	0.397(**)	0.228(*)	.357(**)	0.203	0.338(**)	0.205	0.199	-0.423(**)	-0.393(**)
Colinoso													
(M.O)	-0.098	0.07	0.056	0.122	0.139	0.102	0.013	0.225(*)	0.047	0.122	0.138	0.002	-0.073
Planicie													
(M.O)	0.153	0.091	-0.214(*)	0.07	0.205(*)	0.290(**)	-0.033	0.004	-0.082	0.006	0.089	-0.205(*)	-0.099
General													
(M.O)	0.175(**)	-0.137(*)	-0.089	0.223(**)	0.285(**)	0.306(**)	.164(**)	0.193(**)	0.133(*)	0.164(**)	0.131(*)	-0.266(**)	-0.231(**)

Cuadro 18. Contenido de nitrógeno total en la materia orgánica (N en la M.O) expresado en porcentaje de 274 suelos de Leoncio prado.

Código	M.O. (%) (Walkley y Black)	N Total (%) (Kjeldhal)	N en la M.O (%)
1	4.574	0.274	5.989
2	3.191	0.261	8.171
3	4.702	0.317	6.741
4	2.089	0.154	7.372
5	5.709	0.290	5.084
6	5.038	0.252	5.002
7	1.343	0.056	4.169
8	2.015	0.121	6.005
9	2.351	0.161	6.843
10	1.679	0.095	5.643
11	1.679	0.112	6.670
12	1.478	0.112	7.579
13	2.015	0.175	8.690
14	1.679	0.138	8.225
15	4.366	0.241	5.512
16	5.038	0.265	5.251
17	4.030	0.194	4.821
18	6.045	0.356	5.891
19	2.687	0.181	6.741
20	1.343	0.098	7.296
21	2.687	0.241	8.983
22	4.198	0.282	6.715
23	1.008	0.070	6.914
24	1.343	0.056	4.169
25	2.015	0.055	2.742
26	1.008	0.056	5.558
27	3.694	0.162	4.386
28	3.090	0.147	4.758
29	2.687	0.177	6.572
30	3.358	0.162	4.821
31	4.030	0.306	7.593
32	2.015	0.139	6.905
33	4.030	0.278	6.908
34	3.358	0.143	4.271
35	3.029	0.136	4.483
36	3.735	0.125	3.348
37	4.030	0.252	6.253
38	4.702	0.251	5.349
39	2.015	0.107	5.306
40	2.519	0.123	4.891
41	3.432	0.146	4.242
42	2.015	0.111	5.489
43	1.679	0.104	6.170
44	2.015	0.106	5.253
45	1.679	0.082	4.896
46	2.015	0.210	10.422
47	3.358	0.208	6.205
48	5.038	0.375	7.437
49	3.023	0.136	4.493
50	3.191	0.140	4.388

51	2.351	0.119	5.062
52	4.030	0.182	4.516
53	2.687	0.182	6.774
54	3.358	0.144	4.294
55	1.881	0.108	5.732
56	1.343	0.093	6.937
57	1.008	0.083	8.281
58	1.679	0.087	5.191
59	1.209	0.091	7.527
60	1.008	0.052	5.112
61	2.304	0.139	6.016
62	4.366	0.262	6.006
63	2.687	0.127	4.742
64	1.343	0.084	6.253
65	2.351	0.119	5.062
66	3.358	0.144	4.294
67	0.672	0.052	7.712
68	2.418	0.098	4.071
69	2.687	0.150	5.576
70	3.358	0.166	4.956
71	2.351	0.119	5.062
72	4.030	0.182	4.516
73	1.343	0.042	3.098
74	3.023	0.167	5.536
75	1.343	0.097	7.224
76	2.082	0.112	5.379
77	3.661	0.224	6.119
78	1.679	0.126	7.503
79	3.459	0.161	4.654
80	1.008	0.110	10.915
81	4.164	0.125	2.998
82	2.351	0.119	5.062
83	1.008	0.038	3.814
84	1.552	0.110	7.064
85	1.679	0.102	6.086
86	2.351	0.119	5.062
87	2.687	0.123	4.575
88	1.008	0.069	6.854
89	1.008	0.066	6.572
90	2.821	0.124	4.411
91	4.030	0.196	4.863
92	3.896	0.252	6.469
93	2.116	0.126	5.955
94	3.459	0.161	4.654
95	1.679	0.102	6.086
96	1.343	0.094	6.982
97	2.015	0.111	5.489
98	6.717	0.392	5.836
99	4.366	0.237	5.418
100	3.358	0.144	4.294
101	3.358	0.144	4.294
102	1.679	0.102	6.086
103	1.679	0.102	6.086
104	3.358	0.144	4.294
105	3.896	0.157	4.025
106	3.896	0.157	4.025
107	2.217	0.116	5.242
108	0.605	0.042	6.948

109	3.896	0.294	7.547
110	1.142	0.090	7.847
111	2.015	0.111	5.489
112	4.366	0.280	6.413
113	2.351	0.119	5.062
114	1.881	0.108	5.732
115	2.821	0.130	4.615
116	1.478	0.098	6.632
117	1.008	0.042	4.169
118	1.142	0.090	7.847
119	1.142	0.090	7.847
120	3.358	0.153	4.544
121	3.358	0.205	6.099
122	4.030	0.252	6.253
123	4.030	0.297	7.370
124	2.015	0.122	6.070
125	6.213	0.363	5.845
126	1.679	0.102	6.086
127	2.015	0.112	5.573
128	5.038	0.301	5.979
129	4.030	0.231	5.725
130	6.213	0.322	5.183
131	1.343	0.098	7.295
132	1.679	0.086	5.128
133	2.519	0.123	4.891
134	3.694	0.153	4.131
135	4.198	0.198	4.707
136	2.351	0.185	7.879
137	3.023	0.136	4.493
138	2.855	0.175	6.137
139	2.855	0.160	5.605
140	4.366	0.189	4.335
141	4.030	0.210	5.211
142	4.198	0.252	6.003
143	4.198	0.196	4.669
144	1.008	0.083	8.205
145	0.772	0.056	7.250
146	5.038	0.308	6.114
147	5.709	0.377	6.601
148	4.702	0.297	6.314
149	3.694	0.190	5.146
150	4.238	0.247	5.838
151	3.023	0.210	6.948
152	2.687	0.224	8.337
153	2.351	0.178	7.551
154	2.351	0.185	7.862
155	2.820	0.190	6.738
156	2.510	0.180	7.171
157	1.870	0.110	5.882
158	2.510	0.110	4.382
159	2.750	0.170	6.182
160	3.680	0.260	7.065
161	1.330	0.090	6.767
162	3.760	0.160	4.255
163	2.520	0.130	5.159
164	2.120	0.147	6.934
165	2.830	0.153	5.392
166	0.910	0.042	4.615

167	2.510	0.200	7.968
168	2.790	0.110	3.943
169	2.490	0.130	5.221
170	1.320	0.090	6.818
171	0.950	0.070	7.368
172	1.860	0.130	6.989
173	4.130	0.200	4.843
174	3.100	0.140	4.516
175	3.650	0.160	4.384
176	2.500	0.110	4.400
177	1.330	0.060	4.511
178	2.630	0.120	4.563
179	3.050	0.130	4.262
180	2.750	0.120	4.364
181	3.200	0.140	4.375
182	2.500	0.150	6.000
183	1.880	0.090	4.787
184	2.190	0.100	4.566
185	2.740	0.120	4.380
186	2.790	0.120	4.301
187	1.310	0.060	4.580
188	1.880	0.080	4.255
189	2.140	0.100	4.673
190	2.800	0.200	7.143
191	2.170	0.150	6.912
192	2.740	0.130	4.745
193	3.790	0.230	6.069
194	2.480	0.180	7.258
195	2.190	0.100	4.566
196	2.520	0.110	4.365
197	0.940	0.040	4.255
198	2.500	0.110	4.400
199	3.750	0.170	4.533
200	0.800	0.040	5.000
201	2.180	0.100	4.587
202	2.250	0.200	8.889
203	2.760	0.130	4.710
204	1.250	0.100	8.000
205	2.150	0.180	8.372
206	3.720	0.240	6.452
207	3.010	0.230	7.641
208	2.730	0.200	7.326
209	3.640	0.200	5.495
210	1.310	0.060	4.580
211	2.190	0.100	4.566
212	2.810	0.120	4.270
213	3.070	0.106	3.466
214	3.300	0.220	6.667
215	3.790	0.270	7.124
216	3.020	0.110	3.642
217	2.490	0.110	4.418
218	1.250	0.060	4.800
219	2.800	0.120	4.286
220	2.300	0.153	6.635
221	2.740	0.170	6.204
222	2.180	0.170	7.798
223	1.920	0.130	6.781
224	2.720	0.160	5.882

225	3.450	0.200	5.797
226	3.450	0.130	3.774
227	1.320	0.084	6.364
228	1.410	0.042	2.979
229	3.300	0.130	3.945
230	4.600	0.224	4.870
231	3.240	0.170	5.247
232	2.170	0.130	5.991
233	1.450	0.098	6.759
234	3.400	0.210	6.176
235	4.238	0.177	4.172
236	4.030	0.192	4.773
237	3.829	0.152	3.979
238	2.015	0.140	6.948
239	1.343	0.107	7.951
240	4.164	0.210	5.043
241	4.702	0.249	5.288
242	3.694	0.180	4.859
243	2.351	0.125	5.311
244	4.970	0.236	4.757
245	4.702	0.266	5.657
246	2.351	0.148	6.301
247	1.411	0.082	5.839
248	2.351	0.109	4.624
249	4.903	0.343	7.003
250	1.008	0.082	8.137
251	3.157	0.125	3.973
252	1.545	0.111	7.162
253	4.248	0.220	5.190
254	4.030	0.243	6.022
255	2.015	0.111	5.489
256	3.358	0.144	4.294
257	2.687	0.127	4.742
258	3.426	0.234	6.836
259	5.374	0.252	4.690
260	2.687	0.181	6.727
261	1.343	0.094	6.982
262	2.687	0.111	4.148
263	2.821	0.094	3.326
264	3.358	0.185	5.520
265	3.829	0.112	2.925
266	4.030	0.196	4.863
267	1.343	0.094	6.982
268	3.358	0.144	4.294
269	1.679	0.102	6.086
270	1.679	0.102	6.086
271	2.687	0.112	4.169
272	1.008	0.070	6.948
273	1.008	0.084	8.337
274	1.008	0.070	6.948
D.E	1.203	0.071	01.367
C.V	43.747	46.177	23.927
Valor Mínimo	0.605	0.038	02.742
Valor Máximo	6.717	0.392	10.915
Promedio	2.749	0.153	5.714

Cuadro 19. Relación entre el carbono orgánico y el nitrógeno total (C/N), en los suelos de la provincia de Leoncio Prado.

Código	Este : 18L	Norte	Carbono Orgánico (%)	Nitrógeno Total (%)	Relación C/N
1	403140	8993158	2.65	0.27	9.69
2	404552	8992958	1.85	0.26	7.10
3	402627	8991758	2.73	0.32	8.60
4	401686	8990906	1.21	0.15	7.87
5	401216	8990152	3.31	0.29	11.41
6	401686	8990906	2.92	0.25	11.60
7	400396	8988630	0.78	0.06	13.91
8	398525	8987549	1.17	0.12	9.66
9	396804	8987350	1.36	0.16	8.48
10	392441	8982968	0.97	0.09	10.28
11	391265	8979172	0.97	0.11	8.70
12	410898	8984048	0.86	0.11	7.65
13	410393	8983726	1.17	0.18	6.67
14	407594	8983814	0.97	0.14	7.05
15	407758	8981936	2.53	0.24	10.52
16	408237	8980496	2.92	0.26	11.05
17	408979	8981232	2.34	0.19	12.03
18	408929	8981960	3.51	0.36	9.85
19	409329	8982742	1.56	0.18	8.60
20	410675	8982565	0.78	0.10	7.95
21	412577	8983036	1.56	0.24	6.46
22	405969	8982576	2.44	0.28	8.64
23	396305	8984390	0.58	0.07	8.39
24	395041	8984561	0.78	0.06	13.91
25	393427	8983943	1.17	0.06	21.15
26	391585	8982726	0.58	0.06	10.44
27	391458	8981594	2.14	0.16	13.23
28	391589	8980805	1.79	0.15	12.19
29	391058	8978215	1.56	0.18	8.83
30	391326	8975003	1.95	0.16	12.03
31	395505	8950443	2.34	0.31	7.64
32	390456	8995982	1.17	0.14	8.40
33	388938	8994942	2.34	0.28	8.40
34	380248	8971728	1.95	0.14	13.58
35	397907	8951615	1.76	0.14	12.94
36	397598	8951179	2.17	0.13	17.33
37	383844	8972001	2.34	0.25	9.28
38	384843	8970191	2.73	0.25	10.84
39	386182	8969423	1.17	0.11	10.93
40	386747	8969017	1.46	0.12	11.86
41	388328	8969701	1.99	0.15	13.67
42	388835	8969974	1.17	0.11	10.57
43	379868	8994369	0.97	0.10	9.40
44	381936	8991063	1.17	0.11	11.04
45	381778	8989356	0.97	0.08	11.85
46	385837	8987539	1.17	0.21	5.57
47	386772	8987432	1.95	0.21	9.35
48	387197	8986038	2.92	0.37	7.80
49	386303	8984252	1.75	0.14	12.91
50	384897	8982948	1.85	0.14	13.22
51	385333	8980894	1.36	0.12	11.46

52	386642	8979743	2.34	0.18	12.84
53	382426	8986410	1.56	0.18	8.56
54	386900	8978018	1.95	0.14	13.51
55	385185	8977921	1.09	0.11	10.12
56	383004	8978617	0.78	0.09	8.36
57	398026	8952244	0.58	0.08	7.00
58	397994	8953260	0.97	0.09	11.17
59	389232	9001599	0.70	0.09	7.71
60	396657	8951071	0.58	0.05	11.35
61	384007	8996127	1.34	0.14	9.64
62	396324	8950649	2.53	0.26	9.66
63	396444	8950301	1.56	0.13	12.23
64	384184	9001500	0.78	0.08	9.28
65	396779	8951655	1.36	0.12	11.46
66	395882	8950437	1.95	0.14	13.51
67	395385	8951804	0.39	0.05	7.52
68	398071	8984432	1.40	0.10	14.25
69	394769	8951767	1.56	0.15	10.40
70	394329	8952012	1.95	0.17	11.70
71	390010	8983664	1.36	0.12	11.46
72	418932	8973323	2.34	0.18	12.84
73	394304	8952782	0.78	0.04	18.72
74	408245	8989745	1.75	0.17	10.48
75	409542	8989167	0.78	0.10	8.03
76	410100	8988343	1.21	0.11	10.78
77	393803	8953931	2.12	0.22	9.48
78	399744	8978502	0.97	0.13	7.73
79	393756	8958371	2.01	0.16	12.46
80	393108	8954568	0.58	0.11	5.31
81	392895	8955636	2.42	0.12	19.35
82	393877	8957116	1.36	0.12	11.46
83	393756	8958371	0.58	0.04	15.21
84	393389	8959166	0.90	0.11	8.21
85	393453	8960502	0.97	0.10	9.53
86	393486	8961303	1.36	0.12	11.46
87	394872	8962909	1.56	0.12	12.68
88	393916	8961693	0.58	0.07	8.46
89	394412	8962148	0.58	0.07	8.83
90	403697	8973669	1.64	0.12	13.15
91	394872	8962909	2.34	0.20	11.93
92	401110	8974133	2.26	0.25	8.97
93	393353	8964300	1.23	0.13	9.74
94	392850	8963852	2.01	0.16	12.46
95	394320	8964001	0.97	0.10	9.53
96	376125	9008314	0.78	0.09	8.31
97	393353	8964300	1.17	0.11	10.57
98	392850	8963852	3.90	0.39	9.94
99	392471	8964459	2.53	0.24	10.71
100	376125	9008314	1.95	0.14	13.51
101	369687	9008208	1.95	0.14	13.51
102	371664	9011197	0.97	0.10	9.53
103	373831	9015379	0.97	0.10	9.53
104	375669	9013198	1.95	0.14	13.51
105	376001	9011156	2.26	0.16	14.41
106	375727	9010004	2.26	0.16	14.41
107	369345	9029824	1.29	0.12	11.06
108	370668	9028991	0.35	0.04	8.35
109	369409	9022133	2.26	0.29	7.69

110	371978	9018202	0.66	0.09	7.39
111	391000	8970053	1.17	0.11	10.57
112	390955	8968734	2.53	0.28	9.04
113	391899	8984464	1.36	0.12	11.46
114	391662	8985890	1.09	0.11	10.12
115	392645	8986369	1.64	0.13	12.57
116	391549	8983636	0.86	0.10	8.75
117	385376	8968027	0.58	0.04	13.91
118	379624	8970754	0.66	0.09	7.39
119	378538	8990009	0.66	0.09	7.39
120	392044	8972954	1.95	0.15	12.77
121	393477	8973691	1.95	0.20	9.51
122	394079	8973552	2.34	0.25	9.28
123	394911	8973786	2.34	0.30	7.87
124	396151	8973562	1.17	0.12	9.56
125	396153	8973562	3.60	0.36	9.92
126	397342	8973296	0.97	0.10	9.53
127	397964	8973196	1.17	0.11	10.41
128	399353	8973248	2.92	0.30	9.70
129	399664	8973154	2.34	0.23	10.13
130	400070	8972821	3.60	0.32	11.19
131	401331	8972570	0.78	0.10	7.95
132	402469	8971614	0.97	0.09	11.31
133	402647	8971182	1.46	0.12	11.86
134	403153	8970116	2.14	0.15	14.04
135	403476	8969784	2.44	0.20	12.32
136	403722	8969044	1.36	0.19	7.36
137	404152	8968396	1.75	0.14	12.91
138	403845	8967486	1.66	0.18	9.45
139	403768	8966810	1.66	0.16	10.35
140	403481	8966672	2.53	0.19	13.38
141	405290	8970786	2.34	0.21	11.13
142	399995	8974748	2.44	0.25	9.66
143	399498	8975538	2.44	0.20	12.42
144	399956	8975887	0.58	0.08	7.07
145	399396	8975857	0.45	0.06	8.00
146	398954	8976296	2.92	0.31	9.49
147	398568	8977034	3.31	0.38	8.79
148	397667	8977897	2.73	0.30	9.19
149	396757	8978532	2.14	0.19	11.27
150	396176	8979274	2.46	0.25	9.94
151	395175	8979244	1.75	0.21	8.35
152	394865	8979993	1.56	0.22	6.96
153	393585	8980403	1.36	0.18	7.68
154	391992	8980461	1.36	0.18	7.38
155	406173	8987701	1.64	0.19	8.61
156	405651	8987577	1.46	0.18	8.09
157	406698	8986567	1.08	0.11	9.86
158	403876	8987475	1.46	0.11	13.24
159	406227	8979525	1.60	0.17	9.38
160	408266	8982450	2.13	0.26	8.21
161	407389	8982934	0.77	0.09	8.57
162	408629	8981572	2.18	0.16	13.63
163	407526	8982345	1.46	0.13	11.24
164	399602	8960838	1.23	0.15	8.37
165	396419	8962774	1.64	0.15	10.76
166	397373	8963130	0.53	0.04	12.57
167	408169	8983245	1.46	0.20	7.28

168	407579	8981313	1.62	0.11	14.71
169	404929	8986420	1.44	0.13	11.11
170	404268	8985774	0.77	0.09	8.51
171	405739	8985645	0.55	0.07	7.87
172	404295	8985149	1.08	0.13	8.30
173	414899	8973079	2.40	0.20	11.98
174	415576	8977422	1.80	0.14	12.84
175	414465	8974956	2.12	0.16	13.23
176	415634	8974732	1.45	0.11	13.18
177	416657	8974351	0.77	0.06	12.86
178	417235	8975655	1.53	0.12	12.71
179	419356	8975032	1.77	0.13	13.61
180	417342	8972796	1.60	0.12	13.29
181	418932	8973323	1.86	0.14	13.26
182	414633	8972976	1.45	0.15	9.67
183	408245	8989745	1.09	0.09	12.12
184	409542	8989167	1.27	0.10	12.70
185	410100	8988343	1.59	0.12	13.24
186	411002	8987776	1.62	0.12	13.49
187	407121	8988842	0.76	0.06	12.66
188	408456	8986344	1.09	0.08	13.63
189	408263	8978087	1.24	0.10	12.41
190	407905	8977300	1.62	0.20	8.12
191	413282	8980632	1.26	0.15	8.39
192	413456	8979480	1.59	0.13	12.23
193	412906	8979777	2.20	0.23	9.56
194	414265	8979277	1.44	0.18	7.99
195	415076	8978692	1.27	0.10	12.70
196	415777	8779881	1.46	0.11	13.29
197	412467	8976665	0.55	0.04	13.63
198	413654	8977773	1.45	0.11	13.18
199	414575	8976212	2.18	0.17	12.80
200	404654	8978346	0.46	0.04	11.60
201	405666	8978961	1.26	0.10	12.65
202	410963	8984547	1.31	0.20	6.53
203	413995	8981129	1.60	0.13	12.31
204	377690	8966935	0.73	0.10	7.25
205	409447	8980688	1.25	0.18	6.93
206	406139	8980782	2.16	0.24	8.99
207	406297	8977429	1.75	0.23	7.59
208	407294	8978437	1.58	0.20	7.92
209	407223	8977599	2.11	0.20	10.56
210	402222	8988231	0.76	0.06	12.66
211	403461	8989111	1.27	0.10	12.70
212	402243	8986743	1.63	0.12	13.58
213	397747	8964428	1.78	0.11	16.74
214	406187	8983524	1.91	0.22	8.70
215	405768	8984891	2.20	0.27	8.14
216	409429	8979451	1.75	0.11	15.92
217	410914	8980456	1.44	0.11	13.13
218	411445	8978796	0.73	0.06	12.08
219	410896	8981605	1.62	0.12	13.53
220	398377	8962507	1.33	0.15	8.74
221	405060	8982635	1.59	0.17	9.35
222	405357	8983237	1.26	0.17	7.44
223	395469	8963839	1.11	0.13	8.55
224	405004	8983720	1.58	0.16	9.86
225	403653	8985043	2.00	0.20	10.01

226	404024	8984052	2.00	0.13	15.37
227	408997	8984782	0.77	0.08	9.12
228	408055	8985359	0.82	0.04	19.47
229	396169	8964628	1.91	0.13	14.70
230	408095	8984411	2.67	0.22	11.91
231	407453	8986251	1.88	0.17	11.06
232	381915	8971641	1.26	0.13	9.68
233	407342	8985485	0.84	0.10	8.58
234	407055	8984649	1.97	0.21	9.39
235	376898	8966370	2.46	0.18	13.90
236	379162	9038422	2.34	0.19	12.15
237	380976	9034986	2.22	0.15	14.58
238	380892	9035574	1.17	0.14	8.35
239	380706	9035848	0.78	0.11	7.30
240	397544	8961873	2.42	0.21	11.50
241	378522	9037326	2.73	0.25	10.97
242	377006	9036766	2.14	0.18	11.94
243	376328	9038213	1.36	0.12	10.92
244	376305	9039157	2.88	0.24	12.19
245	376773	9041133	2.73	0.27	10.25
246	377619	9042051	1.36	0.15	9.21
247	377905	9046201	0.82	0.08	9.93
248	377505	9047385	1.36	0.11	12.54
249	376987	9048390	2.84	0.34	8.28
250	376820	9050098	0.58	0.08	7.13
251	376147	9051176	1.83	0.13	14.60
252	375215	9052246	0.90	0.11	8.10
253	375571	9053574	2.46	0.22	11.18
254	376111	9029584	2.34	0.24	9.63
255	398721	8960840	1.17	0.11	10.57
256	376192	9027585	1.95	0.14	13.51
257	377191	9024337	1.56	0.13	12.23
258	378471	9020381	1.99	0.23	8.49
259	379255	9016849	3. 12	0.25	12.37
260	378977	8968706	1.56	0.18	8.62
261	392804	8975858	0.78	0.09	8.31
262	384290	8965699	1.56	0.11	13.98
263	371834	8989148	1.64	0.09	17.44
264	374150	8993103	1.95	0.19	10.51
265	367779	8995994	2.22	0.11	19.83
266	377779	8997247	2.34	0.20	11.93
267	401373	8989067	0.78	0.09	8.31
268	395728	8983536	1.95	0.14	13.51
269	397059	8981209	0.97	0.10	9.53
270	396641	8982511	0.97	0.10	9.53
271	402108	8985691	1.56	0.11	13.91
272	399207	8981430	0.58	0.07	8.35
273	392705	8969035	0.58	0.08	6.96
274	381506	9034436	0.58	0.07	8.35
Valor máximo			3.90	0.39	21.15
Valor mínimo			0.35	0.04	5.31
Promedio			1.59	0.15	10.75
D.E					2.63
C.V					24.46

Cuadro 20. Niveles de pH.

Término descriptivos	Rango de pH
Ultra ácida	< 3.5
Extremadamente ácido	3.6 – 4.4
Muy fuertemente ácido	4.5 – 5.0
Fuertemente ácido	5.1 – 5.5
Moderadamente ácido	5.6 – 6.0
Ligeramente ácido	6.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 – 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 – 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 – 9.0
Muy fuertemente alcalino	> 9.0

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina 1984.

Cuadro 21. Niveles del contenido de materia orgánica, nitrógeno, fosforo y potasio disponible.

Nivel	M.O (%)	N (%)	Fósforo (ppm)	k₂O (Kg de /ha)
Bajo	<2	<0.1	< 7	< 300
Medio	2-4	0.1-0.2	7 – 14	300-600
Alto	>4	>0.2	>14	>600

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina 1984

Cuadro 22. Puntajes para calificar el nivel de la fertilidad en los suelos.

Clase de fertilidad	Rango
Muy alta	> 8.4
Alta	> 6.7 - 8.4
Moderada	> 5.1 – 6.7
Baja	3.6 – 5.1
Muy baja	< 3.6

Fuente: IGAC, 1995 citado por MORENO (2012).

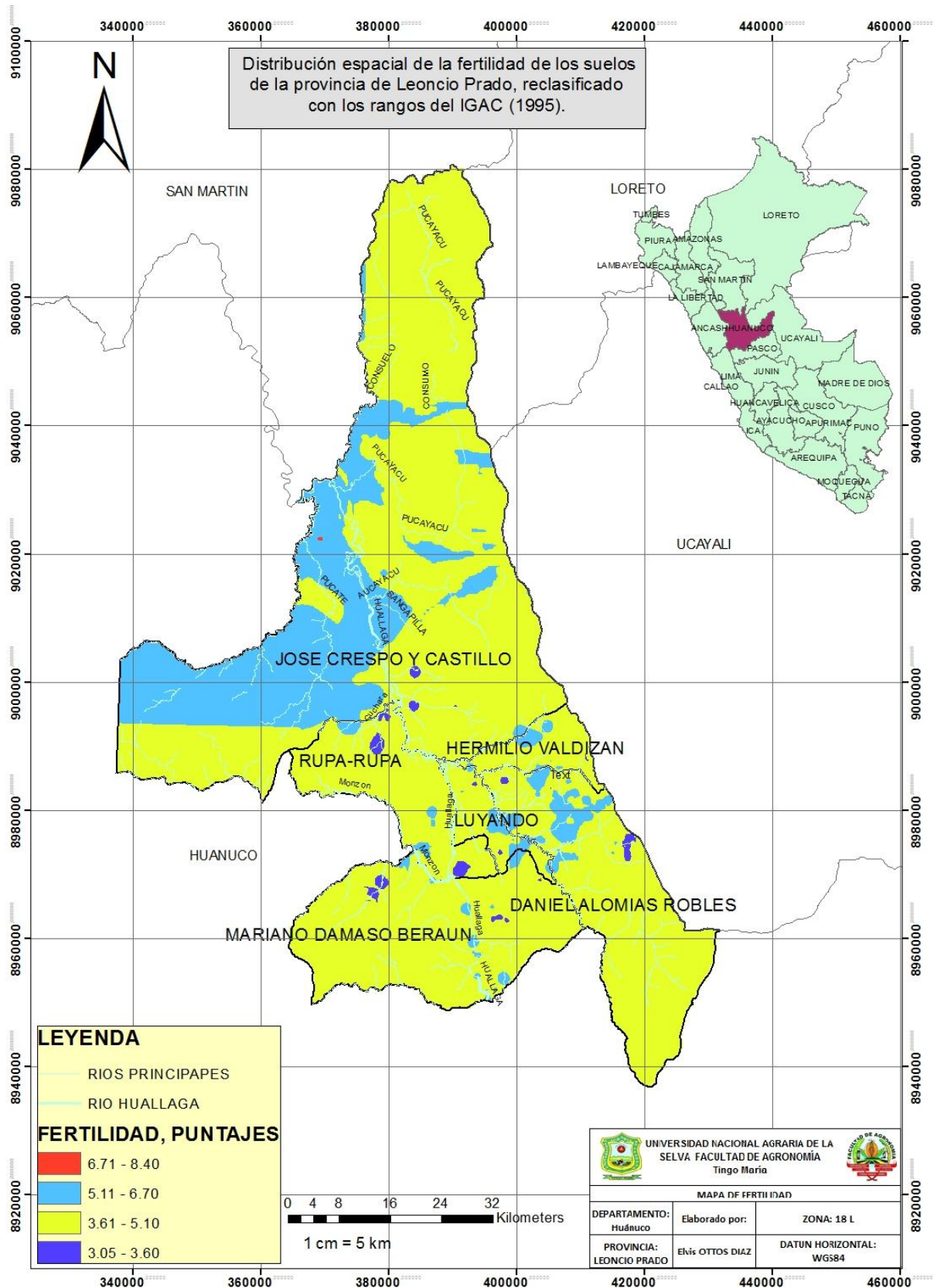


Figura 19. Distribución espacial de la fertilidad de los suelos de la provincia de Leoncio Prado, reclasificada con los rangos del IGAC (1995).

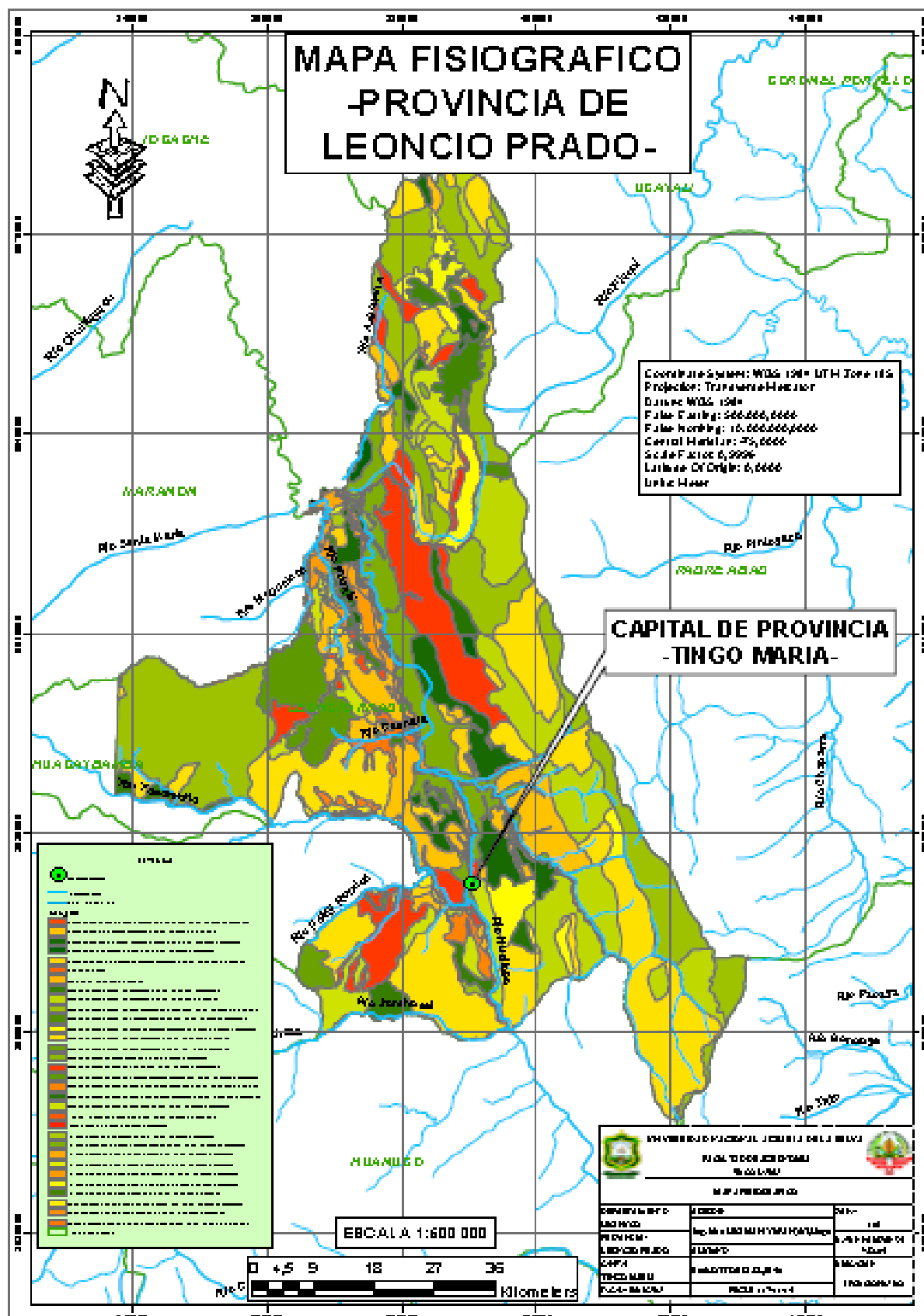


Figura 20. Mapa fisiográfico de la provincia de Leoncio Prado.



Figura 21. Muestreo de suelos, recepción y secado de los suelos.



Figura 22. Determinación de la materia orgánica y del nitrógeno total (digestión).

