

NECESSITATS EN FIBRA

Creating a system for meeting the fiber requirements of Dairy Cows. D.R.Mertens. 1997 J Dairy Sci 80:1463-1481.

L'ús òptim de les racions depèn de la composició química i de les característiques físiques de les mateixes.

Els carbohidrats de la fibra i els de la resta de l'aliment tenen propietats nutricionals diferents.

La fibra, digestible o no, ocupa un espai al tracte digestiu i és una fracció de pas lent. NDF és la que millor expressa el total de la fibra i les diferències entre lleguminoses i gramínies, entre gramínies d'estiu i de no estiu, entre farratges i concentrats.

NDF (o el seu invers, NDS, neutral detergent solubles) està relacionada amb:

- la ingestió
- la digestibilitat
- la densitat de l'aliment
- l'activitat masticatòria
- la depressió de la digestibilitat (associada a l'augment de la ingestió)
- la velocitat de pas

Nombrosos estudis mostren la relació entre la productivitat i la relació Fa:Co. Mertens diu que NDF pot servir per establir la relació mínima Fa:Co, però no pot establir ni determinar les relacions de les diferències entre fibres quant a les característiques cinètiques (digestió i pas).

NDF ↔ característiques químiques de la fibra

NDF # característiques físiques (grandària partícules, densitat), les quals influencien la salut de l'animal, la fermentació ruminal i ús ruminal, el metabolisme i la producció de greix.

En definitiva, NDF serveix per a racions convencionals de Fa llargs i Co, però no quan els farratges estan finament picats o molturats, o quan a les racions s'introdueix una fibra no farratgera.

Les propietats físiques de la ració depenen de:

- Fa:Co
- tipus de Fa
- tipus de Co
- % de fibres moltes no farratgeres
- grandària de les partícules
- processament dels ingredients

El concepte de fibra efectiva o la propietat d'atipament o de repleció (en sentit global, sense relació amb les UE INRA), serveixen per racionar i per mantenir un bon nivell de producció. Però aquests valors s'han estudiat sobre alguns aliments i Mertens (1986) suggereix que el sistema de racionament seria més clar si s'eliminassin les diferències químiques entre el conjunt d'aliments. En concret, es tracta de trobar un aliment estàndard, que seria el fenc de gramínies amb el 100% de NDF.

L'objectiu de la investigació és triple:

- 1- Definir les respostes fisiològiques a la fibra efectiva
- 2- Desenrotllar un sistema per determinar els valors de fibra efectiva dels aliments
- 3- Establir un marc de treball per quantificar les necessitats en fibra efectiva de les vaques

1- Definir les respostes fisiològiques a la fibra efectiva

La quantitat i les propietats de la fibra determinen l'ús de la dieta i les produccions.

↑↑ fibra ⊂ ració ⇒ ↓ densitat energètica ⇒ ↓ ingestió ⇒ ↓ P_l
↓↓ fibra ⊂ ració ⇒ ↑ alteracions fermentatives al rumen ⇒ ↓ eficiència digestiva, canvis metabòlics, i
↓ ingestió, metabolisme, salut ⇒ greus impactes econòmics.
↓↓ fibra ⊂ ració ⇒ acidosi làctica → mort

Fibra poc efectiva o poc eficaç ⊂ ració ⇒ ↓ activitat masticatòria ⇒ ↓ capacitat tampó ⇒ ↓ pH ruminal
⇒ ↓ C₂:C₃ ⇒ ↑ alteracions metabòliques ⇒ ↓ síntesi de greix.

Però no tots aquests efectes s'han de carregar a la manca d'efectivitat de la fibra, ja que, en general, si hi ha poca fibra significa que els carbohidrats no fibrosos (NFC) o els carbohidrats no estructurals (NSC) hi són en gran quantitat, i fermenten en gran rapidesa.

Conceptualment interessa distingir entre NFC i NSC, ja que un i altre es calculen de manera diferent. NFC es calcula per diferència ($NFC = 100 - NDF - PB - EE - Minerals$) i NSC per mètodes analítics.

Per això, a molts aliments $NFC \neq NSC$, i, per tant, aquests termes no són sinònims. Per exemple, la pectina ⊂ NFC i en canvi ⊄ NSC.

La hipòtesi de que si ↑ NFC o ↑ NSC ⇒ ↓ pH ruminal i alteracions fermentatives, és més real o més factible que ↓ NDF ⇒ ↓ pH ruminal i alteracions fermentatives.

La manca d'efectivitat fibrosa és la primera causa de ↓ t_g ↑ acidosi.

Fa:Co = constant
Fa finament picat o mòlt
[NFC] = constant
[NSC] = constant

} ⇒ ↓ t_g ↑ acidosi.

Això indica que no és la substitució de NFC per NDF la principal causa dels problemes derivats de les racions amb baix nivell de fibra, sinó que és l'efectivitat de la fibra, en el ben entès que es parla de racions ja amb poca fibra.

Què és l'efectivitat de la fibra ?

És l'habilitat de mantenir la síntesi de greix a la llet i mantenir un bon estat de salut a la vaca.

Hi ha dos conceptes que tracten de quantificar aquesta efectivitat, i que cal distingir-los bé. Són la *peNDF* (fibra físicament efectiva) i *eNDF* (fibra efectiva).

peNDF, definida segons la grandària de les partícules, que influència l'activitat masticatòria i la naturalesa bifàsica dels continguts ruminals (el niu que deia Bayó o xarxa flotant de partícules llargues sobre el líquid i les partícules fines).

eNDF, definida segons l'habilitat total d'un aliment per reemplaçar el farratge (amb forta repleció) en el si d'una ració, de manera que la síntesi de greix a la llet mantingui el seu nivell.

peNDF

peNDF, és un concepte més restringit a les propietats físiques, i altament relacionat amb l'activitat masticatòria, i *eNDF* és un concepte més ampli.

$$peNDF = NDF \times pef$$

pef, factor d'eficàcia física, que va de 0 (absència d'estímul per a l'activitat masticatòria) a 1 (activitat masticatòria total).

La definició, per tant, de *peNDF* està basada en la [NDF], la grandària de les partícules i la seva reducció (per masticació). Això vol dir que es relaciona amb la formació del niu ruminal, el qual pot ser un factor crític per retenir selectivament la fibra al rumen, la qual cosa estimularia la rumia, determinant, en conseqüència, les dinàmiques de la fermentació ruminal i de pas.

La producció de saliva i la seva capacitat de tampó poden canviar el pH ruminal i la destinació de la fermentació ruminal, i, en conseqüència, variar la síntesi de greix a la llet i influir sobre la salut de la vaca. Per això, la *peNDF* es relaciona amb la salut animal i amb la depressió de la t_g .

Conceptualment, *peNDF* està relacionat amb la característica fibrosa, l'índex de repleció o d'atipament, l'estructura física i amb l'índex de fibrositat, però difereix de tots ells en que es basa en [NDF] i en la relativa efectivitat de la NDF en promoure l'activitat masticatòria, i *no s'expressa en minuts d'activitat per kg MS*.

El temps d'activitat masticatòria per kg MS és un atribut d'un aliment que varia amb el contingut de NDF i la grandària de les partícules, però que també varia amb l'animal (raça, talla, nivell alimentari, etc.). En canvi, *peNDF* es basa exclusivament en el contingut de NDF i en la grandària de les partícules, i això afecta l'activitat masticatòria, i les variacions provinents de l'animal es minimitzen (*peNDF* és un índex en el que els efectes de l'animal són, per dir-ho gràficament, al numerador i al denominador).

Els valors de *peNDF* per a un aliment són constants i són additius en el sistema de formulació, i, per això, les variacions que s'associen als animals s'assignen a necessitats diferents en *peNDF*, i no són arbitràriament partides o repartides entre els atributs dels aliments i les necessitats dels animals.

eNDF

eNDF està relacionada amb la resposta, expressada en t_g , de l'animal, i conceptualment relacionada amb la fibra efectiva o amb l'eficàcia de la fibra.

e varia de 0, quan l'aliment no és hàbil per mantenir la síntesi de greix a la llet, a 1 o superior, quan un aliment manté més eficaçment la t_g que no l'activitat masticatòria.

Per aquells aliments que només difereixen en la grandària de les partícules *peNDF* i *eNDF* estan relacionats. Però, pot haver-hi aliments que no estimulin l'activitat masticatòria a un mateix nivell i, en canvi, mantinguin la síntesi de greix (exemples, aliments amb greix, aliments intrínsecament tampons), i $eNDF > peNDF$.

I, també, pot haver-hi aliments que no afectin l'activitat masticatòria (que no la baixin) i no mantinguin la síntesi de greix, cas d'aliments amb sucre incorporada, i $eNDF < peNDF$.

En definitiva, els *atributs no fibrosos* dels aliments que influencien la síntesi de greix a la llet, s'inclouen a *eNDF*, però no a *peNDF*.

eNDF, està relacionat amb la capacitat de neutralització i tamponització del pH, la composició i concentració del greix de l'aliment o de la ració, la producció d'àcids durant la fermentació, els canvis de pH, els canvis de producció d'AGV i les seves proporcions, els canvis metabòlics, tots els quals afecten o influencien la síntesi de greix a la llet. Evidentment que *eNDF* ha de reflectir aquells canvis alimentaris, com ara la incorporació de greixos a la ració, o de carbohidrats.

Essencialment *eNDF*, representa el valor de reemplaçament total d'un aliment per una quantitat equivalent de NDF provinent dels farratges, en la seva habilitat per mantenir estable la síntesi de greix a la llet.

Per tant,

Efectes de $peNDF$ + Efectes dels factors addicionals, per mantenir la síntesi de greix = $eNDF$

i per a la majoria d'aliments $eNDF > peNDF$.

Els factors com ara l'estat de la lactació, la condició corporal de la vaca, el nivell de producció, etc, poden deixar sense efecte els canvis alimentaris sobre la síntesi de greix a la llet. Es poden observar laminitis sense depressió aparent de la t_g . Per tot això, sembla que $eNDF$ és un indicador menys sensible que el $peNDF$ per a l'eficàcia de la fibra en la prevenció de la depressió de la ingestió, en l'aparició d'acidosi, en la laminitis i en el desplaçament d'abomasso.

2- Desenvolupar un sistema per determinar els valors de fibra efectiva dels aliments

L'objectiu és trobar un *mètode rutinari de laboratori*, basat en les característiques de l'aliment, i que, també, pot basar-se en les necessitats dels animals, que varien amb la situació alimentària, amb la composició de la dieta, i amb els seus atributs.

Fibra efectiva és un concepte nutricional, i, per això, només pot determinar-se amb proves amb animals.

Per tal de facilitar els càlculs per confeccionar o per formular una ració és desitjable que els valors de la fibra efectiva siguin additius. Sembla més fàcil començar per calcular els valors de la NDF efectius per als aliments, i llavors emprar-los per establir les necessitats per tal d'obtenir uns resultats determinats.

Per definició, efectivitat o eficàcia s'ha d'explicar per la fibra, tot i que l'escala que s'empri pot ser diferent.

La valoració biològica de la $peNDF$ és diferent de la de $eNDF$. La $peNDF$ va lligada a l'activitat masticatòria, i la $eNDF$ va lligada a moltes propietats de l'aliment que ajuden a mantenir la taxa de greix de la llet.

Activitat masticatòria ↔ propietats físiques i químiques d'un aliment (NDF, grandària partícules, fragilitat intrínseca, humitat).

Activitat masticatòria ↔ animal (tipus, edat, talla, capacitat d'ingestió).

Tots aquests lligams de l'activitat masticatòria són molt clars, però com pot servir per assignar valors als aliments en un sistema quantitatiu i unificat?

Valoració biològica de la fibra efectiva

S'ha de trobar un referent, que és el fenc llarg (amb el 100 % NDF sobre MS), $pef = 1$ i $peNDF = 100$.

240 minuts d'activitat masticatòria/kg MS o kg NDF, per a vaques no lactants, amb un nivell alimentari igual entre 0,4 i 2 vegades el corresponent al manteniment (taula 1).

Taula 1.- Relació entre l'activitat masticatòria total per kg MS o kg NDF i la [NDF] en fencs llargs per a vaques

Aliment	FB % MS	NDF % MS	Activitat masticatòria		REFERÈNCIA
			min/kg MS	min/kg NDF	
<i>Sec raigràs</i>	18,6	48	53	111	
<i>Alfals sec</i>	28,4	49	61	125	
<i>Sec gramínies</i>	21,4	51	63	123	
<i>Raigràs</i>	31,5	65	60	139	
<i>Gramínies</i>	31,1	65	103	158	
<i>Raigràs</i>	33,2	68	104	152	
<i>Gramínies</i>	31,1	65	107	165	
<i>Palla civada</i>	40,6	78	163	209	
<i>Palla civada</i>	41,2	79	143	181	
<i>Palla civada</i>	44,7	84	164	195	

NDF calculada a partir de la FB.

Activitat masticatòria (*am*) en min/kg MS o kg NDF,

$\text{min } am/\text{kg MS} = -97,1 + 3,10 \times [\% \text{ NDF}] \quad (R^2 = 0,95)$

o bé, $\text{min } am/\text{kg NDF} = 1,5 + 2,37 \times [\% \text{ NDF}] \quad (R^2 = 0,88)$

Per a l'aliment estàndard (100% NDF) $\text{min } am/\text{kgMS} = 213$, $\text{min } am/\text{kg NDF} = 238$

Emprant covariàncies, l'activitat masticatòria a una ingestió 1,1 x manteniment resulten 204 min/kgMS o 232 min/kg NDF, d'aquesta s'han eliminat les diferències en la ingestió.

Mertens diu que hi ha una relació exponencial entre la longitud teòrica del dall i l'activitat masticatòria:

Longitud de dall, mm	Reducció <i>am</i> respecte del farratge estàndard
40	80 %
20	70 %
5	50 %
1	25 %

Com podem observar a la taula 2, si \downarrow grandària partícules $\Rightarrow \downarrow$ min *am*/kg NDF

Taula 2.- Efecte de la grandària de la partícula dels farratges sobre l'activitat de les vaques.

Farratge i forma física	NDF % MS	Activitat masticatòria total		
		min/kg MS	min/kg NDF	% reducció
Fenc d'alfals				
llarg	54	72	134	100
picat (Ø = 3,8 cm)	54	59	109	82
Fenc de gramínies				
llarg	72	108	149	100
picat (Ø = 3,8 cm)	72	85	118	79
Fenc d'alfals				
llarg	53	62	117	100
picat (Ø = 3,8 cm)	53	44	84	72
Palla civada				
llarga	84	163	194	100
mòlta	75	84	113	58
Raigràs fenc				
llarg	65	90	139	100
picat finament (Ø = 1,2 mm)	64	19	29	21
Ensitjat de blat de moro				
longitud 1,9 cm	68	66	97	100
1,3 cm	62	60	96	99
0,6 cm	60	40	66	68
Fenc d'alfals (Longitud de dall)				
2,5 cm	55	52	95	100
0,5 cm	45	30	66	69

A la taula 3 s'indiquen la terminologia i el diàmetre del sedàs per aclarir les diferents classificacions de les experiències estudiades.

Taula 3.- Relació entre el sistema de classificació per forma física, emprat per descriure els aliments, i les descripcions emprades en els experiments publicats

Classificació per forma física	Longitud de dall Fa obertura sedàs Co	Fenc rgi	E gramínies.	EBM	Fenc alfals	EA	Concentrats
llarg		llarg					
picat gross.	4,8 a 8,0	grosser	grosser		llarg		
p. mig gross.	2,4 a 4,0	mitjà	mitjà	grosser	grosser		
picat mitjà	1,2 a 2,0	fi	fi	mitjà	mitjà	grosser	
p. mitjà fi	0,6 a 1,0			fi	fi	mitjà	
picat fi	0,3 a 0,5					fi	
mòlt o granulat	0,15 a 0,25	mòlt granulat			mòlt granulat		
aixafat							Ordi, BM
mòlt grosser o partit	1,25						BM partit
mòlt mitjà	0,90						farina BM
mòlt fi, granulat	0,63						granulat

S'ha realitzat (taula 4) una regressió múltiple per estimar el factor d'eficàcia *pef* de 25 fonts de NDF, acordant que la intercepció a zero del model era quan l'aliment no era consumit.

Min *am*/dia ↔ ingestió NDF, per a cada font alimentària i per a cada vaca i amb combinació de tractaments. De l'anàlisi de regressió entre aquests dos conceptes, min *am* i ingestió, els coeficients de regressió representen els min *am*/kg NDF per a cada font i forma física. L'anàlisi de regressió estimava que els min *am*/kg NDF per al fenc estàndard eren 150.

El fenc llarg de gramínia s'empra com estàndard i serveix per calcular el *pef* per a totes les fonts de NDF (dividint el coeficient de regressió per a cada font, pel coeficient de regressió per al fenc llarg).

El *pef* per al fenc estàndard era el quocient entre els minuts observats d'*am*/kg NDF i els predits, 150, i això era igual aproximadament a 1.

El *pef* en el cas dels concentrats tenien errors estàndards elevats, la qual cosa indicava la necessitat de precisar més la classificació de la taula 3.

A la taula 4, pel que fa als *pef* (2ª columna) podem observar que l'ensitjat de gramínies picat grosserament (1,09) i l'ebm també picat grosserament (1,09) són més alts que el del sec de gramínies (1), i que, en el cas de EBM, en augmentar el picat el *pef* es mantén constant. Aquests dos fets indiquen que encara s'ha d'afinar més.

De moment, el que es fa és "igualar" els *pef* dins d'una font de NDF per tal d'obtenir una progressió lògica de factors *pef* (columna 4 de la taula 4) en relació a la forma física. I, a més a més, els *pef* són estandarditzats per tal de proporcionar el mateix factor per a cada classificació de formes físiques de la taula 3 (columna 5 de la taula 4). Els *pef* estandarditzats serveixen per obtenir, entre fonts de NDF i entre formes físiques, una progressió lògica.

Els *pef* estandarditzats serveixen per fer una anàlisi estadística amb l'objectiu d'avaluar la precisió dels tres *pef*.

R^2 dels *pef* predits versus el total d'*am* diària per a totes les dades va de 0,54 a 0,47. Si s'eliminen algunes dades poc normals es passa a un $R^2 = 0,76$ pels *pef* estandarditzats.

Pel que fa al fenc llarg de gramínies cal observar que de l'anàlisi de regressió surt que són 150 min/kg - NDF, i a la taula 1 es deia que eren entre 200 i 230. Aquesta diferència està aparentment relacionada amb les diferències d'ingestió.

$\text{min } am/kg \text{ } peNDF = 248 - 5,09 \times MSI \text{ (} R^2 = 0,75 \text{ SE} = 15,2 \text{)}$
MSI en kg.

Per tant (taula 1) a 1,1 vegades les necessitats de manteniment, $MSI = 8,4$ i $am/kg \text{ } peNDF = 205$ min però si $MSI = 17,6$ que és el promig de la taula 4, $am/kg \text{ } peNDF = 158$.

Taula 4.- Factors d'eficàcia física (*pef*) per a la NDF dels aliments per a cada forma física basada en l'activitat masticatòria total, en relació a l'obtinguda amb el fenc llarg de gramínia

Aliment i forma física	<i>pef</i> (estimat per regressió)	Estàndard error per al coeficient de Regressió	<i>pef</i> dins d'una font alimentària per tal d'obtenir una progressió lògica entre formes físiques	<i>pef</i> estandarditzat per tal d'obtenir una progressió lògica entre formes físiques i fonts alimentàries
Fenc raigràs				
<i>llarg</i>	1,00	0,03	1,00	1,00
<i>picat grosser</i>	0,72	0,06	0,95	0,95
<i>picat mitjà</i>	0,80	0,08	0,80	0,80
<i>mòlt o granulat</i>	0,24	0,05	0,40	0,40
Ensitjat raigràs				
<i>picat grosser</i>	1,04	0,05	1,00	0,95
<i>picat mitjà</i>	0,96	0,03	0,95	0,90
<i>picat fi</i>	0,90	0,05	0,90	0,85
Ensitjat de blat moro				
<i>picat grosser</i>	1,09	0,13	1,00	0,90
<i>picat mitjà</i>	0,93	0,03	0,95	0,85
<i>picat fi</i>	0,93	0,05	0,90	0,80
Fenc d'alfals				
<i>llarg</i>	0,82	0,03	0,85	0,95
<i>picat grosser</i>	0,77	0,05	0,80	0,90
<i>picat mitjà</i>	0,72	0,06	0,75	0,85
<i>picat fi</i>	0,60	0,06	0,75	0,85
<i>mòlt o granulat</i>	0,54	0,08	0,40	0,40
Ensitjat d'alfals				
<i>picat grosser</i>	0,87	0,08	0,85	0,85
<i>picat mitjà</i>	0,81	0,03	0,80	0,80
<i>picat fi</i>	0,75	0,05	0,75	0,70
Fonts fibra no farragera	0,25	0,14	0,30	0,40
Dietes d'ordi				
<i>aixafat</i>	0,69	0,06	0,70	0,70
Blat de moro alta humitat				
<i>aixafat</i>	0,80	0,11	0,80	0,80
Dietes bm				
<i>mòlt grosser, aixafat</i>	0,84	0,38	0,50	0,60
<i>mòlt mitjà</i>	0,40	0,09	0,30	0,40
Compostos				
<i>mòlts</i>	0,22	0,08	0,30	0,40
<i>granulats</i>	0,77	0,10	0,25	0,30
Prediccions estadístiques				
R^2	0,54		0,50	0,47
ERROR	0,14		0,14	0,15
R^2 SENSE VARIACIONS	0,81		0,76	0,76
ERROR	0,09		0,10	0,10

Norbert proposava (taula 5) estimar l'efectivitat de la fibra mitjançant el temps de masticació, però, com diu Sauvant, l'índex de fibrositat no és una unitat alimentària additiva i solament proporciona una guia per valorar qualitativament les racions. A més es donen unes certes imprecisions que segurament venen d'emprar FB.

Taula 5.- Estimació dels temps estàndards de masticació dels aliments per les vaques, segons el sistema d'avaluació de l'estructura física.

Característica	Finament mòlt	Grosserament mòlt	Picat fi F = 0,25	Picat grosser F = 0,75	No picat F = 1,00
Grup d'estructura física	1	1	2	2	2
Aliments típics	Concentrats i melasses	Ordi aixaf. sec gramínies	Polpa rem.	Ensit. rgi fi	fenc llarg, palla llarga, verd de gramínies, remolatxa
Grandària mínima partícules, mm	< 1	1-5	5-10	10-50	>50
min/kg MS	4	10	calculat *	calculat *	calculat *

* $F \times 3 \times FB$ (%)

De la taula 4 els *pef* es poden emprar per estimar els temps d'*am* per kg MS.

L'efecte quadràtic de la ingestió de NDF i la interacció entre la ingestió de NDF i MSI estimats per regressió dels *pef* no es troben significatius, per tant, l'*am* esperada per kg d'aliment es pot calcular per a una vaca que consumeix al voltant de 18 kg MS/dia, $150 \times 0,01 \times peNDF$.

Exemple (taula 4):

pinso mòlt $pef = 0,04$ $am = 150 \times 0,01 \times 0,40 \times NDF = 150 \times 0,01 \times 0,40 \times 13 = 7,8$ min /kg MS

pinso granulat $pef = 0,30$ $am = 150 \times 0,01 \times 0,30 \times NDF = 150 \times 0,01 \times 0,30 \times 13 = 5,8$ min /kg MS

Determinació de la fibra efectiva.

NDF, com a base per calcular l'efectivitat, permet emprar la variabilitat entre els aliments que s'obté de la seva determinació en el laboratori.

Per aquells aliments que no s'han estudiat biològicament, també és possible emprar *peNDF*, ja que es pot relacionar amb les mesures físiques de la grandària de les partícules, tot i combinant-lo amb la determinació de la NDF al laboratori.

Determinar la grandària de les partícules necessita implementar un sistema que determini la grandària d'aquelles partícules que són retingudes al rumen, i que estimulen la rumia, o bé determinar aquelles que s'escapen i que en conseqüència no estimularien la rumia.

Segons Dixon i Milligan la velocitat de pas o d'escapament de les partícules es pot emprar per determinar la grandària de les mateixes.

Ø sedàs (mm)	Velocitat pas corresponent a les partícules que quedaven en el sedàs /h
6,8	0,0004
4,9	0,010
3,2	0,025
2,0	0,041
0,7	0,048

0,25	0,059
------	-------

Si $\varnothing \geq 3,2$ mm \Rightarrow el pas de les partícules és més lent i requeriran d'una activitat masticatòria superior o addicional.

Cardoza va investigar a 40 dietes la grandària de les partícules fecals.

Menys del 5% de les partícules fecals quedaven retingudes sobre un sedàs de $\varnothing = 3,35$ mm. I l'obertura entre 0,4 i 1,2 mm era la que corresponia a la grandària mitjana de les partícules fecals. Això vol dir que aquelles partícules més petites de 1,2 mm proporcionen poc estímul a la rumia, o a l'activitat masticatòria.

En conclusió, **el sistema per calcular *peNDF* es basa en calcular NDF químicament i en calcular el % de partícules retingudes a un sedàs de $\varnothing = 1,18$ mm.**

Exemple: a la taula 6, la grandària mitjana de les partícules de soja és de 0,75 mm, i això representa que sobre un sedàs de,

$\varnothing = 0,30$ mm n'hi quedaran el 10 %
 $\varnothing = 1,18$ mm n'hi quedaran el 23 %
 $\varnothing = 3,35$ mm n'hi quedaran el 0 %

Si s'assumeix que *pef* és igual a la proporció de partícules que queden retingudes sobre un sedàs de $\varnothing = 1,18$ mm tindrem el valor de *peNDF*

$$peNDF = NDF (\%) \times pef$$

i en l'exemple, $peNDF = 14 \times 0,23 = 3,2$ % de MS (veure taula 7)

(puntualització: això servirà per calcular la fibra efectiva d'aquelles fonts de les quals no coneixem el *pef*: per exemple, suposem que el fenc llarg de gramínies (estàndard, 100 % NDF) en passar-lo per un sedàs de $\varnothing = 1,18$ mm quedarà el 100 % del farratge, per tant, $peNDF = NDF (\%) \times pef = 100 \times 1 = 100$).

Amb tot això s'assumeix,

1. Que NDF es distribueix uniformement sobre totes les grandàries de les partícules
2. Que l'activitat masticatòria és la mateixa per a totes les partícules retingudes sobre un sedàs de $\varnothing = 1,18$ mm
3. Que la fragilitat - facilitat de trencament o de reducció de la grandària de les partícules - no difereix entre les fonts de NDF

1 i 2 són fàcils de determinar o de demostrar, però el 3 és més difícil. Podria fer-se mesurant l'energia necessària per reduir o per trencar les partícules que queden sobre el sedàs de 1,18 mm

Taula 6.- Distribució de la grandària de les partícules de fonts de fibra no farratgeres i concentrats, emprant sedassos verticals

Aliment	Grand. mitjana mm	Distribució % de la mostra		
		< 0,3 mm	> 1,18 mm	> 3,35 mm
Flocs d'ordi	3,24	0,0	98,9	48,8
Civada aixafad	1,81	6,2	76,5	36,7
Cítric (no mòlta)	2,59	2,8	76,0	47,4
Farina panolla	1,23	8,3	55,7	12,6
Farina bm	1,00	10,6	47,6	3,2
Glutenfeed	0,96	9,0	36,2	3,0
Farina ordi	0,73	14,3	33,6	0,0
Segó blat	0,86	9,8	33,3	0,0
Tortó soja	0,75	10,0	22,9	0,0
Bagàs	0,69	11,6	17,6	0,0
Farina closques pèsols	0,59	18,4	12,3	0,1
Hominy (segó + germen bm + midó)	0,72	3,3	9,0	0,0
Farina carn	0,77	0,4	7,7	0,0
Farina colza	0,47	23,7	4,8	0,0
Destil·leria seca	0,49	20,4	4,1	0,0
Farina closques soja mitjans	0,45	24,4	2,9	0,0
mitjans	0,39	29,8	1,8	0,1
Arròs mòlt	0,36	32,2	0,5	0,0
Alfals deshidratat	0,31	49,9	5,6	0,0
Farina gira-sol	0,46	27,3	9,0	0,0

Taula 7.- Estima de *peNDF* dels aliments, emprant mesures de laboratori, químiques i físiques.

Aliment	NDF	1,18 mmØ	peNDF
	% de MS	fracció retinguda	% de MS
Estàndard	100	1,00	100,0
Sec raigràs	65	0,98	63,7
Sec lleguminoses	50	0,92	46,0
Ensitjat lleguminoses grosser	50	0,82	41,0
Ensitjat lleguminoses fi	50	0,67	33,5
Ensitjat bm	51	0,81	41,5
Bagàs	46	0,18	8,3
Farina bm	9	0,48	4,3
Tortó soja	14	0,23	3,2
Closques soja	67	0,03	2,0
Arròs mòlt	56	0,005	0,3

peNDF calculada $NDF \cdot \text{fracció retinguda sobre el sedàs } 1,18 \text{ mm}\varnothing$

(Woodford i Murphy diuen que una activitat masticatòria de 24 min/kg MS és suficient per mantenir la taxa de greix).

A la taula 8 es pot observar que hi ha alguna relació entre entre els factors d'efectivitat, i que alguns dels factors ja discutits poden explicar les diferències entre ells. Excepció del *glutenfeed* i del bagàs (prova 1), hi havia una bona relació entre l'efectivitat de la fibra calculada al laboratori i la calculada per l'activitat masticatòria ($R^2 = 0,93$)

Taula 8.- Comparació dels factors d'eficàcia física (pef) i factors d'eficàcia (ef) de la NDF de fonts no farratgeres de fibra.

Aliment	NDR	pef laboratori	pef	ef
Prova 1				
Gluten feed	35,5	0,09	0,63	0,71
Closques civada	69,2	0,04	0,17	0,61
Bagàs	59,7	0,24	0,80	0,25
Prova 2				
Glutenfeed	33,1	0,04	0,04	0,40
Closques soja	63,2	0,21	0,22	0,71
Bagàs	56,3	0,24	0,32	0,46
Polpa remolatxa	48,3	0,50	0,44	0,43
Malta germinada	52,0	0,15	0,22	0,48

NDR: % residu ND determinat emprant amilasa i no sulfit de Na.

pef Lab: estima d'eficàcia física de la NDF, basada en la % de MS retinguda sobre el sedàs 1,18 mm.

pef: factor d'eficàcia de la NDF calculat per l'activitat masticatòria relativa a NDF de l'enstitjat d'alfals

ef: factor eficàcia NDF per mantenir tg relatiu a NDF ensitjat d'alfals.

3- Establir un marc de treball per quantificar les necessitats en fibra efectiva de les vaques

NECESSITATS DE FIBRA EFECTIVA A LA RACIÓ

La fibra a la ració és necessària per prevenir:

- l'acidosi aguda i la possible mort que originaria,
- l'erosió de la paret ruminal
- l'esfondrament de la vaca
- els abscessos al fetge
- la depressió de la taxa de greix
- els canvis metabòlics que provocarien l'engreix
- l'acidosi greu, la paraqueratosi, la laminitis
- les alteracions fermentatives al rumen
- la reducció de la ingestió d'energia
- la reducció de la producció de llet normalitzada

A la taula 9 s'indica la predicció (per regressió) de la t_g a partir de l'activitat masticatòria i la fibra físicament efectiva ($peNDF$).

Amb el SAS s'ha estudiat l'equació polinòmica quadràtica per avaluar aquesta relació ($t_g \leftrightarrow am$ i $peNDF$), resultant que quan el terme quadràtic de l'equació no era significatiu ($P < 0,05$) el model quedava reduït a la forma lineal.

A més la t_g estava relacionada (regressió) amb la inversa de $peNDF$, expressat en % sobre MS,

$$t_g = 4,32 - 0,171 \times 1/peNDF \quad (R^2 = 0,63, SE = 0,17)$$

El model hiperbòlic obtenia un pla asimptòtic per a la variable dependent, i la transformació recíproca resultava una relació lineal de regressió.

La primera característica del model és avantatjosa ja que indica que la t_g i el pH ruminal no incrementen indefinidament sinó que assoleixen un pla (màxim?) que queda establert per l'estat fisiològic i pel potencial genètic de l'animal.

L'intercepte de la forma lineal estimava l'asíptota (els experiments realitzats sempre buscaven la màxima t_g).

En canvi, a l'equació polinòmica trobar l'intercepte és més difícil ja que els dissenys experimentals sovint no garanteixen que el nivell més baix de tg fos observat.

Taula 9.- Estima de *peNDF* necessària per mantenir tg a l'inici de lactació fins a la meitat.

Ítem	Regressió tg amb...			
	...total mastegades		... <i>peNDF</i>	
	min/dia	min/kg MS	kg MS/dia	% de MS
Regressió recíproca				
Asímtota mitj. tg (totes cites)	3,92	3,97	4,12	4,32
R ²	-0,257	-0,142	-0,265	-0,171
SE	0,19	0,18	0,18	0,17
R ² (sense variacions entre cites)	0,24	0,40	0,38	0,63
Regressió polinòmica				
intercepte mitj. tg	2,64	2,97	2,88	2,17
R ²	0,00129	0,0163	0,136	0,0796
Coefficient regressió quadràtic	NS	NS	NS	-0,00085
SE	0,18	0,19	0,18	0,17
R ² sense variacions entre cites	0,50	0,55	0,42	0,70
Necessitats per a tg especificats				
3,6 %	744	36,1	5,01	24,0
SE (1)	36	1,1	0,20	0,5
3,4 %	589	27,7	4,01	19,7
SE	28	2,1	0,26	0,8
3,2 %	479	22,2	3,21	16,4
SE	87	3,1	0,63	1,0

(1) Estàndard errors per a les necessitats entre els 4 mètodes d'estima

El que la t_g estigui correlacionada amb l'*am* i *peNDF* significa que les necessitats en fibra efectiva variaran segons el nivell de t_g que es vulgui assolir.

A tots els casos estudiats les necessitats eren superiors a les estimades per Norbert (> 30 min/kg MS).

El pH ruminal (taula 10) pot ser un indicador millor de la salut de l'animal i del funcionament òptim que l'objectiu de mantenir la t_g .

$$pH = 6,67 - 0,143 \times 1/peNDF (R^2 = 0,71 \text{ SE} = 0,10)$$

Taula 10.- Estima de NDF físicament efectiva (*peNDF*) necessària per mantenir un pH determinat.

Ítem	Regressió pH ruminal amb...	
	... <i>peNDF</i> kg/dia	... <i>peNDF</i> a la ració, % MS
Regressió recíproca		
Asímtota mitj. pH (totes cites)	6,50	6,67
R ²	-0,203	-0,143
SE	0,11	0,10
R ² (sense variacions entre cites)	0,48	0,71
Regressió polinòmica		
Intercepte mitj. pH (totes cites)	5,66	5,50
R ²	0,0814	0,022
Coefficient regressió quadràtic	NS	NS
SE	0,11	0,09
R ² sense variacions entre cites	0,49	0,81
Necessitats de <i>peNDF</i> per a un especificat pH		
pH 6,2	6,32 (0,44) (1)	30,0 (1,2)
pH 6,1	5,25 (0,16)	25,6 (0,9)
pH 6,0	4,40 (0,28)	22,3 (0,7)
pH 5,9	3,66 (0,50)	19,3 (1,0)

(1) Estàndard errors per a les necessitats entre els 4 mètodes d'estima.

Punts sobre els quals s'ha d'investigar:

- 1.- Estandarditzar les mesures de la grandària de les partícules dels aliments i farratges, i relacionar-la amb l'activitat masticatòria i la *peNDF*.
- 2.- Desenvolupar i testar mètodes de laboratori per determinar *peNDF* i *eNDF* que puguin ser emprats per determinar l'eficàcia individual de les parts d'un aliment.
- 3.- Desenvolupar relacions entre *eNDF* i *peNDF* de manera que el mètode de determinar en el laboratori *eNDF* pugui desenvolupar-se.
- 4.- Determinar si el fenc llarg de gramínia és el millor punt de referència per determinar l'eficàcia física.
- 5.- Mesurar *peNDF* i *eNDF* d'aliments específics, especialment fonts de NDF no farratgeres, per mesurar l'activitat masticatòria i la depressió de la taxa de greix, en relació en el fenc llarg o a d'altres punts de referència.
- 6.- Identificar si les diferències en les fonts de concentrats, en els complementos també, en les fonts farratgeres, en la concentració de greix a la ració, en la freqüència del subministrament de la ració, i en el tipus de racionament (mescla vs ingredients separats), afecten les necessitats en *peNDF* i en *eNDF*.
- 7.- Determinar si les necessitats en *peNDF* per garantir la salut de l'animal i la longevitat són diferents de les que correspondrien al manteniment de la taxa de greix i del pH ruminal.
- 8.- Identificar altres característiques químiques i físiques dels aliments que influeixen l'eficàcia en el manteniment de l'òptim funcionament ruminal i el seu benestar.