



Es bien sabido que pueden existir variaciones significativas en los valores nutricionales entre lotes de materias primas (MPs), incluso dentro de la misma variedad y especie vegetal. Estas diferencias pueden deberse a la zona geográfica de los cultivos, a las condiciones durante el crecimiento y a la cosecha; así como también a las condiciones de almacenamiento y a la variedad utilizada. En la poscosecha, los métodos de tratamiento y transformación también pueden influir en la calidad y el valor nutricional de ingredientes como el salvado y los subproductos de la destilería. El reto para los nutricionistas y formuladores de raciones es disponer de una forma de supervisar y controlar la calidad de las materias primas. Esto les permite tener precisión en las fórmulas de los alimentos, de modo que los objetivos de rendimiento de los animales pueden cumplirse de forma más eficiente, a la vez que se reducen los costos de las raciones. Las nuevas herramientas pueden conectar la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) y los resultados de laboratorio con el software de formulación para construir una matriz de materias primas más precisa, así como formulaciones de raciones más eficientes.

Todos los datos presentados en este artículo se han extraído de la plataforma NIR de Adisseo, denominada Evaluación para Nutrición de Precisión - ENP (Precise Nutrition Evaluation - PNE).



## La realidad de la variabilidad de las materias primas

### Antecedentes

Tradicionalmente, la caracterización de las materias primas se realiza mediante la química húmeda. Estos métodos pueden llevarse a cabo en una variedad de parámetros, con más o menos pruebas, en función de los requisitos y gastos importantes.

Aunque el análisis químico es fiable y preciso, tiene algunas desventajas:

- Es relativamente costoso cuando hay muchas muestras y/o parámetros que analizar. Especialmente si hay que multiplicar los parámetros, por ejemplo, añadiendo aminoácidos totales y/o fósforo, etc.
- Requiere un tiempo de análisis relativamente largo (de varios días a varias semanas).
- Requiere el consumo de reactivos y materiales en cantidades significativas.

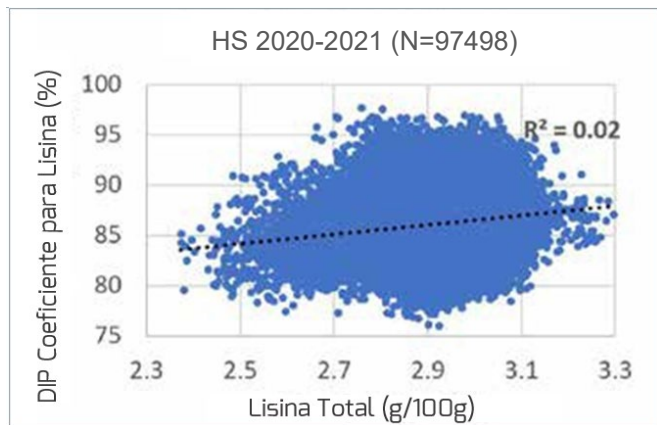
En la actualidad, las fábricas de alimento balanceado disponen de herramientas de análisis NIR. Este método es ideal para complementar y apoyar los planes de control de calidad estándar que utilizan la química húmeda, ya que marcan varios factores para el nutricionista:

- Análisis rápido y preciso: el resultado se genera en pocos minutos.
- Numerosas posibilidades de análisis a un costo muy bajo.
- Análisis no destructivo: la muestra puede reutilizarse después del análisis.
- Se necesitan pocos consumibles y ningún reactivo: el gasto es la inversión inicial.
- Simple y seguro de usar.

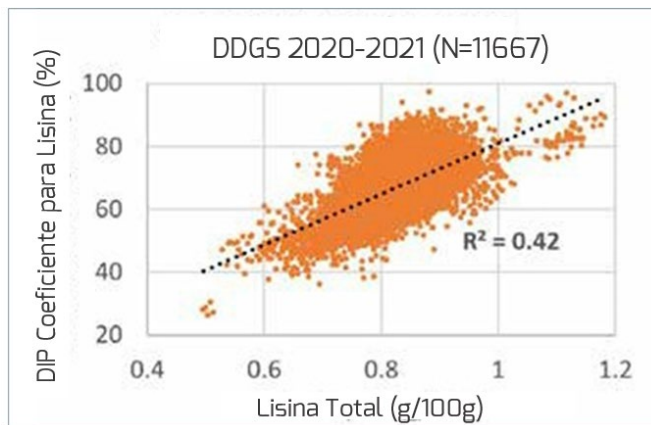
Una de las ventajas del análisis NIR es la posibilidad de realizar predicciones, en el mismo espectro, para análisis que no se suelen solicitar o que son imposibles de realizar en química húmeda. Es el caso de la digestibilidad de los aminoácidos y la energía, o la determinación del fósforo fítico. Este aspecto es especialmente interesante, porque para algunas materias primas, el uso de valores de tablas o ecuaciones predictivas puede no representar la realidad.



Por ejemplo, no hay una buena correlación entre la lisina total y la lisina digestible en la harina de soya o en los DDGS de maíz (véanse los 4 gráficos siguientes). Esto significa que la estimación de la lisina digestible basada en la lisina total no es un parámetro muy preciso.

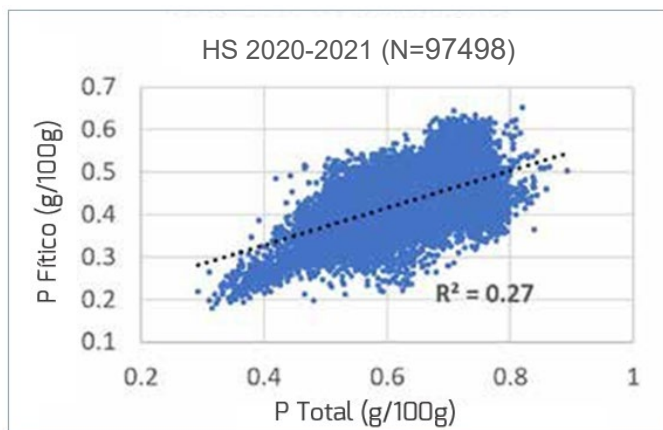


Adisseo NIR data, 2020-2021

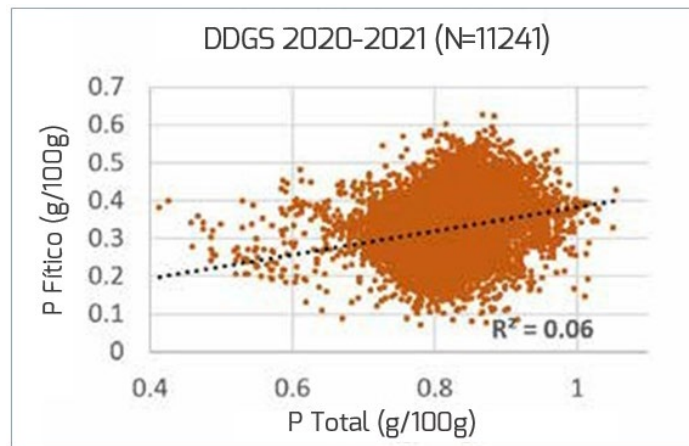


Para una harina de soya con 2,9 de lisina total, el coeficiente de digestibilidad puede variar del 75,6% al 97,1%.

En cuanto al fósforo, no es posible predecir el contenido de fósforo fítico a partir de la determinación de fósforo total que se muestra en el gráfico siguiente (las  $R^2$  son demasiado bajas). Por lo tanto, determinar el fósforo potencial liberado por una fitasa puede ser un reto.



Adisseo NIR data, 2020-2021



Las tablas siguientes ilustran esta dificultad, mostrando la variación de los diferentes valores de lisina y fósforo, en la harina de soya (HS) y los DDGS de maíz.

HS 46	Lisina Total (g/100g)	DEP* Lisina (%)	Lisina Digestible (g/100g)	P Total (g/100g)	P Fítico (g/100g)
N	97,498	97,498	97,498	95,202	95,202
Promedio	2.92	86.17	2.52	0.63	0.43
SD	0.08	2.55	0.11	0.05	0.04
CV %	2.7	3.0	4.3	8.5	10.4

DDGS	Lisina Total (g/100g)	DEP Lisina (%)	Lisina Digestible (g/100g)	P Total (g/100g)	P Fítico (g/100g)
N	11,667	11,667	11,667	11,246	11,246
Promedio	0.83	66.92	0.56	0.82	0.33
SD	0.06	7.86	0.10	0.06	0.08
CV %	7.7	11.7	17.5	7.6	23.8

Adisseo NIR data, 2020-2021

Por estas razones, Adisseo ha desarrollado su propio ecosistema NIR, llamado *Evaluación para Nutrición de Precisión - ENP (Precise Nutrition Evaluation - PNE)*. El sistema integra calibraciones construidas no sólo en análisis químicos comunes, **sino también en pruebas de digestibilidad *in vivo*-en pollos de engorda para la energía metabolizable aparente y para la digestibilidad de aminoácidos.**

## Poniendo manos a la obra

Una buena caracterización de las materias primas utilizadas en la formulación de los piensos es el primer paso en el proceso de nutrición de precisión. Sin embargo, es un error basarse sólo en los datos de las tablas de referencia, sin saber más sobre la calidad y la variabilidad de las materias primas utilizadas.

Esto requiere un seguimiento continuo de muestras representativas, generando numerosos resultados analíticos de varios laboratorios (químicos y NIR), que deben transformarse en valores nutricionales que puedan utilizarse para formular las raciones. La frecuencia y el modo de actualización de estas bases de datos son propios de cada empresa.

## Adict - una herramienta que conecta los resultados del PNE y del laboratorio con el software de formulación de raciones

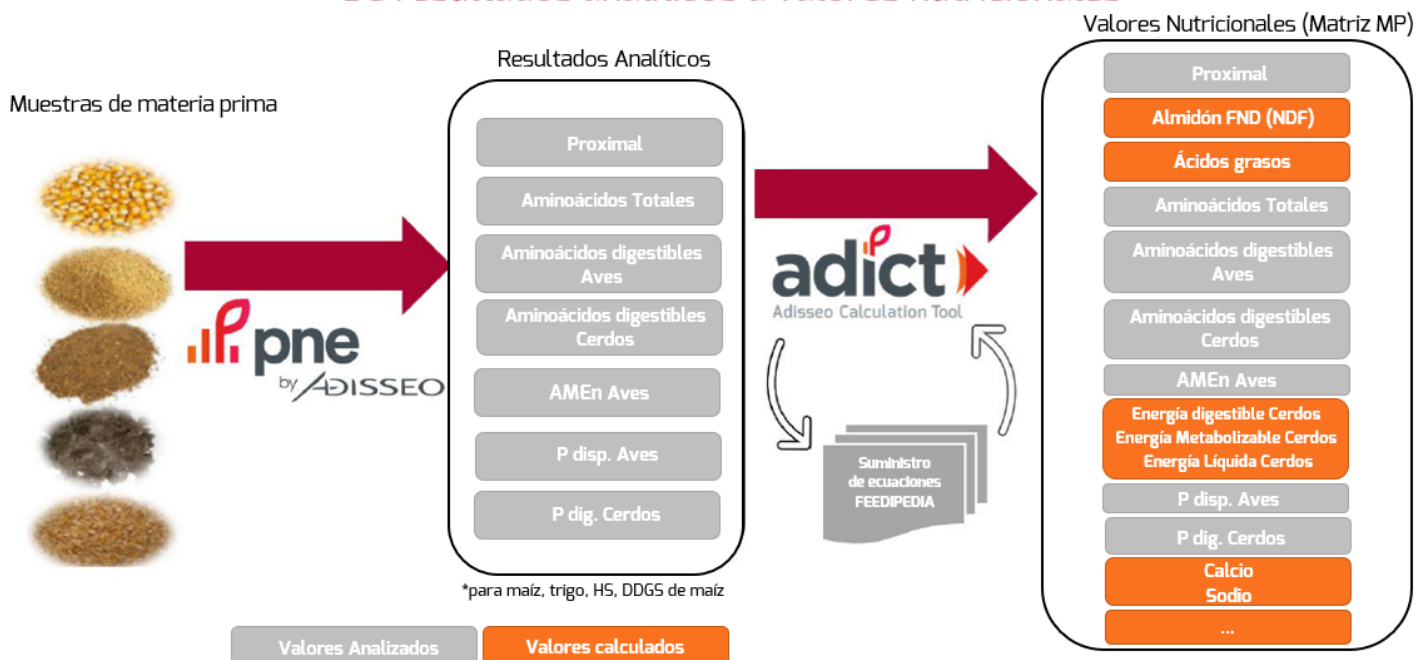
Nem Para ayudar a sus clientes, Adisseo ha desarrollado una nueva herramienta -Adict, la herramienta de cálculo de Adisseo- que sirve de puente entre los resultados analíticos y el programa de formulación. La herramienta integra los resultados analíticos de los clientes y los utiliza para crear una nueva matriz de ingredientes, basada en la calidad real de las materias primas que recibe la planta, haciéndolo de forma sencilla y muy rápida.

No se pueden analizar todos los valores de los nutrientes utilizados para formular las raciones y muchos de ellos deben calcularse. La herramienta incluye estos cálculos para cada nutriente sin resultados analíticos, utilizando las ecuaciones del sistema Feedipedia (<https://www.feedipedia.org/>). Cuando un laboratorio analiza un parámetro incluido en la ecuación, incorpora ese valor analizado a la ecuación para calcular el valor nutricional. Esto es muy importante porque significa que el resultado del cálculo tiene en cuenta la calidad real del ingrediente.

Adict es el único que puede conectarse a la herramienta NIR de Adisseo (PNE): con unos pocos clics, pueden importar los valores de PNE. Si los clientes están acostumbrados a diferenciar las materias primas por su origen o proveedor, se pueden añadir filtros al pedido, lo que permite especificar qué resultados analíticos son relevantes; para conseguir una matriz más exacta y precisa.

La imagen siguiente resume el proceso:

## De resultados analíticos a valores nutricionales

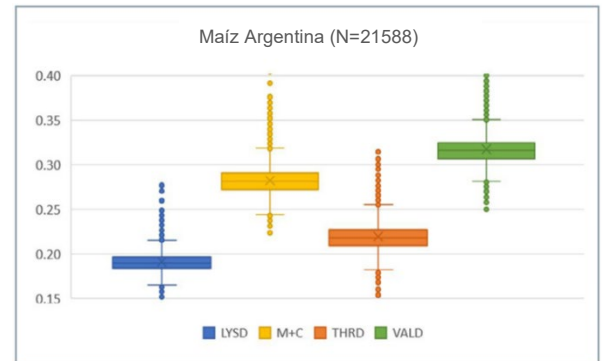


## PNE + Adict: solución de Adiseo para optimizar los costos de alimentación manteniendo el rendimiento de los animales

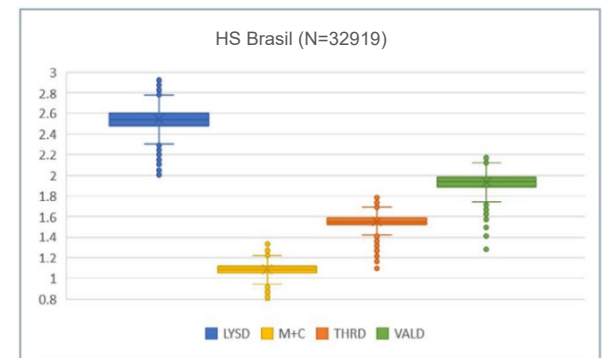
En un contexto de oferta y precios muy tensos, controlar con precisión las características de las materias primas recibidas en la fábrica de alimento balanceado se ha convertido en una necesidad más que en una opción. La caracterización precisa de las materias primas disponibles en la planta, para alcanzar los objetivos de crecimiento de los animales reduciendo al mismo tiempo los costos de alimentación, requiere un seguimiento detallado de los márgenes de seguridad nutricional.

En este ejemplo de la vida real, un nutricionista quiere estimar un margen de seguridad para los aminoácidos (lisina, metionina, treonina, triptófano y valina) en una dieta basada en maíz - HS - DDGS. El maíz es de origen argentino, la soya de origen brasileño y los DDGS de origen norteamericano. Los cuadros y gráficos siguientes muestran la variabilidad de estas materias primas en el periodo 2020-2021 (datos PNE).

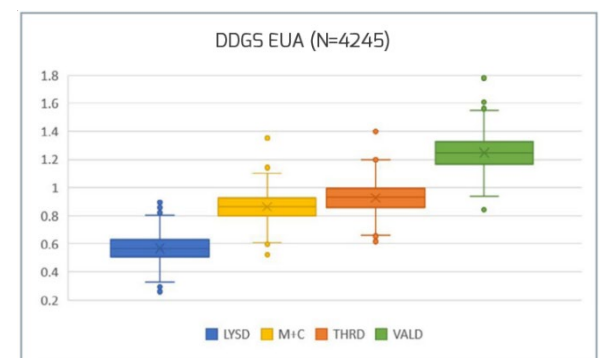
Maíz	Lisina Dig.	Metionina Dig.	Cistina Dig.	M+C Dig.	Treonina Dig.	Triptófano Dig.	Valina Dig.
N	21,588	21,588	21,588	21,588	21,588	21,588	21,585
Media	0.19	0.15	0.13	0.28	0.22	0.06	0.32
Min	0.14	0.12	0.10	0.22	0.15	0.04	0.25
Cuartil 1	0.18	0.14	0.13	0.27	0.21	0.06	0.31
Mediana	0.19	0.15	0.13	0.28	0.22	0.06	0.32
Cuartil 3	0.20	0.15	0.14	0.29	0.23	0.06	0.32
Máx	0.28	0.20	0.21	0.40	0.31	0.11	0.49
DP	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02
CV %	5.7	4.6	7.6	5.5	7.1	7.9	5.6



HS	Lisina Dig.	Metionina Dig.	Cistina Dig.	M+C Dig.	Treonina Dig.	Triptófano Dig.	Valina Dig.
N	32,918	32,918	32,918	32,918	32,918	32,918	32,918
Media	2.54	0.57	0.52	1.09	1.55	0.58	1.93
Min	2.00	0.36	0.26	0.63	1.10	0.40	1.28
Cuartil 1	2.48	0.55	0.50	1.05	1.52	0.56	1.89
Mediana	2.54	0.56	0.52	1.08	1.55	0.57	1.94
Cuartil 3	2.60	0.58	0.54	1.12	1.59	0.60	1.98
Máx	2.97	0.67	0.72	1.36	1.81	0.70	2.21
DP	0.10	0.02	0.04	0.06	0.06	0.03	0.08
CV %	3.8	4.1	7.5	5.2	3.6	5.7	4.0



DDGS	Lisina Dig.	Metionina Dig.	Cistina Dig.	M+C Dig.	Treonina Dig.	Triptófano Dig.	Valina Dig.
N	4,317	4,244	4,312	4,244	4,020	4,310	4,314
Media	0.57	0.50	0.36	0.86	0.93	0.19	1.25
Min	0.26	0.36	0.16	0.52	0.62	0.11	0.84
Cuartil 1	0.51	0.47	0.32	0.80	0.86	0.18	1.17
Mediana	0.57	0.50	0.36	0.86	0.93	0.19	1.24
Cuartil 3	0.63	0.53	0.40	0.93	0.99	0.21	1.32
Máx	0.90	0.81	0.54	1.35	1.40	0.26	1.78
DP	0.09	0.04	0.06	0.09	0.10	0.02	0.11
CV %	15.9	8.2	15.3	10.2	10.3	11.6	9.0

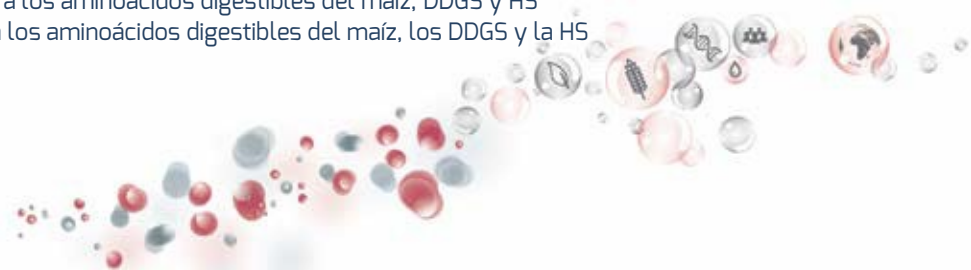


Con esta información, se crearon tres escenarios diferentes con las materias primas del programa de formulación de raciones:

Escenario 1: Valores medios utilizados para los aminoácidos digestibles del maíz, los DDGS y la HS.

Escenario 2: valores del 1er cuartil utilizados para los aminoácidos digestibles del maíz, DDGS y HS

Escenario 3: Valores del cuartil 3 utilizados para los aminoácidos digestibles del maíz, los DDGS y la HS



A continuación, se optimizó una formulación para pollos de engorda en función de los tres escenarios (todos los demás parámetros - precios y disponibilidades de MP, limitaciones nutricionales- fueron los mismos):

Materia prima	Precio (USD/t)	Escenario 1 (Mediana)	Escenario 2 (Quartil 1)	Escenario 3 $\mu$ (Quartil 3)
Maíz	250	56.5	56.9	56.1
Harina de Soya 48 (grasa <5%)	447	30.7	30.8	30.6
DDGS de Maíz (grasa >6%)	343	5.6	4.9	6.1
Aceite de soja	1308	3.1	3.1	3.2
Fosfato monocalcico	698	1.69	1.70	1.69
Carbonato de calcio (polvo)	53	0.92	0.92	0.92
Premix para Pollo 0.5%	545	0.50	0.50	0.50
Rhodimet NP99	2834	0.30	0.33	0.28
L-Lisina HCL 98%	1798	0.26	0.28	0.25
Sal	109	0.24	0.24	0.22
AdiSodium	381	0.13	0.15	0.12
L-Treonina 98.5%	2016	0.10	0.12	0.08
L-Valina 96.5%	4688		0.03	
<b>Precio de la ración (USD/t)</b>		<b>370,02</b>	<b>371,99</b>	<b>368,93</b>
<b>Diferencia de costo vs mediana de aminoácidos digestibles (USD/t)</b>			<b>1,97</b>	<b>-1,09</b>

Nutriente	Unidad	Valor	Valor	Valor
Peso	%	100	100	100
Materia Seca	%	87.9	87.9	87.9
Humedad	%	12.1	12.1	12.1
Proteína bruta	%	20.5	20.5	20.5
Grasa bruta	%	6.3	6.2	6.4
Cenizas	%	5.8	5.8	5.9
Fibra bruta	%	3.5	3.5	3.5
Almidón (Ewers)	%	37.8	38.1	37.6
C18:2 (ác. linoleico)	%	3.1	3.1	3.2
Fósforo total	%	0.76	0.75	0.76
Fósforo disp pollo	%	0.41	0.41	0.41
Calcio total	%	0.85	0.85	0.85
Sodio	%	0.16	0.16	0.16
Potasio	%	0.88	0.87	0.88
Cloro	%	0.25	0.25	0.25
EMAn pollo (kcal)	kcal/kg	2900	2900	2900
Lisina dig. pollo	%	1.12	1.12	1.12
Metionina dig. pollo	%	0.59	0.60	0.57
Met+cist dig. pollo	%	0.84	0.84	0.84
Treonina dig. pollo	%	0.75	0.75	0.75
Triptofano dig. pollo	%	0.22	0.21	0.23
Valina dig. pollo	%	0.84	0.84	0.87

En todos estos escenarios, las limitaciones nutricionales para lograr el mismo nivel de rendimiento de los pollos de engorda, fueron las mismas. Sin embargo, la utilización de diferentes calidades de ingredientes repercutió tanto en la composición de la materia prima (MP) como en el costo de la ración.

Por un lado, una diferencia en el perfil de digestibilidad de los aminoácidos que puede percibirse como baja o insignificante, tiene un impacto importante en la composición de la MP y en el costo del alimento. En el caso del escenario 2, un perfil de digestibilidad de aminoácidos más bajo requiere un mayor uso de aminoácidos sintéticos en la dieta (alrededor de +10-15%), y a veces es necesario el uso de aminoácidos adicionales (para la L-valina en este ejemplo). Los cambios en la inclusión de macro ingredientes (maíz, DDGS, HS, etc.) no parecen ser tan importantes; sin embargo, en conjunto, todos estos cambios tienen un enorme efecto en el costo del alimento. Por otro lado, cuando el perfil de aminoácidos digestibles es mejor, se produce un ahorro de costos y la composición de la MP se adapta para conseguir las limitaciones nutricionales del alimento. En el escenario 3, se utilizan niveles más bajos de aminoácidos sintéticos, en comparación con el escenario 1, ya que las propias materias primas aportaron una mayor cantidad de aminoácidos.

Otra forma de expresar el impacto de los diferentes escenarios en los valores nutricionales de los alimentos es calcular cuáles serían los valores de la ración si se optimizara la composición con los valores medios pero con los valores modificados de las materias primas.

En la tabla siguiente, los valores esperados de la alimentación optimizada con el escenario 1 aparecen resaltados en rosa.

Cuando se mantiene la misma composición de MP, pero se utilizan los valores de MP del cuartil 1, el resultado es un contenido de aminoácidos digestibles en el alimento inferior al esperado. Por ejemplo, se pierde un 2,1% de digestibilidad de la lisina (0,02 pt), lo que reducirá el rendimiento de los pollos en el campo.

Cuando se utilizan los valores de MP del cuartil 3, algunos nutrientes se "desperdician" porque la digestibilidad final de los aminoácidos es mayor que la requerida para un rendimiento óptimo de los pollos de engorda.

Nutriente	Unidad	Valores esperados	Com los valores del Cuartil 1		Com los valores do Cuartil 3	
			Valor Ración	Tasa de evolución (%)	Valor ración	Tasa de evolución (%)
Lisina dig. pollo	%	1.12	1.10	-2.1	1.15	2.4
Metionina dig. pollo	%	0.59	0.58	-1.5	0.60	1.5
Met+cist dig. pollo	%	0.84	0.82	-2.4	0.86	2.4
Treonina dig. pollo	%	0.75	0.73	-2.5	0.77	2.6
Triptófano dig. pollo	%	0.22	0.21	-3.2	0.23	4.8
Valina dig. pollo	%	0.84	0.82	-3.0	0.86	2.5

## Conclusión

La solución PNE+Adict de Adisseo ayuda a los formuladores y nutricionistas a mejorar sus formulaciones de alimento gracias a un mejor conocimiento de la calidad y variabilidad de las materias primas.

Todos estos resultados refuerzan la necesidad de un proceso de control de calidad adecuado para evaluar los verdaderos nutrientes presentes en las diferentes materias primas utilizadas en la formulación de raciones.

Y más aún, las herramientas adecuadas que permiten utilizar de forma sencilla los resultados de la información NIR en la formulación diaria, son una verdadera ventaja para gestionar los costos de alimento preservando el rendimiento de los animales.

PNE y Adict son las herramientas de Adisseo que ayudan a los nutricionistas y formuladores a alcanzar sus objetivos.

