

## Apunte del Curso de Fisiología Tema No. 1 - Digestión Estomacal del Bovino y Ovino

Por el Dr. Libertario Bregante

Profesor Agregado, Jefe de Trabajos Prácticos  
del Instituto de Fisiología

### A) CONCEPTO

Nuestra riqueza nacional, está formada casi exclusivamente, en el presente y tal vez por mucho tiempo, por la hacienda bovina y ovina. Carne, lana, y a los subproductos corresponden 87.73 % de los valores de exportación nacional, resultado del producto de 8.226.890 y 17.931.327 de bovinos y ovinos respectivamente, los que encuentran el sustento en la superficie pastoril de nuestro territorio (14). Para el conocimiento de las pasturas, recomiendo la lectura del excelente trabajo del Ing. Agr. G. E. E. Spangenberg (44).

Las pasturas naturales y artificiales, son receptor y transformador biológico de la energía solar por su función clorofiliana, en su principal papel, la fotosíntesis.

Considerado como problema forrajero y bromatológico, constituye indiscutiblemente el vértice confluyente de la ciencia agronómica y veterinaria, en la incesante y mutua búsqueda zotécnica hacia el perfeccionamiento de la hacienda vacuna y lanar.

El vegetal almacena energía en distintas formas de forraje natural o manufacturado: pasturas, cereales, tubérculos, harina, tortas oleaginosas, etc.; el vacuno y lanar es especialmente en nuestro ambiente, el transformador más adecuado de esos forrajes en productos de óptima utilización para la nutrición y economía humana: carne, leche, grasa, lana, cuero, etc.

El herbívoro es el animal que mejor está adaptado para esa transformación material y energética del forraje. Entonces trataremos la fisiolo-

gía de su aparato digestivo, excluyendo el metabolismo de la ingesta; pues esto, sería motivo de otro capítulo.

El problema zootécnico de la nutrición de las haciendas fué comprendido desde antaño por Baudement (1852) por no señalar a otros, quien dijo: "La alimentación del ganado es el problema capital de la zootecnia; es el más importante y el más difícil de resolver; es, en verdad, toda la zootecnia".

Hoy comprendemos que la ciencia zootécnica dejó su vestimenta de empirismo sostenido por apreciaciones personales o de juicios que fluyen de la sola contemplación de la figura del animal, nunca expresado por algún valor numérico; estimamos la utilidad de la colaboración aplicada de casi todas las ramas del saber humano y entre tanto, todo problema zootécnico debe ser enfrentado con espíritu investigador serio. Recordamos la magistral campaña de C. Bernard en Medicina Experimental. Pasó la época de la observación sensorial plagada de errores personales para entrar en la era de la experimentación; por ello Baudement sólo pudo decir que la alimentación es el problema más importante y más difícil de resolver. Los adelantos fisiológicos de la nutrición animal son, en el momento actual, extraordinarios por el apoyo en sus determinaciones de los conceptos de la físico-química.

Escaso o ningún valor tienen los estudios bromatológicos donde sólo déjase al organismo animal reaccionar ante el alimento, sin conocer íntimamente la fisiología de su nutrición. Es decir: se obtienen resultados discutibles por la falta de precisas indicaciones, como cuando se estabulan o pastorean bovinos u ovinos, con sólo pesar antes y después al animal, el alimento y mismo sus materias fecales. Kellner, autor de las famosas tablas de racionamiento equilibrado energéticamente y coeficientes de digestibilidad, advirtió que los resultados variaban entre amplios límites de un animal y su ración vegetal, con cualquier otro. Es imprescindible conocer a fondo la fisiología en toda su acepción para estimar los factores que gobiernan la digestión.

La "variable animal" y la "variable alimento", conceptuado en términos matemáticos, fué y aún suele usarse erróneamente por modalidad simplista de algunos espíritus humanos, cuando sólo lo expresan como X e Y cuyo resultado de ecuación lineal se traduce en recta. El animal es un conjunto complejísimo de variables, lo mismo diremos del alimento: variables físico-químicas, algunas conocidas y muchas más desconocidas, factores variables que transportados al sistema cartesiano de ordenadas, sólo, en una posibilidad hipotética, nos dará una recta; pero en lo biológico, es probable encontrar una curva sinuosa, incompleta, indeterminada tantas veces como las causales o valores desconocidos, atingentes a la distorsión de los componentes del individuo y del alimento. Traducir por una recta, por un porcentaje, o por un sólo valor, todo el resultado conocido y desconocido del experimento bromatológico es correr hacia el error indefectiblemente y queda transparente el desco-

nocimiento de la causalidad en que intervino o que no supo, o pudo, tomar en cuenta. A título de ejemplo, en algunos experimentos de nutrición, se confiesa que el resultado no es correcto porque, el animal en experimento sufrió algún "percance". El vocablo "percance", en este caso especial traduce desconocimiento de la fisiología y patología animal.

En consecuencia, compete a la ciencia agronómica dedicar todo el esfuerzo para el estudio del forraje (9); tiene en su haber intelectual, toda la suficiente especialidad para encararlo con la amplitud necesaria a su merecido rango.

La revista de la Sociedad de Ingenieros Agrónomos del Uruguay N.º 1 y N.º 2 del año 1942, nos enseña fichas bibliográficas como amplia documentación de la labor agronómica procurando solucionar el problema forrajero: Ings. Agrs.: J. Spangenberg N.º 42 y 46, F. O. Vedani Nos. 51, 52 y 53, G. F. Spangenberg N.º 63, T. Henry N.º 79, A. A. Bonjour N.º 99, Fischer, Brotos, Bonjour N.º 101, Rolfo y Brito y C. Legarra Nos. 155, 169 y 170, A. Boerger N.º 190 y Bentancour; Arch. Fitotécnico del U. Vol. 3, 314, 1940 - 41.

En cambio, nosotros los veterinarios, estamos obligados a estudiar la nutrición que el animal cumple con tal o cual forraje; fenómeno fisiológico esencial sin descontar la razón fundamental de su composición química; el complejo juego regulador de la vida animal, en lo normal como también en los ámbitos de lo patológico. Ejemplo de experimento común bromatológico: aliméntase en pradera natural a 20 novillos (semejantes en sus antecedentes) de los cuales, al final del experimento, uno de los novillos no llegará ni remotamente a la preparación de sus congéneres, ni tampoco a cualquier novillo que se le compare. Por un prolijo estudio clínico o posteriores hallazgos de laboratorio se comprueba una distrofia tiroideana. Sin estos complementarios e imprescindibles conocimientos de la veterinaria, se diría o pensaría al menos, en "algún percance" que el animal sufrió. Los resultados experimentales serán entonces, evidentemente, muy dispares según la cualidad del experimentador. Otro ejemplo también común: búsquese conocer en dos o tres vacas (?) la acción benefactora en el incremento lácteo con determinado forraje o algún sustituto, como la torta oleaginoso. En dos de las vacas, durante el experimento la lactación decrece en forma alarmante; ¿débese al tipo de nutrición dado? Análisis clínicos señalan virilización en una de las vacas; su autopsia demostró poseer ovarios a folículos atrépsicos. En la otra vaca, se descubre una equinocosis multilobulada y generalizada en ambas cavidades. Sin estas comprobaciones, todo inapropiado investigador, pensaría que la nutrición sustituida con tortas oleaginosas, rebaja en el 66.66 % (?) la lactación, o que en el 33.33 % (?) la favorece. Jamás queda expresada la verdad por las dificultades de la interpretación del complejo "animal" y su "nutrición", que son inseparables.

Ejemplo tercero: búsquese el potrero donde se desarrolle mejor la avena para preparar novillos. El investigador inexperto en agricultura,

sólo se conforma con la elección de excelentes novillitos y luego de roturar parcelas, dar por terminado su experimento dado que en todos los sitios, o en ninguno, la avena se desarrolla, a su parecer, en igualdad de condiciones; pero su lote de novillos en el concurso de ganado gordo y luego en el frigorífico, no alcanzan ni remotamente a la clasificación aspirada.

Ulteriores análisis de tierra, le aconseja el inconveniente del cultivo de avena y en su defecto se estima dejar el campo en condiciones naturales, óptimas para las haciendas de cría. Poco sirvió al impropio experimentador su conocimiento zootécnico de que las buenas corrientes de sangre dan siempre novillos precoces; y, hasta más, podrá llegar a la conclusión absurda, si el análisis de tierra y el consejo del agrónomo no llegan a tiempo, que la zootécnica aprendida en libros, revistas y conferencias, a la postre, no sirven para nada.

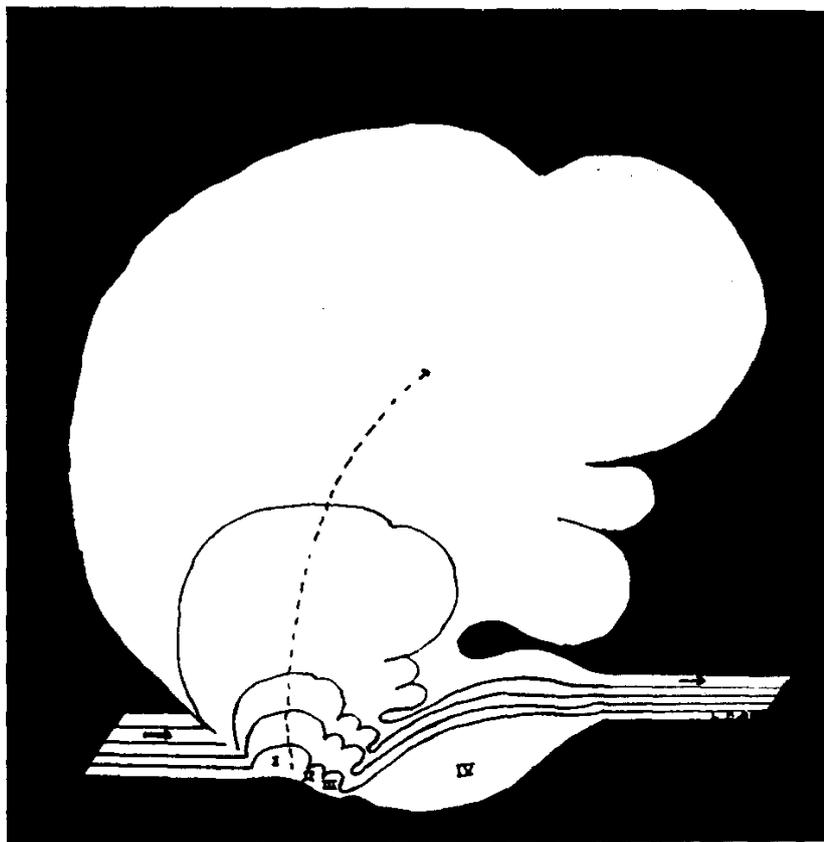
Los componentes botánicos y químicos de los forrajes, son: 1.º) La celulosa, sustancia de sostén y limitación celular, es elevado polímero glucídico. 2.º) El almidón, sustancia de reserva alimenticia para el vegetal, acumulada en sus tallos, frutos, hojas, es otro elevado polímero glucídico. 3.º) Proteínas, abundantes en las leguminosas. 4.º) Grasas, carotinoideos, pro y vitaminas, minerales en forma de sales y elementos trazas. 5.º) Agua, en la proporción de 40 hasta 90 %. 6.º) Otras sustancias menos útiles al animal, como la lignina, hemicelulosa, etc.

Para el normal crecimiento, mantenimiento y engorde de los bovinos y ovinos, ellos deben ingerir a diario, cuantiosos volúmenes de alimento vegetal, generalmente con escasa trituración molar y poder de este modo, acumular grandes masas en sus amplias cavidades gástricas; luego, por procesos digestivos ulteriores, los transformarán en sustancia aprovechable para la economía animal. Son complicados los procesos de los tres divertículos anteriores, su índole es simbiótica a causa de la flora y fauna microbiológica, enzimática y el fenómeno de la rumiación. El cuajo o cuarto estómago, cumple una digestión especial, recordando esta región, al estómago de los carnívoros o mejor, por su similitud funcional, a la zona pilórica o antro péptico.

El rumiante joven se alimenta exclusivamente de leche materna, su cuajo es el divertículo gástrico donde se realiza la digestión de ella, mientras que los otros divertículos quedan en relativo reposo. Debemos considerar al rumiante, en su época de lactante, como individuo a digestión tipo proteica. En el adulto persiste esta función proteica, pero los fenómenos de digestión glucídica, son preponderantes. (Figura N.º 1).

Los alimentos vegetales son a menudo groseros, duros, ásperos o espinosos, deficientemente triturados; por ello, la motilidad gástrica es pausada, de débil intensidad, nunca mayor a la presión de 6 a 7 cms. de Hg. El revestimiento interno de la pared de los divertículos gástricos, está constituido por epitelio córneo ofreciendo eficaz resistencia, a la acción punzante de los alimentos groseros.

Las causas fisiológicas determinantes de la digestión gástrica de los rumiantes son: 1.º mecánica, 2.º simbiosis microbiológica y 3.º hidrólisis enzimática gástrica.



**Fig. N.º 1.** — Desarrollo diverticular pre y postnatal del estómago del bovino. Esquema demostrativo del mayor desarrollo de los tres compartimentos anteriores (digestión glucídica) en el adulto, mientras que en la vida posnatal láctea es el cuajo el divertículo más importante por su tipo de digestión proteica. Según conceptos de adaptación estomacal del herbívoro (Langerlof, 1929).

## B) ALGUNAS CONSIDERACIONES ANATOMICAS DEL ESTOMAGO DEL BOVINO Y OVINO

a) **Nomenclatura.** — Anatómicamente considerado el estómago de estos rumiantes es órgano de depósito, formado por cuatro divertículos o compartimentos de forma, volumen y funciones distintas, llamados: 1.º Rumen o panza, 2.º Redecilla o bonete, 3.º Librillo y 4.º Cuajo.

b) **Capacidad y forma.** — Valor promedio, según Chauveau y otros autores, de la capacidad estomacal de algunos de los animales domésticos para comparar sus valores:

Equinos .....	Litros de	10 — 15
Bovinos .....	" "	200 — 300
Ovinos .....	" "	10 — 20
Caprinos .....	" "	20 — 30
Suinos .....	" "	8 — 12
Caninos .....	" "	1 — 3

La capacidad volumétrica del estómago, no es ni puede ser un valor constante por los muchos factores que modifican su amplitud: raza, sexo, talla, edad, cualidad de los alimentos, individualidad, velocidad de digestión, tono gástrico, tono postural y mismo causas patológicas.

1.º) El saco izquierdo del rumen de bovino es proporcionalmente mayor al del ovino. 2.º) La redecilla del bovino es proporcionalmente pequeña y grande en el ovino. 3.º) El cuajo es mayor en la especie ovina. 4.º) El rumen ocupa proporcionalmente los 9/10 del volumen gástrico.

c) **Irrigación sanguínea, linfática y mecanismo neural gástrico.** —

1.º) Sangre arterial llega por ramales del tronco celíaco. 2.º) Sangre venosa recorre vasos satélites para formar un tronco homólogo a la vena gastro-epiploica derecha y de aquí a la vena porta. 3.º) Redes y ganglios linfáticos, satélite al sistema circulatorio sanguíneo, se unen a ramales hepáticos y del bazo, para terminar en la cisterna de Pecquet. 4.º) Fibras del neumogástrico; los esofageanos inferior y superior. Este último es acompañado por ramales derivados del gran simpático y procedentes del plexus solar y va a formar en la pared gástrica nuevos plexus, los entéricos. El librillo según dato de Ellemberger y repetido por otros autores, no recibe inervación del neumogástrico. En su defecto este órgano posee ganglios en sus paredes correspondientes al sistema autónomo entérico.

En el Instituto, actualmente se investigan algunas fases de este problema.

C) **GASTRODINAMIA.**

a) **Historia.** — El estómago de todas las especies de animales superiores, es reservorio móvil; en los rumiantes, su función adquiere valor importante para el acto mezclador de la digestión gástrica, aumentando la frecuencia del contacto entre la superficie del alimento y el medio digestivo.

La historia recuerda opiniones de notables observadores, sean filósofos, experimentadores o empíricos, quienes de un modo u otro, pretendieron discernir los sucesos mecánicos del rumiante: Moisés en el levítico C. XI, v. 3 y 4 ordena a su pueblo la alimentación cárnea proveniente plenamente de animales que rumian; Aristóteles y otros griegos describen y comentan funciones gástricas en estos animales; F. d'Acquapendente, Ferrault, Duvernay, Buffon, Bourgelat, Flourens, Chauveau, Colin, etc.,

emiten hipótesis y realizan bellos experimentos; son nuestros precursores del conocimiento actual de la gastrodinamia del rumiante.

La importancia de los fenómenos mecánicos de la digestión en todos los animales, fué considerada primordial y única; Borrelli, de acuerdo a estas ideas fundó la escuela mecanicista por el siglo XVII, explicándola como acto triturador y exprimidor de los alimentos.

Réamur (1683), Stevens y Spallanzani (1784), según sus clásicos experimentos, inauguran la escuela quimicista, que desconocía en absoluto los factores mecánicos tan favorables al desarrollo normal de la digestión. Tiedemann y Gmelin (1826) por notables trabajos descubren los gases, durante la digestión.

Pero hoy es evidente que ambos grupos de fenómenos se complementan en los carnívoros y notablemente en los herbívoros y aves granívoras. Hipotonía y atonía gástricas son causas de trastornos estudiados en patología bovina y ovina, de tal modo que el caso particular de la rumia se considera desde la antigüedad, como el primer síntoma de dolencia general o estomacal de los rumiantes.

b) **Experimentación.** — Los métodos de estudio experimental de la mecánica gástrica en rumiantes, queda agrupado del modo siguiente: 1.º) Observación directa post-mortem. Flourens (18) alimentaba ovinos con distintos forrajes, agua, aceite, y seguido al sacrificio, estudiaba su ubicación y su llegada en los dos primeros divertículos, rumen y redécilla.

2.º) Observación directa "in vivo" a favor de la laparatomía mediana, lateral o mejor todavía, latero-superior (Flourens 1844) por fístula temporaria o permanente, con o sin ventana abdominal o bien colocación de cánula de modo especial.

#### **Técnica operatoria de la fístula del rumen**

Bovino u ovino, dieta hídrica no menor de 24 horas, contenido y de pie. Región operatoria, lado izquierdo del animal en el triángulo lombosacrocostal, conocido vulgarmente por vacío. Depilación, asepsia, campo operatorio y anestesia regional, superficial y profunda. Primer tiempo operatorio: Incisión cutánea, subcutánea, muscular y peritoneal; llevando dirección con el eje vertebral; paralela, oblicua o perpendicular, de 5 a 15 centímetros de longitud. Descubierta del rumen y su incisión (desprendimiento gaseoso). Segundo tiempo operatorio: sutura al catgut del rumen-peritoneo - músculo - abdominal; presentación de los bordes del rumen a la piel, sutura al catgut y refuerzo con seda o crin de Florence. Cuidados post-operatorios.

3.º) Registro gráfico de la movilidad por medio de ampollas exploradoras y reógrafos inscriptores a través de la fístula del rumen. Método del gastrograma de Helliot.

4.º) Rayos X, utilizando bebida opalescente al sulfato de bario y la obtención de radiografías y cine radiografías, etc., según los trabajos inaugurados en 1897 por Roux y Balthazard y Cannon.

c) **Fisiología de la gastrodinamia.** — Apliquemos los conocimientos

fisiológicos del músculo liso para estudiar la mecánica gástrica de los rumiantes. La motilidad gástrica es acrecentada cada vez que la carga aumenta por ocupación del órgano, es decir, función directa de la carga o del correlativo estiramiento de las fibrillas musculares lisas que componen la pared muscular del divertículo. Según antigua opinión de Grützner (1905), corroborada experimentalmente estos últimos años, la pared muscular del estómago, aumenta o disminuye su espesor en relación inversa a las modificaciones de su extensión, adaptándose el órgano a las sucesivas posiciones de "ocupado o vacío" como también para poder seguir los cambios de estación del animal, llamado "tono postural del órgano".

La inervación autónoma simpática, parasimpática, entérica y peculiaridades miogénicas de la contracción de la fibrilla lisa, el estado de "tono" comparable dinámicamente al resorte puesto en tensión, los movimientos ondulatorios, el ritmo, la lentitud de la contracción, la débil intensidad, nunca mayor de algunos cms. de Hg de presión; son las más importantes manifestaciones fisiológicas de la mecánica gástrica del rumiante.

La víscera desnervada experimentalmente, conserva su tono debido a la presencia del sistema neural intrínseco, distribuido en las paredes gástricas en forma de plexus.

Con este experimento quedan eliminadas las influencias neurales extrínsecas, vehiculizadas por el ganglio celíaco y sus ramicomunicantes (simpático abdominal) y parasimpático (neumagástrico), los que ponen en concordancia al órgano con las necesidades del individuo, sea aumentando o disminuyendo la movilidad gástrica, según su antagonismo funcional y los reflejos enteroceptivos. Bichat dijo: "el plexus solar es el cerebro del vientre".

Influencias químicas - físicas, (calor) y hormonales Collip (8) son poderosas causales de contracción o relajación del músculo liso del estómago.

Cada divertículo gástrico posee su dinámica particular.

**Rumen.** — A través de la ventana abdominal latero - superior, se aprecia por la visión o palpación, el movimiento pendular de todo el divertículo por desplazamiento angular no menor de 10°. Por búsqueda táctil o mejor usando ampolla exploradora, se comprueba en el interior de la cavidad del rumen, movimientos contráctiles rítmicos de los pilares, modificaciones de los labios de la gotera esofageana, ondas rítmicas de la pared gástrica, iniciada en los pilares o en cualquier zona donde la presión interna es máxima, en las escotaduras anterior y posterior y cinturas que separan los sacos cónicos derecho e izquierdo.

El movimiento del rumen en su totalidad se esquematiza así: onda contráctil inicial de los pilares, su propagación en la pared hacia ambos lados con disminución total de la capacidad diverticular; luego reposo relativo, iniciándose el alargamiento de las fibras musculares favorecido por acción gravitatoria de la masa alimenticia y consecutivo incremento aparente del volumen del órgano. Estos movimientos u ondas peristálticas suceden una o dos por minuto.

El revestimiento interno papilo-foliáceo acompaña con movimientos ondulatorios propios y lentos, a los movimientos de la pared gástrica, a expensas de su desarrollada muscularis mucosae y muscularis intrafoliácea, terminando todos estos movimientos en la región del cardias. Esto viene a estar de acuerdo con la hipótesis de Cole (1928) mencionada, por (39) la que sostiene que el peristaltismo gástrico en ciertos animales es función de la muscularis mucosae, aunque Gordon y Singlenton (1939) sugieren la idea, para una mejor interpretación conforme a sus experimentos fluoroscópicos de que serían del tipo peristalsis.

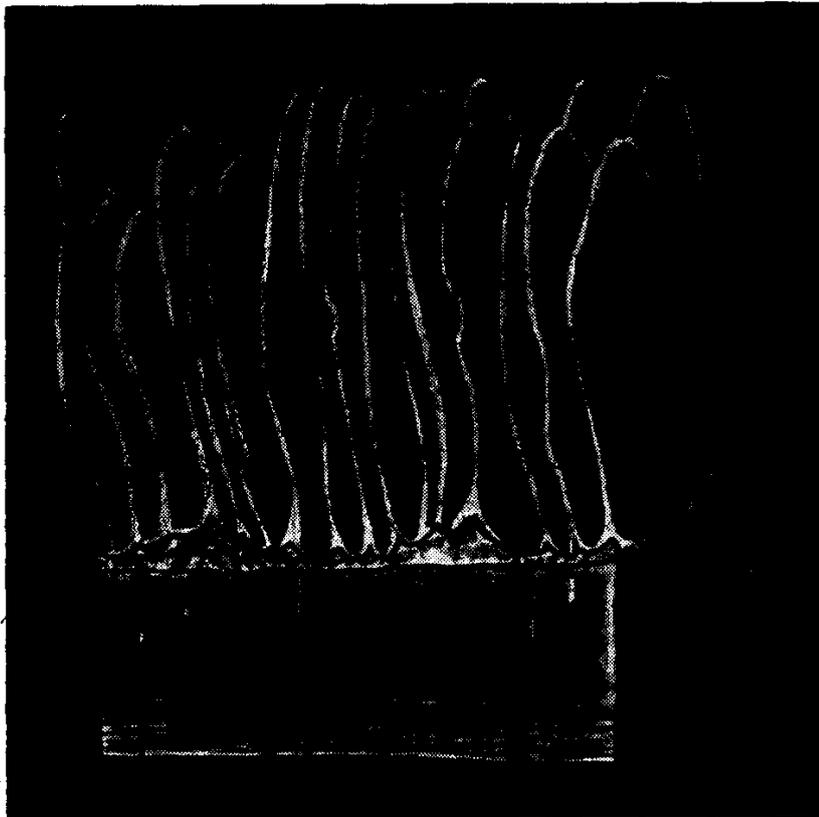


Fig. N.º 2. — Visión microestereoscópica del sistema papilo-foliáceo del rumen.

La finalidad de estos movimientos es mezclar el alimento depositado, pues la porción superior irá al fondo y de aquí pasará a lo alto, entreverando el líquido estacionado en planos inferiores con los forrajes en suspensión. Por iluminación del interior del rumen, se observa cómo la masa de alimentos se agita por momentos, cambia de nivel, proyecta porciones semilíquidas acompañadas con burbujas: todo por efecto de la contracción de los pilares anterior y posterior y sus brazos superior e inferior. Por la adecuada estimulación neural, según la clásica experiencia de Toussaint, se consigue la amplificación o inhibición de los movimientos descriptos.

Muchos autores demostraron que la llegada de los alimentos al rumen y redecilla se realiza de tal modo, que la parte sólida es dirigida en casi su totalidad al rumen o panza; los líquidos canalizados por la gotera esofageana se acumulan en la redecilla sin que esto implique estricta separación, ya que en ambas cavidades gástricas se hallan mezclados el forraje y las bebidas. Nótese que existe una primera y grosera selección del alimento.

**Redecilla.** — Ocurren movimientos sincrónicos al del rumen, dado que esta región estomacal es modificación diverticular. Por la disposición anatómica de su pared muscular y su forma regular, los movimientos son

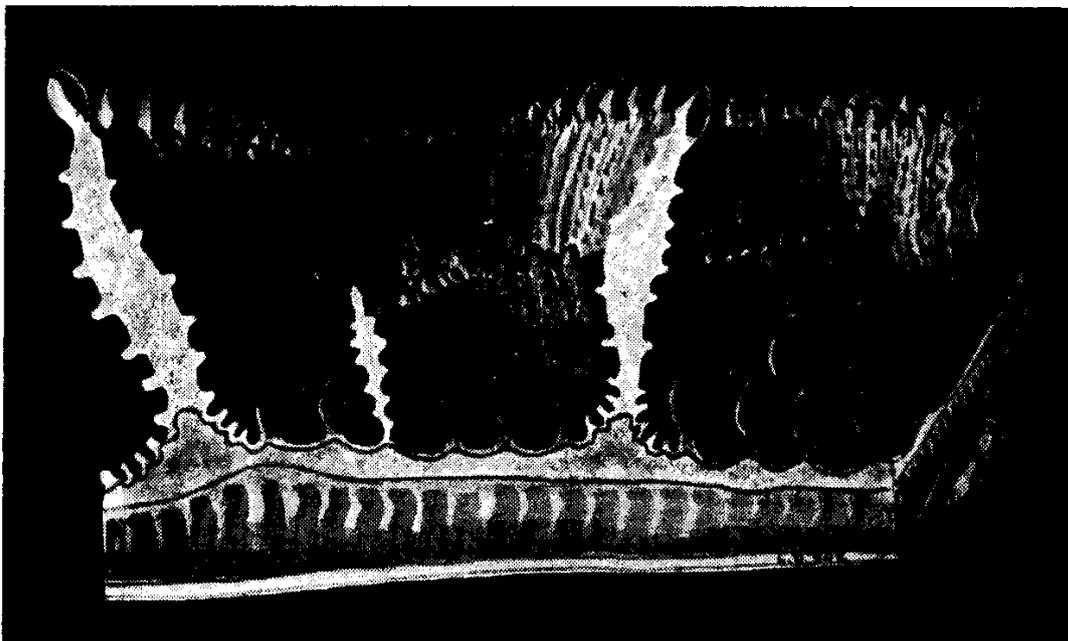


Fig. N.º 3. — Visión microestereoscópica del sistema papilar de la redecilla.

ondulatorios, tipo longitudinal, cuya consecuencia es el acortamiento o alargamiento de todos los diámetros de la redecilla con disminución volumétrica de 1/10 de volumen de reposo. Su función es la reserva de líquidos, los que son expulsados tanto al rumen o librillo de acuerdo a las necesidades de cada divertículo. La constitución del revestimiento interno es morfológicamente distinto al del rumen, pero histológicamente igual; la absorción casi no sucede y el líquido se conserva en su mayor parte.

**Librillo.** — Por las particularidades de su constitución anatómica, histológica y funcional, la motilidad del librillo se realiza por contracciones fuertes, prolongadas o sostenidas y dirigidas al centro del divertículo, con reducción de su volumen. Se dice que su movilidad es inaparente. En él, se ejerce una fuerza estática, de sentido centrípeto y expresado fisiológi-

camente le llamamos contracción isométrica. El trabajo realizado es eficiente por la poderosa musculatura puesta en juego y gran superficie de presión en reducido volumen. La expresión manométrica de tal presión es aproximadamente de 10 cms. de Hg. Durante la relajación o reposo aparente del órgano, los ciclos laminares experimentan movimientos ondulares para desprender y expulsar los residuos alimenticios adheridos a sus paredes. Asimismo, el movimiento unitario papilar contribuye a esa finalidad.

La masa alimenticia, para ingresar al librillo, debe sufrir la adecuada trituración de la masticación merérica y el ataque enzimático correspondiente, de consistencia pastosa inicial; entonces, el librillo que es prensa de doble efecto, por su contracción centrípeta y sostenida, deja escapar la parte líquida exprimida, la que atraviesa el puente de Wilkens y llega al cuajo. Quedan entre los ciclos laminares, panes sólidos compuestos de restos vegetales todavía no digeridos. Prosigue entonces la acción enzimática y adelantada lo suficiente, por movimientos combinados de relajación del órgano y ondulatorio laminar; son expulsados algunos trozos de panes alimenticios, que conjuntamente con líquidos, pasan sucesivamente hacia el cuajo.

**Cuajo.** Los movimientos más importantes del cuarto divertículo corresponden al tipo de expulsión gastro-intestinal o sea el pasaje del quimo a través del píloro; son intensos, rítmicos y aperiódicos. Se ayuda el paso, por la disposición anatómica de los pliegues del revestimiento interno mucoso, dada su forma espiral de convergencia pilórica.

**Resumen.** — Los movimientos de las dos cavidades anteriores, del estómago del bovino y ovino, tienen el carácter de ondas permanentes rítmicas, de débil intensidad, con el fin de mezclar los vegetales y líquidos ingeridos; el librillo por prensado, separa la parte líquida y el cuajo por su acción digestiva especial, al final de sus efectos, expulsa el quimo al través del píloro por movimientos intensos y aperiódicos.

El tiempo de permanencia estomacal del alimento en los bovinos, queda demostrado por la experiencia de Peloheimo y sus colaboradores, (36) los que alimentaron 20 bovinos con forrajes "señalados" con trióxido de cromo, ( $Cr_2O_3$ ) determinando el porcentaje del cromo en cada divertículo después del sacrificio del animal, encontrando los resultados siguientes:

Después de 20 a 25 horas de la ingestión ..	16-11 %	en el rumen
" " 20 a 25 " " " "	.. 16-31 %	en la redecilla
" " 20 a 25 " " " "	.. 17-32 %	en el librillo
" " 48 " " " "	.. 90 %	pasó el librillo

**Rumia.** — La rumia es función propia de un gran número de animales herbívoros que se llaman por esto rumiantes.

Obvio es repetir la finalidad de este fenómeno particular de la mecánica gástrica.

Debemos destacar su importancia y el alcance del perfeccionamiento en estos animales que sólo se nutren con sustancias groseras y de poco valor alimenticio pensemos en lo voluminoso de su ingesta vegetal, etc., fenómeno mecánico al parecer de menor transcendencia; pero que al análisis detenido sospechamos de su complejidad. Pensemos también cuantos sistemas u órganos son puestos en acción para obtener la mejor trituración del forraje: el estómago, esófago, musculatura abdominal y torácica, laringe, glándulas salivares, arcadas maxilares, molares y sistema nervioso central. A causa de todo este mecanismo, el bolo alimenticio proveniente del estómago, de peso entre 100 a 120 gramos en el bovino y de 20 a 80 en el ovino (la parte líquida retorna inmediatamente al estómago y los gases escapan al exterior), permanece en la cavidad buccopalatina de 35 a 50 segundos para sufrir la masticación merérica entre los planos molares por 30 a 60 golpes mandibulares según la consistencia del forraje, a lo que se acompaña la segunda e intensa insalivación parotídeana, (de 5 a 10 litros en el bovino y de 1 a 3 litros en el ovino).

Durante el reposo físico y psíquico de la bestia, la masticación merérica se realiza, a intervalos, cuya duración total suele variar de 6 a 10 horas cada día, durante la cual el bovino mastica hasta 60 kilogramos del forraje ingerido.

Chauveau, Toussaint, Colin, Haubner, Helleberger y otros, con sus bellos experimentos, y los respectivos registros gráficos de las exploraciones en gastrodinamia, nos legan la teoría de la aspiración torácica, negada posteriormente por Webster sin que este autor llegue a destruir las comprobaciones de los primeros.

Según los experimentos realizados últimamente por Wesser J. (54) y de acuerdo a su contribución presentada a la XIII Congreso Internacional de Veterinaria en Londres, describiremos el mecanismo de la rumia:

#### 1.º Contracciones propias de los divertículos gástricos.

La redecilla se contrae de dos a tres veces en cada rumia, cuya duración es de 40 a 60 segundos; la onda peristáltica pasa al rumen y librillo seguido de ondas antiperistálticas. En el rumen suceden contracciones alternas con relajaciones de sus pilares posteriores.

#### 2.º Contracción de la pared abdominal y diafragma.

En el instante del acto de expulsión del bolo hacia el esófago, el rumen no se mueve, más bien está quieto en contracción isométrica. Como punto de apoyo complementario de tal condición la mus-

culatura de la pared ventral y el diafragma, ambos quedan en estado de quietud aparente, es decir, en contracción isométrica.

3.º Apnea y presión negativa intratorácica.

La cavidad torácica, al unísono de los acontecimientos del abdomen, por instante entra en reposo pero con sus paredes laterales en extensión; la glotis y velo palatino, cierra herméticamente el conducto laríngeo. Es el momento de la "apnea" fisiológica de la rumia. Toda la cavidad torácica, cae en presión negativa.

4.º Todos estos actos fisiológicos coadyuvan a una situación de menor resistencia o presión del piloro; entonces por él se precipita el bolo

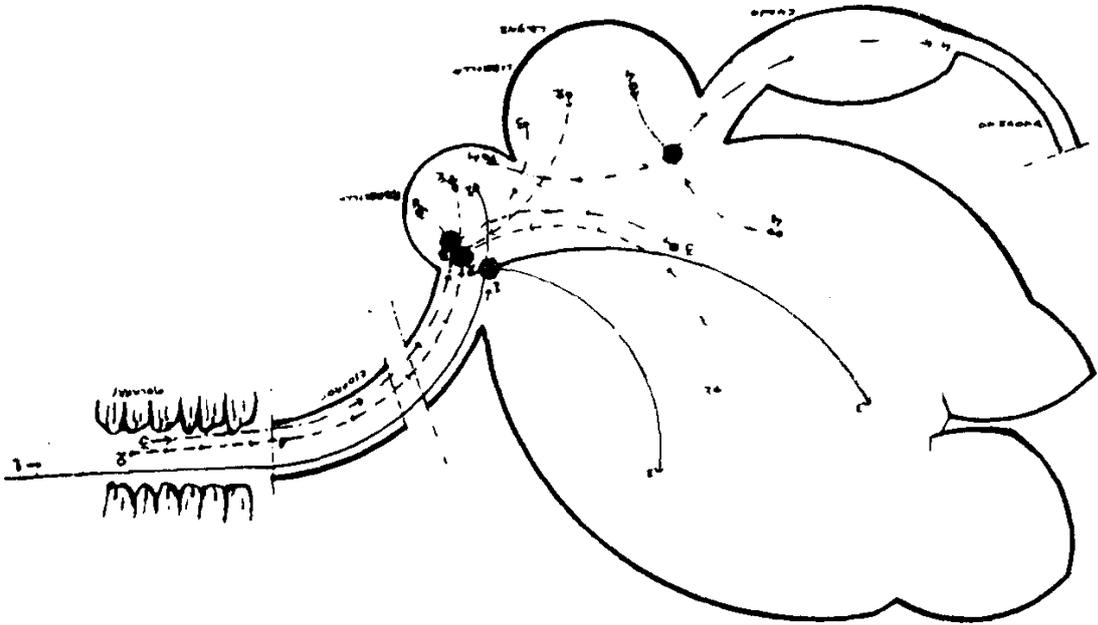


Fig. N.º 4. — Esquema de las trayectorias alimenticias en el estómago del bovino. 1.º Ingreso bucal (rumen, sólidos, reddecilla líquidos). 2.º Regreso o rumia. 3.º Última deglución. 4.º Pasaje al cuajo.

alimenticio aspirado hacia el esófago e inmediatamente en las paredes de este tubo musculoso es establecida una onda retrógrada veloz la que transporta y luego arroja a la boca la porción de alimento.

5.º Masticación merérica, insalivación parotidea y deglución. De este modo termina cada ciclo de la rumiación.

La rumia sólo es realizada cuando el animal está en reposo físico y psíquico; toda circunstancia que ocasione molestias o atención, sea por sensaciones auditivas u oculares, como acontece con la aparición de personas o animales extraños, ruidos desconocidos, balido del

ternero. fenómenos meteorológicos intensos, trabajo, reflejos condicionados, etc., son motivo seguro para que la rumia se detenga un lapso a veces largo.

Advierto que no existen al momento experimentos fisiológicos demostrativos de que la rumia sea acto volitivo, ni menos lo que prueban la existencia de áreas de localizaciones cerebrales, ni tampoco estudios embriológicos con el fin de aclarar las funciones de las áreas motoras, por ejemplo: entre otros procederés, el estudio mielogenético de corteza según Flesching.

Dentro del campo neurológico, los experimentos relativos, a la estimulación gástrica, sólo podemos señalar aquellos trabajos del ruso Kaplan P. M. y los muy interesantes de Hislop (39) el que evidenció que la movilidad y tono gástrico, se acrecientan toda vez que es estimulada la región anterior del hipotálamo y se consigue la relajación de la región del antro péptico para los estímulos aplicados en la región del hipotálamo posterior: motivo de prosecución para futuras búsquedas de demarcación, etc.

Por métodos psicológicos analíticos, sospechamos y deducimos, pero no demostramos que la rumia es acto volitivo o al menos estado cognoscible para el animal por su sistema nervioso central.

Para que la rumia comience, es necesaria la sensación de repleción gástrica o sea la aparición de los reflejos enteroceptivos que causan impulsos nerviosos aferentes, los que recorren las vías vagal-tálamo-cerebral, devolviendo oportunamente trenes de impulsos eferentes o motores vagal-frénico y de este modo, entremezclándose con etapas psíquicas superiores, ocasionarán el estado consciente de la rumia

Tanto el bovino como el ovino denotan "psicotropismo"; para poder iniciar el acto de la rumia ellos "buscan", "eligen" y "conservan" la "oportunidad", el "ambiente", y la "postura", en que mejor pueden realizar tal acto digestivo.

Las impresiones auditivas, oculares, cutáneas, originan sensaciones, que, cuando son extrañas o de intensidad desmedida, obran en su psiquismo, que es complejo de "timidez" (por razones instintivas?) peculiar en el bovino y muy pronunciado en los ovinos, elocuentemente expresado por su temperamentalidad gregaria. Después de recorrer el mecanismo sinérgico en la intimidad de la corteza cerebral, aquéllas irán a gobernar por su mayor intensidad perceptiva el acto de la rumia y que todo observador reconoce que la bestia tiene conciencia del acto que realiza.

#### D. — DIGESTION ENZIMATICA.

La segunda parte del estudio de la digestión gástrica del bovino y ovino, corresponde a los fenómenos de hidrólisis enzimática, que los alimentos de origen vegetal experimentan durante su permanencia en

los cuatro divertículos mencionados. Queda señalada la excepcional importancia de la gastrodinamia sea por su movilidad permanente del alimento, que ofrece de continuo nuevas superficies de ataques y por la masticación mecánica con el aumento del número de superficies y también por la uniformidad de la temperatura de la masa alimenticia.

Muy conveniente es hacer algunas consideraciones previas sobre el pH y temperatura del contenido gástrico y física-química de los alimentos vegetales.

La exclusividad del tipo alimenticio del rumiante, es precisamente lo importante de esta disertación, tan distinta, por la colaboración simbiótica de seres microscópicos, de las otras que se suceden y son bien conocidas en el estómago del omnívoro y carnívoro.

Los bovinos y ovinos no poseen en su rumen ningún sistema glandular formador de fermentos digestivos; todo lo contrario, su superficie interna es recubierta por una capa gruesa de células cornificadas (6) al parecer inalterable a los intercambios fisiológicos de líquidos del medio intragástrico con la sangre y linfa capilar de la pared diverticular; agréguese, que el alimento celulósico, por su parte, es inatacable por los enzimas gástricos hasta ahora conocidos de los animales superiores: sólo en el hepáto-páncreas de muchos invertebrados (caracol) se pudo aislar un enzimo hidrolizante de la celulosa.

En el equino y suino, esta digestión se realiza en el intestino grueso. En los carnívoros, la celulosa se digiere en ínfima cantidad; su función principal, por su masa inerte es la de excitar el peristaltismo intestinal por lo cual se aconseja en terapéutica, para los casos de hipotonía, estreñimiento o mal acostumbamiento intestinal.

Hale y Huffman (21) demostraron que la temperatura en el interior del rumen es mayor en 0,50°C. a la rectal para el mismo animal de experiencia. Significa esto la amplitud de los fenómenos químicos exotérmicos que ahí suceden, interpretación opuesta a la antigua de Cordier (6), quien sostuvo que las papilas calentaban la masa digestiva. Mejor será pensar en el enfriamiento por absorción calorífica de la sangre capilar que circula en el sistema papilar.

a) El pH del contenido gástrico del bovino y ovino.

Para la buena interpretación de los fenómenos enzimáticos que detallaremos en esta ocasión, se hace imprescindible el conocimiento de la acidez actual o sea la concentración de hidrogeniones, lo que se expresa por el pH del medio gástrico (2 b). Desde años atrás se sabía que la acidez del estómago de los carnívoros era muy marcada (pH=1,5 hasta 2,5) mientras que en los herbívoros era tan débil que hasta se llegó a dudar (exceptuando la de cuajo) la acción interventiva en la digestión. Es que, otra vez más, nos encontramos con grandes diferencias en la digestión del carnívoro y del herbívoro y en manera especial de lo que sucede en los tres primeros divertículos. El cuajo, a su manera, se asemeja en cuanto al pH a lo que sucede durante la

digestión láctea, al tipo de digestión protéica y también en el adulto, con las proteínas de los forrajes. Recuérdese al respecto lo dicho en el esquema N.º 1 de Langerof.

La exposición y comentario de modernos experimentos acortan el camino a recorrer; ellas son: 1.º Olson T. M. (34) del Dept. Dairy Husbandry, South Dakota State College, determinó con potenciómetro modelo Colleman, el pH de la ingesta del rumen en 473 muestras provenientes de animales sacrificados y así obtuvo, a la temperatura ambiente, el siguiente valor promedial:  $\text{pH} = 6,89$ .

2.º Monroe C. F., Perkins A. E. (32) con el uso del potenciómetro modelo Leeds Northrup, determinaron el pH de las ingestas en dos vacas lecheras con alimentación distinta, para lo cual retiraban a intervalos de un minuto, por la fístula del rumen, muestras de la ingesta, según la región anatómica del reservorio, luego "in vitro", medían el pH. Por los valores encontrados, los autores comprueban: a) que durante el pastoreo es cuando sucede la mayor constancia en el valor del pH. b); por la mañana el valor del pH es mayor ( $\text{pH} = 7,01$ ) que durante la tarde (ácido  $\text{pH} = 6,66$ ). c); que la alimentación con heno y granos dá siempre pH neutro o alcalino y que con pasturas naturales o alfalfa verde el pH tiende a la zona ácida.

Smith R. V. (45) del Dept of Dairy Husbandry, Oregon State College, considera que las determinaciones "in vitro" de los autores anteriores, no reflejan realidad de lo que sucede "in vivo", por lo tanto, construye el equipo apropiado para llegar con el electrodo en el interior del rumen, por la fístula ventral permanente. Utiliza el aparato de Beckmann con el electrodo de vidrio. En dos vacas. Holstein consigue realizar varios cientos de mediciones y pone en evidencia la variabilidad del pH según hora, lugar anatómico del rumen y tipo del alimento.

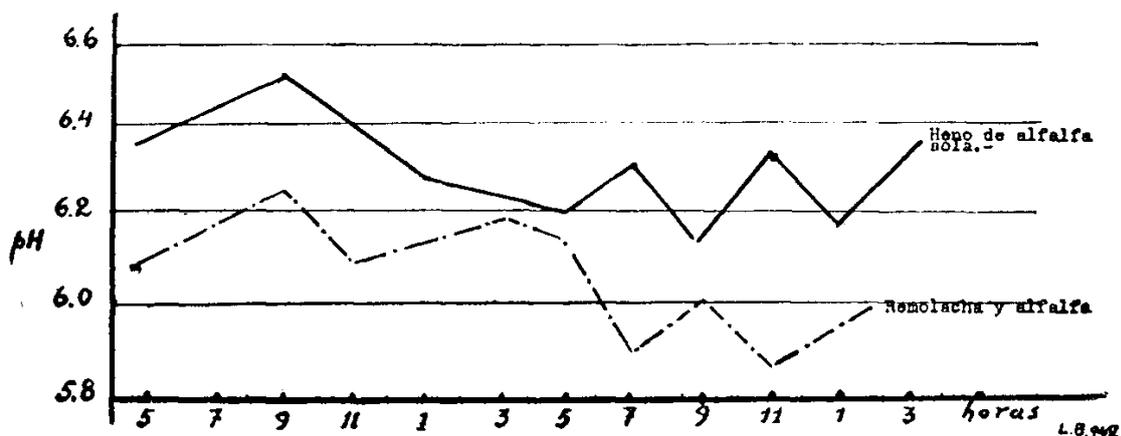


Fig. N.º 5. — Gráfica de la variación del pH a través del tiempo y el tipo de alimento en un mismo animal, según datos tomados de Smith (45).

- a) Heno de alfalfa ..... pH = 6.29 y 6.31  
 Heno de alfalfa y remolacha ..... pH = 6.07

b) Variabilidad del pH según el lugar anatómico del interior del rumen. Al frente, a la altura de la fístula, pH 6,27, algo en la profundidad pH 6,20, en el centro del rumen pH 6,05, algo más profundo, pH 6,13, en la parte posterior pH 6,00, y en la profundidad de esa misma parte pH 6.13.

b) Química-física de los alimentos de origen vegetal.

1.º) **Celulosa.** — A. Payèn en 1842 (35) fué quien primero estudió seriamente la constitución de la pared celular de los vegetales. El concepto botánico actual, resultado de los adelantos de la ciencia, es muy profundo como lo demuestran las investigaciones de Wanda Farr (16 y 17) del Laboratory of Celulose, Boyes, Thompson, Inst. for Plant Research, N. York; de Frey-Wyssling del Inst. de Tecnología Federal de Suiza (19) y de otros muchos que mencionaremos oportunamente.

Las paredes celulares de todos los vegetales están formadas en proporción mayor de **celulosa**, su función es la de limitación protoplasmática y de sostén.

Ella está acompañada de otras sustancias parecidas: el **Xilano** (pentasonas), **Materia péctica** (arabanos, galactanos y otros (20)), **Liquenina** conocida como celulosa de reserva y otra, muy parecida a ésta, la **Hidrocélulosa**, la **Hemicelulosa** (mananos y galactanos) y especialmente la sustancia componente de la madera, de elevada resistencia física, llamada **Lignina** (cadena carbonosa con grupos bencénicos metoxilados). Según Karrer (26) la mitad del CO<sub>2</sub> atmosférico se halla formando celulosa, estimando en 1,100 billones de Klbs. el peso del anhídrido carbónico de este modo transformado. La regulación atmosférica del CO<sub>2</sub> se realiza por ciclo de formación y destrucción natural de la celulosa por vegetales y microorganismo respectivamente.

La celulosa (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub> es un carbohidrato polimerizado o polímero no parecido a los azúcares, que según especulaciones de Harword y Freudenberg se forma por encadenamiento β—glucosídico (del oxígeno con el carbono 4) de muchas β—celobiosas que a su vez es un disacárido formado de dos moléculas de β—glucosa 1-6. Estudios roentgenográficos de la cadena de la celulosa demuestran estar formada de 60 restos de celobiosas, agrupadas en hacecillos rectilíneos de 40 a 60 cadenas y así firman las "partículas" físicas de la celulosa o sea la micela o microcristal de longitud no mayor de 600Å, según Ambronn y Scherrer. El agrupamiento en gran número de estos microcristales constituye la hebra sub-microscópica de 1.5<sub>x</sub>1.1<sub>uu</sub> conforme a los estudios de W. K. Farr, características de la constitución fibrilar o estructura fibrosa de la celulosa, como lo encontramos en el algodón.

Los últimos estudios de R. D. Preston del Dpto. de Botánica de la Universidad de Leeds (37) y luego de considerar opiniones y experimentos de Astburry, van Iterson, Freundenberg, Durr y del Prof. Guillermon, sostienen que la pared celulósica presenta las cualidades de "fibrilación cruzada" por efecto de la interfase con micelas protéicas del protoplasma, la que se contrae y expande alternativamente.

De modo semejante, Frey-Wyssling (19) tiene una concepción muy particular para la pared celulósica de la célula de los vasos lactíferos de *Euphorbia splendens* llamado "textura reticular" sub-microscopia conforme a sus experimentos de dispersión y absorción de la luz polarizada, el que pudo determinar ángulos de 60° con relación al eje de la fibra vegetal, todo lo cual se opone a los conceptos de textura fibrosa paralela.

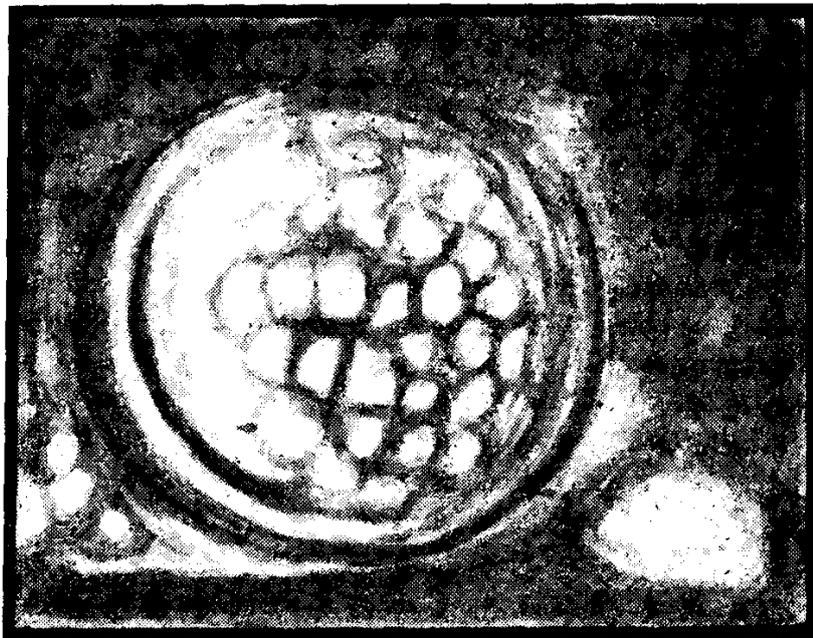


Fig. N.º 6. — Partículas de celulosa en el proceso de formación en un plástido ( $\times 1,500$ ). Según W. Farr.

La síntesis natural de la celulosa se realiza en los plástidos incoloros y no en cloroplastidos que es donde se sintetiza el azúcar y el almidón (figura N.º 6 y 7).

Resumiendo diremos: la composición de la membrana celular del vegetal es, física y químicamente considerada, muy heterogénea, pues está compuesta de un sistema coloidal continuo: el segmento péctico y otra fase o sistema discontinuo, cristalino: la celulosa. La celulosa es difícilmente atacable por los jugos digestivos y aún sustancias químicas.

Como disolvente se recuerda el licor de Schwitzer, complejo amo-

niacal del óxido de cobre  $(\text{Cu}(\text{CN})_4)(\text{HO})_2$  y además otras sustancias como el sulfocianuro cálcico  $\text{Ca}(\text{SCN})_2$ .

Preferentemente tratamos la celulosa porque es el alimento material y energético más común de los herbívoros, punto de partida de toda la economía animal; le sigue en el mismo grupo químico el almidón y luego en forma especial la proteína, grasa, lípidos, sales y elementos trazas.

2.º) **Almidón.** — Es el alimento de reserva en los vegetales maduros, depositado en las células del endospermo de los granos de cereales como el trigo, avena, cebada, maíz, arroz, etc., en tubérculos como la papa, boniato, mandioca, etc. en tallos y hojas. En la manufactura del pan y fideos para la alimentación humana, la harina está formada en su mayor proporción de almidón y de otras sustancias protéicas; el glúten.

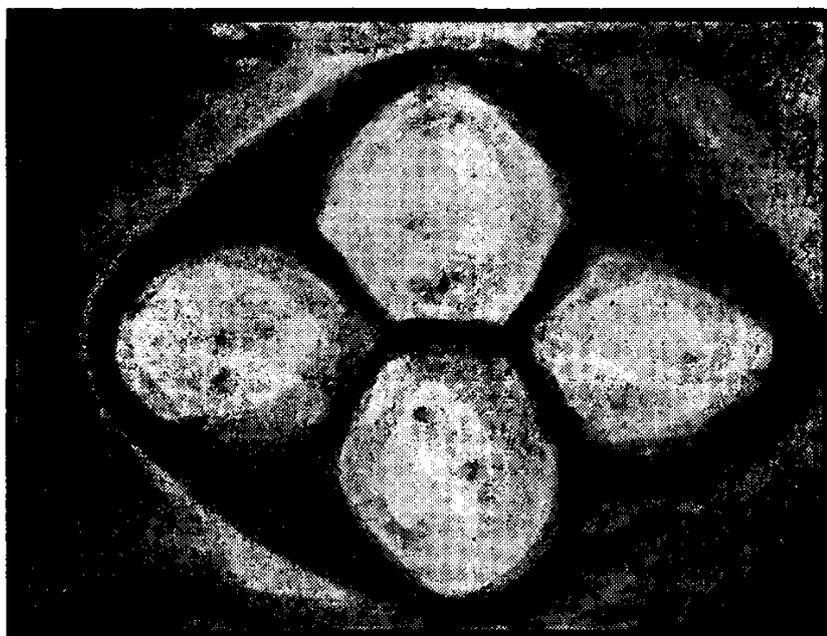


Fig. N.º 7. — Granos de almidón en el proceso de formación en el plástido ( $\times 2.500$ ). Según W. Farr.

Asimismo las harinas de cereales para la alimentación del ganado, como el afrechillo y afrecho, sub-productos derivados de la molienda del trigo, conservan además, del pericarpio y aleuroma del grano, mucha cantidad de harina, es decir: almidón y glúten.

El almidón se forma por acción fotoquímica de la clorofila, fenómeno ubicado en el cloroplasto, por la utilización del  $\text{CO}_2$ , el cual, a través de síntesis sucesivas y polimeraciones, llega al compuesto almidón, molécula muy grande con caracteres coloidales peculiares. De este modo el almidón es depósito de energía en estado latente o mejor dicho en forma potencial que oportunamente es capaz de devolver su

R E P U B L I C A   O R I E N T A L   D E L   U R U G U A Y

equivalente energético durante las prolongadas fases del metabolismo animal; cuando el almidón es ingerido como alimento y eliminado por el aire expirado en la forma de gas carbónico, etapa última del metabolismo de los glúcidos.

Desde el punto de vista químico, debemos considerar al almidón  $(C_6H_{10}O_5)_n$  como sustancia muy semejante a la celulosa, ya que su fórmula bruta es igual, pero que en el desdoblamiento hidrolítico resulta, según lo demostró Dubrunfaut (1847), estar formada de maltosa, disacárido compuesto de dos moléculas de  $\alpha$ -glucosa 1-4. Marquenne demuestra que el glóbulo de almidón está formado de dos sustancias: la **Amilosa** presente en el centro del glóbulo, soluble en el agua y reacción azul al yodo y la **Amilopectina** compuesto fosforado, presente en la periferia del glóbulo y que no da la reacción azul del yodo.

El glóbulo de almidón, por observación microscópica con la luz polarizada, presenta una cruz oscura hiperbólica a causa del fenómeno de interferencia luminosa; la forma o dibujo de la cruz es característica de identificación para cada especie de glóbulo, según su procedencia vegetal. La micela de almidón, observada a los rayos X, denota estructura cristalina.

Entre otros glúcidos presentes, mencionaremos por su importancia: la sacarosa, glucosa, fructosa, levulosa, etc.

**VALORES PORCENTUALES DE LA COMPOSICION QUIMICA DE  
ALGUNOS FORRAJES DEL URUGUAY**

	Sustancia seca	Proteínas total	Extracto al éter	Celulosa	Ext. no azoados carbohidratos	Ceniza
Heno de avena (12) ....	88.50	7.50	2.40	30.10	42.40	
Pasto de pradera .....	20.	3.50	0.80	4.	9.	
Alfalfa verde .....	24.	4.5	0.80	6.8	9.6	
Avena verde .....	23.2	1.9	0.60	8.5	8.9	
Maíz verde .....	17.5	1.4	0.40	5.	8.9	
Afrechillo .....	87.8	15.5	4.8	8	54.0	
Caña de azúcar (2) como fo- rraje .....	—	8.55	1.66	33.30	42.82	10.67
Cebada forrajera (43) ....	9.58	4.	0.31	1.19	—	1.23
Avena verde joven .....	88.52	27.30	4.70	18.05	—	12.35
Avena verde adelantada ..	88.57	14.55	2.84	19.95	—	13.56

3.° **Proteínas.** — El protoplasma animal y vegetal tiene de basamento material de la vida, entre otras sustancias, el complejo grupo de las proteínas. La molécula proteica es considerada hoy, dentro de la relati-

**Nota:** Véase bibliografía N.° 12, 2 y 13.

vidad tridimensional molar, como una estructura gigante con las propiedades comunes a lo coloidal, micelar y cristalino según el caso; su peso atómico global, calculado por el procedimiento de la ultracentrifugación de Svedberg (1926) varía desde 16.000 hasta 2.000.000. En su configuración entran además del C, O, H, elementos éstos presentes en los carbohidratos y grasas; otros muchos, como el nitrógeno de imprescindible presencia y otros, a veces ausentes, según sea la sustancia protéica como: S, P, Fe, Mg, Br, I y algunos elementos trazas: Cu, Zn, Co, Br, Ba, Va, etc.

Químicamente es considerada como el agrupamiento especial de los 25 amino-ácidos conocidos unidos entre sí por el radical amino con el carboxilo, a lo que se le llama enlace péptico (según Fischer) para formar cadenas sencillas o bien cadenas cíclicas: las dicetopiperazinas.

El ordenamiento de las moléculas, todas dentro del protoplasma, merece hoy la atención de muchos investigadores: Lagmuir, Overton, Nogen; y de acuerdo a ideas de "polaridad" molecular, es la causalidad del ordenamiento u "orientación monomolecular de interfase" para formar así, capas alternas o "framewok" donde los polipéptidos heteropolares de largas cadenas con propiedad pulsátil, son el origen del movimiento o "primus movens" de los seres organizados. La estructura foliácea del protoplasma, concepción moderna, fué corroborada experimentalmente por el Prof. Braur de Zurich.

Las protefnas vegetales, llamadas comúnmente por el vocablo de "gluten" pertenecen, por sus características físico-químicas similares, a las mismas agrupaciones que suelen hacerse con las de origen o pertenencia animal, aunque su composición en amino-ácido es frecuente algo distinta y, para ciertos casos, tales combinaciones sirven para su identificación.

ALBUMINAS	Leucina	cereales
	Legumelina	leguminosas
	Ricina	ricino
GLOBULINAS	Globulina	cereales
vegetales	Faseolina	leguminosas
	Edestina	cañamo
	Tuberina	papa
GLIADINAS o		
PROLAMINAS	Gliadina	trigo
	Zeína	maíz
	Hordefina	cebada
GLUTELINAS	Glutelina	maíz
	Glutelina	trigo
	Orizefina	cebada, arroz

**CROMOPROTEIDOS.** Clorofila en la forma a y b (esqueleto tetrapirrónico porfirínico con Mg.).

Además existen Fosfo, Gluco y Nucleoproteínas y la asparagina que es una amida del ácido aspártico.

Es extenso el mecanismo de la síntesis de la proteína que realiza el vegetal, cuando parte del N. atmosférico y telúrico. La mayoría de los vegetales que son usados como forraje, se sirven del N en la forma de amino-ácido y sales amoniacaes solubles, presentes en la capa húmifera. Las leguminosas, como ejemplo: los trifulium, alfalfa, a causa de un mecanismo simbiótico ubicado en sus raíces, fija el N atmosférico para su metabolismo, sobrando gran cantidad que queda almacenado en el suelo para ser usado o aprovechado por otros vegetales que habiten posteriormente el mismo lugar; justificándose uno de los beneficios de la rotación del cultivo que pregonan la ciencia agronómica. Para cada tipo de leguminosa, existen géneros y especies determinadas que forman nódulos radiculares conocidas como Pseudomonas radicolas y también otros importantes, lo que fué demostrado últimamente por trabajos de J. K. Wilson (55) y colaboradores quienes demostraron en 200 plantas distintas y 70 géneros y 32 variedades de grupos plantas-bacterias radicolas. Otros experimentos de F. E. Allinson (1) G. Bon (4) y sus respectivos colaboradores, han puesto en evidencia que la fijación del N por las bacterias radicolas depende del metabolismo de los carbohidratos del propio vegetal, de la presión parcial del  $O_2$ , del cociente respiratorio, de la temperatura, dosificación de los carbohidratos, de  $CO_2$ , de las proteínas del suelo, del nódulo y del mismo vegetal.

Según evidenció Virtaten de Helsinki (51) la síntesis de los amino-ácidos en el vegetal, se inaugura a favor de los ketoácidos fundamentales: el ácido oxaloacético y ácido ketoglutárico y ácido pirúvico, para lo cual indica su técnica de dosificación y da números de la frecuencia de ellos en los vegetales.

Las proteínas de los forrajes son entre sí muy distintas, aún más de las que se encuentran como componentes del organismo animal bovino y ovino; es decir, debemos conceptuarlas como heterólogas por sus especificidades y capaces de ocasionar en los animales, disturbios proteicos del tipo alérgico.

Oportunamente al tratar la digestión proteica del rumiante, demostraremos la manera cómo es anulada la especificidad proteica vegetal y entonces, hacer factible la asimilación por el epitelio intestinal e ingresar al medio sanguíneo en forma de sencillos amino-ácidos.

#### 4.º Esterinas, Fitoxantinas y Grasas.

**Esterina y esteroides.** Son sustancias presentes tanto en animales como en vegetales, de complejísima constitución, las que dan origen, lue-

go de un metabolismo peculiar a algunas hormonas y vitaminas necesarias para la salud del animal; químicamente consideradas, estas sustancias son politerpenos o mejor aún, derivados del ciclopentanofenantreno. Los esteroides son sus derivados alcohólicos. Según la procedencia, se agrupan en zoo y fito-esteroides.

Indicaremos algunos fitoesteroides importantes: **Ergosterol** o **ergosterina** de la levadura y **cornerzuelo** de centeno y conocida como **provitamina** que a causa de la irradiación de la luz ultravioleta nos dará en la **vitamina D**. — **La Sistosterina** y **Estigmosterina** presentes en el trigo y el **Zimosterol** en la levadura.

**Fitoxantinas** o **carotinoideos**. Los carotinoideos son sustancias de constante presencia en los vegetales, sobre todo en el estado verde, en tallos y hojas como también en algunos frutos a los cuales los colorea intensamente, razón por la cual también se les suele llamar **lipocromos**. Desde el punto de vista químico se consideran estas sustancias **hidrocarburos** no saturados, **polienos** de función **terpénica**. Para su obtención de los vegetales o de los animales para ulteriores estudios de su dosificación **fotométrica**, es conveniente aplicar el método de la **columna de absorción cromatográfica** de **Twett (1925)**. Enumeraremos algunas importantes carotinoideos o fitoxantina: 1.º **Licopina** ( $C_{40}H_{56}$ ) con trece enlaces **etilénicos**, **coloración roja intensa**, presente en el **tomate**. 2.º **Carotina** o **Caroteno** ( $C_{40}H_{65}$ ) con once enlaces **dobles**, existen las formas  $\alpha$  y  $\beta$  é  $\gamma$  **carotina**, **coloración rojo amarillo** (zanahoria) y acompañado siempre de **clorofila** y **xantofila** en tallos y hojas de todos los vegetales. Es por todos conocida la importancia en la **fisiología** de los animales, dado que el **desdoblamiento** de la  $\beta$  **carotina**, acontecimiento que se realiza en la **intimidad** del **hígado** a favor de una **carotinasas** según evidencia **Olcott** con la **formación** de la **vitamina A**.

**Myburgh (33)** de **Sudáfrica**, estudió el porcentaje de **caroteno** de las **pasturas naturales** y encontró que él varía por las **condiciones de estación** y **pluviométricas**; abundante (**11.62 mgm. %**) en período de **lluvias** y escaso (**0.04 mgm. %**) durante las **sequías**.

3.º **La Xantofila** ( $C_{40}H_{56}O_2$ ) **colorante amarillo**, **dioxiderivado** de la  $\alpha$ -**carotina**, presente en todos los tallos y hojas verdes en **compañía** de la **clorofila**.

4.º **La Zeaxantina** ( $C_{40}H_{56}O_2$ ) **colorante amarillo** de la **dioxiderivado** de la  $\beta$ -**carotina** presente en el **grano de maíz**.

5.º **La Capxantina** ( $C_{40}H_{56}O_3$ ) **colorante rojo** del **ají**.

**Grasas**. Exceptuado las **plantas oleaginosas** o los **sub productos industriales** respectivos, los **forrajes** poseen **pequeña proporción** de **sustancia grasa**, pues varía desde **0,50 hasta 5 %** de acuerdo a los **valores obtenidos** al aplicar el **método extractivo** al **éter**, como fué expresado en el **cuadro N.º 1**.

Los **componentes grasos** u **oleosos** de los **forrajes**, son por su **aspecto físico**, considerados **aceites**, dado que la **temperatura del ambiente**, son a menudo **líquidos**.

Algunos componentes pertenecen a los ácidos carboxílicos monobásicos saturados como el ácido fórmico ( $\text{HCOOH}$ ), el ácido acético, combinado o en estado libre, ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), ácidos intermedios y superiores como caprónico, pelargónico, mirístico, palmítico, esteárico, aráquico, behénico, etc. de los cuales el palmítico ( $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ ) y el esteárico ( $\text{C}_{19}\text{H}_{39}\text{COOH}$ ) en la presentación de glicéridos o grasas y aceites, son las más abundantes y comunes en los vegetales. En cuanto a la serie acíclica o de ácidos grasos no saturados, indicaremos principalmente al ácido oléico ( $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ ) con dos enlaces dobles o etilénicos y sus glicéridos; son los aceites tan comunes en ciertos vegetales: oliva, coco, sésamo, girasol, maní, algodón y el ácido linólico con dos enlaces dobles y propiedad secante como es el aceite de lino o linaza. Las indicaciones anteriores deben entenderse que la parte oleosa de los vegetales, es una mezcla de ácidos grasos, glicéridos o grasas, ceras, esencias, esterinas, carotinoides, mezcla peculiar a cada especie vegetal con la disminución, ausencia o incremento de algunos de estos compuestos, todo lo cual da la configuración química oleosa de cada planta.

#### 5.º Sales minerales y elementos trazas.

Las sales minerales juegan papel extraordinario en el metabolismo animal, mereciendo amplios estudios en el campo de la nutrición. Basta decir, para estimar su importancia, que los minerales son los que gobiernan, por el equilibrio iónico-soluto (Loeb), casi todos los fenómenos íntimos del protoplasma. Son los aniones y cationes los que establecen intenso potencial energético en la interfase del protoplasma, en las barreras citológicas, entre el medio interno y los componentes figurados; potenciales de energía que se manifiesta en electricidad, tensión superficial, presión osmótica, viscosidad, calor, color, etc. En otras oportunidades su presencia, como material somático, es la causa de los fenómenos bioelastométricos; caso del sistema óseo por inclusión del calcio y fósforo y otros menos importantes.

Los forrajes y el agua de bebida, poseen en general buena cantidad de sales minerales de los elementos de primera fila, Ca, P, K, Fe, S, I, etc. Exceptuaremos las pasturas de campos donde se asienta la osteomalacia (cuenca del Este) y al respecto queda recomendada la lectura del documentado trabajo analítico de tierras del Uruguay, obra del Ing. Agr. Puig Nattino (1913) y también las proficuas investigaciones sobre osteomalacia del bovino del Prof. M. Rubino. Ambos detallan interesante documentación y análisis interpretativos.

Las manifestaciones patológicas de la necesidad mineral en animales y hombres, entre los muchos disturbios característicos, indicaremos la malofagia o "pica", estado patológico que en el siglo pasado fué explicado como trastorno nervioso, mientras que hoy, en muchos de los casos, la conceptuamos como carencia.

El bovino y ovino carente de minerales, sufre el síndrome de "sed mineral", lo que le impulsa imperiosamente a ingerir cuerpos extraños e inapropiados a su sistema digestivo.

En el Museo del Inst. de Anatomía Patológica y Parasitología están reseñados multitud de objetos deglutidos por animales sospechosos de ser atacados de "sed mineral" y con su sentido gustativo depravado. Por ejemplo, recuerdo: huesos, guijarros, ovillo de alambre de hierro, arena en cantidad aproximada de 50 Kgms., ésto último, proveniente de un solo animal.

Sin ser frecuente, a pesar de que nos depara sorpresas, es común encontrarnos con casos como el siguiente: durante la faena en el F. Swift (1942) de una tropa de 20 novillos de inferior preparación, procedentes del Dpto. de Cerro Largo, en 10 vacunos se extrajo de su panza, aproximadamente 1 tonelada de guijarros pulimentados y de forma elíptica, algunos hasta de más de 5 cms. de eje mayor. Era fácil escuchar durante la marcha obligada de la tropa en los corrales, el chasquido del pedregal interiorizado en el rumen. Según referencias, en otras oportunidades semejantes y por falta de previsión al caso, quedó obstruida la tubuladura de desagüe de la playa de faena por las piedras ahí arrojadas, provenientes de la panza de vacunos.

Los elementos trazas, llamados por su efecto oligobiológico, corresponde a los conceptos y hallazgos modernísimos en el campo de la nutrición animal, especialmente en ovinos.

La condición especialísima de este tema, me exime de comentarios y puedo recomendar el interesante estudio de actualidad y abundancia de referencia bibliográficas, publicación de nuestro colaborador el Dr. L. Vigil (51).

Al pasar, mencionaré la investigación actual (1941) del Prof. Mc. Collum, de John Hopkins Univ. sostenida por The Rockefeller Foundation; sobre la necesidad y sus papeles fisiológicos de ratas y otros animales de los elementos trazas como el Bromo, Fluor, Boro y Vanadium.

## E) MICROBIOLOGIA DEL CONTENIDO GASTRICO DEL BOVINO Y OVINO

### Concepto

Con la antelación debida, para mejor interpretar esta parte, quedamos obligados a repetir, del mismo modo que lo suele hacer nuestro querido gran Prof. E. Messner a propósito de su brillante curso de fisiología de la digestión de los rumiantes: "El estómago de los rumiantes es una gran cava de fermentación". Mucho se estudió sobre la microflora y microfauna del tractus digestivo de todos los animales y también en el hombre. Cohendry calcula que los 2/3 del volumen fecal humano son restos de microorganismo y para cada miligramo contiene la fabulosa cantidad de 143.870.000 de restos microbianos. Se discurió largamente sobre el perjuicio ocasionado por la presencia de tales microorganismos y de la posibilidad no lejana de causar disturbios entéricos

por estos seres, más o menos o facultativamente patógenos. Metchnikoff, por lo mismo, sostuvo la teoría de la longevidad, que estaba en relación inversa a la calidad y cantidad de la flora intestinal humana. El contenido del tubo digestivo es en general óptimo medio de cultivo y de aquí, por la abundancia de proteína (putrefacción) y por los carbohidratos (fermentación) que sea a menudo causa de graves trastornos tóxicos por la formación de sustancias que obran en cantidades ínfimas, ellas son, con mayor frecuencia: histamina, fenol, cresol, indol, escatol, colina, ácido láctico, butírico, sulfuro de carbono, etc. por lo cual Becker en 1931 rehabilitó la teoría de la autointoxicación y también últimamente lo hace Whipple pensando en las proteinasas.

La variación del medio por acidez y enzimas a lo largo del tubo digestivo determina cambios en la microflora y fauna habitual de la región anatómica; es decir, modificaciones en el número y en su clasificación cuando pasa de una a otra zona del conducto digestivo.

En el rumen, la redécilla y el librillo, la cantidad numérica de microorganismo es fabulosa, luego decrece y es casi anulada en el cuajo, y otra vez en el intestino, pero sobre todo en el yeyuno, colon y ciego, el incremento microbiológico adquiere el carácter de "explosión". Algo semejante sucede en el intestino del hombre, perro y especialmente en el equino, el que tiene su intestino grueso adaptado a este tipo de digestión simbiótica.

Sin temor a la repetición diremos: "el estómago de los rumiantes es una gran cuva de fermentación".

En el rumiante los microorganismos cumplen función simbiótica que siempre es "preponderante" ya que de otro modo, en condiciones estériles, sería imposible la realización de la digestión en el estómago de estos animales.

Aquí, en este órgano, los rumiantes no poseen, como los carnívoros y mismo el equino, ningún sistema glandular capaz de producir enzimas digestivas para el ataque de los componentes de los forrajes y sobre todo de la celulosa, tan resistente a toda acción química. Los microorganismos, sean bacterias, levaduras, hongos, protozoarios, poseen enzimas hidrolizantes que llevan seguramente adelante el desdoblamiento de más en más, para poder cumplir el fenómeno propio de su alimentación.

Llevados los microorganismos al cuajo por arrastre gastrodinámico, donde el medio ahora no es propicio por la acidez elevada, ellos son muertos y entonces digeridos por los enzimas de la pared del cuajo hasta degradarlos en compuestos químicamente menores.

Al llegar al intestino, nuevas e intensas acciones enzimáticas hacen posible su última transformación, colocándolos en el umbral fisiológico de la asimilación.

De esta manera los microorganismos, con sus propios componentes

orgánicos contribuyen al mantenimiento del animal, el que antes les prodigó alimentos vegetales, el pH apropiado, calor y H<sub>2</sub>O.

Muchos investigadores (3) estudiaron la flora y fauna del rumen del bovino y ovino y resumiendo estos trabajos, sólo indicaremos sus autores y sus hallazgos: Von Ankersmit, Fischer, Hopffe, Thon, Crusch, Hannegerg, Gunter, Eberlein, Mme Kouvine, Strassbuenger, y autores modernos como Krieb, Mangold, Pochon, Doflein, Chaton, Simons, Owen, Smith, Baker, etc.

En los divertículos gástricos de los rumiantes, es posible hallar,

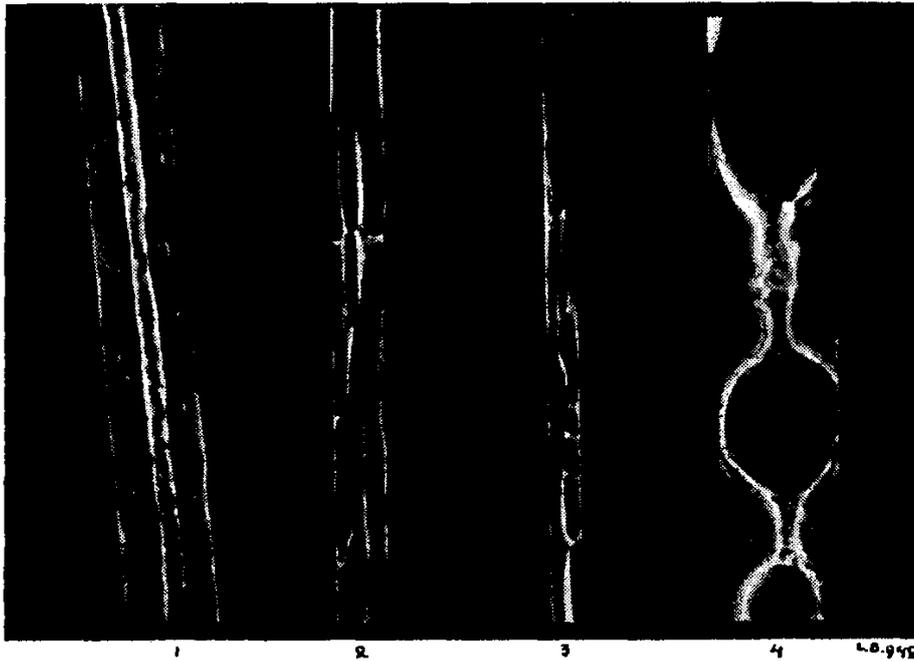


Fig. N.º 8. — 1) Fibra vegetal invadida por un micelium. Destrucción de la secundaria y conservación de las capas primaria y terciaria de la pared. — 2) Formación cavitaria cónica y bicónica enzimática; completa disolución de la pared secundaria. La primaria se conserva intacta. En la terciaria se inicia la desintegración. — 3) El avance de la hifa se realiza por el centro. — 4) Cavidad enzimática; nótese la doble refracción. — Material de fecas de equino estudiado a la luz polarizada (x 400). Ataque de las paredes celulósicas por hongos y actinomicetes, dibujo de una fotografía de Baker (1939).

por estar representadas muchas variedades de los siguientes grupos de seres organizados que viven en simbiosis con el mamífero. Por estudios apropiados de cultivo y aislamiento y reacciones biológicas "in vitro" son conocidas por ejemplo: bacillus amilobacter, b. proteus vulgaris, b. putrificus, b. perfringens, b. bifidus, b. acidophilus, etc., estreptococcus, espirilos gigantes, b. celulosæ dissolvens (Mme Kouvine 1923).

Levaduras diversas: endomises albicans, aspergillus, estoptotrix como el actinomicetes y entre los protozoarios: tricomonas, balantidius amibas. Baker F. del Dept. de Biology Country Tech. College of Guil-

ford, hace un minucioso estudio de la microbiología del rumen del bovino y publica el cuadro siguiente (véase además su microfotografía esquemática N.º 9) todos pertenecientes al grupo iodófilo.

a) Protozoarios de la familia *Ophryoscolecidae* e *Isotrichidae*.

b) Flora iodófila: 1.º *Oscillospira guillermondi*; 2.º *Sarcinas* y 3.º espirilos gigantes. 4.º Bacterias en forma navicular y asociadas en forma de rosetas. 5.º Cadenas de cocos tipo grande y pequeño.

#### F) SECRECIÓN GÁSTRICA DE LAS ENZIMAS DIGESTIVAS DEL BOVINO Y OVINO.

Varias enzimas hidrolizantes forman parte de la secreción gástrica de estos animales, correspondiente casi todos a la actividad secretoria del cuarto estómago, dado que en los anteriores, por las consideraciones antedichas, su mucosa está adaptada histo-fisiológicamente a la simbiosis microbiológica, faltando el sistema secretorio glandular. La secreción es continua porque a él llegan en todo momento sustancias alimenticias provenientes de los divertículos anteriores. Belgowski (1912) y posteriormente Shoptow (1937) demuestran que existe incremento secretorio después de las 4 o 5 horas de ingresar el alimento. La concentración del HCl en el jugo gástrico, es de 0.13 hasta un máximo de 0.40 %.

Cannon y Espe por medio de la fístula de Pavlov en bovino, comprobaron débil efecto psíquico sobre la secreción gástrica, especialmente según el tipo de forraje.

Sobre la absorción a través del rumen muy poco se conoce; sólo algunos observadores como Trautmann y otros sostienen que la glucosa y el agua puede ser absorbida por la pared de estos divertículos. Muchos gases como H<sub>2</sub>S pueden ser absorbidos.

Rankin y col. (41) demostraron en lanares que la dextrosa era absorbida por la pared del rumen en la proporción de 34 % hasta 400 %, lo mismo para algunas sustancias medicamentosas y mismo tóxicas como el yoduro de potasio, pilorcarpina, cianuro de potasio.

a) **Pepsina** o **proteasa** (Schwann 1836) se encuentra en el protoplasma celular en estado de propepsina (Schiff) y en presencia del HCl adquiere la propiedad de enzima proteolítica. Temperatura óptima de acción 37° y acidez actual óptima de acción, pH= 1,4 hasta 2,8. Es común en el estómago de todos los animales superiores.

b) **Lab-fermento**, **quimaza**, **zimógeno**, **renina** (Einar Hammarten). Se encuentra en estado de paracaseinógeno, que complementado por sales de calcio es transformada en caseinasa, la que actúa específicamente sobre la caseína, fenómeno llamado caseificación o comunmente "coagulación de la leche" formándose el coágulo o caseum, parte sólida y el lacto-suero, parte líquida. Temperatura óptima de acción 40° y acidez actual óptima de acción pH= 2 hasta 4.

El lab-fermento o cuajo es común en todos los mamíferos, abundante en la primer edad o período lactante, para decrecer y casi desaparecer en el estado adulto. Si la alimentación láctea persiste como sucede con ciertos bovinos de pedigree sobrealimentados exprofeso con vacas nodrizas, el animal llega al estado adulto con exuberante secreción gástrica del lab.

c) **Amilasa** o fermento sacrificiante (ElleMBERGER y Hofmeister); actúa hidrolizando los carbohidratos como el almidón y disacáridos. Según parece abundan en el cuajo del bovino y ovino; se duda o niega su formación gástrica en los carnívoros y omnívoros, a excepción del cerdo. La saliva, tan abundante en los herbívoros, está acompañada de escasísima cantidad de enzima amilolítica, fermento sacarificante, de acuerdo a los trabajos de la escuela brasilera, por el investigador J. Barisson Villares (2.<sup>a</sup>).

La actividad glandular de la mucosa gástrica en cuanto a su secreción, es influida por múltiples factores: físico, químico y psíquicos. Entre los primeros indicaremos someramente las modernas investigaciones dirigidas a aclarar este fenómeno interesante y vinculado, por lo mismo a la patología gástrica: 1.º) la sustancia del grupo H de Dale, como la histamina; 2.º) la variación de presión del oxígeno sanguíneo es causa de la modificación de la cantidad de jugo gástrico segregado, demostración de Pickett y van Liere (1939); 3.º) Davenport (11) demostró en ratas, gatos y perros, que la anhidrasa carbónica es necesaria para la producción del HCl estomacal en la que conjugan funciones el  $\text{CO}_2$  y  $\text{COOH}$ ; literalmente dijo: "el grado de secreción del ácido por la mucosa es directamente proporcional a la intensidad de formación del ácido carbónico durante el mecanismo secretorio."

Ultimamente algunos investigadores comprobaron que la secreción gástrica se favorece por efecto de la vitamina  $B_1$  (Ganassina 1939), por el ácido nicotínico (Valeri y Paterno 139) y la vitamina C (Lucksch 1940).

Entre los fenómenos psíquicos recordemos la experiencia de Pavlov sobre reflejos condicionados y los estados afectivos de ira y placer, modificadores de la secreción gástrica.

#### G) ATAQUE HIDROLITICO DE LOS ALIMENTOS VEGETALES POR ACCION CONJUNTA DE LAS ENZIMAS MICROORGANICAS Y ESTOMACALES.

Por ser la parte culminante de nuestro tema, aquí desarrollaremos el mecanismo enzimático del ataque del alimento en las cavidades estomacales del bovino y ovino, no sin antes tener presente cuánto fué dicho y comentado al detalle: gran capacidad estomacal, abundante insalivación hasta 56 litros en el bovino (Swit), gran cantidad de agua

bebida, los fenómenos de la gastrodinamia y los correlativos acontecimientos nerviosos, la temperatura del contenido gástrico mayor en  $\frac{1}{2}$  grado a la rectal,  $\text{pH} = 6$  a  $7$ , enzimas originadas en los microorganismos y las del propio estómago, son los factores mediatos que gobiernan la digestión del forraje en estos animales.

El alimento vegetal como lo obtiene la bestia en la pradera, es de difícil digestión, porque la celulosa constituye la pared de la célula vegetal y su contenido, el protoplasma, líquido coloidal de elevada complejidad química; no puede ser atacado con facilidad por las sustancias adecuadas del jugo gástrico a lo largo del tractus digestivo para ser finalmente incorporadas al individuo. Entonces, lo primero será el ataque de la celulosa, fenómeno que se ubica en el rumen y continúa en el librillo. Por ahora indicaremos la acción enzimática de los seres unicelulares; en tal sentido es necesario recordar la experiencia de Hale, Ducan y Huffman (21) realizada en bovino fistulado. Retiran parte del alimento ingerido, alfalfa y luego de pesar y mezclar detenidamente, la reintegran al rumen, permaneciendo desde 14 a 24 horas bajo la acción digestiva. Los autores estudian el coeficiente digestivo de la celulosa y obtienen el valor de 85 %. Con la lignina, parece que su digestión se realiza más intensamente en el librillo y mejor en el intestino. Otros carbohidratos dejan el rumen rápidamente sin ser atacado más o menos profundamente. Experiencias de Sauborn (1893), Davenport (1897), demostraron que la alimentación sin celulosa de bovinos resulta perjudicial para el desarrollo y mantenimiento corpóreo y también la producción láctea. Estudio de Mc Cay, Woodward, Johnson, Ku, con dietas sintéticas a base de celulosa regenerada, demostraron su escaso valor alimenticio con relación a la de procedencia natural.

La desintegración de las paredes celulósicas o celulólisis, es supe-  
ditada a la acción de varios microorganismos, como fué desde años atrás demostrado y recientemente lo repiten investigadores como Waksman, Bailey, Baker, etc.

Pochon J. (38) evidencia que el *B. celulosae dissolvens* de Mme. Kouvine y el *Plectridium celuloliticum*, habitantes del suelo y que por procesos de adaptación ubicuitaria y sucesivas mutaciones, son los determinantes figurados de la fermentación de la celulosa hasta llegar al término de glucosa, hecho que sucede durante el paso del contenido gástrico desde el rumen al librillo.

Baker y otros, también demostraron que ciertos hongos actinomices, atacan la pared celulósica del forraje (fig. N.º 8).

El almidón y otros carbohidratos menores, son asimismo desintegrados por los microorganismos (fig. N.º 8) por el efecto amilolítico de fermentos segregados por ellos, aunque su aprovechamiento por el bovino y ovino está ligado profundamente a la vitamina A (Shaw).

Sym (48) aclaró que los infusorios son los que desdoblan, sacrifi-

cando al almidón desde el término de acro y eritrodestrina hasta maltosa y glucosa y que en cuanto a las bacterias sólo lo hacen hasta dextrinas en ambiente de  $\text{pH} = 6$ .

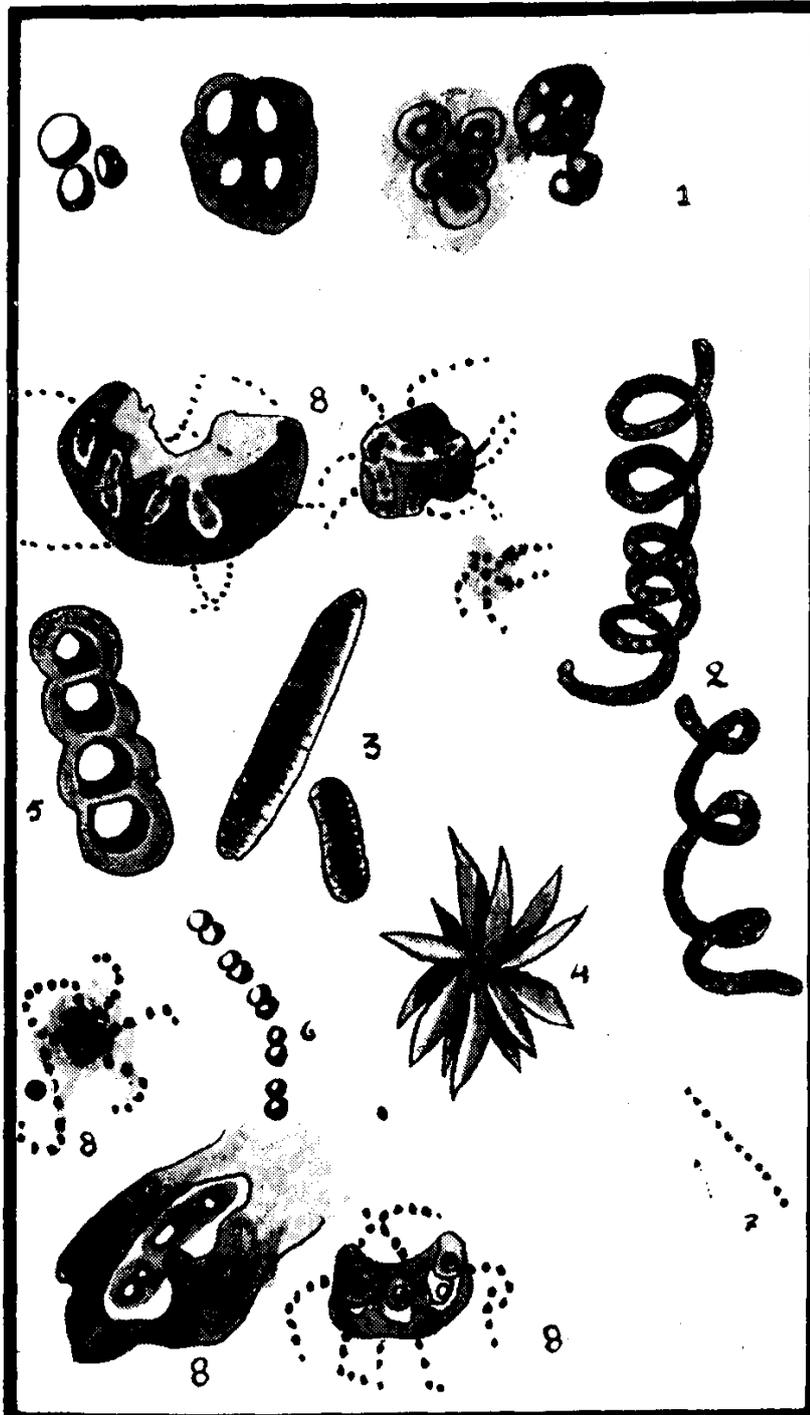


Fig. N.º 9. — 1) Sarcinas. 2)Espirillo gigante. 3) Oscinospira guillermondi. 4) Roseta de asociación. 5) Cadena de cocos gigantes. 6) Cocos tipo normal. 7) Cocos de variedad pequeña. 8) Estados de desintegración del almidón por los cocos, (según Baker).

Algunas levaduras utilizan los glúcidos totalmente y dan, al final  $\text{CO}_2$ .

Usuelli (1930) cree que una buena parte del almidón es transformado en el rumen en la forma de glucógeno.

En cuanto a los azúcares poco se conoce hasta el presente, dado el sinnúmero de dificultades inherentes en esta clase de investigaciones y al respecto sólo existen trabajos de Martens, Golf y Schwabe.

La actividad lipolítica queda a cargo, según parece, aunque no está bien probado porque faltan muchos experimentos de contralor, de los *b. coli*, *b. mesentericus*, *b. putrificus*. Según Sym el efecto lipolítico es variable durante la digestión en el rumen y sólo encontró que se acrecienta con alimento verde si esto lo compara con forraje como el heno, grano y chala.

Farecen intervenir, como evidente para el caso, fermentos propios del vegetal verde y de algunos protozoarios. La digestión completa de los lípidos y grasas se realiza, como bien es conocido en el intestino y en consecuencia escapa a mi propósito.

Sym en su mismo trabajo demuestra que la actividad proteolítica del rumen es intensa, sujeta a variabilidad de su intensidad, por casi todos los tipos de microorganismo, los que pueden y llegan a causar en condiciones especiales, graves estados patológicos con el nombre de putrefacción estomacal.

Las proteínas vegetales ingeridas, pasan sucesivamente por estados químicos de desintegración molecular: ácido y alcalino-metaproteínas, proteosas, peptosas y polipéptidos, estos últimos formados de 6 a 7 aminoácidos, según van Slyke. Queda a cargo de las acciones enzimáticas del intestino, las últimas desintegraciones de los polipéptidos hasta llegar a los aminoácidos constituyentes, forma ésta asimilable por la célula de la pared intestinal. De este modo se rompe la especificidad de la molécula proteica.

Es en el cuajo donde la acción proteolítica tiene valores grandes, por las propias enzimas segregadas por su pared glandular y al respecto recordaremos la caseificación de la leche por lab.

Es también en esta región gástrica donde se produce la muerte de los microorganismos y o su ulterior desdoblamiento proteolítico de su protoplasma, todo lo que irá a agregar sustancias de aprovechamiento alimenticio para el bovino y ovino; significa una poderosa fuente de síntesis proteica y de amino-ácidos altamente necesarios para el soporte vital del rumiante (Krebs 27).

Ocurren fermentaciones y putrefacciones en el estómago de los ruminantes, originarias de productos no útiles al individuo en casos patológicos de hipotonía post-partum en el librillo del bovino; atonía del librillo como secuela de anaplasmosis (Rubino), en la sobrecarga y en el meteorismo del rumen, etc.; la intensidad en la producción de sustancias a veces con poderes tóxicos, llegan hasta causar la muerte del animal.

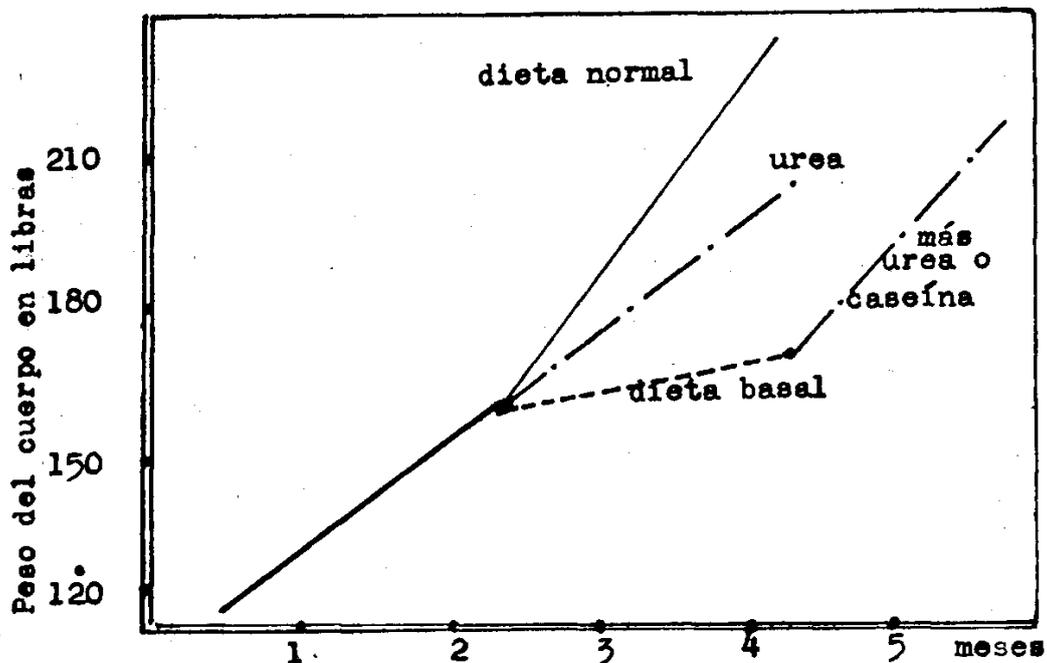
Entre los gases tenemos:  $\text{CO}_2$  —60 a 80 %,  $\text{CH}_4$  — 20 a 60 %, N — 10 a 20 %, H — 0.0002 %.

Dougherty (13) comprobó que el  $\text{H}_2\text{S}$  aumenta con alimento verde y que la introducción por la fistula del rumen de ácido sulfídrico, es capaz según dosis, de producir la postración del animal. El autor estudia la formación dentro del rumen de  $\text{CO}$ .

Además están presentes otras sustancias: ácido fórmico, acético, láctico, propiónico, butírico, alcohol etílico, amoníaco, histamina, fenol, cresol, metil-mercaptan, etc.

#### H) SINTESIS EN EL RUMEN Y CONCLUSION.

Hemos aclarado que en el antro rúmico ingresan determinadas sustancias químicas de origen vegetal las que sufren efectos disgregantes por las enzimas. Los microorganismos necesitan para vivir, atacar los



Experimento de Loosli J. K. y McCay C. M. - J. of Nut. 25.2.197.1943.  
Sobre la utilización de urea por terneros jóvenes.

Terneros de dos meses de edad fueron estudiados con una dieta de 4.4 % de proteína. Cuando se agregó urea la dieta protéica llegó a 16.2 % (N. x 6.25); los terneros aumentaron satisfactoriamente de peso y altura. Los terneros con dieta basal presentan un balance negativo del N. y al agregar urea se hace positivo en la retención de 24 a 36 % de la dieta nitrogenada. La aparente digestibilidad de la materia seca y carbohidratos con dieta basal fué de 57 a 63 %; al agregar urea subió de 74 a 80 %. Con alimentación diaria suplementaria de vitamina B, no aumentó el crecimiento ni la eficacia en la utilización del N. El contenido de riboflavina en órganos y carne no fué aumentada con la alimentación suplementaria del complejo B.

alimentos vegetales y con parte de ellos, sintetizar los componentes esenciales de su protoplasma y núcleo. Es por este mecanismo simbiótico que el bovino y ovino, partiendo de sustancias heterólogas y anulada la especificidad proteica primaria la transformada en otras sencillas para su mantenimiento material y energético.

Buena proporción de N-proteico es aprovechado por los microorganismos sintetizando algunos amino-ácidos muy necesarios para la vida del rumiante. Sobre este tema mucho se experimentó y desde la época de la escuela alemana resumida en el excelente trabajo de Schwarz (1925) el que probó que 256 gramos de proteína están repartidos en los organismos vivos de cada 100 Kgrs. del contenido del rumen en la proporción de 10 a 12 % en el cuerpo de las bacterias y el 20 % en los infusorios. En el presente, muchos otros investigadores, como Hart y colaboradores (23) estudian la posibilidad de la utilización del N-no proteico en las formas de urea y carbonato de amonio para síntesis de amino-ácidos dentro del antro rúmico y su ingreso posterior somático. La urea mejora y facilita la utilización de la celulosa.

Transcribimos de Wegner y colaboradores (54), algunas conclusiones de su trabajo sobre los cambios químicos del alimento en el rumen con o sin adición de urea... 3.º La proporción de N-total proteico y fibra bruta encontrados en el contenido del rumen como incremento escaso durante la alimentación, indica más o menos la selección extractiva del N-libre, a causa del ataque por bacterias o enzimas bacteriales, durante el pasaje por el rumen. 4.º El N-urético y el N-amoniacoal fué ingerido en la proporción de 1 a 5 % de materia seca de la ración desapareciendo del rumen dentro de las 4 a 6 horas de ser ingerido. Por esto se evidencia la conversión en N-proteico. 5.º Un incremento definido en el porcentaje del N-proteico del contenido del rumen, es producido por la adición de 5 % de urea a una ración baja basal nitrogenada.

En otro trabajo de los mismos autores, comprueban que el aprovechamiento de la urea decrece cuando el nivel proteico de la ración basal sobrepasa el 24 %.

Harris y Mitchell (22) demostraron en corderos los valores de la síntesis proteica que sucede en el rumen, partiendo de raciones exentas de proteína de las cuales posteriormente se les agregaban proporciones suficientes de urea y caseína para el mantenimiento animal, encontrando para el equilibrio biológico del N, los valores que siguen: 62 para la urea y 79 para la caseína. Raciones con 3.16 % de contenido de urea no fueron tóxicas.

En lo que respecta a la necesidad y síntesis de amino-ácidos con molécula de azufre como la cistina y metionina, muchos investigadores dedican su atención, de modo especial en el ovino, dado que en este animal precisa del azufre para construir la molécula de la lana, en la que entra en gran proporción el amino-ácido llamado cistina, de acuerdo con las modernas adquisiciones químicas y roentgenográficas de Speekman;

estimándose asunto de incalculable importancia económica en la explotación lanera.

Por otro lado Fraser-Roberts (1932) emiten la hipótesis de la que es el propio folículo de la hebra de lana, el que posee el mecanismo fisiológico capaz de sintetizar la cistina.

Smuts, Du Toit, Wath (47) demuestran que la ración de alfalfa (rica en azufre) más cistina, solamente favorece en 10 % el valor biológico para el mantenimiento y crecimiento del ovino, de acuerdo a los trabajos de alimentación en ratas con suplemento proveniente del rumen del ovino alimentado con alfalfa sola y alfalfa más cistina. Queda demostrada la sospecha, en este asunto, de necesidad como complemento, de la acción vitamínica del complejo B. (McElroy, Goss 1939), los que son construídos en el rumen y colon del ovino a favor de la intervención oportuna de los distintos microorganismos allí presentes.

Huffman y Ducan (25) en recientes experiencias con 5 bovinos alimentados con heno de alfalfa y cistina, vió que esto desmejora sensiblemente la producción láctea, aunque aumente el peso vivo del animal con la disminución de las ingestas diarias, deduciendo que el racionamiento de alfalfa y cistina no cambia los resultados, pues la alfalfa es de por sí suficiente para ello.

El problema vitamínico actual considerado como complemento imprescindible de la nutrición animal, llama poderosamente la atención a centenares de estudiosos y por cuanto atañe a nuestro tema, nos cabe decir que el metabolismo del bovino y ovino es gobernado por la acción conjunta de los muchos y conocidos factores vitamínicos, cuyo origen constructivo parece se ubica en el antro rúmico; empero sin olvidar la trascendente consecuencia para la alimentación humana, conviene tener en cuenta la rica fuente de vitaminas que se halla en los productos cárneos y orgánicos del bovino y ovino.

Algunas de las vitaminas necesarias para el bovino y ovino, éstos las obtienen juntamente con el forraje, dado que suelen formar parte de ellos: carotenos, provitamina D y vitamina E; pero en cambio otras están ausentes como se demostró en los últimos años, las que se crean o sintetizan por la acción de la microflora estomacal e intestinal.

En cuanto al requerimiento expresado en cantidad de unidades de las distintas vitaminas para estos animales, por su índole metabólica, no corresponde comentarlo aquí; pero en su defecto, recomiendo a los que aspiren a hacer ampliación de sus conocimientos, leer la interesante recopilación de Savage y McCay (42).

De modo parecido a lo que sucede en las raíces de los vegetales superiores con su microflora rizófera (población microbiana simbiótica adyacente a las raíces) el rumen, en primer orden y sus divertículos satélites, por la fabulosa microflora, constituye amplísima zona de influencia simbiótica de acción sintética vitamínica, utilísima para las bestias portadoras.

Lo importante es comentar los experimentos últimos sobre este asunto y resumidos, diremos: McElroy y col. (30 y 31), Wegner y col. (53), Hunt y col. (24), Ray y col. (40), por distintos caminos bacteriológicos y físico-químicos; en el bovino y ovino alimentado con raciones naturales o isocalóricas, escasas o libres de vitaminas, han demostrado la presencia todas las veces, en los derivados orgánicos: leche, carne y también en el líquido extraído del antro rúmico sin que el animal, mientras tanto, sufriera o denotara los síntomas de hipovitaminosis del complejo B, como son: tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, piridoxina, ácido pantoico, biotina (factor anti-clara de huevo), vitaminas C y K.

Se evidencia, porque son demostrativos, los experimentos comentados de la sintetización de algunas vitaminas por la acción biológica de la flora estomacal. Esto, además, nos señala una fase importantísima de los fenómenos sintéticos que suceden en el estómago de los rumiantes: modalidad peculiar de la respuesta fisiológica del órgano.

Como conclusión añadiremos: es forzoso comprender, que este capítulo de pura fisiología animal, es más importante y difícil de captar, de lo que a "prima facie" nos imaginábamos.

Por estas razones es que su estudio a través del tiempo, se realizó por etapas: la mecánica era cuando los investigadores de antaño, sólo de esta manera podían encarar e interpretar los acontecimientos biológicos: luego, en los últimos años del pasado siglo, se acometió desde el punto de mira microbiológico y en lo que va de éste, la investigación está encauzada por el estricto sentido de la especulación físico-química, motivo que nos obliga a ir por sus sendas preñadas de insospechadas adquisiciones. Con preferencia estudiamos las enzimas gástricas, la acción enzimolítica microbiológica, el pH, la desintegración molecular de los grandes edificios químicos como la celulosa, almidón, proteínas, etc., la síntesis de múltiples sustancias capaces de ser asimiladas por la célula intestinal, se usan, unos, como materiales somáticos, otros como energéticos, y algunos como las vitaminas, como factores reguladores en el equilibrio metabólico animal.

El empinado camino que hemos recorrido fué más tortuoso que largo; pero como ahora alcanzamos otro peldaño de nuestro eterno aprender; vislumbramos, comprendemos y justipreciamos el largo panorama fisiológico, necesario para futuras adquisiciones en la ciencia veterinaria, que nos brindó en todo momento "La digestión estomacal del bovino y ovino".

Instituto de Fisiología de la Facultad de Veterinaria.  
(Uruguay)

## Referencia Bibliográficas

- 1 ALLISON F. E., LUDWING C. A., HOOVER F. W. — Bureau of Agric. Chem. And Eng. Washington. Nature, 144, 771 (1939).
- 2 BARBOT A. W. — Posibilidad de utilización de la planta de azúcar como forrajera. Rev. Asoc. de Ing. Agrónomos del U. N.º 4. (1941).
- 2a J. BARISSON VILLARES. — Sôbre a concentraçáo iônica do rumen. Boletín de Indústria Animal São Paulo. 3-101-102. (1940).
- 2c J. BARISSON VILLARES. — Contribuição ao estudo das diástases amilolítica da Saliva do Bos taurus. Bol. de Indústria Animal, São Paulo. N.º 42, 76. (1941).
- 2c) BAKER FRANK. — Microbial factors in the Digestive Assimilation of Starch and cellulose in herbivora. Nat. 3808. 479. 1942.
- 3 BETHE, BERGMANN, EMBDEN, ELLINGER. — Handbuch der Normalen und Pathologischen Physiologie. Tomo 111. (1927).
- 3a BOERGER A. — El problema forrajero en el Uruguay. N.º 178 La Estanzuela. (19).
- 4 BOND G. — Botany Dept. Univ. of Glasgow. Nature 144-505. (1929).
- 5 CANNON. — The mechanical factor of digestion. (1911).
- 6 CHAUVEAU y ARLOING. — Anatomie des animaux domestic.
- 7 COLIN. — Traité de Physiologie comparée des animaux. (1886).
- 8 COLLIP J. B. — Am. J. Digestive Diseases. 5.587, (1938).
- 9 COMISION N. DE ESTUDIO DEL PROBLEMA FORRAJERO. — Iniciativa del Dr. C. G. Gutiérrez, por Decreto de fecha 22-5. (1935).
- 10 CORDIER. — Mencionado por Chauveau. (1905).
- 11 DAVENPORT H. W. — J. of Physiology. 97-32. (1939)
- 12 de L'HARPE, PIÑEYRUA, SUZACQ. — Investigaciones sobre digestibilidad. Rev. de la Facultad de Agronomía. N.º 22. (1940).
- 13 DOUGHERTY R. W. — Further Investigations of rumen and Broat in ruminant. J. Amer. Vet. Med. Asoc. 99-110. (1941).
- 14 DIRECCION Gral. DE ESTADISTICA. — Boletín N.º 18-84 y 122. (1940).
- 15 DUKES H. H. — The Physiology of domestic animal (1935).
- 16 FARR WALDA. — Nature. 146-153. (1938).
- 17 FARR, ECKERSON, SOPHIA. — J. Phys. (1938).
- 18 FLOURENS. — Mém. d'Anatomie et Physiologie comparée. (1844).
- 19 FRAY - WYSELING. — Nature. 143-965. (1939).
- 20 GADDUM H. G. — The pectid constituent of citrus plants. Bull Univ. Florida. (1939).
- 21 HALEY H. G., DUCAN C. W., HUFFMANN C. F. — The Vet. Bull. Vol. 880. (1941)
- 22 HARRIS L. E., MITCHELL H. H. — The values of urea in syntesis of protein in the Paunch of the ruminant. I Maintenance, II in growing. J. Nutr. 22-167. (1941).
- 23 HART E. B., BOHSTEDT, G. HUMPHREY, G. C. HULCE R. S. — J. of Dairy Scie. 22-785. (1939)

REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

- 24 HUNT C. H., KICK, C. H. BURROUGHT, E. W. BETHKE R. M. SCHALK A. F., GERLANGH A. — J. Nutr. 21-85. (1941).
- 25 HUFFMANN C. F., DUCAN C. W. — The nutritive value of alfalfa hay. L. Cystine as a supplement to an all alfalfa hay ration for milk production. J. of dairy Scie. 25. A82. (1942).
- 26 KARRER P. — Tratado de química orgánica. (1937).
- 27 KREBS K. — Tierernahrung. 9-394 (1937) y J. of Dairy Scie. 25-647. (1942).
- 28 LANGERLOF. — Mencionado por Savage (42), (1939).
- 29 LEASURE E. E., LINK R. P. WHITLOCK. — pH en el canal digestivo del equino. The Vet. Bull. 10-5-384. (1940).
- 30 Mc ELROY L. B., JUKES T. H. — Formation of the anti-egg-white factor (biotin) in rumen of the cow. J. of Dairy Scie. 25, A 28. (1941).
- 31 Mc ELROY L. W., GOSSH. — I, riboflavin and vitamin K. II, III Quantitative study of vitamins in the rumen contents of sheep and cow fed vitamin-low diets. J. of Dairy Scie. 24, A 29. (1941).
- 32 MONROE C. F., PERKINS A. E. — A study of the pH of the ingesta of the bovine rumen. J. of Dairy Scie. 22. (1939).
- 33 MYBURGH S. Y. — The carotense contents of some South African Feeds Onderstepoort. J. of Vet. Scie. and Animal Ind. 16-198. (1941).
- 34 OLSON T. M. — The pH values of the ingesta of the rumen slaughtered animal. J. of Dairy Scie. 25. A 79. (1941).
- 35 PAYÉN A. — Mém. sur le developpement des végétaux. (1842).
- 36 PALOHEIMO, PIRILA, KOSKIMEN, PUOKKA. — Bierdemann Centralblatt, Absteilung, B. Tierernahrung. 11-270. (1941).
- 37 PRESTON D. R. — Nature. 147-710. (1941).
- 38 POCHON J. — Trav. Sta. Zool. Wimereux 13-575 y en The Vet. Bull. 10, 8-628. (1939).
- 39 QUIGLEY P. J. — The digestive system. Annual Review of Physiology. (1940).
- 40 RAY, KARAM CHAND, GOVIND RAU. — Imp. Vet. Inst. Mucktesar, India. Vitamin A and C in cows milk, with a note on the syntesis of vitamin C in bovines. J. of Dairy Scie. 25. A 101. (1942).
- 41 RANKIN A. D., DUKES H. M. — Studies on absortion from the rumen. J. of Dairy Scie. 25. A 185. (1942).
- 42 SAVAGE E. S., MC. CAY C. M. — The nutrition of claves, a review. J. of Dairy Scie. 25-595. (1942).
- 43 SANZ, RIET, ECHENIQUE. — Arch. Fitotécnico del Uruguay, volumen 11. (1935).
- 44 SCHALK A. F., AMADON R. S. — Physiology of the ruminant stomach. Nort Dakota Agric. Exp. Sta. Bull 216. (1926).
- 44a) SCHROEDER J. — Separado de la Rev. de la Sección Agronómica de la Universidad de Montevideo. Julio 1908.
- 45 SPANGENBERG G. E. — El mejoramiento de las pasturas en la explotación intensiva. (1936).
- 46 SMITH R. V. — In vivo studies of hidrogen ion concentration in rumen of the dairy cattle. J. of Dairy Scie. 24. 659. (1941).
- 47 SMUTS D. B., DU TOIT B. A., WASTH J. G. — A study on the possibility of cystine syntesis in rumen of sheep together with the effect of cystine supplementation on the N utilization of lucerne in young stock. Onderstepoort. J. of Vet. Scie. and A. Ind. 16. 181. (1941).
- 48 SYM E. A. — Rep. 13 th Int. Con. 1938. The Vet. Bull 1º. 2-127. (1939).
- 49 THOMAS — Tratado de química orgánica. (1935).

- 50 THOMAS EARL. — The digestive system. *Annual Review of Physiology* 11 - 233. (1941).
- 51 VIGIL L. — Nuevo camino abierto a la ciencia de la nutrición y a los problemas de la ganadería nacional. *Rev. Asoc. Rural del U.* (1942).
- 52 WEGNER M. I., BOOTH A. N., ELVEHJEM, C. A., MART E. B. — Rumen synteses of the vitamin B complex — *J. of Dairy Scie.* 24. A 85. (1941).
- 53 WEGNER M. I., BOOTH, BOHSTEDT, HART. — Preliminary observations of chemical changes of rumen ingesta with and without urea. *J. of Dairy Scie.* 24, A 51. (1941)
- 54 WESSER J. — Recientes investigaciones en el estómago de los ruminantes. *The Vet, Bull* 1º, 2. 136. (1940).
- 55 WILSON J. K. — *Cornell Univ. Agric. Sta. Mem. Ythaca.* (1939).