

Nutriendo desde el suelo

El objetivo de este artículo es entender cómo, a partir de conocer los microorganismos interactuantes en el rumen, su funcionamiento y la materia prima necesaria para que el sistema funcione.

En el artículo anterior (publicado en la edición de febrero) se definió el “Sistema Productivo”, el énfasis será en ganadería, dicho sistema permite establecer relaciones multidireccionales entre sus diferentes elementos (figura 1), que seguramente influenciarán los costos de producción, ahora nos vamos a ceñir a la manera especial como se alimenta un rumiante, para lo cual debemos conocer la superficie donde se halla nuestra finca y eso implica conocer el suelo y las condiciones atmosféricas que lo limitan en especial reconocer en primer lugar la latitud (suelos tropicales), y luego otra serie de elementos como altitud (msnm), orografía, hidrografía y continentalidad, este solo hecho ya nos permitirá un abordaje mas preciso de donde estamos ubicados y que podemos producir allí. El objetivo de este artículo está enfocado a: entender cómo, a partir de

conocer los microorganismos interactuantes en el rumen, su funcionamiento y la materia prima necesaria para que este sistema funcione; se establezca el equilibrio adecuado para la producción láctea y cárnica, teniendo en cuenta la calidad del producto final y la productividad del hato en función del tiempo, alterando en mínimas cantidades el ambiente y su entorno. Para entender lo anterior debemos conocer que en realidad no alimentamos directamente, vacas sino microorganismos ruminales que transforman esa materia prima de manera excepcional. Existen tres grandes tipos de agentes microbianos en el rumen cuyos porcentajes se encuentran en diversos intervalos así: Bacterias (60 a 70%), Protozoos (10 a 30%) y Hongos (5 a 10%); dentro de cada clase de microorganismo enunciado, existen a su vez géneros quienes también poseen especies.

Lo cual permite que en el rumen haya crecimiento de bacterias que va desde los 20 minutos hasta las 8 horas (según sean fermentativas, aerobias, anaerobias facultativas o anaerobias estrictas, lo cual esta ligado al sustrato que requieren para su crecimiento), de igual forma los protozoos también tienen diversidad de genero y especie y tiene crecimiento entre 12 y 24 horas según los sustratos que consuman y finalmente están vario géneros y especies de hongos que crecen después de las 24 horas de haberse ingerido el sustrato (alimento). Como podemos observar hay una microbiota ruminal bastante interesante y necesaria para el buen funcionamiento del rumen y por ende hacer productivo el proceso. Cada uno de los microorganismos presentes tiene funciones diversas y podríamos hablar por un buen rato del “Sistema



Rumen"; sin embargo, solo veremos de manera simple que sucede allí:

Las bacterias tienen las siguientes funciones básicas:

- Degradan Fibras y Polímeros no degradados por enzimas
- Producen Ácidos Grasos Volátiles (AGV): Acético (70%), Propiónico (20%), Butírico (10%)
- Producen Gases (CO₂ y CH₄)
- Sintetizan Vitaminas del Complejo B
- Degrada Componentes Tóxicos

Los protozoos:

- Ingieren Cloroplastos, Fibras viejas, Almidones y Bacterias
- Contribuyen en la fermentación ruminal produciendo AGV

Los hongos:

- Colonizan regiones dañadas de tejidos vegetales
- A las 22 – 24 horas sus rizoides invaden hasta 30% de las partículas grandes para degradarlas
- Ayudan a producir AGV
- Producen gases, etanol y lactato

Una vez identificado los procesos ruminales iremos más atrás para saber entonces que es la nutrición: "serie de procesos que permite a un organismo animal, asimilar los alimentos que consume, con el fin de promover los procesos biológicos de mantenimiento, reproducción, actividad inmunológica, reemplazo de tejidos desgastados o dañados y finalmente síntesis de productos (carne o leche)", para esto se necesita definir entonces que son nutrientes: "compuestos químicos necesarios para realizar las funciones vitales de las células, a través de procesos metabólicos", estos nutrientes son los siguientes: agua, carbohidratos, grasas, aceites, proteínas minerales y vitaminas; a su vez los nutrientes están contenidos en los alimentos cuya definición es: "cualquier sustancia orgánica o inorgánica que consumida por el animal provee nutrientes", que para el caso de la ganadería, se encuentran en los pastos y forrajes quienes en sus componentes poseen agua, proteínas, azúcares solubles, almidones, grasa, pectinas, vitaminas y minerales que consumen los rumiantes que s u vez

son suministrados por el suelo, por ello la importancia de la relación Suelo – Planta - Animal

Una vez hecho el anterior análisis podemos deducir que la parte mas importante de la nutrición en los rumiantes es la actividad del suelo, de donde se extraen todos los nutrientes, para que la planta a su vez por modelos de absorción, anteriormente emitidos en la prometa parte de este artículo, pueda otorgar los nutrientes al animal y así los microorganismos puedan hacer sus funciones. Por lo anterior entraremos a discutir un poco la importancia del suelo en el sistema productivo ganadero y para ello hay varias preguntas que se deben generar:

1. ¿Conoce usted los componentes del suelo y cómo interactúan entre sí para determinar el funcionamiento de dicho sistema?
2. ¿Sabe cómo es el ciclo del agua y conoce las interacciones con el sistema suelo?
3. ¿Podría explicar de manera simple cuales son los niveles tróficos del suelo y cómo funcionan?

Generalmente son preguntas que a pesar de ser tan simples y tal vez tan obvias, no podemos responder fácilmente, pero para quienes estamos trabajando en el agro, necesitamos conocer un poco más en profundidad sus respuestas, las cuales no se logran en este texto, sin embargo, hare lo posible por manifestar como se produce el alimento en el suelo de manera simple, para mantener la homeostasis del sistema Suelo – Planta – Animal.

Años atrás se viene advirtiendo sobre el cambio climático y sus consecuencias como lo son destrucción de la capa de ozono por efecto de gases de efecto invernadero y, por ende, aumento en la temperatura global, lo cual hace que se presenten periodos críticos de lluvias con inundaciones y sequias prolongadas con reducción del alimento para animales y humanos. Así las cosas, con: bosques disminuyendo, temperatura elevándose, océanos subiendo, plancton muriendo (menos oxígeno), huecos

en la capa de ozono, se aumenta el ingreso de rayos ultravioleta. Produciéndose suelos compactados y erosionados por uso de agroquímicos en monocultivos con malas prácticas de labranza, inundaciones aumentando, ríos y embalses secándose, energía eléctrica disminuyendo, agua potable escaseándose, grandes áreas desertizándose, plagas y enfermedades vegetales y animales aumentando, valor biológico de los alimentos disminuyéndose, contaminación ambiental aumentando especies animales y vegetales disminuyendo y extinguiéndose, enfermedades humanas y violencia urbana aumentando, aumento de la densidad demográfica, elevada actividad tecnológica contaminante y baja capacidad de retorno al Agro, la población humana tendrá muchos problemas que afrontar. en resumen: suelo enfermo - planta enferma - animal enfermo - ser humano enfermo Hay un camino: recuperar los suelos para que produzcan alimentos sanos, con el más alto valor biológico, esto existe solamente cuando los cultivos son sanos, no solamente libres de parásitos por la acción de defensivos químicos, orgánico o enemigos naturales. Plantas defendidas permanecen enfermas y de bajo valor biológico, independiente de la toxicidad de los defensivos químicos. ¿Plantas saludables no son atacadas por plagas ni enfermedades y no necesitan ser defendidas (equilibrio biológico) y la pregunta seria y cómo hacerlo?

Para lograr reajustar los suelos hay que saber primero que es un suelo: "Son horizontes externos de las rocas, transformadas naturalmente mediante la acción conjunta del aire, agua y distintas clases de organismos vivos y muertos. Es un cuerpo natural que posee profundidad, espesor y longitud (tridimensional), es un producto de la naturaleza resultado tanto de fuerzas constructivas como destructivas y que crea un hábitat propicio para el desarrollo de las plantas, existiendo una interrelación alta de sus diversos componentes".

INFORME ESPECIAL DE NUTRICIÓN



Degradación rápida de la materia orgánica en el suelo.



Trofobiosis manifiesta en el nivel 3.

Componentes principales del suelo y sus constituyentes

El sistema suelo es trifásico a saber: Fase Sólida: (Materia Orgánica y Materia Mineral) Es la fase fundamental que regula y determina las otras dos fases.

Materia mineral, masa mineral o parte mineral: Constituida por diferentes fragmentos de rocas de variados tamaños y un número variable de minerales de variadas clases, orígenes y grado de descomposición. Los fragmentos de mayor tamaño son gravillas, gravas, piedras y fragmentos gruesos de rocas. La textura gruesa está constituida por las arenas y una parte del limo y los finos están representados por las arcillas.

Materia orgánica, masa orgánica o parte orgánica: Comprende residuos orgánicos en diversos grados de descomposición y HUMUS, sirviendo de fuente de energía a los microorganismos del suelo. El humus está consti-

tuido por huminas, ácidos húmicos y fúlvicos. Los ácidos húmicos forman con los coloides arcillosos complejos organominerales (complejos arcillas – humus) que determinan la capacidad reactiva de los suelos.

Fase Gaseosa: (Aire Edáfico) Integrado gases que se encuentran en los suelos, como vapor de agua y oxígeno principalmente, su cantidad total depende de varios factores edáficos, como: el drenaje interno, el grado de compactación, textura del suelo y otros. En cuanto a su composición difiere del atmosférico en que posee mayor cantidad de vapor de agua y de CO₂ menor de O₂ e igual cantidad de N₂. (Tabla 1)

Fase Líquida: Constituida por el agua y se encuentra en diversos estados, los más importantes son: la que esta retenida en los microporos del suelo y la que constituye la disolución o solución del suelo que tiene sales disueltas permitiendo así la nutrición

mineral de las plantas. Es de suma importancia pues al interactuar con las otras fases permite la formación de la estructura, la consistencia, la densidad y determinan las propiedades hidrofísicas como son: permeabilidad, infiltración, evaporación y otros.

Para saber cómo funciona este suelo y como se logra obtener un equilibrio, hay que hablar de Trofobiosis y conocer su impacto en la producción pecuaria (Trofo: alimento, Biosis: existencia de vida), significa Que: "Cualquier ser vivo solo sobrevive si existe alimento adecuado y biodisponible para él". Para ello es indispensable saber que, la red que integra dicho sistema tiene múltiples componentes, clasificados en cinco niveles tróficos:

Nivel 1: Las fuentes naturales de materia orgánica del suelo, son los tejidos vegetales y animales, siendo más importante y constituyendo el mayor aporte, los tejidos vegetales (85%); las hierbas secas, hojas, ramas, raíces, lombrices, ciempiés, hormigas y otras formas de vida y porciones vegetales que incorporadas al suelo forman parte importante de él.

Nivel 2: Aquí se encuentran los descomponedores como Bacterias (bacillus), Hongos (micorrizas y saprófagos), Actinomicetos, protozoos (flagelados, ciliados, amebas), nematodos (lombrices), entre otros.

Nivel 3: compuesto por los productos residuales de la descomposición que se quedan en el suelo dando la producción de agregados estables. La estabilidad puede ser el resultado de: 1) la acción de unión mecánica por las células y los filamentos de los organismos, 2) los efectos cementantes de los productos derivados de la síntesis microbiana, 3) la acción estabilizadora de los productos de la descomposición que obran individualmente o en combinación Por todo lo anterior se produce una actividad de artrópodos trituradores (coleópteros), quienes aumentaran la degradación de materia orgánica, así mismo aparecerá crecimiento de diversidad de plantas y en especial el crecimiento de sus raíces y la asociación con rizomas, que se adaptan al sistema, al igual que

pequeños herbívoros que ingresan al sistema biótico, consumiendo algunas plantas y retornando sus heces al ciclo trofobiótico.

Nivel 4: se caracteriza por la aparición de algunos predadores, que al consumir los pequeños herbívoros dejan desechos orgánicos que ingresan nuevamente al ciclo. También entrarán en la cadena cíclica las aves y pequeños reptiles que al ver gran cantidad de insectos empezaran a consumir larvas y adultos y algunas de ellas también serán predadas además las plantas podrán albergar alguna otra biota de ácaros e insectos para completar el ciclo.

Nivel 5: A este nivel pertenecen mamíferos mayores herbívoros los cuales serían los consumidores de las plantas que allí crezcan, con la apropiación de nutrientes de manera adecuada, con el fin de hacer la transformación del alimento en su sistema digestivo y retornar al suelo la mayor cantidad de moléculas y microorganismos en sus heces para reiniciar el ciclo. Como este es un ciclo natural también habrá grandes predadores y grandes reptiles, así como carroñeros que van a dar al cierre del círculo a la cadena trófica.

Interacción de los niveles tróficos

La alteración y descomposición de los residuos orgánicos del suelo, constituye un proceso bioquímico enzimático, bajo la influencia de la actividad de los microorganismos y tiene lugar por varias vías y multitud de sustancias, reacciones y de otros factores externos e internos que intervienen, iniciándose la humificación (formación de diversos compuestos de humus), mineralización (liberación en forma de moléculas inorgánicas o de iones H_2 , CO_2 , NH_4 , NO_4 , PO_3-4 , SO_24). La presencia de $CaCO_3$, regula el pH del suelo, activa la descomposición de los residuos vegetales y neutraliza los ácidos que se forman durante la mineralización. El calcio favorece la polimerización de los poli fenoles, coagula las moléculas de ácidos húmicos y evita su migración, favorece la formación de complejos órgano minerales muy estables a la descom-

posición y tienden a la formación de horizontes A bien humificados. En suelos de reacción ácida, predomina la formación de humus de baja calidad y hay menor acumulación, lo mismo sucede en reacciones alcalinas por la presencia del sodio que eleva el pH a más de 8.5

La transformación de las sustancias orgánicas nitrogenadas en el suelo, son de capital importancia para la actividad microbiana y la nutrición de las plantas, por la liberación de ciertos constituyentes como el nitrógeno en sus variadas formas. Los procesos fundamentales en la transformación de las sustancias orgánicas nitrogenadas son: Amonificación (degradación de la materia orgánica hasta formar compuestos amoniacales), Nitrificación (oxidación del amoníaco por las bacterias micrococcus para formar ácido nítrico) y ácido El ácido nitroso por medio de las bacterias de la especie nitrosobacter para formar ácido nítrico), Desnitrificación (las bacterias desnitrificantes utilizan los nitratos como fuentes de oxígeno). Acorde con lo anterior, 20 al 50 % del nitrógeno del suelo, se encuentra formando aminoácidos, del 5 al 10 % se halla combinado, formando aminoazúcares; y existen otros compuestos orgánicos que contienen cierta cantidad de nitrógeno.

Los materiales orgánicos con relación carbono nitrógeno (C/N) alta, son más resistente a la descomposición y requieren más tiempo para que el nitrógeno se transforme en forma amoniacal o nítrica. Los microorganismos requieren el nitrógeno para la formación de proteínas y si se adiciona nitrógeno asimilable al suelo, se acelera el proceso de descomposición. Si esta relación es mayor de 12 (relación C/N elevada), se produce más inmovilización del nitrógeno que su mineralización, ya que los microorganismos necesitan nitrógeno para formar sus proteínas y células. Cuanto mayor sea la relación C/N, mayor será el periodo de inmovilización; las relaciones comprendidas entre 33/1 y 17/1, dan una mineralización igual a la inmovilización. Cuanto menor sea la

relación C/N, menor será el tiempo de mineralización, debido a que disminuye la fuente de energía y, por tanto, la población microbiana, y se requerirá entonces menos nitrógeno.

Los minerales en suelo generan equilibrio por medio del intercambio iónico, para ello se debe tener en cuenta que el elemento de mayor presencia en suelo es el Oxígeno (O_2), seguido del silicio (Si) y el Aluminio (Al), cuando hay reacciones de Oxido—Reducción se forman aluminosilicatos (principalmente arcillas y mortmorillonitas). La cantidad de Al en suelos ácidos (mayor a 2 ppm), suele limitar el desarrollo y crecimiento de las plantas hasta llegar a ser tóxico; en las últimas décadas la acidificación del suelo ha hecho que se active el aluminio (formando hidróxidos de aluminio conocidos como globositas), agravando el problema. Adicionalmente puede alterar la absorción de Fósforo (P). Por lo anterior, el uso de calcio (carbonatos y/o Dolomitas), puede reducir dicho impacto, mejorando la productividad pecuaria a través de ajustes en el suelo. Esto no sería necesario sino se hubiera hecho intervenciones al suelo por parte del hombre desequilibrando las relaciones C/N, como se podrá visualizar cuando se hable de suelos tropicales.

Los agregados del suelo, dependen del tipo de microorganismo, de la especie dentro de un determinado tipo y de la presencia de fuente energética y de nitrógeno para el microorganismo. Los hongos y los actinomicetos producen una unión mecánica de los agregados mediante los micelios que ellos mismos producen, también forman productos que tienen una influencia estabilizadora. Las bacterias producen gomas que tienen acción cementantes. Teniendo en cuenta estos procesos aparecerán entonces otros componentes del nivel como los nemátodos (lombrices) para acabar de estructurar las moléculas que son necesarias en el siguiente nivel. Los escarabajos estercoleros contribuyen a descompactar y airear el suelo, incrementan la infiltración del agua, contribuyen al reciclaje de

FIGURA 1. **ELEMENTOS QUE INTERACTÚAN EN EL SISTEMA GANADERO**



TABLA 1. **PORCENTAJE DE ELEMENTOS COMPONENTES DEL AIRE Y EL SUELO**

Composición del aire (%)	Edáfico	Atmosférico
Oxígeno (O ₂)	10,0 - 20,0	21,0
Nitrógeno (N ₂)	78,5 - 80	78,0
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0,2 - 3,5	0,03
Vapor de agua H ₂ O	En saturación	Variable

nutrientes, fertilizan las pasturas y reducen los parásitos internos y externos, mediante la remoción de las materas fecales y la construcción de túneles y cámaras, así se impide os sitios de multiplicación de parásitos. Los ácidos húmicos y fúlvicos, productos bastante estables originados de la descomposición biológica, son mezclas de polímeros de alto peso molecular que contienen aminoácidos y grupos fenólicos, se ha hallado que son superiores a las demás fracciones como agente de agregación formando una película alrededor de los macroagregados y contribuyen a la disociación de los silicatos y aluminio silicatos y eliminan sus cationes, aumentando la movilidad de los elementos Fe+3, Al+3; esto podría ayudar a cambiar la porosidad del suelo y retención de agua.

El nitrógeno (N), siendo un elemento vital para el suelo y las plantas,

es el elemento más limitante y se encuentra en la atmosfera en forma de N₂, y debe pasar por proceso de fijación bilógica de nitrógeno (FBN), labor realizada por enzimas que poseen algunas bacterias reductoras de N, vitales para este ciclo (motivo por el cual el uso de fertilizantes nitrogenados en grandes cantidades reducen la expresión y actividad bacteriana, y por ende la capacidad fijadora en el suelo) ya que para convertirlo en el suelo en forma de amonio (amonificación) se requiere previa inmovilización del N₂ en la materia en el tejido vegetal, que desarrollan bien las bacterias. Luego entonces vendrá la nitrificación, para poder realizar la incorporación de N en tejidos vegetales y liberación nuevamente de N₂ a la atmosfera. Por lo anterior si la planta toma directamente el N de los fertilizantes químicos y no tiene que hacer gasto energético para ello, no necesita asociarse con microorganismos (simbiosis) y por

ende esta población microbiana tiende a desaparecer

La fijación de N entonces, requiere alto gasto energético, para lo cual se necesita ATP en suficiente cantidad y para ello es necesario que haya fósforo (P) siendo este el elemento más complejo, debido a que no siempre está disponible pues se encuentra almacenado en el suelo de formas orgánica e inorgánica. Para mejorar su movilización se requiere solubilización a partir de microorganismos, sin embargo esta solubilización no garantiza que el fosforo quede disponible pues puede volverse a fijar por procesos de fijación absorción o precipitación (suelos muy ácidos o muy alcalinos), pero esta mejor absorción de fosforo que va en la solución del suelo, se puede lograr mediante micorrizas quienes en simbiosis con otras bacterias y estimulados por los exudados de las plantas mejoran el proceso de absorción de nutrientes

Dadas las circunstancias y una vez establecido un ciclo de elementos químicos en suelo, logrado por la acción simbiótica de bacterias, hongos y protozoos, se hacen disponibles los nutrientes (minerales en forma de iones y aminoácidos) por absorción pasiva y/o activa, esta última con gasto de energía y con necesidades de grandes cantidades de oxígeno. Así las cosas, las pasturas y las plantas en general, comienzan un proceso de excreción de cationes o aniones a cambio de los cationes o aniones (equilibrio iónico suelo-planta), que permite la absorción de nutrientes a partir de las velloidades sus raíces, por lo anterior se requiere bioestimular para luego bioaumentar los microorganismos en el suelo, logrando una simbiosis adecuada y empezar los procesos de fotosíntesis.

ARICAPA G. H.J. M.V.Z.

Esp. Microbiología, Msc.

Sistemas de Producción Agropecuaria.

Profesor Titular Facultad e de

Ciencias Agropecuarias Universidad de Caldas