



Aplicacións analíticas avanzadas para a predición do valor proteico do ensilado de herba

Debido á importancia da caracterización proteica das forraxes producidas nas nosas granxas, analizamos os métodos máis convenientes que debemos aplicar para elaborar racións axustadas ás necesidades do gando, que sexan compatibles coa minimización do prexuízo ao medio ambiente.

S. Pereira-Crespo¹, R. Lorenzana¹, M. Barreal¹, C. Resch², A. Botana², M. Veiga², G. Flores-Calvete²

¹Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL)

²Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM)

CONTEXTO DO SECTOR LESTEIRO GALEGO

O sector de vacún de leite é unha actividade estratéxica en Galicia tanto polo valor económico xerado, directa e indirectamente, como pola súa contribución á ocupación no rural e á vertebración do territorio. Estas actividades teñen especial relevancia en moitas zonas rurais, o que as converte nun dos alicerces do sostemento económico e demográfico destas comarcas. As explotacións leiteiras galegas xestionan un terzo da superficie agrícola útil e xeran o 42 % do valor engadido bruto do sector agrícola da rexión (López-Iglesias, 2015). O complexo lácteo ten un peso importante na economía galega, que representou no ano 2013 o

1,77 % do valor engadido bruto (VEB) de Galicia (Gómez-Méndez, 2016), do cal o 1,45 % corresponde ás achegas do sector produtor e o 0,31 % restante ao da industria transformadora, cifras que ilustran a debilidade do sector industrial leiteiro galego en comparación á produción.

A produción de leite concentrouse progresivamente nun número máis reducido de explotacións e viuse incrementado o tamaño medio das granxas pola acelerada desaparición das de menor dimensión. O modelo produtivo que se configurou no sector lácteo galego ao longo das últimas décadas estivo moi condicionado polas limitacións

estruturais da maioría das explotacións: reducida superficie, fragmentación parcelaria e dificultades para incrementar a base territorial. En paralelo á configuración dun modelo de produción dependente da compra de concentrados e materias primas fóra da explotación é moi sensible ás variacións de prezos nos mercados exteriores, foron gañando importancia os sistemas de intensificación forraxeira da SAU dispoñible, baseados no cultivo do millo, como forma de paliar esta debilidade estrutural. Fernández-Lorenzo *et al.* (2016) indican que no período de 1996 a 2003 a proporción media da SAU ocupada por cultivos forraxeiros das granxas incrementouse desde o 11 % ao 27 %, pasando dun valor total de aproximadamente 45.000 ha en 1996 a 66.000 ha en 2013, mentres que a superficie total dedicada á produción de herba (praderías e prados) practicamente se dividía á metade, desde as 342.000 ha ata as 176 000 ha.

Un dos principais activos do sector leiteiro galego é a alta capacidade de produción de forraxes que lle confiren as condicións agroclimáticas que posúen as zonas produtoras de leite en Galicia. Sineiro *et al.* (2016) a partir de resultados dun estudo realizado en explotacións da cornixa cantábrica durante varios anos, indica unha elevada disparidade na eficiencia produtiva das granxas, causada fundamentalmente polas diferenzas nos custos de alimentación. As explotacións máis eficientes, cun custo máis baixo por li-

tro de leite producido, son as que posúen unha maior dispoñibilidade de terras, o que as leva a ter unha maior autosuficiencia en forraxes.

Nun escenario de prezos do leite desregulados e altamente volátiles dependendo da situación do mercado mundial, así como prezos de materias primas proteicas e fertilizantes sintéticos con tendencia claramente á alza, parece evidenciarse a necesidade de reorientar o actual modelo produtivo do sector produtor lácteo galego cara a sistemas máis ligados á terra, nos cales a adecuada dispoñibilidade de SAU das explotacións e o seu aproveitamento para a produción de forraxes de alta calidade é un elemento clave para a súa competitividade, tendo en conta que, con prácticas de manexo adecuadas, as forraxes producidas nas explotacións constitúen a fonte de alimentos máis barata para a produción de leite.

A PREOCUPACIÓN POLA SUBMINISTRACIÓN DE MATERIAS PRIMAS PROTEICAS

Na UE existe unha preocupación crecente polo déficit en materias primas proteicas que presenta o seu mercado interior. Unicamente un 3 % da SAU se dedica á produción de proteínas vexetais e as importacións destas materias primas supoñen un 70 % da demanda total para alimentación animal, procedendo fundamentalmente de cultivos realizados no Brasil, na Arxentina e nos EE. UU. con variedades OXM. No ano 2011 en Europa, estas importacións representaron o 14 % da produción mundial de soia e empregáronse 15 millóns de hectáreas de terras de cultivo fóra da Unión Europea (Bues *et al.*, 2013), evidenciando a existencia dun desacomplamento entre a produción e as dispoñibilidades da terra nas explotacións.

Recentemente, o Parlamento Europeo lanzou unha proposta (2017/2116-INI) alertando da necesidade dunha estratexia para promover o cultivo de proteaxinosas e leguminosas forraxeiras na agricultura da Unión, dotada das correspondentes ferramentas económicas para estimular a súa adopción. Na proposta indícase que non é desexable, desde un punto de vista económico e ambiental, alimentar os ruminantes con soia importada desde ultramar a longas distancias, con fortes impactos ambientais tanto a nivel local nos lugares de cultivo como global polo efecto nos procesos de cambio climático, polo cal ►



Soluciones específicas para conservar sus ensilados



- Una respuesta técnica adaptada a su forraje,
- Su ensilado fresco y apetente mucho más tiempo,
- Su ensilado mejor conservado y valorizado.



A cada ensilado su solución Lalsil



► O PERFIL PROTEICO DO ENSILADO DE HERBA COMPLEMENTÁSE ADECUADAMENTE CO PERFIL ENERXÉTICO DO ENSILADO DE MILLO PARA ELABORAR RACIÓNS EQUILIBRADAS E ECONÓMICAS



o impulso ao cultivo de especies proteicas non só estaría xustificado polos beneficios económicos para os agricultores e a industria agroalimentaria, senón por un amplo abano de beneficios ambientais derivados da capacidade de fixar nitróxeno atmosférico das plantas leguminosas, con consecuente redución tanto das emisións de CO₂ derivadas da produción de fertilizantes nitroxenados sintéticos, altamente demandante de enerxía, como da formación de óxidos de nitróxeno e a súa emisión á atmosfera, así como da mellora da calidade das augas e do solo e da protección da biodiversidade. A promoción do cultivo destas especies, que inclúen os pastos con leguminosas, como parte das rotacións agrícolas, pode ser unha poderosa ferramenta na transición a sistemas agroalimentarios máis sustentables e ser a base dun cambio desde monocultivos de especies que requiren fortes *inputs* de fertilizantes nitroxenados e fitosanitarios, con forte impacto ambiental, cara a sistemas “agrodiversos”, cunha maior protección da volatilidade dos prezos de

mercado das materias primas alimentarias e altamente favorables ao mantemento do medio ambiente.

Unha consecuencia do desacoplamento das explotacións gandeiras coa terra é a falta de relación entre as emisións totais de gases de efecto invernadoiro e as terras utilizadas para a produción de forraxes na explotación. A este respecto, Del Prado *et al.* (2013) indican, nun recente estudo no que utilizaron a análise de ciclo de vida en explotacións leiteiras de Euskadi, que as emisións totais oscilaron entre 0,86 e 2,1 kg de CO₂-eq por litro de leite, e correlacionáronse positivamente co total de concentrados comprados fóra da explotación.

IMPORTANCIA DO ENSILADO DE HERBA NAS EXPLOTACIÓNS DE LEITE

As explotacións de vacún de leite galegas dependen habitualmente do ensilado durante un período anual de 4 a máis de 6 meses, observándose nos últimos anos unha dependencia crecente dos ensilados en detrimento do

emprego de forraxes verdes para a alimentación do gando. Mostra disto é o incremento do número de explotacións, xeralmente as de maior dimensión, que practican o sistema de “todo ensilado” combinado coa utilización de carros mesturadores *unifeed* para a elaboración de racións completas (forraxes + concentrados).

Unha estimación da importancia do uso de ensilado de herba nas racións das vacas de leite da denominada “España húmida” podémola atopar no informe *Enquisa sobre estrutura e sistemas de alimentación das explotacións leiteiras de Galicia, cornixa cantábrica e Navarra*, froito dun traballo colaborativo entre os centros públicos de investigación dependentes das comunidades autónomas de Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco e Navarra (Flores *et al.*, 2017). Nel indícase que o 95,2 % das explotacións leiteiras ensilan herba, nunha superficie de 181,2 mil ha, cunha media de 10,9 ha de herba ensilada por explotación, o que representaría aproximadamente

► O COÑECEMENTO PRECISO DA COMPOSICIÓN DOS ALIMENTOS PARA O GANDO É UNHA CONDICIÓN NECESARIA PARA A SÚA UTILIZACIÓN EFICIENTE NA ALIMENTACIÓN ANIMAL

o 73 % da superficie de herba dispoñible na granxa. A importancia do ensilado de herba na ración diminúe co tamaño de explotación, polo que as de menor dimensión son máis dependentes desta forraxe. Por outra banda, os resultados do citado traballo permiten estimar que, das 3,8 M toneladas de leite total producida na zona norte, aproximadamente 1,7 M proceden de explotacións que utilizan tipicamente dietas baseadas en ensilado de herba como principal ingrediente forraxeiro, o que representa o 44 % do leite total, cifra que, no caso de Galicia, ascendería ao 48 % do leite. Segundo o devandito traballo, a rotación forraxeira intensiva máis empregada nas explotacións leiteiras galegas (52,6 % do total) é a formada polo millo como cultivo de verán, e o raigrás italiano como cultivo de inverno. Outras rotacións menos frecuentes son millo/pradería (25,1 %), millo/millo (19,1 %), millo/cereal de inverno (6,3 %) e millo/outros cultivos (5,4 %). Hai que destacar que máis dun terzo das explotacións indican que deixan sempre ou en ocasións as terras do millo sen cultivar durante o inverno, práctica agronómica desaconsellada desde o punto de vista ambiental, pois provoca, entre outros efectos negativos, maiores perdas de nitróxeno por lixiviación (Báez *et al.*, 2000).

Como se evidencia en traballos realizados no CIAM, a produtividade do sistema millo-raigrás nos secaños da zona atlántica galega é moi elevada, ao redor das 18-20 toneladas de materia seca (MS) por hectárea e ano, das cales corresponde un 70 % ao cultivo do millo e o resto ao raigrás italiano. Esta rotación presenta un alto contido en enerxía (1,5-1,6 Mcal de enerxía neta leite por kg de MS), adecuado para a alimentación das vacas de leite, pero

tanto o millo como o raigrás italiano presentan un baixo contido en proteína, frecuentemente por baixo do 7 % MS, o que obriga a utilizar unha alta proporción de materias primas proteicas nos concentrados para equilibrar as racións. O encarecemento do custo de produción e a necesidade de reducir o impacto ambiental das actividades agrogandeiras motivou que nos últimos anos se dirixise unha parte considerable do esforzo de investigación na contorna do CIAM-LIGAL á introdución do cultivo de especies leguminosas nos sistemas forraxeiros das explotacións, tanto en cultivos anuais como nas praderías plurianuais, atendendo a aspectos relativos á agronomía, determinación do seu valor nutricional, ensilabilidade e desenvolvemento de calibracións NIRS para a adecuada estimación do valor enerxético e proteico a fin de optimizar o seu encaixe nas racións das vacas leiteiras. Resultados de varias campañas de ensaios, que incluían estudos de produción con vacas de leite alimentadas con diversos tipos de ensilados, mostraron que a inclusión de diversas mesturas de leguminosas anuais no cultivo de inverno, en comparación co raigrás italiano, mellora nun 30 % o rendemento total de proteína bruta por ha da rotación con millo sen diminuír a produtividade de MS e de enerxía neta de leite, ao cal habería que engadir as vantaxes económicas e ambientais da redución do custo da fertilización nitroxenada e do contido proteico no concentrado.

VALOR PROTEICO DO ENSILADO DE HERBA

Desde o punto de vista nutritivo, o ensilado de herba destaca por ser un alimento de valor proteico medio-alto e dun moderado contido enerxético. Os valores medios de materia seca (MS), proteína bruta (PB) e dixestibilidade da materia orgánica (DMO) das mostras recibidas no LIGAL para a súa análise nos últimos 13 anos foron MS: 32,9 %; PB: 12,7 % MS e DMO: 63,2 %. O perfil proteico do ensilado de herba, en particular de trevo ou doutras leguminosas forraxeiras, complementase adecuadamente co perfil enerxético do ensilado de millo, para elaborar racións equilibradas e económicas para o gando leiteiro. Os ensaios de alimentación realizados con vacas leiteiras no CIAM evidencian a potencialidade das racións forraxeiras con base en ensila-

dos de herba e de millo para producir leite con uso reducido de concentrados (<200 g de penso/litro).

A observación das series temporais de valor nutricional das mostras de ensilados de herba procedentes das explotacións leiteiras recibidos no laboratorio da interprofesión mostran que mentres que os valores de DMO se manteñen relativamente constantes ao longo do tempo, o contido de PB tende a descender lixeiramente. Unha posible explicación ao descenso de PB combinado con valores de pH máis baixos das mostras de ensilados analizados sería a presenza de cada vez maior número de mostras de ensilado procedentes de sementeiros monofitas de raigrás italiano, habituais nas explotacións de maior dimensión, e un paralelo descenso do número de mostras de ensilados procedentes de praderías mixtas con leguminosas, máis habituais en explotacións de menor tamaño. A importancia da rotación raigrás italiano/millo aumenta co tamaño de explotación e menos do 2 % das granxas que cultivan millo en rotación inclúe unha leguminosa na mesma. Nun estudo realizado no CIAM por Flores *et al.* (2014) no cal se avaliou o efecto da variedade e a data de aproveitamento na primavera sobre a produción e o valor nutricional de diversas variedades de raigrás italiano e híbrido con achegues moderados de nitróxeno (100 kg N/ha), os contidos en PB, de media, no primeiro ciclo foron de 7,5 e 6,5 % MS, nun aproveitamento realizado o 17 de abril e o 2 de maio, respectivamente. Nun manexo de 2 cortes realizados nunha colleita temperá (6 de marzo e 17 de abril) e tardía (20 de marzo e 2 de maio), os valores medios de ambos os aproveitamentos foron de 12,5 e 11,2 % MS, respectivamente (Flores *et al.*, 2014). O atraso do primeiro corte máis aló de finais de abril non é recomendable debido á importante caída de calidade da planta de raigrás que se produce a partir do espigado e que se manifesta, sobre todo, polos baixos valores de proteína bruta.

O avance no coñecemento dos procesos dixestivos e metabólicos da proteína inxerida polos ruminantes foi determinante para que se pasase de formular racións con base no contido en proteína bruta dos alimentos a considerar o seu contido en proteína ►

metabolizable, o que esixe ter en conta o balance entre enerxía e proteína de cada ingrediente. Os sistemas actuais de formulación de alimentos para ruminantes utilizan esta estimación do valor proteico como base fundamental da valoración de achegas dos alimentos e das necesidades do animal (NRC, 2001; INRA 2007). A proteína metabolizable, en síntese, defínese como a proteína absorbida no intestino, sendo a suma de achegas da proteína microbiana sintetizada no rume, e da ingerida no alimento e non degradada no rume unha vez considerada a súa correspondente dixestibilidade intestinal. O fluxo de proteína microbiana depende da dispoñibilidade de enerxía fermentable no rume e da súa eficacia de utilización, mentres que a dispoñibilidade de proteína alimentaria no intestino delgado depende da súa degradabilidade ruminal, e da súa dixestibilidade intestinal.

Os ensilados de herba conteñen habitualmente un alto contido en PB, en particular os fertilizados fortemente con adobos nitroxenados e os que inclúen leguminosas forraxeiras, pero unha alta proporción do N é rapidamente degradable. O efecto característico do proceso de ensilado, comparado coa composición da forraxe orixinal, é a diminución dos azucres debido á fermentación e ao aumento do N non proteico (NPN) por mor dos procesos proteolíticos que teñen lugar durante a fermentación no silo (McDonald *et al.*, 1991). A intensidade da proteólise que acontece dende a sega da forraxe ata a apertura e o consumo do silo está determinada por diversos factores, tales como as especies forraxeiras, as prácticas agronómicas, o estado fenolóxico e a tecnoloxía do ensilado empregada.

A calidade de conservación dos ensilados condiciona á vez o valor nitroxenado da forraxe e a cantidade ingerida polo gando. O emprego dunha técnica de ensilado correcta é fundamental para asegurar unha boa calidade de conservación. A proteólise encimática, que ten lugar inmediatamente tras a sega da forraxe, vai diminuíndo ao mesmo tempo que o pH e detense no limiar do pH 4,0 (Demarquilly, 1986). A súa importancia nutricional reside no feito de que un exceso de N soluble provocará que haxa un exceso de amoníaco no rume en relación á enerxía

► A NECESIDADE DE DISPOÑER DE MÉTODOS INDIRECTOS PARA ESTIMAR O VALOR PROTEICO DAS FORRAXES XORDE DA IMPOSIBILIDADE DE UTILIZAR AS DETERMINACIÓNS *IN SITU* COMO RUTINA DE ANÁLISE POR MOR DAS OBVIAS LIMITACIÓNS DE CUSTO, TEMPO E MAN DE OBRA

dispoñible para o crecemento da microbiota ruminal, implicando unha alta excreción de N, principalmente a través dos ouriños, cun potencial efecto negativo sobre o medio ambiente.

A NECESIDADE DO COÑECEMENTO DO VALOR NUTRICIONAL DAS FORRAXES

O avance dos coñecementos científicos sobre a fermentación ruminal obrigou a cambios importantes na formulación de racións para vacas de leite. A sincronía ruminal de achegas de enerxía e proteína permite reducir os custos de alimentación, mellorar o benestar animal en base á redución dos desequilibrios do funcionamento ruminal e diminuír a concentración de NH₃ no rume (Sniffen *et al.*, 1992), diminuíndo a excreción de N ao medio, con conseqüente redución do impacto ambiental da actividade gandeira.

O coñecemento preciso da composición dos alimentos para o gando é unha condición necesaria para a súa utilización eficiente na alimentación animal, a través da preparación de dietas económicas e equilibradas. Para aproveitar as capacidades dos programas informáticos complexos desenvolto nos últimos anos para o cálculo de racións para o gando vacún, empregadas pola maioría dos nutricionistas, é necesario dispor dun sistema preciso e fiable de valoración nutricional dos ingredientes que compoñen as racións, particularmente das forraxes, debido á alta variabilidade en comparación cos concentrados e referido, fundamentalmente, ao seu contido enerxético e proteico. A avaliación nutritiva das forraxes presenta especial relevancia debido á elevada variabilidade do seu valor nutritivo e á alta contribución ao total da materia seca da ración en comparación co concentrado. Para o aproveitamento destas capacidades é necesario dispor dun sistema avanzado de valoración nutricional, que informe con precisión da dixestibilidade da materia orgánica (DMO), do contido

en proteína bruta (N total x 6,25) e das características da degradabilidade ruminal do N (DegN).

O valor nutritivo das forraxes varía fundamentalmente debido a factores relacionados co seu xenotipo, ao estado fisiolóxico e a factores de medio e, en consecuencia, dos procesos aos que son sometidos (variabilidade intrínseca). Outra importante fonte de variabilidade, con frecuencia ignorada, xorde das diferenzas na metodoloxía utilizada na obtención da información (variabilidade extrínseca), tendo en conta que os procedementos de análises e os protocolos de obtención de información con animais poden variar de acordo co laboratorio ou centro experimental onde se desenvolven os traballos. Este tipo de variabilidade debería ser minimizada para a obtención de resultados comparables e útiles. Para acadar a robustez necesaria, a información relacionada coas características químicas e nutricionais dunha forraxe debe ser coidadosamente examinada antes da súa incorporación a unha base de datos e, unha vez incorporada, necesita ser manexada tamén con coidado. De non facelo así, producirase unha falsa variabilidade entre forraxes, que pode comprometer o uso na práctica da información xerada.

MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DO VALOR PROTEICO DAS FORRAXES E TECNOLOXÍA NIRS

A cuantificación da degradabilidade da proteína dos alimentos no rume é un punto crítico nos sistemas de valoración nutritiva para ruminantes, xa que este valor condiciona a síntese de proteína microbiana e determina a fracción de proteína do alimento non degradada que escapa da fermentación no rume. O método de referencia para determinar a degradabilidade ruminal é a técnica denominada *in situ* ou *in sacco*. Trátase dunha técnica laboriosa, longa e custosa, que esixe dispor de animais canulados no rume, ra-

zón pola cal esta técnica, a maiores doutros usos experimentais, só se utiliza para formar coleccións de mostras de referencia a partir das cales se desenvolverán os métodos indirectos de predición da degradabilidade do nitróxeno da ración. O método consiste en colocar o alimento a valorar en sucesivas series de bolsas de material sintético e poroso, resistente á acción das encimas microbianas do rume, que son introducidas na fase líquida da dixesta e retiradas a diferentes tempos de incubación, sendo posteriormente determinada, mediante a oportuna análise da composición dos residuos das incubacións, a proporción de N non degradado durante estas, o que permitirá elaborar as curvas de degradación e a elaboración dos índices requiridos polos programas de racionamento.

A necesidade de dispoñer de métodos indirectos para estimar o valor proteico das forraxes xorde da imposibilidade de utilizar as determinacións *in situ* como rutina de análise por mor das obvias limitacións de custo, tempo e man de obra. Entre os métodos alternativos para a asignación dun valor proteico a unha forraxe problema citamos, de menor a maior, índice de fiabilidade, a dispoñibilidade de valores tabulados, o establecemento de relacións empíricas entre a composición química e o valor proteico e a tecnoloxía de espectroscopía de reflectancia no infravermello próximo (NIRS).

De entre as distintas técnicas indirectas para a predición da composición e o valor nutricional de forraxes goza dunha relevancia cada vez máis importante a técnica NIRS. Ao desenvolver unha calibración NIRS, a información espectral relaciónase mediante un algoritmo coa información do valor nutricional determinado por métodos de referencia a través da aplicación de modelos estatísticos como son a regresión múltiple e a análise de compoñentes principais (Murray, 1993). A superioridade desta técnica reside en que permite obter resultados de forma rápida, precisa, sen utilización de reactivos, cunha reducida necesidade de persoal e comparativamente a un baixo custo. Ademais, esta técnica é especialmente adecuada para o procesado de grandes números de mostras e o custo da análise é reducido ao ser pouco demandante de man de obra, a pesar do custo relativamente elevado

▶ A TÉCNICA NIRS É UNHA FERRAMENTA ÚTIL E APROPIADA QUE PROPORCIONA UNHA EXCELENTE EXACTITUDE PARA A ESTIMACIÓN DIRECTA DA DEGRADABILIDADE RUMINAL DO NITRÓXENO DOS ENSILADOS DE HERBA

do equipo. O seu uso está hoxe xeneralizado nos laboratorios de análises con base nestas premisas.

A técnica NIRS require necesariamente a calibración cun colectivo de mostras con valores determinados por métodos de referencia. A técnica require un conxunto de datos suficientemente amplo e unha actualización frecuente, que debe representar, en canto á natureza das mostras e a súa variabilidade, a poboación de mostras obxecto da predición (Beever e Mould, 2000). A precisión das estimacións é dependente da calidade do conxunto de datos do colectivo de calibración, obténdose as mellores predicións cando se utilizan diferentes conxuntos de mostras para cada tipo de forraxe. Mentres que é relativamente trivial o desenvolvemento de calibracións para composición química de alimentos e forraxes, estando ao alcance da maioría dos laboratorios, as posibilidades de construción e mantemento de calibracións para a estimación da degradabilidade do N están limitadas a institucións que teñan capacidade de producir as coleccións de mostras de referencia, necesarias para obter calibracións fortes e precisas mediante NIRS. Existen numerosos traballos que indican que a técnica NIRS mostra unha utilidade satisfactoria na estimación da degradabilidade do N de forraxes conservadas (Todorov *et al.*, 1994; De la Roza *et al.*, 1998; Dorshorst

et al., 2000; Swift, 2003; De Boever *et al.*, 2003; Ohlsson *et al.*, 2007; Foskolos *et al.*, 2015).

OBTENCIÓN DE VALORES DE REFERENCIA PARA A DEGRADABILIDADE RUMINAL *IN SITU* DO NITRÓXENO (DEGN) EN ENSILADOS DE HERBA PARA O DESENVOLVEMENTO DE PREDICIÓN MEDIANTE NIRS

Un proxecto colaborativo de investigación (Feader 2013/22) levado a cabo polo LIGAL e o CIAM permitiu incrementar a capacidade analítica do primeiro mediante a creación dunha calibración NIRS que permite a estimación directa da degradabilidade do N de ensilados de herba. O citado proxecto permitiu dotar, por primeira vez en España, a un laboratorio de servizos de calibracións para a estimación directa da degradabilidade da proteína de ensilados de herba, mellorando así substancialmente a información dispoñible á hora de elaborar racións máis axustadas ás necesidades do gando de forma compatible coa minimización das excretas nitróxenas ao medio ambiente. ▶

Táboa 1. Composición química media, desviación estándar e rango de variación das mostras de ensilados de herba do grupo de calibración

	MO	FND	FAD	PB	DegN
Media	89,3	55,9	37,5	11,7	66,4
SD	2,7	8,0	5,9	3,3	11,2
Mínimo	84,6	40,1	25,9	5,6	35,3
Máximo	95,9	76,8	54,9	20,0	90,1

MO: materia orgánica (% MS); FND: fibra neutro deterxente (% MS); FAD: fibra ácido deterxente (% MS); PB: proteína bruta (% MS); DegN: degradabilidade ruminal *in situ* do nitróxeno (%)

A obtención da nova calibración NIRS para a predición da DegN de ensilados de herba elaborouse a partir dunha ampla colección de máis de 70 mostras, que foron seleccionadas de entre os ensilados de herba procedentes de explotacións gandeiras recibidas no LIGAL durante varios anos para a súa análise. A determinación realizouse mediante a técnica *in situ* estandarizada no CIAM (Flores *et al.*, 2001 e Flores *et al.*, 2003). As mostras secas e moídas a 3 mm foron incubadas en bolsas de nailon (ANKOM®, tamaño de poro 50±15 µm), cunha cantidade media de 14,7 mg de mostra por cm² de bolsa e tempos de incubación de 0, 4, 8, 16, 24, 48, 72 e 96 horas, no rume de cinco vacas frisonas secas. As bolsas correspondentes ás horas 16 a 96 incubáronse por duplicado. Unha vez transcorrido o tempo fixado de incubación, as bolsas mergullábanse en auga con xeo durante 10 minutos e eran posteriormente lavadas.

Utilizando procedementos de regresión non lineal (PROC NLIN, SAS Institute), realizouse o axuste dos datos da porcentaxe de desaparición (P) do N, seguindo o modelo $P=A+B(11-e^{-Ct})$ de Orskov e McDonald (1979). Obtivéronse os parámetros representativos da fracción rapidamente degradable (A), lentamente degradable (B) e a velocidade de degradación no rume (C) para cada mostra. Posteriormente calculouse para unha taxa de paso $k=0,06h^{-1}$, a DegN (DT) segundo a expresión $DT=A+(BC/(C+k))$. Para cada mostra foron promediados os valores correspondentes ás cinco vacas.

Na táboa 1 móstranse os valores medios, desviación estándar e rango dos diferentes parámetros da composición química e degradabilidade *in situ* do nitróxeno para o total de mostras de ensilados de herba (n=70) seleccionadas para formar o colectivo de calibración. Hai que destacar que os rangos para os parámetros descritivos da composición química son bastante amplos e representan a poboación de mostras obxecto da predición, aspectos clave para a obtención de modelos de predición precisos e fortes.

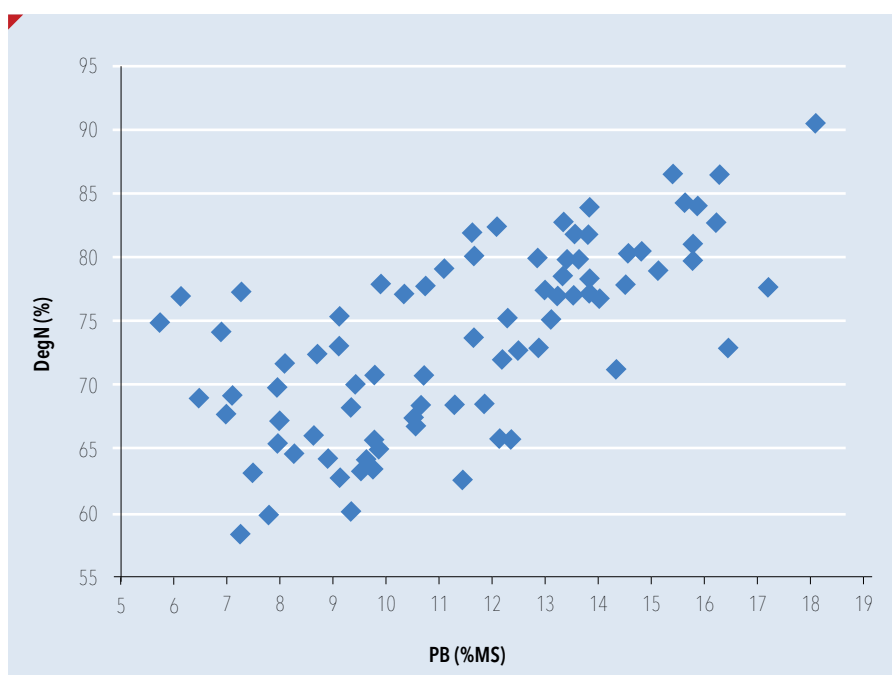
O coeficiente de determinación no proceso de validación cruzada (r^2) ofrece información acerca da calidade da calibración obtida. Shenk e Westerhaus (1996) indican que as ecuacións NIRS con valores de $r^2 \geq 0,90$ posúen unha precisión excelente. Seguindo

Táboa 2. Valor nutricional e calidade fermentativa media e rango de variación das mostras de ensilados de herba mostreados nas visitas ás explotacións

	MS	MO	PB	FAD	FND	DMO	DegN	pH	LACT	ACET	N-NH ₃	Nsol
Media	34,0	91,0	11,3	35,3	53,2	68,0	73,4	4,08	6,69	2,02	6,78	47,6
SD	11,9	2,0	3,1	4,9	7,9	6,7	7,4	0,42	3,94	0,84	3,59	9,9
Mínimo	17,8	84,1	4,9	26,7	39,2	50,9	58,2	3,09	0,33	0,00	0,05	22,6
Máximo	69,2	95,0	18,1	46,8	72,3	78,9	90,5	4,99	14,45	3,91	21,82	66,4

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FAD: fibra ácido deterxente (% MS); FND: fibra neutro deterxente (% MS); DMO: dixestibilidade *in vivo* da materia orgánica (%); DegN: degradabilidade ruminal *in situ* do nitróxeno (%); LACT: ácido láctico (% MS); ACET: ácido acético (% MS); N-NH₃: nitróxeno amoniacal (% nitróxeno total); Nsol: nitróxeno soluble (% nitróxeno total)

Figura 1. Relación entre a degradabilidade ruminal do nitróxeno (DegN) e o contido en proteína bruta (PB) dunha mostra de ensilados de herba de explotacións leiteiras galegas



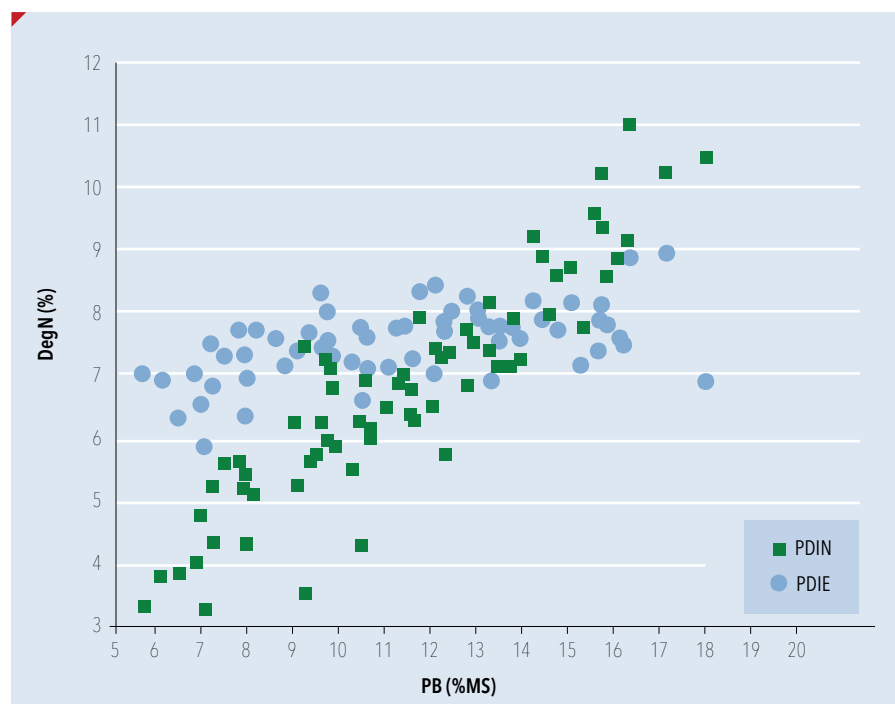
este criterio, a capacidade predictiva da calibración desenvolta para estimar a DegN en ensilado de herba sería excelente ($r^2=0,91$). O estatístico RER establece a relación entre o rango dos datos de referencia e o erro estándar da validación cruzada, o valor deste índice foi de 16,6, superando o valor mínimo de 10, suxerido por Williams e Sobering, (1996), como indicador da utilidade da calibración obtida.

Recentemente finalizou un proxecto colaborativo de investigación (Feader 2016 59 B) entre CIAM e LIGAL, no que se realizou nunha mostra de explotacións leiteiras con diferente grao de intensificación, representativa dos diferentes modelos produtivos de Galicia, unha enquisa sobre diferentes

aspectos, entre os cales se realizaba a caracterización dos ingredientes que compuñan as racións ofrecidas ao gando. Na táboa 2 móstrase a composición química, dixestibilidade *in vivo* da materia orgánica, DegN e calidade fermentativa de todos os ensilados de herba (n=82) mostreados nas explotacións visitadas. Os rangos para todos os parámetros determinados foron moi amplos e representan a elevada variabilidade desta forraxe nas explotacións galegas.

Na figura 1 represéntase a relación entre o contido en PB e a DegN dos ensilados de herba mostreados no citado proxecto. Nela pódese observar como, para o mesmo valor de proteína bruta dunha mostra, a degradabilidade do

Figura 2. Contido en proteína dixestible no intestino (PDIN, PDIE) nunha mostra de ensilados de herba de explotacións galegas



N medida *in situ* pode oscilar en case 20 unidades e, inversamente, para un valor dado de degradabilidade do N, a concentración de proteína nas mostras pode oscilar entre o 6 e o 17 % MS.

Na figura 2 móstrase a variabilidade dos valores de proteína dixestible no intestino (PDIN, PDIE) do citado grupo de ensilados de herba. Os valores medios e o rango de variación de PDIN e PDIE, con valores medios e rango de variación de 6,78 % MS (2,17-11,15 % MS) e 7,59 % MS (5,36-9,08 % MS), respectivamente, ilustran a elevada variabilidade xa citada, que evidencia a elevada relevancia de dispoñer de métodos que permitan unha estimación precisa do valor proteico das forraxes.

É relativamente habitual atopar referencias de laboratorios que estiman o valor proteico das forraxes a partir do contido en PB e aplicándolle a este parámetro unha ecuación de regresión para obter o valor de DegN, o que leva implícito asumir a constancia da degradabilidade ruminal da proteína para unha

determinada forraxe. Isto pode con frecuencia implicar un avultado erro de estimación, coa consecuente imprecisión á hora de confeccionar a ración para a alimentación das vacas de leite. Debemos ter en conta que, aínda que o uso de valores tabulados para unha determinada forraxe parece o método máis fácil do que obter información, hai que ter en conta que o valor enerxético e proteico das forraxes, mesmo dunha especie determinada recollida nun estado fisiolóxico concreto, pode ser moi diferente dependendo do solo, do clima, dos coitados culturais e do tratamento poscolleita. Por tanto, a utilidade dos valores tabulados, mesmo se estivesen xerados nas mesmas condicións ambientais da zona onde se pretenden aplicar, limítase a ofrecer unha valiosa información acerca dos valores medios, sendo de dubidosa utilidade para a formulación de racións con ingredientes de composición variable como son as forraxes e que non pode substituír á necesidade de analizar as mostras.

CONCLUSIÓNS

- A caracterización proteica das forraxes producidas nas explotacións de vacún leiteiro por métodos precisos e fiables son condicións necesarias para poder optimizar a utilización de forraxes na explotación, a través da elaboración de racións máis axustadas ás necesidades do gando de forma compatible coa minimización das excretas nitrogenadas ao medio ambiente.
- A técnica NIRS é unha ferramenta útil e apropiada que proporciona unha excelente exactitude para a estimación directa da degradabilidade ruminal do nitróxeno dos ensilados de herba. As indubidables vantaxes operativas, economía e precisión das estimacións NIRS aconsellan a súa utilización nas rutinas de predición. Con todo, a variabilidade nas condicións de medio e das variedades forraxeiras utilizadas na práctica das explotacións aconsellan un labor continuado de renovación das calibracións NIRS co fin de manter a capacidade predictiva e a súa utilidade nas prácticas de alimentación das explotacións.
- Este labor é abordado mediante o esforzo colaborativo do laboratorio da interprofesión leiteira e os centros públicos de investigación dependentes da Consellería do Medio Rural no contexto do convenio CIAM-LIGAL e vehiculado a través de iniciativas de cooperación como os proxectos financiados con fondos Feader do Programa de Desenvolvemento Rural de Galicia. ■

NOTA DOS AUTORES

A bibliografía citada neste traballo está a disposición dos lectores mediante contacto coa primeira autora: soniapereira@ciam.gal