

Revista Científica del Instituto de Investigación de la
Universidad Nacional del Centro del Perú

Volumen 1
Número 1

Enero - Diciembre 2020
ISSN versión electrónica: xxx-xxx

PROSPECTIVA UNIVERSITARIA

Ciencias Agrarias

<http://www.uncp.edu.pe>
Huancayo - Perú

PROSPECTIVA UNIVERSITARIA

Ciencias Agrarias

Instituto de investigación de la Universidad Nacional del Centro del Perú

Enero - Diciembre 2020
Volumne 1, Número 1

PROSPECTIVA UNIVERSITARIA

Ciencias Agrarias

Prospect. Univ. CCAgrarias

Revista Científica del Instituto de Investigación de la Universidad Nacional del Centro del Perú

Enero - Diciembre 2020

ISSN:

Editor

Comité Editorial

Revisor Lingüístico

Traductor de idioma

Diseño y Diagramación

Oscar Sedano Vargas

E-mail: investigación@uncp.edu.pe

Teléfono: 064-481082, anexo 6022

Dirección: Mariscal Castilla N° 3909-4089 - Ciudad Universitaria, El Tambo - Huan-cayo

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: N° 2006-4116

Publicación semestral

Distribución gratuita

REVISTA VERSIÓN ELECTRÓNICA

<http://www.uncp.edu.pe/>

La revista no se solidariza con las opiniones de los autores.

Índice

Influencia del glifosato y la fertilización nitrogenada en la biomasa y respiración microbiana de un suelo altoandino del Perú.

Rivas, F. F.; Yañac, C. F.; Lizana, G. S. pp. 1-13.

Evaluación productiva y nutricional de forrajes en la estación experimental agropecuaria de Satipo.

Chuquillanqui, N.; Arroyo, E. I.; Parra, C.; Muños, J.; Mendoza, E.; Oncebay, B.; Molina, F. pp. 14-19.

Desarrollo de una técnica para la cuantificación del gas metano mediante sensor arduino.

Pantoja, R.; Travezan, D.; Hinostroza, M. pp. 20-26.

Crecimiento longitudinal de la piel y la densidad de fibras en corderos alimentados con pastura natural en la sierra central - Perú.

Quispe, R. Z.; Quispe, E. C.; Gabriel, W. H.; Alvites, S. L. pp. 27-32.



Influencia del glifosato y la fertilización nitrogenada en la biomasa y respiración microbiana de un suelo altoandino del Perú

Influence of glyphosate and nitrogen fertilization on microbial biomass and respiration in a Peruvian high Andean soil

Rivas, Fredy F.¹; Yañac, Carlos E. ¹; Lizana, Giuliana S.¹

¹Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro del Perú

Cómo referenciar:

Rivas, F. F.; Yañac, C. F.; Lizana, G. S. (2020). Influencia del glifosato y la fertilización nitrogenada en la biomasa y respiración microbiana de un suelo altoandino del Perú. *Prospectiva Universitaria Ciencias Agrarias*, 1(1), 1-13.

Resumen

Se determinó el efecto del glifosato y la fertilización nitrogenada en la biomasa y respiración microbiana de un suelo alto andino del Perú, se llevó a cabo un experimento utilizando un suelo proveniente de la localidad de Pasos, Huancayo, Junín. Se Diseñó un experimento completamente al azar en arreglo factorial 5x4 con 5 dosis de glifosato (0, 4, 8, 16 y 32 litros i.a./Ha) y 4 niveles de fertilización nitrogenada (0, 250, 500 y 1000 mg N/kg de suelo), con 3 repeticiones. Las dosis de N adicionado al suelo altoandino ocasionaron incrementos en el carbono de la biomasa microbiana (CBM) y la respiración basal del suelo (RBS), el incremento del CBM fueron mayores cuando se hicieron aplicaciones de glifosato, en tanto que el incremento en las dosis de N adicionado al suelo, ocasionó descensos en el cociente metabólico (qCO_2) y aumentos en el cociente microbiano (qMIC). Por otro lado, con el incremento en las dosis de glifosato, generaron aumentos en el CBM, así como en la RBS; mientras que las adiciones de glifosato al suelo altoandino, ocasionaron descensos en el qCO_2 e incrementos en el qMIC.

Palabras clave: glifosato, nitrógeno, CBM, RBS.

Abstract

The effect of glyphosate and nitrogen fertilization on the biomass and microbial respiration of a Peruvian high Andean soil was determined using a soil from the locality of Pasos, Huancayo, Junín. A completely randomized experiment was designed in a 5x4 factorial arrangement with 5 doses of glyphosate (0, 4, 8, 8, 16 and 32 liters i.a./Ha) and 4 levels of nitrogen fertilization (0, 250, 500 and 1000 mg N/kg of soil), with 3 replications. The doses of N added to the high Andean soil caused increases in microbial biomass carbon (MBC) and basal soil respiration (BSR), the increases in MBC were greater when glyphosate was applied, while the increase in the doses of N added to the soil caused decreases in the metabolic quotient (qCO_2) and increases in the microbial quotient (qMIC). On the other hand, with the increase in glyphosate doses, they generated increases in the MBC as well as in the BSR; while the additions of glyphosate to the high Andean soil caused decreases in the qCO_2 and increases in the qMIC.

Keywords: glyphosate, nitrogen, CBM, RBS.

1 Introducción

La producción y sustentabilidad de los ecosistemas dependen de la calidad de los suelos agrícolas, la misma que funciona como un sistema resiliente y variado y debe sostener una productividad primaria y secundaria, protegiendo la calidad del medioambiente; este es una definición que compromete a las diversas propiedades del suelo (Harris & Bezdicsek, 2015). La descomposición de la materia orgánica (MO) se debe la actividad microbiana del suelo, de ahí que las actividades microbiológicas del suelo son importantes para comprender los cambios que se suscitan en ella (Abril, 2003), como la aplicación de fertilizantes y otras prácticas de manejo como la aplicación de pesticidas.

Arshad y Martin (2002) sostienen que los parámetros biológicos en períodos de tiempo muy cortos, son muy sensibles al cambio de las prácticas de manejo de suelos, más que las variaciones en el contenido de MO de un suelo, ya que esta varía muy lentamente y solo se puede detectar las variaciones a largo plazo.

Las propiedades biológicas y bioquímicas del suelo como: biomasa microbiana, carbono y nitrógeno microbiano, tasa de respiración y el cociente metabólico son indicadores muy sensibles que podrían ser utilizados en el monitoreo de las alteraciones ambientales que ocurren en los suelos de uso agrícola, de uso forestal y otros, estos indicadores se constituyen en herramientas para orientar la planificación y la evaluación de las prácticas de manejo de suelos utilizadas. Los suelos altoandinos del valle del Mantaro, con elevados contenidos de MO, son sometidos a la producción de papas, aun cuando las dosis de fertilización nitrogenada no son muy significativas, casi está exento de la aplicación del glifosato.

El roundup que tiene como ingrediente activo al glifosato, es un herbicida de espectro muy amplio, es no selectivo, post emergente y de amplio uso en la agricultura. La necesidad de utilizar este herbicida es con la finalidad de eliminar algunas hierbas no objeto del cultivo, que perturban y restringen la producción de los cultivos. En el valle del Mantaro, este herbicida es utilizado en la agricultura con la denominación de Roundup, de ahí que se hace necesario su estudio en los giros metabólicos que ocasiona en los microorganismos del suelo y lo que es muy importante

es que año a año las dosis de este herbicida se ven acrecentadas en su aplicación. Los suelos de la región central del país, presentan bajas disponibilidades de nitrógeno, de ahí que los agricultores ven la necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados solubles, con el objetivo de incrementar la producción de los cultivos; definitivamente la fertilización nitrogenada es otro de los factores que afectan la calidad de los suelos que deben ser estudiados a través de indicadores microbiológicos del suelo altoandino.

La biomasa microbiana del suelo está definida como el componente microbiano vivo del suelo que está constituido por bacterias, hongos, microfauna y algas, y es la responsable de la mineralización de los residuos orgánicos, del ciclaje de los nutrientes y del flujo de energía que ocurre en el suelo (Jenkinson & Ladd, 1981). La respiración basal del suelo consiste en evaluar la producción de CO_2 resultante de la actividad metabólica microbiana, de las raíces vivas de las plantas y de los macroorganismos como los gusanos, nematodos, insectos y otros (Tótolá & Chaer, 2002). Los objetivos propuestos fueron: Caracterizar la naturaleza del suelo altoandino del Perú proveniente de la región central del país y determinar el efecto del glifosato y la fertilización nitrogenada en la biomasa y respiración microbiana de un suelo altoandino del Perú.

2 Materiales y Métodos

2.1 Procedimiento

El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Microbiología de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP). Las características de la ubicación geográfica son: Altitud 3316 msnm, Latitud sur $11^{\circ} 46' 48''$, Longitud oeste $75^{\circ} 20' 13''$, ubicado en el distrito de El Mantaro, provincia de Jauja, departamento de Junín.

Se diseñó un experimento en arreglo factorial 5×4 , compuesto por cinco dosis de glifosato (0, 4, 8, 16 y 32 litros i.a./ha) y cuatro niveles de fertilización nitrogenada (0, 250, 500 y 1000 mg N/kg de suelo), con tres repeticiones, haciendo un total de 60 unidades experimentales.

2.2 Muestra

Para la aplicación de los tratamientos se seleccionó un suelo altoandino proveniente de Pasos, distrito de Pucará, Provincia de Huancayo, departamento de Junín; la misma que fue muestreado de manera compuesta a 20 cm de profundidad, secado al aire libre y pasado por un tamiz de 2.0 mm de diámetro.

El suelo presentó valores altos de humedad actual, así como también de la capacidad de campo, debido fundamentalmente del alto contenido de materia orgánica (5,057%), su pH ácido conlleva a problemas de deficiencias nutricionales: fósforo, azufre, molibdeno y otros. Luego del muestreo del suelo, este fue pasado por tamiz de 2 mm de diámetro, una cantidad de suelo fue almacenado a una temperatura de 4 °C, y otra cantidad de muestra se llevó al laboratorio para realizar los análisis físicos y químicos. Los tratamientos con el herbicida glifosato correspondieron a: 0, 1, 2, 4 y 8 veces la dosis recomendada equivalente a 4 g i.a/L, en tanto que la fuente nitrogenada fue el fertilizante NO_3NH_4 . La evolución de C-CO_2 fue analizada a intervalos de 3 días; después de un periodo de 30 días de incubación, aproximadamente a 15°C, las unidades experimentales fueron sometidas al análisis, determinándose las siguientes características edáficas:

- Carbono de la biomasa microbiana (Vance et al., 1987).
- Respiración basal del suelo (Jenkinson & Powlson, 1976).
- Cociente metabólico microbiano (Anderson & Domsch, 1993).
- Cociente microbiano.
- Carbono orgánico del suelo (Walkley & Black, 1934).

2.3 Análisis de datos

Se aplicaron Modelos de regresión y pruebas ANOVA para analizar diferencias significativas de C microbiano, emisión de CO_2 , cociente metabólico microbiano y el cociente microbiano del suelo.

3 Resultados

3.1 Caracterización edafoclimática del suelo

El suelo alto andino de Pasos presenta las siguientes características: se encuentra en la zona alta de Marcavalle, perteneciente al distrito de Pucará, Huancayo - Junín. Está ubicado aproximadamente a una distancia aproximada de 10 Km del Distrito de Pucará, sobre una altitud de 3960 msnm, en una ladera con pendiente que varía de 35% a 43%, con presencia de vegetación natural dominado por el ichu (*Estipa ichu*) y otros. Esta zona presenta una intensa actividad agrícola, especialmente la producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). Al fondo de la depresión natural de esta zona, se observa el curso del manantial que constituye el inicio de la microcuenca del río Chanchas.

La litología del área de estudio se caracterizó por la existencia de rocas sedimentarias conocidas como grauvacas (presencia de detritus de rocas preexistentes). La existencia de este material rocoso hace presumir que se genera un material parental residuo-columial, es de profundidad efectiva moderada, que abarca aproximadamente 60 cm desde la superficie hasta la litosecuencia que gobierna el área en estudio, presenta un material parental de 9 cm de espesor, cuya naturaleza residual está conformada por rocas sedimentarias.

Dentro de las características climáticas, la zona presenta una precipitación pluvial promedio de 900 a 1000 mm.año-1 y la temperatura del orden de 05 a 08 °C en promedio anual, esto condiciona el desarrollo de un suelo edafogenético conocido como Mollico, característico de una zona altoandina; el régimen de humedad es ústico y un régimen de temperatura frío a frío en el suelo.

Las características edafoclimáticas de la zona en estudio, han permitido un desarrollo pedogenético de un suelo moderadamente profundo con horizonte cámbico (Bw) delgado en el subsuelo, con una textura franco arcillosa a arcilloso en todo el perfil, de pH ácido, con valores de media a alta de bases cambiables ya que la acidez presente es debido a la presencia de ácidos orgánicos por efecto de la baja actividad de microorganismos degradadores de la materia or-

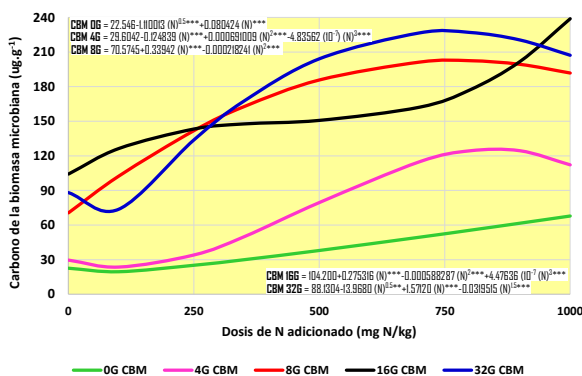
gánica ocasionado por la baja temperatura, esto limita seriamente la proliferación de estos organismos. De otro lado, la presencia del horizonte mollico permite el cultivo de papas nativas y otros cultivos como olluco y oca.

La pendiente condiciona seriamente la erosión hídrica en estos suelos, ya que presenta escurrimiento superficial de rápido a muy rápido; sin embargo, la presencia de vegetación natural permite el control en cierto modo el efecto erosivo, el desarrollo de la agricultura con surcos en sentido de la pendiente intensifica seriamente la erosión hídrica. La percolación que presenta el área en estudio permite la evacuación del agua a través del perfil, debido a que la densidad aparente del suelo es menor de 1 g/cm³ que impide la compactación, esto condiciona la inexistencia de capas duras en todo el perfil del suelo que restrinja la circulación del agua y aire. En cuanto a la estructuración, el suelo presenta la formación de estructuras granular y migajoso, esto se debe al efecto del alto contenido de materia orgánica presente en el suelo, que viene promoviendo el horizonte mollico. El color del suelo es negro en húmedo en todo el perfil (10YR 2/1).

3.2 Fertilización nitrogenada y carbono de la biomasa microbiana del suelo

Figura 1

Influencia del Nitrógeno en la Biomasa Microbiana



La biomasa microbiana es considerada como parte viva de la MO del suelo, en esta parte viva se incluye: bacterias, actinomicetos, hongos, protozoarios, algas y microfauna. Es la parte más activa de la MO y

contiene aproximadamente de 2 al 5% del carbono orgánico (Jenkinson & Ladd, 1981) y del 1% al 5% del N total del suelo (Smith & Paul, 1990).

Las dosis de N adicionado al suelo tuvieron efectos favorables en el carbono de la biomasa microbiana del suelo; a medida que se incrementaron las dosis de N se observó aumentos en el CBM, dependiendo de las dosis del herbicida glifosato; para la dosis de glifosato más baja incluyendo al tratamiento testigo, los incrementos en el CBM fueron menores con el incremento de las dosis de N adicionado al suelo. Para las dosis de glifosato de 8, 16 y 32 L ia/ha, los incrementos en el CBM fueron mayores, principalmente para el tratamiento con 32 L. i.a./ha que alcanzó un máximo aproximado de 740 ug.g⁻¹ de CBM (figura 1). Se registraron efectos positivos del herbicida glifosato en el CBM, aun cuando no se adicionaron fuente nitrogenada alguna, tal como se observa los tratamientos testigos, para cada una de las dosis crecientes del herbicida.

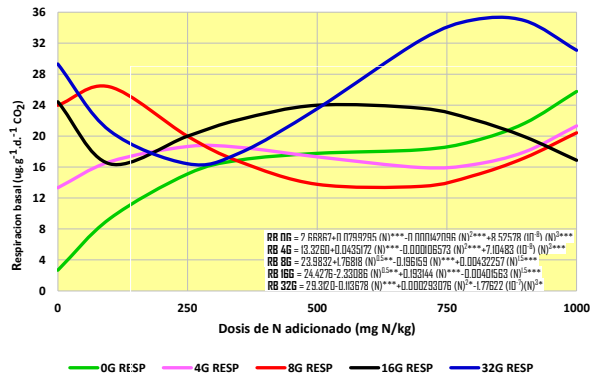
De otro lado, los datos cuantitativos del CBM se ajustaron de manera variable para las dosis de N adicionado, los modelos regresionales fueron del orden de raíz cuadrado, cuadrático, cubico y cubico raíz, en cada uno de ellos los valores del coeficiente de determinación fueron altos, de igual modo el análisis de componente de cada uno de las ecuaciones regresionales fueron estadísticamente significativos.

3.3 La fertilización nitrogenada y respiración basal del suelo

De acuerdo a Parkin et al. (2015), la RBS es una medida de la producción de CO₂ y es resultado de la actividad metabólica de los microorganismos en el suelo, de raíces en actividad y de microorganismos: lombrices, nematodos e insectos. La respiración basal es un atributo positivo de la calidad de los suelos, es un indicador sensible de la descomposición de residuos, del giro metabólico del carbono orgánico del suelo y de los disturbios que ocurren en el ecosistema, se debe precisar que sus valores deben ser interpretados con cautela.

Figura 2

Influencia del Nitrógeno en la Respiración Basal del Suelo



En la figura 2 se observa la relación que hay entre las dosis de N adicionado al suelo en función de la respiración basal del suelo en estudio para cada una de las dosis de glifosato adicionado. De manera general, con el incremento de las dosis de N adicionado, se incrementan en diferentes grados la RBS del suelo. El incremento en las dosis de glifosato estimuló aumentos en la RBS del suelo, de manera que para la máxima dosis de glifosato adicionado (32 L. ia/ha), se registró aproximadamente $35 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{CO}_2$.

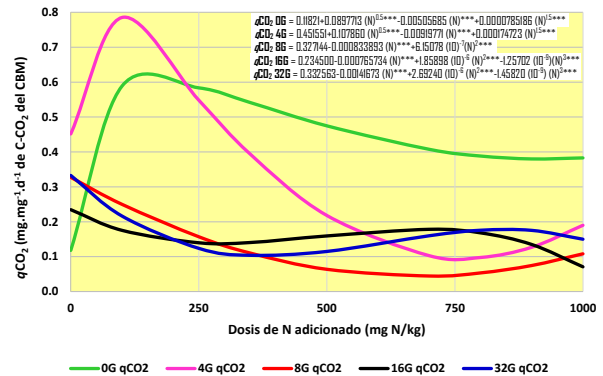
Para las dosis de 0 y 4 L ia/ha de glifosato y hasta 250 mg N/kg, la RB manifestó un incremento cuadrático (ambos tratamientos con modelos regresionales cúbicos), mientras que las mayores dosis de glifosato (16 y 32 L ia/ha) hasta una dosis de 250 mg N/kg las tendencias fueron en descenso de la RB para luego aumentar y que la tasa de incremento de la RB fue más alto para la dosis de 32 L. ia/ha.

3.4 Fertilización nitrogenada y el cociente metabólico del suelo

El cociente metabólico ($q\text{CO}_2$), llamado también respiración por unidad de biomasa microbiana, como una variable ecofisiológica de la actividad específica del suelo, predice que, a medida que determinada biomasa microbiana se torna más eficiente en la utilización de los recursos del ecosistema, pierde menos C en forma de CO_2 por la respiración y una mayor proporción de C se incorpora a los tejidos microbianos del suelo; de manera tal que, una BM “eficiente” ($< q\text{CO}_2$) presenta una menor tasa de respiración basal en relación a una misma BM “ineficiente” ($> q\text{CO}_2$).

Figura 3

Influencia del Nitrógeno en el Cociente Metabólico



En la figura 3 se observa que a medida que se incrementa las dosis de N adicionado al suelo, el $q\text{CO}_2$ disminuye, este descenso es más impactante para las dosis de 0 y 4 L. i.a./ha de glifosato aplicado al suelo; se observa que entre 120 – 130 mg N/kg adicionado, se alcanza los valores más altos de $q\text{CO}_2$ (aproximadamente 0.62 y $0.78 \text{ mg}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ de CO_2 del CBM, respectivamente), para luego descender, en ambos tratamientos, siendo que los datos se ajustaron en ambos casos a un modelo cúbico raíz.

Para las dosis de 8, 16 y 32 L. i.a./ha de glifosato aplicado al suelo, se registró menores descensos del $q\text{CO}_2$ con el aumento de las dosis de N.

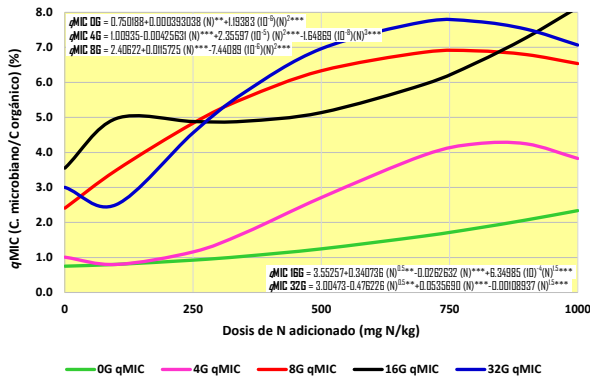
3.5 La fertilización nitrogenada y el cociente metabólico del suelo

La relación que existe entre el CBM y el carbono orgánico del suelo, es conocida como cociente microbiano ($q\text{MIC}$), este indicador microbiológico da una medida de la calidad de la MO del suelo. En circunstancias en que la biomasa microbiana se encuentra sobre el impacto de algún factor de estrés como: deficiencia de nutrientes, acidez, alta concentración de aluminio y otros, la capacidad de utilización del carbono orgánico disminuye, entonces la relación CBM/carbono orgánico disminuye ($< q\text{MIC}$), de manera contraria, la adición de materia orgánica de buena calidad o cambios del factor limitante para una condición favorable (aumento del pH, disminución de la concentración de aluminio o aumento en la disponibilidad de nutrientes), entonces la biomasa microbiana puede aumentar rápidamente ($> q\text{MIC}$), a pesar de que las concentra-

ciones de carbono orgánico del suelo permanezcan inalterados (Powlson et al., 1987).

Figura 4

Influencia del nitrógeno en el cociente microbiano



De manera general las dosis de N adicionado al suelo, ocasionaron aumentos en los valores del qMIC; para las menores dosis de glifosato aplicado (0 y 4 L. i.a./ha) esos incrementos registraron los valores más bajos, siendo que para una dosis de glifosato de 4 L. i.a./ha el valor de qMIC fue mayor que para 0 L. i.a./ha, a medida que se incrementaba las dosis de N adicionado al suelo altoandino del Perú. Cuando se hicieron aplicaciones de 8, 16 y 32 L.i.a./ha, se registraron ascensos en el qMIC a medida que aumentaba las dosis de N aplicado; por ejemplo el tratamiento con 32 L.i.a./ha de glifosato, ha registrado un valor de 7,8% para el qMIC, la misma que equivale aproximadamente a la aplicación de 750 mg N/kg.

3.6 El glifosato y el carbono de la biomasa microbiana del suelo

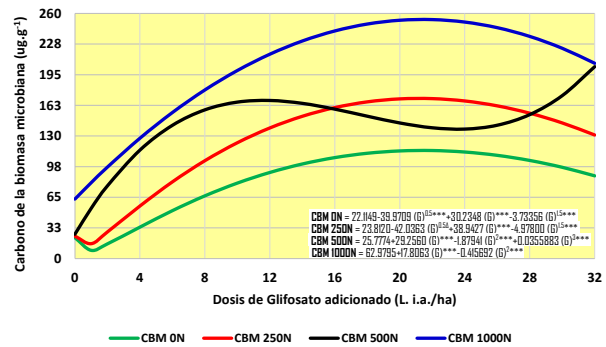
En la figura 5 se observa que con el aumento de las dosis del herbicida glifosato adicionadas al suelo, los valores del CBM también se ven incrementadas; además que el aumento de las dosis de N adicionadas al suelo permitieron incrementos en el CBM, estos incrementos fueron graduales, es decir los aumentos en el CBM fueron en el siguiente orden: 0, 250, 500 y 1000 mg N/kg, excepto para el tratamiento con 500 mg N/kg, los demás tratamientos siguieron distribuciones cubico raíz y cuadrática, donde los valores máximos de CBM correspondieron al rango de dosis de 20 – 24 L. i.a./ha, estos valores máximos correspondieron a: 115, 171 y 252 ug.g-1 de CBM para 0, 250 y

100 mg N/kg, respectivamente.

De otro lado, la fertilización nitrogenada estimuló a un incremento en el CBM sin la aplicación del herbicida glifosato, este estímulo fue mayor con una mayor dosis de N aplicado al suelo, siendo que el tratamiento testigo registró 22.11 62.98 ug.g-1 de CBM y el tratamiento con 1000 mg N/kg registró 62.98 ug.g-1 de CBM.

Figura 5

Influencia del glifosato en la biomasa microbiana

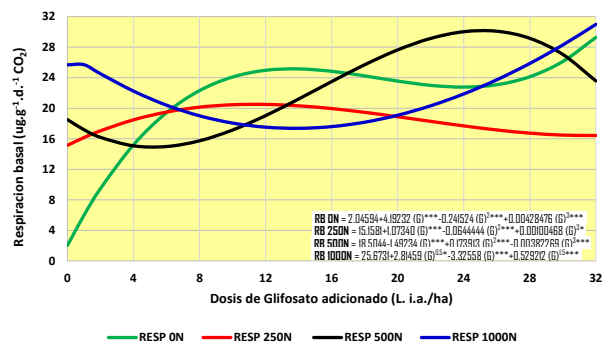


3.7 El glifosato y la respiración basal del suelo

La respiración basal del suelo altoandino se ve estimulada con el aumento en las dosis de glifosato adicionado, independiente de las dosis de N aplicado, los aumentos en la RB fueron más impactantes sin la aplicación del fertilizante nitrogenado, mientras que para una dosis de 1000 mg N/kg el modelo que relaciona las dosis de glifosato en función de la RB fue cubico raíz, en donde en el rango de 8 a 20 L.i.a./ha de glifosato hubo un descenso de la RB para luego continuar subiendo con mayores dosis de glifosato (figura 6).

Figura 6

Influencia del glifosato en la respiración basal



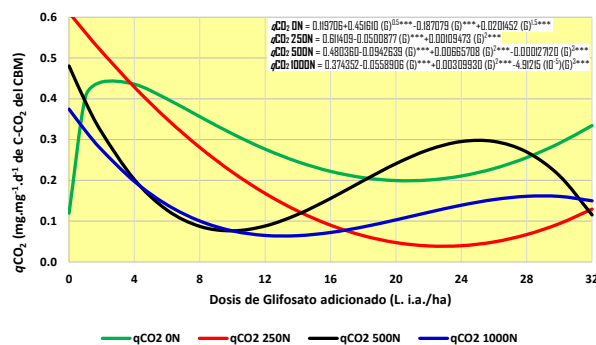
Cuando no se hizo aplicación alguna de glifosato, la fertilización nitrogenada ocasiono incrementos en la RB de acuerdo a las dosis de N aplicado, por ejemplo, para una dosis de 0 mg N/kg se registró una RB de 2.04 ug .g-1, mientras que para la mayor dosis de N, la evolución de CO_2 fue de 25.67 ug.g-1.

3.8 El glifosato y el cociente metabólico del suelo

En la figura 7 se observa que las dosis crecientes del herbicida glifosato ocasionaron descensos en los valores del cociente metabólico, principalmente el tratamiento con 250 mg N/kg cuya distribución cuadrática registra un descenso abrupto llegando hasta valores de 0.04 mg.mg-1.d-1 de CO_2 del CBM desde 0.61 mg.mg-1.d-1 de CO_2 del q CO_2 ; sin embargo, para el tratamiento con 1000 mg N/kg el descenso en el q CO_2 fue desde 0.37 mg.mg-1.d-1 de CO_2 del q CO_2 hasta 0.15 mg.mg-1.d-1 de CO_2 del q CO_2 , la disminución del cociente metabólico para el tratamiento con mayor dosis de N adicionado al suelo registraron los valores del cociente metabólico más bajos, además que los valores de descenso del q CO_2 para el tratamiento con 0 mg N/kg en función de las dosis de glifosato adicionado se dieron con valores altos del cociente metabólico. El modelo de regresión del q CO_2 en función de las dosis de glifosato aplicado para una dosis de 500 mg N/kg fue de naturaleza cúbica.

Figura 7

Influencia del glifosato en el cociente metabólico

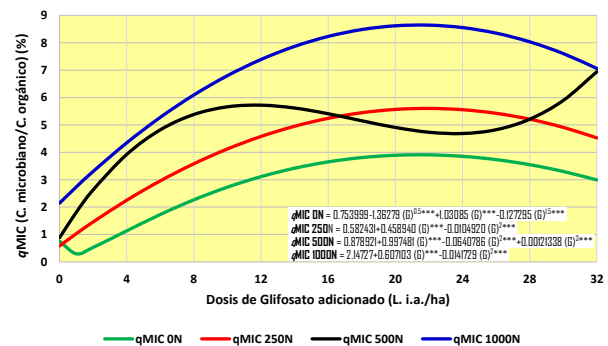


3.9 El glifosato y el cociente microbiano del suelo

En la figura 8 se observa la influencia de las dosis de glifosato en el cociente microbiano del suelo altoandino, a medida que se incrementan las dosis de glifosato se incrementan los valores de qMIC, estos incrementos en este indicador microbiológico se dan de manera gradual para las dosis crecientes de N adicionado, el orden decreciente de la influencia de las dosis de glifosato en el qMIC fue: 1000N > 500N > 250N > 0N. Los valores del qMIC fueron menores cuanto menor son las dosis de N adicionado al suelo altoandino, mientras que el tratamiento con 1000 mgN/kg registraron los valores más altos en qMIC para las dosis crecientes de glifosato. A excepción del tratamiento con 500 mg N/kg, los valores máximos de qMIC se registraron en el rango de 20 – 24 L.i.a./ha. Estos máximos valores de qMIC fueron de 8.6%, 5.8% y 4.0%, las que corresponden a los tratamientos con 1000, 250 y 0 mg N/kg respectivamente.

Figura 8

Influencia del glifosato en el cociente microbiano



4 Discusión

El nitrógeno es un elemento esencial para los microorganismos del suelo, las dosis crecientes de N ha permitido un aumento de la BMS, debido a que los microorganismos autóctonos de estos suelos altoandinos de la región central del país en primera instancia habrían tomado el N en sus formas iónicas de NO₃-y NH₄⁺ disponibles del suelo. A partir de aproximadamente 250 mg N/kg ocurrió un incremento sustancial en la BMS debido a que la disponibilidad de nitrógeno se ha incrementado con el aumento de las dosis

de fertilización (figura 1). Los datos son concordantes con los obtenidos por Jackson y Caldwell (1989), pues los valores indican que hay una adecuada cantidad de N disponible, pues con el incremento en las dosis de N adicionado al suelo altoandino, los microorganismos convertirían el carbono en biomasa microbiana. En un experimento, la adición de fertilizante nitrogenado soluble, ocasionó incrementos en el CBM y en la RBS en los diferentes tratamientos, probablemente esto sea debido a la disponibilidad de N que provienen de materiales de fácil descomposición, tal como lo afirma (Loveland, 2003).

Los microorganismos heterótrofos del suelo, usan al carbono orgánico del suelo como fuente de carbono y energía para sus actividades fisiológicas y metabólicas, este hecho cobra importancia en este estudio toda vez que el suelo altoandino de Pasos presenta un alto contenido de carbono orgánico, esto habría ocasionado aumentos en el CBM por efecto del carbono orgánico del suelo.

En la figura 1 también se observa que el glifosato ha ocasionado un incremento sustancial de la biomasa microbiana del suelo altoandino, este estímulo se debería a que el herbicida estaría siendo usado como sustrato carbonaceo por los microorganismos, esto explica por qué las dosis de 8, 16 y principalmente 32 L i.a./ha registraron aumentos crecientes en el CBM. Las diferencias porcentuales en el CBM para una fertilización de 750 mg N/kg, entre una dosis de 32 L i.a./ha de glifosato respecto al tratamiento testigo fue de aproximadamente 450%, esta diferencia se debe a la influencia del glifosato en el aumento del CBM.

Frioni (2006) sostiene que la RBS es una expresión más evidente de la mineralización de la materia orgánica del suelo. El suelo altoandino con alto contenido de carbono orgánico, en las condiciones del estudio no habría tenido suficiente tasa de mineralización, hecho que se observa en el tratamiento testigo (tratamiento con 0 L i.a./ha y 0 mg N/kg). Sin embargo, la fertilización nitrogenada ha ocasionado incrementos en la RBS, en otras palabras el nitrógeno habría aumentado la mineralización del carbono orgánico, con ello la población microbiana se habría incrementado y esto habría desencadenado la necesidad de tomar la MO del suelo. Se ha demostrado que la temperatura y de los fertilizantes solubles estimulan

la actividad de las poblaciones microbianas del suelo, las mismas que metabolizan materiales orgánicos de rápida descomposición (Loveland, 2003). Incrementos en las dosis de fertilización nitrogenada al suelo, ha permitido aumentos en la RBS como consecuencia de una mayor disponibilidad del N en el suelo.

Para las mayores dosis de Glifosato (16 y 32 Lia/ha) y sin aplicar N al suelo, la respiración basal registra altos valores y que gradualmente va decayendo para nuevamente subir, esto indica que el glifosato estaría siendo usado como fuente de carbono para intensificar la liberación de CO_2 por procesos respiratorios microbianos; para una mayor dosis de glifosato, mayor fue la RBS; reforzando la idea que el herbicida es utilizado como fuente de carbono fácilmente degradable por los microorganismos de este suelo altoandino.

El suelo altoandino con alto contenido de materia orgánica, habría sido ineficiente en el uso del carbono orgánico, esta mayor tasa de pérdida de CO_2 en la respiración por unidad de carbono incorporado en los tejidos microbianos, fue estimulado por el Glifosato hasta una dosis de 4 Lia/ha. Hasta esta dosis de Glifosato, los microorganismos incrementaron sustancialmente la tasa respiratoria, pero no incorporaron eficientemente el carbono a su tejido microbiano hasta una fertilización aproximada de 100 mg N/kg (figura 2) y que con el incremento en las dosis de N, se ha promovido una mayor incorporación de carbono en los tejidos microbianos que la pérdida de CO_2 por respiración. Estos giros metabólicos son de gran importancia en la optimización de los recursos orgánicos del suelo cuando se hacen aplicaciones de glifosato y nitrógeno en estos suelos altoandinos.

A pesar de que estos suelos altoandinos con un alto contenido de carbono orgánico, el contenido de N disponible se habría incrementado con el aumento de las dosis de N aplicado en la forma de fertilizante, por lo que la biomasa microbiana habría estado sobre el impacto de falta de N disponible, estos cambios en la disponibilidad del N acarrearán aumentos en el CBM, sin que se haya incrementado el carbono orgánico del suelo. De otro lado, los incrementos en el qMIC fueron aún mayores con el aumento de la concentración de Glifosato, indicándonos que los microorganismos del suelo altoandino habrían tomado rápidamente el

carbono soluble proveniente del herbicida para intensificar su actividad metabólica (figura 3).

El incremento del CBM con el aumento de las dosis de Glifosato, indica que los microorganismos del suelo altoandino, habrían tomado el carbono soluble proveniente del herbicida, hasta llegar a un punto máximo que corresponde aproximadamente a 20 L i.a./ha del herbicida para luego descender. El agotamiento del carbono soluble proveniente del herbicida y el carbono orgánico proveniente del suelo orgánico de Pasos, serían las razones de la caída del CBM (figura 5). Por otro lado, la fertilización nitrogenada adicionada al suelo ha estimulado aún más el CBM. Los microorganismos del suelo no solo necesitan de carbono soluble sino también fuente nitrogenada para poder optimizar el CBM, de ahí que con una dosis de fertilización de 1000 mg N/kg se registraron los mayores valores del CBM.

La RBS fue mayor en aquellos tratamientos que se hicieron aplicaciones de glifosato (figura 6), este fenómeno puede ser debido a que el glifosato sería consumido por los microorganismos del suelo altoandino como una fuente de carbono disponible y de fácil degradabilidad, este hecho estimularía el metabolismo respiratorio microbiano del suelo, la misma que se manifestaría con incrementos en la RBS. Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos con (Al-Rajab & Schiavon, 2010), quienes han monitoreado la mineralización del glifosato y del AMPA en varios suelos, ellos encontraron una inmediata y rápida tasa de degradación de glifosato, además han verificado que los microorganismos del suelo tendrían un sistema enzimático adecuado para degradar el glifosato.

Bohm et al. (2007) observaron mayor liberación de CO_2 en presencia de glifosato, esto se debe a que este herbicida es fácilmente metabolizable por los microorganismos del suelo. Gimsing et al. (2004), reportaron que la mineralización del glifosato, para 5 diferentes tipos de suelos, es directamente proporcional a la población de bacterias heterotróficas y principalmente con la frecuencia de bacterias del género *Pseudomonas* spp.

Bórtoli et al. (2012) encontraron que las tasas de liberación de CO_2 en aquellos suelos que se aplicaron glifosato, promovieron aumentos en la RBS hasta el día 30 de incubación, esto estaría asociado con

las cantidades de sustratos lábiles y que los menores valores fueron observados después de los 55 días.

De otro lado, un qCO_2 bajo, indica una economía en el uso de energía y supuestamente refleja un ambiente más estable o más próximo de su estado de equilibrio. El índice qCO_2 en la propuesta de Anderson y Domsch (1993), permite relacionar la propuesta de la optimización energética en ecosistemas en desarrollo y es equivalente a la RBS por unidad de biomasa. Este índice es alto en ecosistemas jóvenes, mientras que este índice es bajo en ecosistemas maduros. En los suelos degradados hay menor actividad de los microorganismos, por lo que los valores del qCO_2 son mayores, esto indica que estos ecosistemas son inmaduros. En el suelo altoandino de Pasos, el qCO_2 tuvo una tendencia al descenso con el aumento de las dosis de glifosato (figura 7).

El glifosato presenta una rápida degradación en el suelo, esto depende principalmente de la actividad microbiana del suelo. Los microorganismos edáficos pueden quebrar los enlaces C-P y C-N, con ello sintetizando sarcocina o ácido aminometilfosfónico (AMPA), que posteriormente podrían ser degradados a tasas mucho más lentas. von Wirén-Lehr et al. (1997) sostienen que las tasas de mineralización de este herbicida, están relacionadas a la actividad microbiana, así como a la biomasa microbiana; finalmente estos hechos pueden determinar la permanencia del glifosato en el suelo.

La adición de este herbicida, afecta la actividad microbiana del suelo, así como también queda afectada otras variables biológicas del sustrato (Biederbeck et al., 2005). Los microorganismos están estrechamente relacionados con varias funciones que tienen una importancia directa con la producción y la sustentabilidad: la participación en los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes, la mineralización de la MO, la inmovilización y solubilización de nutrientes, entre otros. Una de las variables biológicas del suelo que el glifosato afecte de manera significativa es la RBS (Turco et al., 2015).

El qCO_2 permite evaluar el flujo de la energía con respecto a la biomasa microbiana del suelo. Los valores descendentes encontrados en el suelo altoandino de Pasos con la aplicación del glifosato indican cambios en la fisiología microbiana, esto posiblemente

te sea debido a que las poblaciones microbianas han sido alteradas en su metabolismo (cifras mayores de RBS), debido a la incorporación del herbicida. Esto indica una rápida degradación y que estaría asociada a una menor residualidad del herbicida.

En condiciones de campo, algunos estudios han demostrado efectos pequeños o nulos del herbicida glifosato en la actividad de los microorganismos del suelo (Ferreira et al., 2006), otros investigadores han registrado efectos considerables en la actividad microbiana. Wardle y Parkinson (1990) sostienen que la presencia del herbicida en el suelo, se ha relacionado significativamente con incrementos en las poblaciones y actividad de bacterias del suelo. De otro lado, se ha investigado que la degradación del glifosato hasta formas de AMPA y CO_2 está asociada a la actividad microbiana y a otros factores que modifican esa actividad microbiana. En nuestro estudio encontramos que el glifosato si ha afectado las actividades metabólicas de los microorganismos autóctonos del suelo altoandino.

Un aspecto fundamental que no se ha tratado en este estudio viene a ser la persistencia de este herbicida en estos suelos y esto está estrechamente relacionado con la susceptibilidad a la degradación del glifosato y naturalmente relacionado con el efecto de este herbicida en las actividades metabólicas de los microorganismos del suelo altoandino. Varios investigadores sostienen que la susceptibilidad a la degradación del glifosato por los microorganismos depende de la textura del suelo. (Sparks, 2003) sostiene que la interacción del glifosato - componentes orgánicos e inorgánicos daría información para predecir y comprender su comportamiento en el ecosistema. De otro lado, se sostiene que los componentes de la fracción mineral (arcillas y óxidos de aluminio, hierro y manganeso) tienen efectos significativos en los fenómenos de adsorción-desorción del herbicida, esto se debería a su elevada superficie específica y a su reactividad que presenta el glifosato.

En una investigación, las aplicaciones de glifosato en dosis de 234 mg ia/kg de suelo, estimuló la actividad microbiana; pero otros autores como Bohm et al. (2008) y Gomez et al. (2009) detectaron menores tenores del CBM; las causas de esas diferencias no fueron estudiados, pero pueden estar asociadas a las

características del suelo y la actividad microbiana.

En la figura 7 se observa que el tratamiento testigo (sin N adicionado) registra un aumento del qCO_2 hasta aproximadamente 4 L ia/ha, los mayores valores del qCO_2 fueron obtenidos para tratamientos con glifosato. Este resultado es consecuencia de la mayor actividad microbiana, con mayor liberación de CO_2 por unidad de CBM, provocado por la presencia del glifosato que está actuando como sustrato fácilmente asimilable para el desarrollo de la actividad microbiana.

De otro lado, en general con el aumento de las dosis de glifosato adicionado, hubo una disminución del qCO_2 , es decir una mayor eficiencia (figura 7); el qCO_2 es uno de los indicadores biológicos del equilibrio del suelo, a medida que la biomasa microbiana se torna más eficiente, menos carbono es liberado como CO_2 por la respiración y mayor proporción del carbono es incorporado a más biomasa microbiana (Anderson & Domsch, 1990). Los factores de estrés (herbicidas, metales pesados, pH, limitaciones de nutrientes), así como factores de perturbación (condiciones ambientales) afectan ese metabolismo. La actividad microbiana, medida por la RBS, fue mayor en los tratamientos con aplicación de glifosato. Los tratamientos con este herbicida, presentaron aumento en la evolución de CO_2 .

Como sabemos, el qMIC es un indicador microbiológico que da una medida de la calidad de la materia orgánica del suelo. Los valores bajos del qMIC se registraron cuando las dosis de glifosato fueron menores (0-8 L i.a ./ha), este sería debido a que hay una disminución de la capacidad de utilización del carbono, pero a medida que aumentan las dosis del glifosato, este último actuando como fuente de materia orgánica de buena calidad, que mejora la calidad del carbono orgánico para los microorganismos, la biomasa microbiana aumenta rápidamente, consiguiendo incrementarse el qMIC, especialmente para los tratamientos con 1000 mg N/kg, a pesar que las concentraciones de carbono orgánico del suelo hayan permanecido inalterados (Powlson et al., 1987).

5 Conclusiones

1. Las dosis de N adicionado al suelo altoandino ocasionaron incrementos en el CBM y la RBS, el incremento en el CBM fueron mayores en adiciones de glifosato.
2. El incremento en las dosis de N adicionado al suelo, ocasionó descensos en el qCO_2 y aumentos en el qMIC.
3. Incrementos en las dosis de glifosato, generaron aumentos en el CBM, si como también en la RBS.
4. Las adiciones de glifosato al suelo altoandino, ocasionaron descensos en el qCO_2 , así como también
5. incrementos en el qMIC.

Referencias

- Abril, A. (2003). ¿Son Los Microorganismos Edáficos Buenos Indicadores de Impacto Productivo En Los Ecosistemas? *Ecología austral*, 13(2), 195-204. Consultado el 5 de agosto de 2023, desde http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1667-782X2003000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Al-Rajab, A. J., & Schiavon, M. (2010). Degradation of ^{14}C -glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in three agricultural soils. *Journal of Environmental Sciences*, 22(9), 1374-1380. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60264-3](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60264-3)
- Anderson, T.-H., & Domsch, K. H. (1990). Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, 22(2), 251-255. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(90\)90094-G](https://doi.org/10.1016/0038-0717(90)90094-G)
- Anderson, T.-H., & Domsch, K. H. (1993). The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 25(3), 393-395. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90140-7](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90140-7)
- Arshad, M., & Martin, S. (2002). Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 153-160. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00252-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00252-3)
- Biederbeck, V., Zentner, R., & Campbell, C. (2005). Soil microbial populations and activities as influenced by legume green fallow in a semiarid climate. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(10), 1775-1784. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.02.011>
- Bohm, G. M. B., Castilhos, D., Pigosso, G., Trichez, D., & Rombaldi, C. V. (2007). Efeito do controle de plantas concorrentes na biomassa e atividade microbiana em planossolo cultivado com soja BRS 244RR. *Revista brasileira de agrociencia*, 13(4), 503-508. Consultado el 5 de agosto de 2023, desde <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5705370>
- Bohm, G. M. B., Genovese, M. I., Pigosso, G., Trichez, D., & Rombaldi, C. V. (2008). Resíduos de glifosato e ácido aminometilfosfônico e teores de isoflavonas em soja BRS 244 RR e BRS 154. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 192-197. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000500030>
- Bórtoli, P. V., Verdenelli, R. A., Conforto, C., Vargas Gil, S., & Meriles, J. M. (2012). Efectos Del Herbicida Glifosato Sobre La Estructura y El Funcionamiento de Comunidades Microbianas de Dos Suelos de Plantaciones de Olivo. *Ecología austral*, 22(1), 33-42. Consultado el 5 de agosto de 2023, desde http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1667-782X2012000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Ferreira, E., Santos, J., Silva, A., Vargas, L., & Reis, M. (2006). Glyphosate No Controle de Biótipos de Azevém e Impacto Na Microbiota Do Solo. *Planta Daninha*, 24(3), 573-578. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000300021>
- Frioni, L. (2006). *Microbiología: Básica, Ambiental y Agrícola*. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. https://www.ciaorganico.net/documypublic/382_infoagronomo.net_-_Microbiologia_basica_ambiental_y_agricola_lilian_friomi_2006.pdf
- Gimsing, A. L., Borggaard, O. K., & Bang, M. (2004). Influence of soil composition on adsorption of glyphosate and phosphate by contrasting Danish surface soils: Adsorption of glyphosate and phosphate in soils. *European Journal of Soil Science*, 55(1), 183-191. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2003.00585.x>
- Gomez, E., Ferreras, L., Lovotti, L., & Fernandez, E. (2009). Impact of glyphosate application on microbial biomass and metabolic activity in a Vertic Argiudoll from Argentina. *European Journal of Soil Biology*, 45(2), 163-167. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.10.001>
- Harris, R. F., & Bezdicsek, D. F. (2015, octubre). Descriptive Aspects of Soil Quality/Health. En J. Doran, D. Coleman, D. Bezdicsek & B. Stewart (Eds.), *SSSA Special Publications* (pp. 23-35). Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c2>
- Jackson, R. B., & Caldwell, M. M. (1989). The timing and degree of root proliferation in fertile-soil microsites for three cold-desert perennials. *Oecologia*, 81(2), 149-153. <https://doi.org/10.1007/BF00379798>
- Jenkinson, D. S., & Ladd, J. N. (1981). Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. En E. A. Paul & J. N. Ladd (Eds.). Marcel Dekker, Inc. Consultado el 5 de agosto de 2023, desde <https://repository.rothamsted.ac.uk/item/8ww60/microbial-biomass-in-soil-measurement-and-turnover>
- Jenkinson, D., & Powlson, D. (1976). The effects of biocidal treatments on metabolism in soil—V. *Soil Biology and Biochemistry*, 8(3), 209-213. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(76\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0038-0717(76)90005-5)
- Loveland, P. (2003). Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: A review. *Soil and Tillage Research*, 70(1), 1-18. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00139-3](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00139-3)
- Parkin, T. B., Doran, J. W., & Franco-Vizcaíno, E. (2015, octubre). Field and Laboratory Tests of Soil Respiration. En J. W. Doran & A. J. Jones (Eds.), *SSSA Special Publications* (pp. 231-245). Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c14>
- Powlson, D., Prookes, P., & Christensen, B. (1987). Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biology and Biochemistry*, 19(2), 159-164. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90076-9](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90076-9)
- Smith, J. L., & Paul, E. A. (1990). The significance of soil microbial biomass estimations. En J.-M. Bollag (Ed.), *Soil Biochemistry* (1ra, p. 42, Vol. 6). Routledge. Consultado el 5 de agosto de 2023, desde <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203739389-7/significance-soil-microbial-biomass-estimations-smith-paul>
- Sparks, D. L. (2003). *Environmental Soil Chemistry* (2nd ed). Academic Press.
- Tótolá, M. R., & Chaer, G. M. (2002). Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. https://www.researchgate.net/publication/285842908_Microrganismos_e_processos_microbiologicos_como_indicadores_da_qualidade_dos_solos
- Turco, R. F., Kennedy, A. C., & Jawson, M. D. (2015, octubre). Microbial Indicators of Soil Quality. En J. Doran, D. Coleman, D. Bezdicsek & B. Stewart (Eds.), *SSSA Special Publications* (pp. 73-90). Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c5>

- Vance, E., Brookes, P., & Jenkinson, D. (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19(6), 703-707. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6)
- von Wirén-Lehr, S., Komoßa, D., Gläßgen, W. E., Sandermann, H., & Scheunert, I. (1997). Mineralization of [14C] glyphosate and its plant-associated residues in arable soils originating from different farming systems. *Pesticide Science*, 51(4), 436-442. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199712\)51:4<436::AID-PS630>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199712)51:4<436::AID-PS630>3.0.CO;2-7)
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29. Consultado el 5 de agosto de 2023, desde https://journals.lww.com/soilsci/citation/1934/01000/an_examination_of_the_degtjareff_method_for.3.aspx
- Wardle, D., & Parkinson, D. (1990). Effects of Three Herbicides on Soil Microbial Biomass and Activity. *Plant and Soil*, 122(1), 21-28. Consultado el 5 de agosto de 2023, desde <https://www.jstor.org/stable/42938384>



Evaluación productiva y nutricional de forrajes en la estación experimental agropecuaria de Satipo

Productive and nutritional evaluation of forage crops at the agricultural experimental station of Satipo

Chuquillanqui, Noé¹; Arroyo, Ernesto I.²; Parra, Cayo¹; Muños, Juan³; Mendoza, Edwin⁴; Oncebay, Breitner¹; Molina, Francisco¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro del Perú

²Estación experimental agropecuaria Satipo, Universidad Nacional del Centro del Perú

³Centro de idiomas, Universidad Nacional del Centro del Perú

⁴Agro negocios el progreso S.A.C

Cómo referenciar:

Chuquillanqui, N.; Arroyo, E. I.; Parra, C.; Muños, J.; Mendoza, E.; Oncebay, B.; Molina, F. (2020). Evaluación productiva y nutricional de forrajes en la estación experimental agropecuaria de Satipo. *Prospectiva Universitaria Ciencias Agrarias*, 1(1), 14-19.

Resumen

La investigación se realizó en el Banco de Forrajes Tropicales de la Estación Experimental Agropecuaria de Satipo - UNCP, en época húmeda (noviembre-marzo) y de sequía (mayo-agosto), esta tuvo una duración de 09 meses, entre agosto del 2018 a marzo del 2019. El objetivo fue evaluar el rendimiento productivo y nutricional de las especies forrajeras tropicales. La metodología utilizada fue un estudio aplicado de nivel descriptivo no experimental; el análisis del rendimiento productivo de la materia verde fue mediante el método del metro cuadrado, para la evaluación del valor productivo neto (materia seca) se seleccionó una muestra de 100g y se colocó en un horno, sometido a temperatura inicial de 120°C, descendiendo gradualmente hasta los 80°C, se pesó cada hora para evaluar el proceso y culminó cuando en dos pesadas consecutivas se obtuvo el mismo peso, por último se procedió a evaluar el valor nutritivo (proteína cruda) mediante el método de Kjendahl. Los resultados revelaron que, en la época de lluvia el *Brachiaria Piata* con 2.90kg/m², tiene mayor rendimiento de materia verde, seguido de *Brachiaria decumbens* 2.88kg/m² y en época de sequía presentó mayor rendimiento la forrajera *Panicum maximum* con 2.26kg/m², referente al contenido de materia seca, la especie *Brachiaria Piata* (68.80m.s.) tuvo mayor contenido en la época de lluvia y en la época de sequía el *Pennisetum hybridum* (63.18m.s.). En cuanto al valor nutritivo, la *Brachiaria decumbens* 16.64% tuvo mayor valor en la época de lluvia y, durante la época de sequía el *Pennisetum violaceum* 14.50% tuvo mayor valor nutritivo. En conclusión, los niveles de producción y valor nutricional están influenciados por factores exógenos y endógenos del trópico.

Palabras clave: forrajes, gramíneas, valor nutricional, Abonos.

Abstract

The research was conducted in the Tropical Forage Bank of the Agricultural Experimental Station of Satipo - UNCP, in the wet season (November-March) and drought (May-August), this had a duration of 09 months, between August 2018 to March 2019. The objective was to evaluate the productive and nutritional performance of tropical forage species. The methodology used was an applied study of non-experimental descriptive level; For the evaluation of the net productive value (dry matter), a sample of 100g was selected

and placed in an oven at an initial temperature of 120°C , gradually decreasing to 80°C , weighed every hour to evaluate the process and culminated when the same weight was obtained in two consecutive weighings. Finally, the nutritional value (crude protein) was evaluated using the Kjendahl method. The results show that, in the rainy season *Brachiaria Piata* with $2.90\text{kg}/\text{m}^2$ has a higher yield of green matter, followed by *Brachiaria decumbens* $2.88\text{kg}/\text{m}^2$ and in the dry season the forage *Panicum maximun* with $2.26\text{kg}/\text{m}^2$ had a higher yield, regarding the dry matter content, the species *Brachiaria Piata* (68.80m.s.) had a higher content in the rainy season and in the dry season the *Pennisetum hibridum* (63.18m.s.). As for the nutritive value, *Brachiaria decumbens* 16.64% had higher value in the rainy season and, during the dry season *Pennisetum violaceum* 14.50% had higher nutritive value. In conclusion, the levels of production and nutritional value are influenced by exogenous and endogenous factors of the tropics.

Keywords: forages, grasses, nutritional value, fertilizers.

1 Introducción

La variedad de especies forrajeras adaptadas a ecosistemas del trópico, entre ellas las que sirven para la alimentación de las especies zootécnicas, no están evaluadas en sus valores productivos y nutritivos, por ende, no existen datos para valorar el aporte nutricional de estos en el manejo productivo del ganado, en especial en las condiciones de la selva peruana Del Águila (1990). Cuando estos forrajes son deficientes, se debe suplementar la ración alimentaria, incrementándose los costos de producción y lograr mantener un óptimo de producción. La nutrición y alimentación están sujetas a los cambios constantes y rápidos, el análisis del aporte nutricional de los forrajes es de vital importancia, ya que su efecto se evidencia en el índice de crecimiento, performance reproductiva, y cantidad y calidad del producto final. Chuquillanqui (1987) se formularon el problema ¿Qué rendimiento productivo y nutricional tendrán las especies forrajeras del Banco de Forrajes de la Estación Experimental Agropecuaria de Satipo según la estacionalidad del año?, para ello planteó la hipótesis de que el rendimiento productivo y nutricional de las especies forrajeras es mayor en la época lluviosa.

El área de estudio ha sido el Banco de Forrajes Tropicales de la Estación Experimental Agropecuaria de Satipo - UNCP, Distrito de Río Negro, Provincia de Satipo, Región de Junín, el periodo de duración de 09 meses de agosto 2018 - marzo 2019. Para la evaluación de las variables se consideró la metodología del Análisis del Contenido de Nutrientes; donde para el análisis de materia verde se consideró el “método del metro cuadrado”, para las variables de materia seca se utilizó el Método de Análisis Proximal de Wendee

y para la evaluación del valor nutritivo: proteína cruda, se utilizó el proceso de Kjendahl. Para lo cual las muestras se enviaron a un Laboratorio de Bromatología. La población de estudio han sido las diez especies de forrajes tropicales instalados en el Banco de Forrajes Tropicales las muestras para el estudio se obtuvieron mediante la toma de muestras representativas de 1 m^2 de las forrajeras ;en el proceso de análisis estadístico la aplicación del modelo descriptivo, con el uso de las medidas de tendencia central y de dispersión. El panorama del objetivo; el general fue: Evaluar el rendimiento productivo y nutricional de las especies forrajeras del Banco de Forrajes Estación Experimental Agropecuaria Satipo. Los objetivos específicos: Evaluar el rendimiento productivo, y el rendimiento nutritivo de las especies forrajeras cultivadas en el Banco de Forrajes de la Estación Experimental Agropecuaria Satipo.

2 Materiales y Métodos

2.1 Procedimiento

El estudio se realizó entre los meses de agosto a marzo del 2019, en el Banco de Forrajes Tropicales de la Estación Experimental Agropecuaria de Satipo - UNCP, ubicada en el distrito de Río Negro, provincia de Satipo, Región Junín, a una altitud de 632 m.s.n.m., zona que tiene dos temporadas climáticas bien marcadas, una época húmeda (noviembre-marzo) y una de sequía (mayo-agosto) con una precipitación pluvial promedio de 1700 mm, una temperatura promedio de 33.7°C y una humedad relativa de 70%.

Para el análisis de los forrajes, primero se evaluó el rendimiento productivo de la materia verde, para

ello se aplicó el método del metro cuadrado, luego se realizó la evaluación del valor productivo neto (materia seca) para esto se seleccionó una muestra de 100 gr y luego se la colocó en un horno, sometido a temperatura inicial de 120°C , para luego ir descendiendo gradualmente hasta los 80°C , en donde se pesó a cada hora para evaluar el proceso y se culminó cuando en dos pesadas consecutivas se obtenía el mismo valor, por último se procedió a evaluar el valor nutritivo (proteína cruda) mediante el método de Kjendahl.

2.2 Muestreo

Para el estudio se consideró las especies de forrajes instalados y cultivados en un área de 760m^2 del Banco Forrajero de la Estación Experimental Agropecuario de Satipo. De este banco, se seleccionaron diez especies de forrajes tropicales, de las cuales se extrajeron un área representativa de $1\text{m} \times 1\text{m}$ de cada especie, a las cuales se realizaron mediciones y cálculos de valores nutricionales, las especies seleccionadas para el estudio fueron: (a) *Brachiaria decumbens* (Puntero), (b) *Brachiaria brizantha* (Libertador), (c) *Brachiaria dictioneura* (Alambre), (d) *Brachiaria Piata* (Brasileño), (e) *Panicum máximum* (Castilla), (f) *Pennisetum hybridum* (Elefante blanco), (g) *Pennisetum violaceum* (Maralfalfa), (h) *Paspalum plicatulum* (Gramalote), (i) *Pennisetum hybridum* (Camerún) y (j) *Pennisetum purpureum* (Elefante Común).

2.3 Mediciones

Se utilizaron los siguientes equipos y materiales para la recolección de datos, se usó el metro, horno de secado, equipos de laboratorio de Bromatología, machetes, tijeras de podar, bolsas de manila, cinta adhesiva, plumones, libreta de campo, etc.

2.4 Análisis de datos

El procesamiento de los datos se realizó mediante la hoja de cálculo de Excel y softwares estadísticos como el SPSS v. 25 y Minitab 16.

3 Resultados

En cuanto al contenido de materia verde, se encontró que en época lluvia, la especie *Brachiaria Piata*

presentó mayor contenido de materia verde (2.90 kg), seguido de la especie *Brachiaria decumbens* (2.88 kg). En época de sequía, se encontró mayor contenido vegetal en la especie *Panicum Máximum* (2.26 kg) seguido de la especie *Brachiaria dictioneura* (2.22 kg), tal como se muestra en la figura 1.

Por otro lado, la figura 2 muestra que en épocas de lluvia, la mayor concentración de materia seca se encontró en las especies *Brachiaria Piata* (68.80%) seguido del *Pennisetum violaceum* (68.80%), mientras que en épocas de sequía la mayor concentración se encontró en la especie *Pennisetum hybridum* (63.18%) seguido de la *Pennisetum violaceum* (63.12%).

De la figura 3, en referencia al valor nutritivo, medido por la cantidad de proteína cruda, se encontró que en época de lluvia, la especie *Brachiaria decumbens* (16.64%) tuvo mayor contenido, seguido de la especie *Pennisetum sp* (16.25%), mientras que en época de sequía la especie *Pennisetum sp* (14.50%) seguido de la *Brachiaria dictioneura* (14.88%) mostraron mayor contenido de proteína cruda (figura 3).

4 Discusión

Las cantidades de materia verde encontrada en las especies *Brachiaria Piata* y *Brachiaria decumbens*, las posicionaron como las de mayor concentración en temporadas de lluvia, confirmando resultados previos como el de Urbano et al. (2010). Por otro lado, en épocas de sequía, las especies *Panicum máximum* y *Brachiaria dictioneura* fueron las que presentaron mayor concentración de materia verde, similar lo encontrado por Manrique (2012).

Por otro lado, en cuanto a la especie *Brachiaria piata* (68.80 gr) tiene mayor contenido de materia seca, seguido de la especie *Pennisetum violaceum* (68.80 gr) durante la época de lluvia. Similar resultado obtuvo Valeria 2010 y en la época de sequía la especie *Pennisetum hybridum* (63.18 gr) seguido del *Pennisetum sp* (63.12gr) coincidiendo con Urbano 2002.

La forrajera *Brachiaria decumbens* (16.64% PC) tiene mayor contenido de proteína cruda, seguido de la especie *Pennisetum violaceum* (16.25% PC) durante las épocas de lluvia, similar resultado obtuvo Cruz (2008). Y durante la época de sequía la especie *Pennisetum violaceum* (14.50% PC) seguido de la *Brachia-*

Figura 1
Contenido de Materia Verde en las Especies Forrajeras

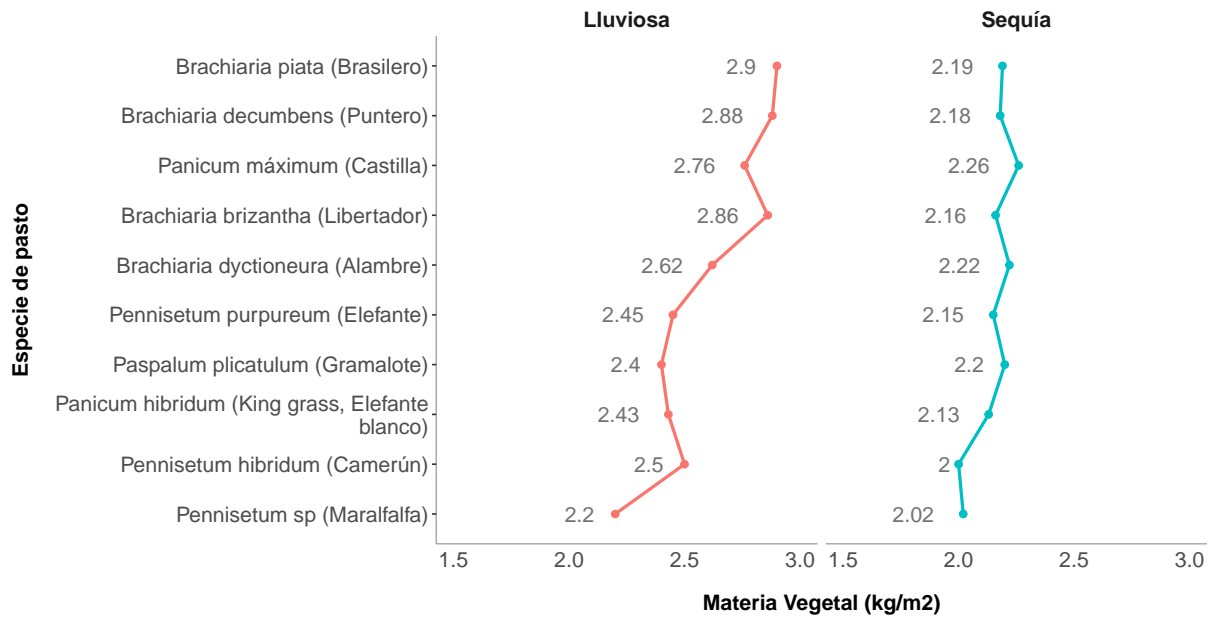


Figura 2
Contenido de Materia Seca en las Especies Forrajeras

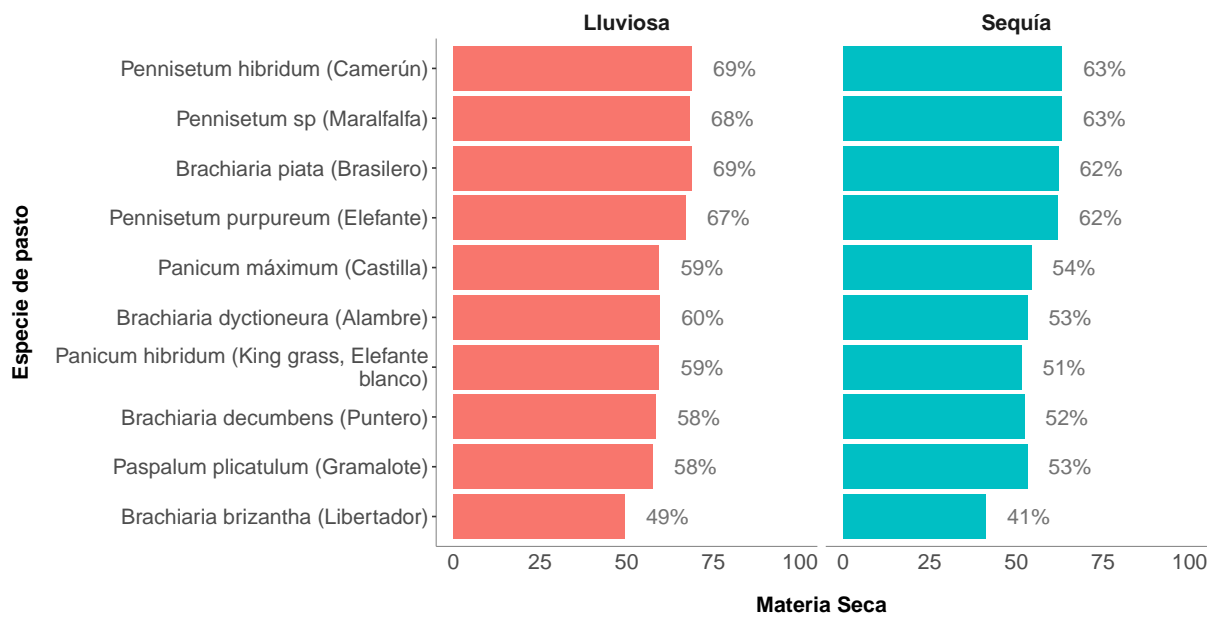
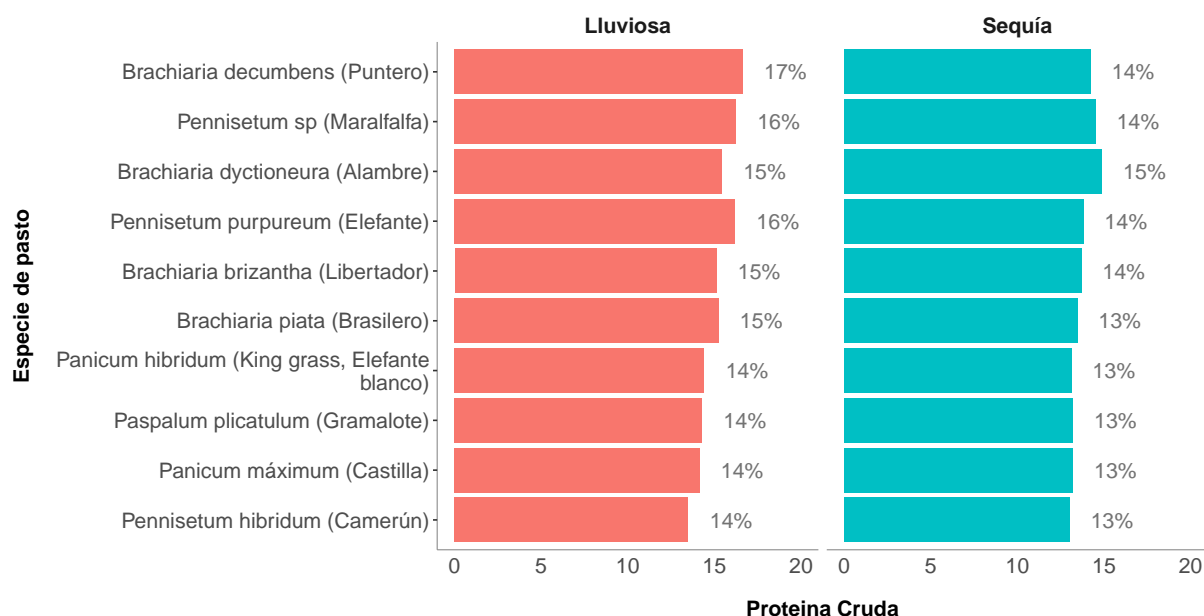


Figura 3

Contenido de proteína Cruda en las Especies Forrajeras



ria dictioneura (14.88% PC) similar resultado obtuvo Pezo (1982).

5 Conclusiones

Durante el proceso de evaluación del rendimiento productivo la especie forrajera *Brachiaria Piata* (2.90 kg) tiene mayor contenido de materia verde, seguido de la pastura *Brachiaria decumbens* (2.88 kg) durante la época de lluvia, y en la época de sequía la especie forrajera *Panicum maximum* (2.26 kg) seguido de la *Brachiaria dictioneura* (2.22 kg)

Realizado el análisis del rendimiento neto la especie *Brachiaria Piata* (68.80 gr) tiene mayor contenido de materia seca, seguido del *Pennisetum violaceum* (68.80 gr) durante la época de lluvia y en la época de sequía la especie forrajera *Pennisetum hibridum* (63.18 gr) seguido del *Pennisetum sp* (63.12gr)

En la evaluación del valor nutritivo la especie forrajera *Brachiaria decumbens* (16.64% PC) posee mayor contenido de proteína cruda, seguido del *Pennisetum violaceum* (16.25% PC) durante las épocas de lluvia. y durante la época de sequía la especie forrajera *Pennisetum violaceum* (14.50% PC) seguido del *Brachiaria dictioneura* (14.88% PC)

6 Recomendaciones

1. Recomendamos la utilización de las especies forrajeras con mayor rendimiento nutricional y productivo *Pennisetum violaceum* y la *Brachiaria dictioneura* como fuente importante e indispensable de alimento para ganado de trópico.
2. La continuación de otros trabajos de investigación con estas y otras especies forrajeras con modelos de siembra asociada que permitan mejorar el valor productivo y nutricional
3. La inclusión de especies zootécnicas indicadoras considerando el efecto resultante en sus índices productivos, por la inclusión en su dieta alimentaria las especies forrajeras tropicales cultivadas.

Referencias

- Cruz, D. A. (2008). *Evaluación del Potencial Forrajero del Pasto MARALFALFA *Pennisetum violaceum* con Diferentes Niveles de Fertilización de Nitrógeno y Fósforo con una Base Estándar de Potasio* [bachelorThesis]. Escuela Superior Politécnica

- de Chimborazo. Consultado el 5 de agosto de 2023, desde <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1607>
Accepted: 2012-02-22T13:54:35Z.
- Manrique, I. D. (2012). *Influencia de tres tipos de abono en el rendimiento del pasto elefante (pennisetum purpureum) cv. Común en selva alta* [Tesis doctoral, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Consultado el 5 de agosto de 2023, desde <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1921>
- Accepted: 2017-11-17T19:55:54Z.
- Urbano, D., Moreno, P., & Castro, F. (2010). Efectos del tipo de pastura y suplementación sobre la producción y calidad de leche en vacas doble propósito. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias*, 12(2). <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14918>



Desarrollo de una técnica para la cuantificación del gas metano mediante sensor arduino

Development of a technique for methane gas quantification using an arduino sensor

Pantoja, Rafael^{†1}; Travezan, Diana¹; Hinostroza, Marino¹

¹Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional del Centro del Perú

Cómo referenciar:

Pantoja, R.; Travezan, D.; Hinostroza, M. (2020). Desarrollo de una técnica para la cuantificación del gas metano mediante sensor arduino. *Prospectiva Universitaria Ciencias Agrarias*, 1(1), 20-26.

Resumen

Se desarrolló una prototipo para la medición de gas metano mediante un sensor arduino, para ellos se aplicó el método de sensor calefactor MQ-4, el cual se acopló perfectamente con el sistema arduino UNO, y resultó ser muy sensible al gas metano. Para la obtención de metano inicialmente se propuso la implementación de un mini biodigestor de lo cual no se pueden aislar el gas debido a su inestabilidad y baja producción, por lo cual se desestimó este método de obtención, la obtención de metano se realizó por reacción química entre cal sodada y acetato de sodio, dando un gas puro sin la presencia de otros gases. De este gas se elaboró diluciones con gas helio a fin de poder contar con mediciones exactas entre un medidor estándar modelo MX6 iBrid y el prototipo diseñado. Finalmente, se pudo obtener lecturas del medidor estándar y por ajuste de la ecuación en el arduino se pudo corregir el factor, el cual mostró en pantalla lecturas similares al equipo estándar, para luego realizar el ajuste mediante la ecuación de la recta, obteniéndose un equipo con rango de medición de 0 a 5% de volumen.

Palabras clave: medición de gas, metano.

Abstract

A prototype was developed for the measurement of methane gas by means of an arduino sensor, for which the MQ-4 heating sensor method was applied, which was perfectly coupled with the arduino UNO system, and proved to be very sensitive to methane gas. To obtain methane, initially the implementation of a mini biodigester was proposed, but it was not possible to isolate the gas due to its instability and low production, so this method of obtaining methane was discarded. The methane was obtained by chemical reaction between soda lime and sodium acetate, giving a pure gas without the presence of other gases. Dilutions of this gas were made with helium gas in order to have accurate measurements between a standard MX6 iBrid model meter and the designed prototype. Finally, it was possible to obtain readings from the standard meter and by adjusting the equation in the arduino it was possible to correct the factor, which showed on the screen readings similar to the standard equipment, to then make the adjustment using the equation of the straight line, obtaining an equipment with a measurement range of 0 to 5% of volume.

Keywords: gas measurement, methane.

1 Introducción

El medio ambiente actualmente está siendo afectado por varios sectores de la industria y así también por actividades agrícolas y el desarrollo pecuario que han generado emisiones de metano, a la atmósfera como consecuencia de la digestión ruminal de los animales en especial de los vacunos. El incremento de las emisiones de este gas provoca alteraciones en la temperatura de la superficie de los campos y ciudades con la posible reducción de la capa de O₃ en la estratosfera (Tejido et al., 2002). Hay también otro gas que altera la temperatura de la tierra y se considera principalmente al CO₂ como el que presenta mayor volumen provocando una mayor alteración al proceso del calentamiento global. Los volúmenes de metano son menores a las de CO₂, cabe señalar que el metano, cada vez se incrementa y presenta una alteración mayor a 25 veces como contaminante en referencia al CO₂. (Primavesi et al., 2004). La evaluación mundial de estos gases permite expresar que ha provocado un cambio drástico en el ambiente lo cual se ajusta a una ecuación de tipo exponencial (González & Rodríguez, 1999). Hay información que refiere que volúmenes superiores a los 550 millones toneladas métricas por año de CH₄ se van acumulando a la atmósfera debido a actividades desarrolladas por el humano y procesos naturales. Como va avanzando este incremento se predice que el gas CH₄ represente entre el 15% - 17% de los efectos de temperatura global. Kurihara et al. (1999), refieren que los volúmenes de gas CH₄ generado por el ganado vacuno, se estiman en más de 55 millones de toneladas por año, lo que representa un incremento mayor al 70% de un total de 80 millones de emisiones de las especies doméstica que generan gases. McCaughey et al. (1999), informaron que especies domésticas como el ganado vacuno contribuyen con aproximadamente en un 15% de la producción global de metano. De manera natural también se considera a los pantanos aportando un 21%, las siembras de arroz con un 20%, la quema de biomasa con 10%, los rellenos sanitarios en 7% y los residuos por combustión de hidrocarburos en 14%.

La medición del metano fue muy complicado por su fácil difusión, sin embargo, actualmente hay métodos como la espectroscopia infrarroja, la cromatogra-

fía de gases, la espectroscopia de masa y ópticas como el diodo láser, las cuales son muy costosas (Johnson & Johnson, 1995). Las mediciones de metano son difíciles de realizar sin cámaras respiratorias; una alternativa es estimar el metano a través de cálculos o a través de alguna metodología que permita primero detectar y luego medir la presencia de metano. El trabajo realizado mediante este proyecto consistió en diseñar un instrumento capaz de detectar y luego estimar el porcentaje de metano utilizando para ello sensores de metano a los cuales se incorporó un sistema arduino uno, el cual a través de una programación se pueda cuantificar la presencia de metano ambiental que proceda de fuentes que generen este tipo de gas

2 Materiales y Métodos

2.1 Procedimiento

El estudio se realizó en los laboratorios de microbiología y nutrición animal de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional del Centro del Perú, tuvo una duración de un año en el cual se desarrollaron diversas técnicas a fin de lograr un diseño confiable en la medición del gas metano.

Debido a que se realizaron varias pruebas de obtención de metano purificado para poder elaborar concentraciones estándares y así poder estimar la concentración de metano, se tuvo que desestimar el método por biodigestor, ya que la síntesis del gas metano era muy prolongado además de ser muy pobre en su contenido, lo cual no permito la elaboración de patrones de medición. Por esta razón, se tuvo que utilizar el método por reacción química directa entre la cal sodada y el acetato de sodio de forma sólida y por calentamiento controlado, a fin de poder recoger el metano puro y así poder elaborar los patrones de medición.

2.2 Muestreo

Se preparó una solución de cal sodada, mezclando 2.5 g de NaOH y CaO, el cual se reservó en un recipiente unos segundos antes de iniciar la reacción.

Para la síntesis de metano, se preparó un tubo de prueba de 25 x 200 mm en el cual se llenó 2.5g de acetato de sodio más 2.5g de cal sodada recién pre-

parada. Se acondicionó un tubo de desprendimiento con un tapón de jebes hermético, el cual se colocó en el soporte universal a unos 45 grados inclinación, luego se procedió a calentar la base del tubo con un mechero bunsen graduado a media intensidad.

Para la captura del gas metano, se introdujo el tubo de desprendimiento dentro del cuello del globo de goma debidamente asegurada con una liga de jebes gruesa, la reacción de los compuestos hizo que el globo se cargue con gas metano gracias a la reacción térmica durante 4 minutos aproximadamente.

2.3 Mediciones

Para el diseño del prototipo en estudio, fué necesario contar con una batería de concentraciones de gas metano, para lo cual se tuvo que diseñar una técnica rápida sencilla, pero a la vez estable, para purificar el gas metano obtenido con la reacción anterior; para ello se hizo pasar este gas a través de un líquido que contenía hidróxido de calcio al 2%, cuya finalidad fué atrapar el gas CO_2 que pudiese aparecer en el proceso de calentamiento de la reacción.

Luego de contar con el gas metano puro, se preparó volúmenes de gas metano a diferentes diluciones con gas helio; para ello se tomaron jeringas descartables de 20 mL a los cuales se adicionó una cantidad fija de gas metano para luego añadirle gas helio variando las cantidades a fin de obtener diluciones estables según la tabla 1.

Tabla 1

Diluciones de Gas Metano

Nº	Solvente He ^a	Soluto CH ₄ ^a	Concentración CH ₄
1	10	5	0.833
2	10	4	0.800
3	10	3	0.750
4	10	2	0.667
5	10	1	0.500
6	20	1	0.333
7	30	1	0.250
8	40	1	0.200
9	50	1	0.167
10	60	1	0.143

Nota. Procesos de diluciones de gas metano con helio.

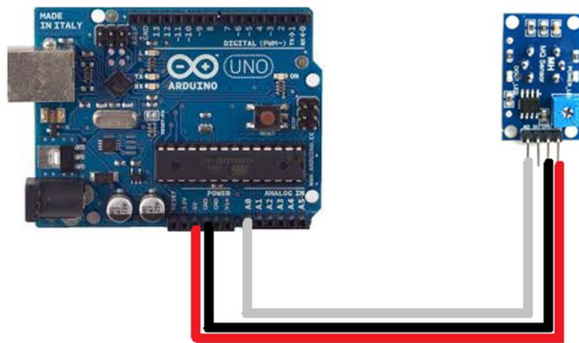
^a Valores en volúmen.

2.3.1 Construcción del Prototipo

Para el diseño del prototipo de medidor de gas metano se utilizó el sensor de gas MQ-4, aplicado para equipos de detección de fugas de metano en cocinas o su uso en la industria de gas natural LNG. Este sensor tuvo las siguientes características:

- Muy sensible al metano
- Poca sensibilidad al alcohol
- Respuesta veloz
- Muy estable y larga vida
- Circuito que incluye un módulo adaptable
- Sensor de gas de tipo CNG, principalmente metano (CH_4) como vapores de gasolina, diesel etc.
- Fuente a 5 voltios de corriente directa
- Temperatura de operación de -10 a 50 °C
- Consumo menor a 900 mili watts
- Rango de concentración de 300 a 10 000 ppm
- Sensibilidad R_s (aire) / R_s (1000 ppm C_4H_{10}) > 5

Para el desarrollo del prototipo se consideró el sensor descrito anteriormente y este acoplado a un sistema de procesamiento mediante la tarjeta arduino UNO, el cual tiene por finalidad detectar señales muy pequeñas del módulo del sensor de gas y mediante voltaje comparativo ingresar los valores detectados al chip procesador en el cual se halla el programa informático que a su vez procesa los datos los calcula mediante una fórmula en bits para luego exponer los resultados en un visualizador el cual puede ser mediante el programa de computadora o cualquier medio de visualización digital externo, para el trabajo se utilizó tanto el de la computadora como un display de 7 segmentos x 4 dígitos según el esquema de la figura 1.

Figura 1*Esquema del Prototipo*

2.3.2 Salida Analógica

Para que el programa pueda entregar los resultados via analógica se tiene que cargar el programa según se muestra en la figura 2.

Figura 2*Salida Analógica*

```

        int pin_mq = 2;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pin_mq, INPUT);
}
void loop() {
  boolean mq_estado = digitalRead(
    pin_mq); //Leemos el sensor
  if(mq_estado) //si la salida del
    sensor es 1
  {
    Serial.println("Sin presencia de
      alcohol");
  }
  else //si la salida del sensor
    es 0
  {
    Serial.println("Alcohol
      detectado");
  }
  delay(100);
}

```

Cabe señalar que el uso de una salida digital es diferente a una salida analógica, ya que en esta se puede

modificar diferentes niveles de concentración de metano y poco a poco escalarlo según la necesidad del diseñador. El programa para reconocer y activar el MQ-4 se muestra en la figura 3.

Figura 3*Salida Analógica*

```

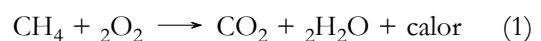
                                void setup()
{  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int adc_MQ = analogRead(A0); //
  Lemos la salida analógica del
  MQ
  float voltaje = adc_MQ * (5.0 /
    1023.0); //Convertimos la
    lectura en un valor de voltaje
  Serial.print("adc:");
  Serial.print(adc_MQ);
  Serial.print(" voltaje:");
  Serial.println(voltaje);
  delay(100);
}

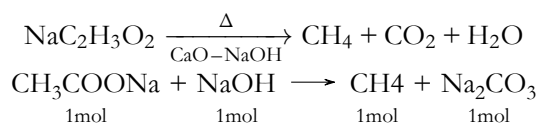
```

Porque se trabajó con salida analógica, éste código también puede ser usado para otros tipos de sensor MQ lo que se debe cuidar es el tipo de gas y las concentraciones mínimas o máximas. Hay que tener precaución durante el proceso de calentamiento, ya que al ingresar el metano hasta lograr la temperatura adecuada demora unos segundos y lógicamente que el sensor seguirá detectando pequeños residuos de metano, lo cual se notara por la disminución de los valores llegando a cero indicando que ya no existe más gas residual.

3 Resultados

Una vez iniciada la reacción química en la síntesis de gas metano, y su verificación mediante combustión con llama de color azul por su oxidación a CO₂ y H₂O se tuvo la ecuación siguiente:





La ecuación ya balanceada permitió predecir la cantidad de metano que se puede producir al hacer reaccionar una determinada cantidad de reactivos para su generación; de esta forma, considerando que 82.033 g de CH_3COONa producen 16.042 g de CH_4 , entonces 2.5 g de CH_3COONa dan 0.489 g de CH_4 , equivalente a 489 ppm.

3.1 Resultados de medición

En la tabla 2 se muestran las lecturas de los dos equipos utilizados en la medición de metano. El medidor estándar correspondió a un equipo estandarizado, fué un detector de gases modelo MX6 iBrid, el cual tuvo una lectura máxima de metano ambiental de un 5%. Razón por la cual se tuvo que trabajar con este rango de concentraciones. Las lecturas correspondientes al prototipo dieron lecturas muy cercanas al estándar, quizá se deba al tipo de contacto del gas con el sensor, ya que para el caso del equipo estándar el sensor se ubicó dentro de un tubo al cual se insufló el gas, mientras que para el sensor del prototipo este se halló expuesto de forma libre.

Tabla 2
Lecturas de Metano

Nº	Soluto ^a CH ₄	Solvente ^a He	Concentración CH ₄	Medidor ^b	Prototipo ^b
1	5	10	0.83	4.80	5.2
2	4	10	0.80	4.00	4.8
3	3	10	0.75	3.20	3.6
4	2	10	0.66	2.50	3.1
5	1	10	0.5	1.50	1.9
6	1	20	0.33	0.95	1.2
7	1	30	0.25	0.86	0.89
8	1	40	0.20	0.80	0.86
9	1	50	0.16	0.70	0.74
10	1	60	0.14	0.65	0.72

Nota. Lecturas de metano en el medidor estándar y en el prototipo.

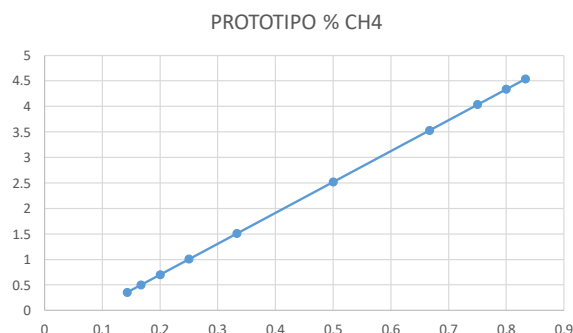
^a Valores en volúmen, ^b valores en porcentaje.

En la figura 4, se aprecia las curvas de lectura de ambos equipos demostrando una variación DS 1.53 y 1.74 entre ellos lo cual nos podría permitir asumir que el prototipo puede dar lecturas similares al del equipo estándar.

3.2 Ecuación para curva patrón

Para poder obtener una curva lineal, ya que estos sensores según sus características presentan curvas lineales, se procedió a realizar el ajuste según lo siguiente: $Y = 6.0602X + (-0.5126)$

Figura 5
Curva Patrón Para Prototipo



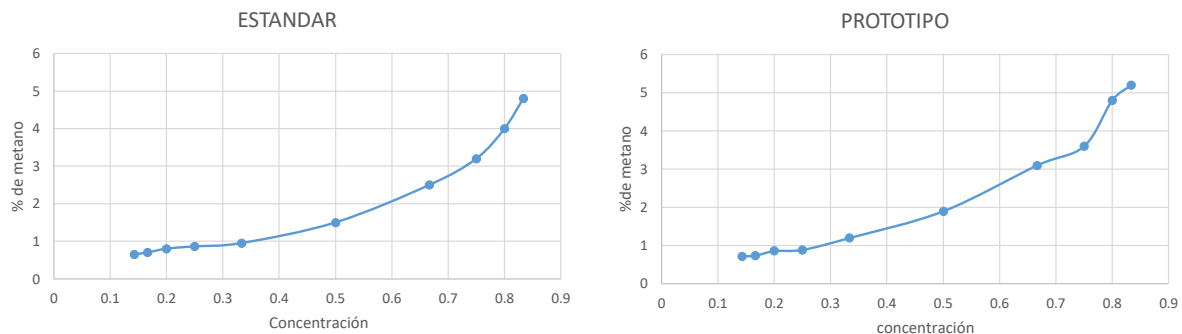
4 Discusión

Actualmente, hay varios métodos para la detección y medición del metano y muchos fabricantes coinciden que los métodos deben ser más precisos para cuantificar emisiones anuales de metano debido a que las emisiones no son solo del momento, sino que están en función al tiempo.

Lógicamente que la mayor certeza sobre los niveles de emisiones de metano dependerán mucho de costos y beneficios económicos, lo cual permita tomar decisiones basadas en hechos y datos de campo precisos.

Por ejemplo el detector láser de metano (LMD) se ha propuesto como un método para caracterizar las emisiones de metano entérico (CH_4) de los animales en un entorno natural. Para validar el uso de LMD, sus salidas de CH_4 (LMD- CH_4) se compararon con el CH_4 medido con cámaras de respiración (cámara- CH_4). El LMD se usó para medir la concentración de CH_4 ($\mu\text{L}/\text{L}$) en el aire exhalado de 24 ovejas lactantes y 72 novillos de acabado.

En ambos experimentos, la cámara- CH_4 se explicó mejor mediante modelos con la duración de los eventos de eructo (tiempo) y los valores máximos de concentración de CH_4 durante los eventos de respiración ($\mu\text{L}/\text{L}$; $P < 0.01$). La correlación entre los méto-

Figura 4*Curva de lectura del medidor estándar y Prototipo*

dos difirió entre los períodos de observación, lo que indica que los mejores resultados de la LMD se observaron de 3 a 5 h después de la alimentación. Dado el corto tiempo y la facilidad de uso de LMD, existe un potencial para su aplicación comercial y estudios de campo.

El modelo RM5000 es un detector laser de metano hasta 150 metros su rango de medición es de ppm. a 99999 ppm., su costo se halla por \$5500 dólares. El modelo JJB30 es un detector de gas portátil su rango de medición es de 0 a 5% en volumen, su costo se halla por los \$12000 dólares. El modelo tinselpo es un detector de gas metano cuyo rango de medición se halla entre 0 y 999 ppm es de bajo costo se halla por los \$1200 dólares.

Considerando las condiciones ambientales del punto de origen del gas, CCAC (2019) refiere que hay diversos tipos de detectores, el tipo Optical leak imaging (IR camera) es estrictamente para mediciones en turbinas, solo requiere el cambio de lentes con el tiempo su costo se halla por los \$115000 dólares. El Laser Leak Detector (RMLD), solo detecta metano hasta una distancia máxima de 30 metros. Útil para detectar fugas de metano originadas de fuentes difíciles de alcanzar y / o en todo terreno difícil. Su rango de medición es de 0 a 99,999 ppm. Pero su costo está por \$ 25 000 dólares. El Toxic Vapor Analyzers Mide concentraciones de vapor orgánico sobre 10,000 ppm, en combinación puede medir la concentración de metano en el área que rodea una fuga en un gran rango. Las concentraciones se pueden convertir en una aproximada. Tasas de emisiones masivas mediante correlación con ecuaciones SOCOMI es lento y

requiere calibración frecuente. Su costo se halla por lo \$13000 dólares. Los Medidores De Gas En Turbinas solo trabajan con flujos superiores o iguales a 0,283 m³ estándar/ minuto o 10 scf / minuto No trabajan fuera dl sistema su costo se halla por los \$4000 dólares.

Para el presente diseño se tuvo que realizar varias pruebas en especial para la obtención de gas metano, por ejemplo se trabajó con la implementación de un mini digester anaeróbico para la obtención de gas CO₂/CH₄, pero debido a su muy prolongado tiempo de obtención de metano y además de ser muy inestable, se dio por eliminado este método de obtención, además de contener varios gases como CO₂, NH₃, los cuales interfieren en un proceso de medición de gas metano.

El prototipo desarrollado se halla dentro de los medidores de baja concentración con la provision de un sensor tipo MQ-4 el cual puede realizar mediciones de mayor concentración, pero debido a la falta de un referente o equipo patron con rango de mediciones mayores no se trabajó mayores concentraciones, razón por la cual el prototipo tiene un rango de operación ajustado hasta 5% de gas metano o sus valores en ppm de 0 a 5000, aparte de considerarse como instrumento portátil de bajo costo, el cual está por los \$800 dólares en componentes y ensamblaje sin considerar los estudios y pruebas de calibración. La técnica empleada fue mediante sensor calefactor el cual vaporiza el gas, que corresponde a los de tipo conductividad térmica, dando una diferencia de potencial que es detectada por el procesador del sistema arduino y convertida en valores de porcentaje a tra-

vés de un factor de corrección y conversión el cual es incorporado en la programación del sistema arduino UNO.

El proyecto permite facilitar el acceso a sensores de detección de gases para así prevenir la presencia de gas metano al medio ambiente. Se puede expresar que hay limitaciones las cuales pueden ser que: Los sensores a usarse son menos sofisticados que los que se usan en industrias son más especializadas y de mayor precio. También limita nuestro rango, en donde no podríamos detectar una concentración muy baja o muy alta del gas en el caso de la síntesis de gas metano vía metabólica o química lo que impediría realizar mediciones fuera de rango, además de la precisión de la lectura y el tiempo de circulación del mismo. Además de esta utilidad, el sistema se presta para distintas áreas entre ellas el de detectar gas metano en un espacio determinado, como sabemos el metano es un gas que produce combustión inmediata, el sistema podría detectar esos niveles y dar alerta. También puede tener utilidad en el área agrícola, para monitorear procesos biotecnológicos para la obtención de gas a partir de residuos orgánicos y también incorporar este instrumento en equipos más sofisticados como lo es la fermentación *in vitro* en los estudios de degradación digestiva simulada diseñando nuevos alimentos para diferentes especies de carácter pecuario.

5 Conclusiones

1. Se logró elaborar una técnica para la cuantificación del gas metano mediante un sensor arduino.
2. Se logró aislar y purificar el gas metano, utilizando una reacción química entre la cal sodada y acetato de sodio lo cual permitió obtener el gas metano de manera pura.
3. Se logró construir un prototipo con sensor de metano en el sistema arduino el cual por ajuste lineales se tiene una curva patron fiable para rangos entre 0 y %5 en volumen

6 Recomendaciones

1. Realizar pruebas de sensibilidad para determinar la distancia de detección.

2. Realizar pruebas para lugares de difícil acceso como tuberías, sótanos, etc. a fin de acondicionar un tubo para la captura de gas.
3. Realizar mediciones con más altas concentraciones de metano ya que con el estándar que se tuvo solo se manejó hasta un 5% en vol. de metano.

Referencias

- González, F., & Rodríguez, H. (1999). *Proyección de Las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI): Colombia 1998-2010*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Johnson, K. A., & Johnson, D. E. (1995). Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 73(8), 2483-2492. <https://doi.org/10.2527/1995.7382483x>
- Kurihara, M., Magner, T., Hunter, R. A., & McCrabb, G. J. (1999). Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*, 81(3), 227-234. <https://doi.org/10.1017/S0007114599000422>
- McCaughey, W. P., Wittenberg, K., & Corrigan, D. (1999). Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 79(2), 221-226. <https://doi.org/10.4141/A98-107>
- Primavesi, O., Frighetto, R. T. S., Pedreira, M. D. S., Lima, M. A. D., Berchielli, T. T., & Barbosa, P. F. (2004). Metano Entérico de Bovinos Leiteiros Em Condições Tropicais Brasileiras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(3), 277-283. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000300011>
- Tejido, M., Ranilla, M., & Carro, M. (2002). *In vitro* digestibility of forages as influenced by source of inoculum (sheep rumen versus Rusitec fermenters) and diet of the donor sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 97(1-2), 41-51. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00012-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00012-3)



Crecimiento longitudinal de la piel y la densidad de fibras en corderos alimentados con pastura natural en la sierra central - Perú

Longitudinal skin growth and fiber density in lambs fed on natural pasture in the central highlands - Peru

Quispe, Rolando Z.¹; Quispe, Edgar C.²; Gabriel, Wilmer H.¹; Alvites, Sheyla L.¹

¹Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional del Centro del Perú

¹Instituto de investigación, Universidad Nacional Autónoma de Chota

Cómo referenciar:

Quispe, R. Z.; Quispe, E. C.; Gabriel, W. H.; Alvites, S. L. (2020). Crecimiento longitudinal de la piel y la densidad de fibras en corderos alimentados con pastura natural en la sierra central - Perú. *Prospectiva Universitaria Ciencias Agrarias*, 1(1), 27-32.

Resumen

El presente trabajo se desarrolló teniendo como objetivo, evaluar el crecimiento de la piel longitudinalmente y el nacimiento de las fibras de lana en los primeros cuatro meses de edad de los corderos de la raza Junín, agrupados en dos grupos, uno de macho y el otro de hembra, la metodología utilizada fue mediante el equipo de FIBER DEN, iniciando a evaluar al nacimiento esas dos características, luego cada 30 días hasta el destete (4 meses de edad), para este trabajo se utilizó los corderos de la U.P. Casaracra de la SAIS "TÚPAC AMARU" Ltda. N° 1, ubicada en el distrito de Paccha, provincia de Yauli - Oroya. La investigación fue de nivel descriptivo y correlacional; el control de toma de datos se hizo hasta los cuatro meses de edad de los corderos. Los datos revelaron que el crecimiento la piel a los 30 días fue en promedio 1.60 cm², a los 60 días 1,97 cm², a los 90 días 2,50 cm² y a los 120 días 2.90 cm², en caso de nacimiento de fibra fue de 32 por mm², a los 30, 60, 90 y 120 días de edad fue de 53, 46, 46 y 38 fibras por mm² respectivamente.

Palabras clave: Crecimiento longitudinal, piel, ovino, raza Junín.

Abstract

The present work was developed with the objective of evaluating the growth of the skin longitudinally and the birth of wool fibers in the first four months of age of Junín breed lambs, grouped into two groups, one male and one female, the methodology used was through the FIBER DEN equipment, starting to evaluate at birth these two characteristics, then every 30 days until weaning (4 months of age), for this work we used the lambs of the U. P. Casaracra of the SAIS "TÚPAC AMARU" Ltda. N° 1, located in the district of Paccha, province of Yauli - Oroya. The research was descriptive and correlational; the data collection control was done until the lambs were four months old. The data revealed that the skin growth at 30 days was an average of 1.60 cm², at 60 days 1.97 cm², at 90 days 2.50 cm² and at 120 days 2.90 cm², in case of fiber birth was 32 per mm², at 30, 60, 90 and 120 days of age it was 53, 46, 46 and 38 fibers per mm² respectively.

Keywords: longitudinal growth, skin, sheep, Junín breed.

1 Introducción

El presente trabajo consiste en evaluar la densidad de fibras que tiene el cordero al nacimiento y a partir de su nacimiento, en que velocidad sigue naciendo fibras de los folículos pilosos secundarios, porque según Elvira (2009) manifiesta que los folículos primarios es similar para todas las razas de ovino y termina su formación al momento de su nacimiento, lo que incrementa después de su nacimiento son las fibras provenientes de los folículos secundarios, esto es el que hace variar entre una especie de ovino y otra, en la relación que existen entre la cantidad de folículos secundarios por un folículo primario.

La evaluación del crecimiento de la piel lo hicimos tatuando la piel y evaluados mensualmente su crecimiento expansivo de la superficie y la evaluación de la densidad de fibras lo hicimos utilizando el equipo de FIBER DEN, y la metodología utilizada es en base al uso del equipo.

Es sabido que el crecimiento del tamaño del ovino y la densidad de fibras está determinado principalmente por el aspecto genético, pero influenciado por el medio ambiente, por tanto, queremos tener una información científica cómo es el comportamiento del crecimiento de la piel y la densidad de fibras en estos cuatro primeros meses de edad del cordero; para de esta manera tener el cuidado necesario en el manejo y la alimentación; de esta manera dejar que exprese a plenitud su aspecto genético.

2 Materiales y Métodos

2.1 Procedimiento

Se trabajó con corderos de la Unidad de Producción de Casracra de la empresa asociativa de la Sociedad Agrícola de Interés Social "Túpac Amaru" Ltda. N° 1. Dicha unidad se encuentra ubicada geográficamente en el distrito de Paccha, Provincia Yauli y en el departamento de Junín.

2.2 Muestreo

Los corderos en estudio son criados a campo abierto, mediante el sistema extensivo, su alimento básico es la leche de sus respectivas madres luego

complementado con los pastos naturales; estos pastos naturales sirve de alimento para sus madres y como para los corderos, estos pastizales están compuestos principalmente por gramíneas de los géneros *Disanthelium*, *Nassella*, *Aciachne*, *Muhlenbergia*, *Hordeum* y otros. La toma de datos fue durante 4 meses, se inició el mes de octubre del año 2018 y concluyendo el mes de febrero del 2019.

La población en este estudio fue 2836 corderos que nacieron de las madres de la categoría Super, del total de estos corderos se escogió 24 corderos, que fueron 12 machos y 12 hembras, se escogió los corderos a criterio del investigador debido a que tenía que cumplir ciertos requisitos, como que todos estos corderos deben nacer el mismo día en una punta de borregas conformadas de 876 borregas.

2.3 Mediciones

Los datos correspondieron al avance del crecimiento de la piel, de manera mensual desde su nacimiento, que fue la medida inicial y luego medir cada mes hasta cumplir los 120 días después de su nacimiento. De la misma manera, se controló la aparición de la cantidad de fibra en un milímetro cuadrado de piel, también la medida inicial fue al momento de su nacimiento y luego se controló cada mes hasta cumplir los 120 días después de su nacimiento. Se utilizó un equipo Fiber Den, el cual captura imágenes y determina el área que está tomando las imágenes.

La densidad de fibras (Fiber Den), constituye uno de los caracteres del ovino poco conocido y deficientemente valorado, probablemente debido a la dificultad que implica su medición. Por ello se han desarrollado un novedoso procedimiento y equipo con el objetivo de evaluar la densidad de haces de fibras por conductos (Fiber Den) y la relación con la cantidad de fibras y la cantidad de conductos (Fin Con), en alpacas, llamas y vacunos en forma no invasiva.

El procedimiento involucra cuatro etapas:

1. Preparación de la piel y fibras en animal vivo.
2. Captura amplificada de imágenes.
3. Almacenamiento de imágenes
4. Procesamiento de las imágenes.
5. Presentación de datos.

Para los cuales se utiliza un microscopio digital portátil modificado y un ordenador donde se encuentra instalado el software, desarrollado en lenguaje C. Los resultados del procedimiento, dura alrededor de 6 minutos por animal, muestran imágenes nítidas obtenidas en piel de alpacas, llamas y vacunos vivos, vislumbrándose haces de 1 hasta de 5 fibras en alpacas Huacaya y llamas Ccara, con promedios \pm error estándar (EE) para DenFib de 19.4 ± 1.89 y 12.73 ± 1.41 fibras/mm², Den Con de 8.20 ± 0.71 y 6.77 ± 2.26 conducto/mm² y Fib/Con de 2.38 ± 0.17 y 1.89 ± 0.63 , respectivamente para alpacas y llamas. En vacunos los resultados son menores y en la mayoría de los casos cada pelo emerge de un conducto solitariamente. Se concluye que el procedimiento permite obtener tres características de fibras y piel de llamas, alpacas y vacunos, con la posibilidad de extender su uso en otras especies.

Vamos a decir que existe una fibra por conducto fibroso, la densidad de las fibras y la densidad de folículos pilosos están relacionadas con la producción del vellón y el mayor o menor diámetro de fibra, de modo que a mayor densidad existe mayor peso y por lo tanto menor diámetro de la fibra. Sin embargo, la cantidad de lana o fibras o pelos producida por los ovinos, camélidos, conejos, cabras además de vacunos está en función a la variación entre animales, por efecto del medio ambiente temporal y el permanente; y el primer aspecto es influenciado por el área corporal del animal, diámetro de las fibras, longitud de mecha y la densidad, siendo este último un criterio importante para la selección animal, siendo necesaria la implementación de metodologías precisas para su medición.

2.4 Análisis de datos

Se realizó el conteo de las fibras por conducto en cada una de las imágenes, considerándose fibras válidas sólo aquellas imágenes donde el conducto de salida de la fibra se observa dentro de la demarcación de 1 mm² se visualizan. Por último el trabajo de gabinete se desarrolló días posteriores en el laboratorio de Tecnologías de Fibras de la Facultad de Zootecnia de la UNCP.

Capturados todos los corderos a evaluar se llegó a trabajar de forma ordenada, siendo los corderos hem-

bras evaluadas primero, seguidamente se trabajó con los corderos machos, se hizo uso del equipo FIBER DEN realizando el procedimiento del objetivo anterior para sus respectivas evaluaciones. Para el proceso de la segunda evaluación se observó que faltaban un cordero hembra y dos corderos machos, siendo estos cazados por los zorros, se realizó el trabajo desde entonces hasta la quinta evaluación con sólo 11 corderos hembras y 10 corderos machos. Estos casos que se presenta se soluciona debido a que fué marcado 2 corderos mas por cada sexo.

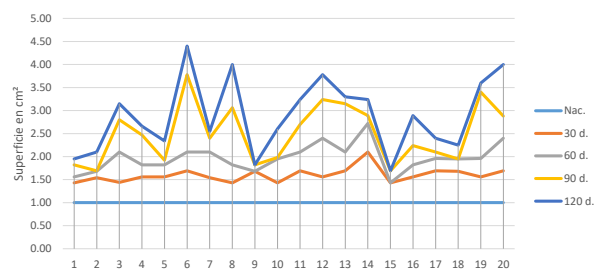
3 Resultados

3.1 Crecimiento de la piel de cordero hasta los 120 días de edad

Para controlar el crecimiento de la piel se demarcó el centímetro cuadrado en la piel a pocas horas de su nacimiento de los corderos, en base a ello se ha ido midiendo la superficie del crecimiento de la piel mensualmente hasta los cuatro meses de edad que luego se destetaron los corderos.

Figura 1

Crecimiento de la piel de los corderos hasta los 120 días de edad



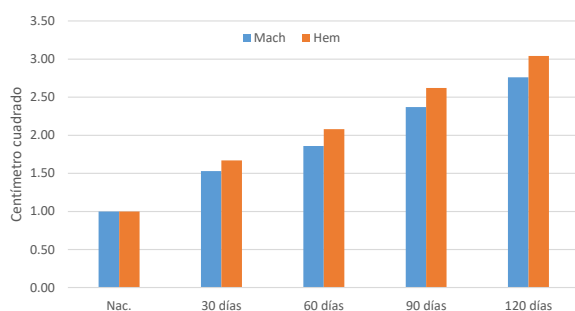
La figura 1 muestra la superficie de crecimiento de la piel de los corderos, desde el nacimiento que se inicia con la demarcación de 1 cm², luego a los 30 días se obtuvo un promedio de 1.60 cm², a los 60 días fue 1.97 cm², a los 90 días con 2.50 cm² y a los 120 días con 2.90 cm².

Si observamos en forma individual a cada uno de los corderos la figura 1 no muestra, que el cordero 6 tuvo mayor crecimiento de 4.4 cm², seguido por el cordero 20 creció su piel hasta 4.0 cm², cordero 8 creció su piel hasta 4.0 cm² y así sucesivamente, pero

también podemos observar de los corderos que tuvo menos crecimiento, como es el cordero 15, creció solamente 1.69 cm² seguido por el cordero 9 con crecimiento de 1.82 cm², seguido por el cordero 5, con crecimiento total de 2.34 cm² y así sucesivamente.

Figura 2

Crecimiento de la piel de los corderos macho y hembra hasta los 120 días de edad



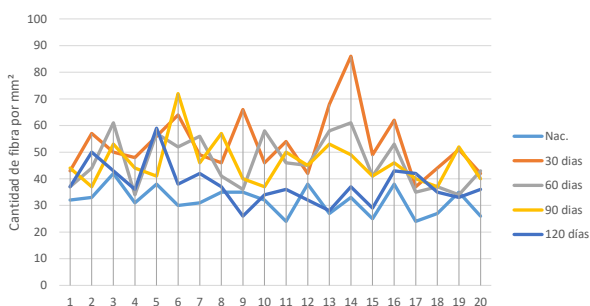
La figura 2 muestra la comparación de crecimiento de la piel entre corderos macho y hembra, a vista general no existe diferencia y si observamos con mayor detalle, los corderos hembra supera a los macho.

3.2 Cantidad de fibras durante los primeros cuatro meses de edad

El nacimiento de fibras contadas en la superficie de 1 milímetro cuadrado de la piel del cordero al momento que nace y luego contadas mensualmente hasta los cuatro meses de edad con la ayuda del FIBER DEN, luego proyectada en base al crecimiento de la piel, cuyos resultados se registra en las Tablas 1,2 y 3 y las figuras 3,4 y 5.

Figura 3

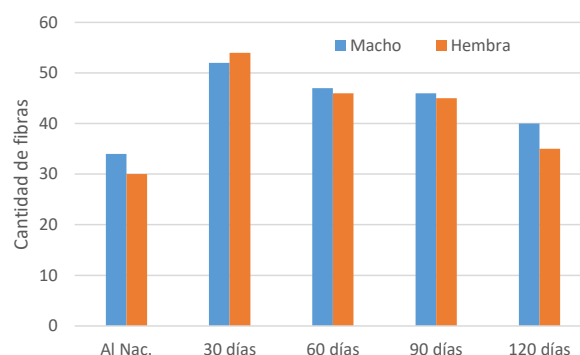
Cantidad de fibras contadas mensualmente y proyectadas con el crecimiento de la piel de los corderos



En la figura 3 muestra los datos de la contada de fibras en la piel de los corderos, registrado cada mes iniciando desde el momento de nacimiento que fue de 31.80, +/- 5.16 fibras, al mes 53.00 +/- 11.60 fibras, a los 60 días 46.45 +/- 9.67 fibras, a los 90 días 46.20 +/- 8.48 fibras, a los 120 días 37.65 +/- 7.58 fibras. Si observamos de manera individual y para esto nos favorece la Figura 9, que todos los corderos tuvieron un mayor incremento al primer mes de edad, en esta situación el cordero N° 14 tuvo un incremento de 86 fibras en 1 mm², seguido por el cordero N° 9, con 66 fibras por mm², el cordero N° 16 tuvo 62 fibras por mm², también se observa que el cordero N° 6, tuvo el mayor incremento a los 90 días de edad con un incremento de 72 fibras por mm² y así sucesivamente sucede muy variado con cada uno de los corderos.

Figura 4

Nacimiento de fibras en los corderos macho y hembra

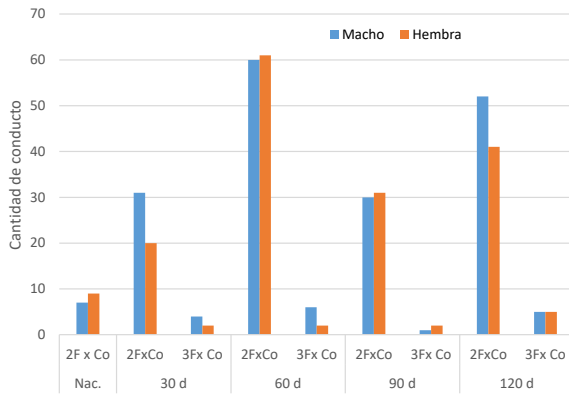


Un análisis de los datos (figura 4) reveló que el promedio de fibras que nacen en los macho es más, con 43.8 +/- 6.90 fibras, en relación con las hembra de 41.6 +/- 9.5 fibras.

Para este análisis se hizo la contada total de los 10 corderos macho y de los 10 corderos hembra, esa contada se muestra en la figura 5, como resultado se tiene que al momento de nacimiento existen corderos mayoritariamente nacen con una sola fibra por conducto piloso y 7 conductos con 2 fibras en macho y 9 conductos con 2 fibras en hembra, la aparición de conductos con 3 fibras aparecen recién a partir de los 30 días y el mayor cantidad de conductos con 2 fibras se observa a los 60 días de edad de los corderos.

Figura 5

Cantidad de fibras por conducto fibroso en 10 corderos Macho y 10 corderos hembra



La correlación que existe entre el crecimiento de la piel y el nacimiento de fibras es significativa y fuerte, siendo muy fuerte a los 90 días de edad de los corderos, pero esto no sucede a los 120 días que esto se pone nula por llegar a -0.0472 , en el caso a los 90 días de edad de los corderos nos indica que el 65.63 corderos tiene su nacimiento de fibras en relación al crecimiento de la piel.

haciendo notar que el trabajo que realizó Carro et al, es con diferentes animales en cada grupo, pero en el presente trabajo se evaluó a los mismos corderos desde su nacimiento.

Tabla 1

Correlación Entre el Crecimiento de la Piel y el Nacimiento de Fibras en los Corderos

Nº	Edad de los corderos									
	Nacim.	A los 30 días		A los 60 días		A los 90 días		A los 120 días		
	Área al nac. en cm ²	Cant. Fibras	Área los 30 días en cm ²	Cant. Fibras/mm ²	Área los 60 días en cm ²	Cant. Fibras/mm ²	Área los 90 días en cm ²	Cant. Fibras/mm ²	Área los 120 días en cm ²	Cant. Fibras/mm ²
1	1,00	32	1,43	43	1,56	37	1,82	44	1,95	37
2	1,00	33		57	1,68	44	1,69	37	2,10	50
3	1,00	42	1,44	50	2,10	61	2,80	53	3,15	43
4	1,00	31	1,56	48	1,82	34	2,47	44	2,66	36
5	1,00	38	1,56	56	1,82	57	1,92	41	2,34	59
6	1,00	30	1,69	64	2,10	52	3,78	72	4,40	38
7	1,00	31	1,54	49	2,10	56	2,40	46	2,55	42
8	1,00	35	1,43	46	1,82	41	3,06	57	4,00	37
9	1,00	35	1,68	66	1,68	36	1,82	40	1,82	26
10	1,00	32	1,43	46	1,95	58	1,98	37	2,60	34
11	1,00	24	1,69	54	2,10	46	2,70	50	3,24	36
12	1,00	38	1,56	42	2,40	45	3,24	45	3,78	32
13	1,00	27	1,69	68	2,10	58	3,15	53	3,30	28
14	1,00	33	2,10	86	2,72	61	2,89	49	3,24	37
15	1,00	25	1,43	49	1,43	41	1,69	41	1,69	29
16	1,00	38	1,56	62	1,82	53	2,24	46	2,89	43
17	1,00	24	1,69	37	1,96	35	2,1	40	2,40	42
18	1,00	27	1,68	44	1,95	37	1,95	37	2,25	35
19	1,00	35	1,56	51	1,96	34	3,40	52	3,60	33
20	1,00	26	1,69	42	2,40	43	2,88	40	4,00	36
Correlación			0,650		0,450		0,810		-0,108	
Coef. Det.			0,423		0,2025		0,6563			

4 Discusión

Carro et al. (2010) trabajó con Cabras Angora, por la Patagonia zona norte de Argentina, trabajó con cinco grupos de cabras de 5, 29, 41, 53 y 65 meses de edad, a donde encontró 36.2, 21.3, 21.6, 18.0 y 17.2 fibras por mm² respectivamente, estos promedios de contada de fibra, se observan la mayor cantidad a los 5 meses y luego va disminuyendo, es por ello que el autor considera que el nacimiento de fibra sucede en la cabras hasta los cinco meses de edad. En el presente trabajo, que nosotros realizamos con 20 corderos controlando la densidad folicular desde su nacimiento hasta los cuatro meses de edad, que fue la edad que destetaron a los corderos, encontramos una densidad al nacimiento de 31,90 fibras por mm², al mes 53,00, a los dos meses 46,45, a los tres meses 46,20 y a los cuatro meses 37,65 fibras por milímetro cuadrado de piel, Carro et al encontró a los cinco meses el más alto de densidad, en cambio nosotros encontramos al mes de edad con 53,00 fibras por milímetro cuadrado: por otra parte el mismo autor Quispe y Quispe (2019) trabajando con borregos y carneros de ovinos de la raza Junín en la misma empresa ganadera como es la SAIS, encontró en borregos 34 folículos pilosos por

milímetro cuadrado y en carneros 30 folículos pilosos por milímetro cuadrado, con esto nos muestra de lo que encontramos la densidad de fibra a los 4 meses de edad de los corderos con 37,65 F/mm², con esto muestra que no existe mucha diferencia cuando el animal está en su edad adulta, que poco ha disminuido la densidad, y eso es propio por el crecimiento de la piel.

Elvira (2009) menciona que los ovinos Merinos poseen unos 80 folículos pilosos por mm², Romney 20 folículos pilosos /mm² y Corriedale 31 folículos pilosos /mm²; en el caso del ovino Junín es similar al Corriedale, por ser también un animal de doble propósito, entonces desde el destete se sigue manteniéndose la densidad fibrosa hasta su edad adulta a los 5 o 6 años de edad y luego a la edad adulta va disminuyendo esta densidad.

Elvira (2009) dice que por un solo conducto piloso del ovino Merino sale hasta 10 fibras y es muy frecuente encontrar 3 y 5 fibras por conducto, concluyendo en su manifiesto que esta carga de fibras por un solo conducto está en relación a la finura de fibra, los que tienen fibras más finas es de mayor cantidad que los que poseen fibras gruesas.

En el caso de nuestro trabajo tuvimos solamente 8 conductos con dos fibras al nacimiento, 25,5 conductos con 2 fibras y 3 conductos con tres fibras, al mes de edad, 60,5 conductos con 2 fibras, 4 conductos con 3 fibras a los 2 meses de edad, 30,5 conductos con 2 fibras, 1,5 conductos con 3 fibras a los 3 meses de edad y 46,5 conductos con 2 fibras y 5 conductos con 3 fibras a los 4 meses de edad. En nuestro trabajo no se pasó de 3 fibras por conducto será por estamos trabajando con ovinos de doble propósito.

5 Conclusiones

1. El crecimiento de la piel de los corderos, inicia al nacimiento con 1,00 cm², a los 30 días incrementa a 1,60 cm², a los 60 días se incrementa a 1,97 cm², a los 90 días incrementa a 2,50 cm², a los 120 días incrementa en 2,90 cm².
2. La densidad de fibra por milímetro cuadrado al nacimiento del cordero en promedio, es de 32 fibras, luego a los meses siguientes evaluados la densidad y proyectados en base al crecimiento de la piel encontramos a los 30 días 53 fibras por mm², a los 60 días 46 fibras por mm², a los 90 días encontramos 46 fibras por mm² y a los 120 días encontramos 38 fibras por mm².
3. La correlación que existe entre el crecimiento de la piel de los corderos y la densidad de fibras, a los 30 días es moderada con 0,65, a los 60 días es débil con 0,45, a los 90 días es fuerte con 0,85 y a los 120 días es nula con -0,047.

Referencias

- Carro, N. D., Debenedetti, S., & Taddeo, H. R. (2010). Efecto de La Edad Sobre La Población de Folículos Pilosos y Su Relación Con Características de Mohair En Caprinos de Angora. *InVet*, 12(2), 161-172. Consultado el 6 de agosto de 2023, desde http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1668-34982010000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Elvira, M. G. (2009). El Ovino: La Fábrica Biológica de Lana. *Sitio Argentino de Producción Animal*. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_lana/12-ovino.pdf
- Quispe, E., & Quispe, M. (2019). Método No Invasivo Para Determinar Densidad y Haces de Fibras En Piel de Animales Vivos. *Archivos de Zootecnia*, 68(261), 74-81. <https://doi.org/10.21071/az.v68i261.3942>