

USO DE SUBPRODUCTOS AGRICOLAS Y AGROINDUSTRIALES EN ALIMENTACION ANIMAL

HECTOR MANTEROLA B.

Profesor Titular

Depto. Producción Animal

INTRODUCCION

En las empresas agropecuarias cuyo rubro principal es la producción animal, en cualquiera de sus orientaciones, el factor más determinante en la rentabilidad de esa empresa, es la alimentación, y mientras más se intensifique el sistema productivo, mayor incidencia tendrá dicho factor.

Si se compara la incidencia del factor alimentación en los costos productivos totales, por ejemplo en un sistema de producción ovina de tipo extensivo, comparado con un sistema semi-intensivo o intensivo, se observa que en el primer caso, no más de un 30-40% de los costos totales de producción está representado por la alimentación, en cambio en el segundo sube a 50-60% y en el tercero a 70%, dependiendo del grado de intensificación que se tenga. En producción de leche se observa una situación similar, al comparar sistemas productivos más extensivos, como los de la zona sur, respecto a aquellos de la zona central cercanos a las grandes metrópolis, que dependen en mayor grado de alimentos importados al predio que de las praderas.

Las fuentes alimenticias tradicionales tales como los granos, afrechos, henos, tortas y afrechos de oleaginosas, harinas de pescado, de carne y otros, han alcanzado un alto precio de compra, al cual se suma el costo del transporte, lo cual hace que en muchos casos no compense al productor utilizar estos recursos, ya que la relación costo beneficio es baja. El ganadero debe entonces recurrir a otros recursos alimenticios, que le permitan desarrollar su proceso productivo con una rentabilidad adecuada.

En cada predio o en cada área o región existe una gran variedad y cantidad de recursos poten-

cialmente alimenticios, los que normalmente se que- man, se botan o se incorporan al suelo y sólo en pequeña proporción se usan en la alimentación animal. Estos recursos provienen de cultivos, cosecha de frutas, agroindustrias, actividad forestal, explotaciones de animales monogástricos (aves y cerdos), etc.

En el país, existe información parcial y sectorizada del valor nutritivo y posible utilización de muchos de estos recursos y es responsabilidad de todos, organismos de investigación, sector privado, etc. apoyar las acciones para llegar a una máxima utilización de ellos.

La Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile, a través de su Departamento de Producción Animal, en un Proyecto de Investigación conjunto con el Fondo de Investigaciones Agropecuarias (FIA) del Ministerio de Agricultura y Empresas relacionadas, como Veterquímica y Malloa, están realizando estudios al respecto.

CLASIFICACION Y DESCRIPCION DE LOS RECURSOS CON POTENCIAL ALIMENTICIO

Si se toma como base el origen primario de los recursos, ellos se pueden clasificar en al menos cuatro grandes grupos de acuerdo a su origen: vegetal, animal, marino, y, microbial.

En cada uno de estos grandes grupos, hay una gran variedad de recursos que tienen un mayor o menor potencial alimenticio factible de ser utilizado en alimentación de alguna de las especies productivas animales. Muchos de ellos han sido estudiados en profundidad y ya están integrados en

los sistemas alimentarios; sin embargo, en la gran mayoría existe muy poca información respecto de su disponibilidad, valor nutritivo o aceptabilidad por los animales, lo cual implica una baja utilización de aquellos.

Recursos de Origen Vegetal

Constituye el grupo más numeroso de residuos y subproductos y en él pueden hacerse las siguientes subdivisiones según provenga de:

- cultivos agrícolas
- frutales y viñas
- la agroindustria
- la industria forestal

Subproductos y residuos derivados de cultivos agrícolas

De cultivos tradicionales

La gran expansión de las áreas de cultivos tradicionales observada en los últimos años, sumada a los mejoramientos genéticos realizados en las plantas, los mejores métodos de riego, el uso más alto de fertilizantes y el mayor control de plagas y enfermedades, ha producido un notorio incremento en la producción de biomasa, lo que ha implicado un aumento significativo en los rendimientos del grano y de la parte residual.

De esta biomasa generada, el hombre utiliza sólo una pequeña parte, que se estima en un 30 a 40%. El resto, correspondiente a las estructuras vegetales tales como tallos, hojas, envolturas, pajas, vainas, etc. que quedan en el terreno, se queman o se acumulan para descomposición, y sólo en una mínima proporción pasa a integrar los sistemas alimentarios de los animales domésticos. Es así que, por ejemplo, en una hectárea de cereales (trigo o cebada) en la que se produzcan 24 qq de grano, se obtendrán en promedio 24 qq de paja. En el caso del maíz, se calcula que una hectárea que produzca 60 a 70 qq de maíz, puede producir entre 5 y 11 toneladas de caña y paja, base materia seca, sin tomar en cuenta las corontas y chalas o envolturas.

La producción de residuo por unidad de superficie, depende de una serie de factores, tales como: especie cultivada, variedad, condiciones del cultivo (riego o secano, fertilización, época de siembra), no obstante, se puede hacer algunas estimaciones muy generales de lo que podrían producir algunos cultivos (Cuadro 1).

Se observa que el maíz y el arroz son cultivos que producen una gran cantidad de residuos, de material que queda en el campo como cañas u hojas o chalas, como de corontas, al desgranarse el maíz. En el arroz, además de la paja, se produce una gran cantidad de cáscaras de sus granos.

Los distintos cultivos producen diferentes variedades de residuos. Así, de los cereales (trigo, cebada, avena, sorgo, arroz) se obtiene paja, capotillo, granza y cáscaras (arroz), además de los

CUADRO 1

Producciones estimadas de residuos agrícolas en cultivos de cereales y chacarería

Especie	Paja Ton/ha	Envolturas (Chalas y corontas)	Factor de Conversión (1)	
			Total	60%
Trigo	3 - 4	0,2 - 0,3	1,0	0,6
Cebada	3 - 4	0,4 - 0,5	1,2	0,72
Avena	3,5 - 4,5		1,3	0,78
Arroz	5 - 6	2,0	1,3	0,78
Maíz	7 - 8	2 - 3	2,0	1,20
Poroto	(Caña y hojas) 2 - 3	0,3 ton/há	0,8	0,48
Lentejas	1,5 - 2,0		1,5	0,90
Garbanzos	2 - 3		0,7	0,42
Arvejas	2,5 - 3			
Chícharos	2,4 - 3			

Fuente: (1) Ton de paja/Ton de grano cosechado.

residuos que se producen en la industria molinera y que corresponde a afrechos y harinillas. Del maíz se obtiene caña, chalas, corontas, y de las legumbres (lenteja, garbanzo, poroto, chícharos) se obtiene paja, vainas y granzas.

La gran mayoría de estos residuos de cultivos, se caracterizan por tener bajos contenidos de nitrógeno o Proteína Bruta, bajos porcentajes de digestibilidad, derivada de un elevado contenido de lignina, que envuelve a la celulosa y hemicelulosa, y finalmente, son deficientes en minerales co-

mo calcio y fósforo y ricos en Silice (Cuadro 2). Estas características, los hacen poco consumibles por los animales rumiantes y rechazados por los monogástricos. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, algunos de ellos constituyen una fuente alimenticia de emergencia para pequeños propietarios, los que alimentan sus bueyes o vacas o otros animales, durante los meses más críticos. En países con agricultura y ganadería más avanzadas, todos estos residuos son cosechados y mejorados en su valor nutritivo e incluidos en las raciones de los animales.

CUADRO 2

Composición química y digestibilidad de diversos residuos de cultivos de cereales y de chacarería (expresado en porcentaje)

Especie	P.B.	F.B.	D.M.O.	F.D.N.	Celulosa	lignina	Ceniza
P. Trigo	4 - 5	30 - 32	35 - 45	81 - 83	40 - 42	9 - 10	8 - 10
P. Cebada	5 - 6	29 - 30	45 - 50	80 - 81	42 - 44	7 - 9	6 - 8
P. Avena	4 - 5	28 - 30	48 - 55	83 - 84	44 - 45	9 - 10	4 - 5
P. Arroz	5 - 7	30 - 33	45 - 55	65 - 67	33 - 36	8 - 10	12 - 15
Casc. Arroz	2 - 3	35 - 40	25 - 30	78 - 82	34 - 36	9 - 11	15 - 17
Caña Maíz	4 - 6	30 - 39	52 - 55	81 - 83	30 - 35	7 - 9	6 - 9
Coronta	3 - 4	33 - 35	30 - 35	80 - 83	40 - 45	8 - 9	2 - 3
P. Poroto	8 - 10	28 - 30	65 - 70	62 - 64	30 - 38	8 - 10	4 - 6
P. Lenteja	10 - 12	30 - 32	50 - 55	65 - 70	30 - 35	9 - 11	4 - 6
V. Poroto	6 - 7	35 - 38	70 - 80	70 - 80	45 - 50	7 - 8	6 - 8

Fuente: P.B. = Proteína Bruta F.B. = Fibra Fruta D.M.O. = Digestibilidad Materia Orgánica
F.D.N. = Fibra Detergente Neutro.

Existen diversos caminos para mejorar el valor nutritivo de los residuos de cultivos. Ellos son:

a) Mediante la adición de los nutrientes deficientes

Las deficiencias en nutrientes mostradas en el Cuadro 2, pueden ser parcialmente solventadas, agregando dichos compuestos faltantes al forraje. Es así, que para mejorar su nivel proteico, la adición de urea, en cualquier forma (líquida, sólida en forma de bloques) o de algún afrecho de oleaginosa, ha aumentado significativamente la digestibilidad y la utilización de las pajas de cereales.

Sin embargo, la proteína no es el único compuesto deficiente en esos forrajes; también lo son las azúcares y almidones, pues ayudan a que los microorganismos ruminales puedan fermentar adecuadamente la celulosa y hemicelulosa. Al respecto, la adición de melaza (azúcares del tipo fructo-

sa) y de coseta, harina de maíz o afrecho de trigo (almidón) han inducido ganancias de peso significativamente mayores. La adición de fuentes de nitrógeno y de carbohidratos solubles, más minerales, induce los mejores resultados en cuanto a la utilización de los residuos de cultivos, por los animales.

El uso de bloques de urea-sal, en los que se han incorporado carbohidratos solubles y minerales, ha demostrado ser efectivo en aumentar el grado de fermentación de las pajas y de los henos de baja calidad. Esto ha derivado en un mayor consumo de ellos y un mejor aprovechamiento, traducido en ganancias más altas de peso.

Dado que algunos residuos contienen mayores cantidades de nitrógeno, por ejemplo las pajas de leguminosas, y además poseen estructuras menos lignificadas, estas pueden mezclarse con las pajas de cereales, y dar así una utilización más eficiente a todas ellas.

b) Mediante tratamientos

Una de las características negativas de los residuos es el alto grado de lignificación de las estructuras vegetales, en las que la lignina envuelve como una malla a la celulosa y hemicelulosa, formando complejos que no son atacables por la flora ruminal. Existen diversos tipos de tratamientos (físicos, químicos o microbiológicos) mediante los cuales es posible hidrolizar estos complejos y liberar en una alta proporción a los carbohidratos fermentescibles.

El tratamiento más simple es aquel de tipo físico que consiste en moler la paja a un determinado tamaño de partícula, de modo de aumentar la superficie de ataque de las bacterias ruminales y aumentar la tasa de pasaje a través del rumen. Con esto se logra un mayor consumo de paja, aunque se disminuye algo el grado de ataque a la fibra por parte de las bacterias.

En la actualidad los tratamientos más utilizados, son los de tipo químico, en los cuales, las pajas son sometidas a la acción de un agente hidrolítico, ya sea ácido o hidróxido a una determinada concentración, con un determinado nivel de humedad y por un cierto período de tiempo. Las pajas así tratadas, aumentan significativamente su digestibilidad y son aprovechadas en mejor forma por los rumiantes.

Los agentes hidrolizantes más comúnmente utilizados son el hidróxido de sodio (soda cáustica), hidróxido de potasio (potasa) el óxido de calcio, (cal viva), el hidróxido de calcio (cal apagada), e hidróxido de amonio.

Los resultados, en cuanto a su efecto sobre el mejoramiento de la digestibilidad y utilización por parte del animal ha sido variable y en algunos casos sencillamente no ha habido respuesta. Por otra parte, la inclusión de algunos de estos compuestos químicos afectan sensiblemente la palatabilidad y el balance mineral del organismo provocando problemas secundarios. La adición del hidrolizante a la paja, que debe ser con un cierto nivel de humedad (30 a 50%) plantea problemas para mantener este nivel por las 72 horas del proceso, y posteriormente evaporar esta agua para evitar el desarrollo de hongos. El secado al sol o en ensilado de las pajas tratadas constituyen las alternativas más utilizadas. Sin embargo en países industrializados, las pajas tratadas, y mejoradas en su valor nutritivo, con otras sustancias, son pelletizadas, lo cual evita cualquier problema posterior al tratamiento.

El uso de hidróxido de amonio tiene la ventaja de adicionar nitrógeno, además de aumentar la digestibilidad de las pajas. Sin embargo, el tratamiento es caro y complicado, ya que es preciso

envolver los fardos en plástico e inyectar amoníaco en su interior.

De cultivos industriales

Considerando como cultivos industriales a todos aquellos destinados a procesar alguna parte de sus estructuras (tallo, grano, tubérculo, hoja, etc.) en Chile existen los siguientes:

a) Los orientados a la extracción de aceite: la maravilla, el raps y el cáñamo. Como consecuencia del proceso industrial se genera una gran cantidad de residuo llamado torta o afrecho que contiene elevadas cantidades de proteínas (35-40%) de buena calidad y algo de aceite residual. Su uso se ha orientado a monogástricos (cerdos y aves) debido principalmente a su alto costo. En rumiantes se usa en terneros y novillos durante ciertas etapas de su vida, como fuente proteica. El principal problema radica en el gusto amargo que posee y que limita el consumo, además de ciertos agentes cianogénicos que pueden causar trastornos especialmente en aves. Estos residuos se han estudiado profundamente y existe gran cantidad de información. Su uso en los sistemas alimenticios es común.

b) Los orientados a la extracción de azúcar: la remolacha. Es uno de los cultivos industriales de mayor importancia y que como resultado de su procesamiento se producen diversos subproductos y residuos. De la cosecha, queda en el campo las hojas y coronas de la remolacha, en una cantidad cercana a las 20 ton/há las que pueden ser consumidas directamente por el ganado o ser ensiladas para uso posterior. El problema principal que presenta es la elevada cantidad de oxalatos, que interactúa con el calcio de la dieta, formando oxalato de calcio, insoluble, y por lo tanto no absorbible.

A nivel de la industria se genera melaza y coqueta o pulpa seca de remolacha. Ambas son utilizadas en alimentación animal en forma masiva.

De cultivos hortícolas y chacarería.

La superficie agrícola destinada a horticultura y chacarería ha crecido en los últimos años subiendo de 81.000 há en la temporada 82/83 a 100.000 há en la temporada 88/89. De esta superficie, la chacarería ocupa un 75%, siendo nueve las principales especies cultivadas: choclo (11.700 há; tomates (10.900); cebolla (10.500 há); sandía (5.600 há); zapallo (5.600 há); poroto granado (5.00 há); poroto verde (3.700 há); arveja verde (3.700 há). Los cultivos hortícolas ocupan una superficie de

17.000 há, siendo las especies más cultivadas: lechugas (2.400 há); habas (2.200 há); zanahoria (2.100 há); pimienta (1.700 há); ajo (1.400 há) ají (1.200 há); repollo (1.050 há); apio (780 há); zapallo italiano (750 há); betarraga (720 há); coliflor (650 há); pepino (475 há); acelga (360 há) y espinacas (270 há).

En Chile, la información acerca de su valor nutritivo y aceptabilidad por los animales, es relativamente escasa. Los datos existentes están publicados en algunas Tablas de Composición de Alimentos del INTA y otras de la Facultad de Química y Farmacia.

El potencial de estos residuos es muy alto (Cuadro 3), ya que generan una gran cantidad de biomasa, y el valor nutritivo de ésta, es alto. Se ha medido la biomasa generada por algunos de estos cultivos: en tomate, cultivado en condiciones de invernadero se obtuvieron 8 ton de M.S./há y 6 bajo condiciones de cultivo normal; en haba 6 ton/há; en pimienta 8-9 ton/há en desechos de cultivos de acelgas; 10-12 ton/há; en zapallos de guarda (incluidos frutos de rechazo); 6/7 ton/há en sandías y melones (incluidos frutos de rechazo); en alcachofas, 12-15 ton/há (incluidos cabezas de rechazo). El valor nutritivo de estos residuos es, en general, alto (Cuadro 4) con niveles de proteína bruta de 6 a 9% y 50 a 65% de digestibilidad.

Los problemas principales para el uso de estos productos radican en su recolección, aun cuando diversos autores sostienen que ya sea el uso di-

recto o la recolección con "chopper" y posterior procesado elimina esta limitación. Sin embargo en Chile es necesario estudiar este aspecto ya que tiene alta incidencia en los costos de obtención. Por otra parte, su alto contenido de humedad es otro problema a considerar, ya que el secado con aplicación de energía fósil es poco rentable. Al respecto, las alternativas son o secarlo al sol en canchas "ad hoc" o con secadores solares caseros. Otra posibilidad es el ensilado, el cual tiene grandes ventajas ya que aumentaría su digestibilidad, concentraría algunos nutrimentos y se eliminarían algunas sustancias que producen olor o sabor desagradables a los animales. Una tercera alternativa sería su recolección, traslado al lugar de procesado (industria de alimentos animales) y su pelletizado, mezclado con forrajes de inferior calidad, de modo de obtener un producto de mayor calidad.

Dadas estas limitaciones, su mayor posibilidad de uso es en ganaderías intensivas que estén ubicadas cerca de los centros de producción hortícola, los que normalmente se sitúan alrededor de los centros urbanos, ya sea para su uso por pastoreo directo o previa recolección y ensilado.

Investigaciones realizadas en otros países (Estados Unidos, España, Francia) indican que, por ejemplo, los despusos de zanahoria, tubérculos de rechazo y coronas, constituyen un excelente alimento para el ganado estimándose consumos de 10 a 15 kg/animal/día. Similares resultados se han obtenido con lechugas, acelgas, coliflor, repollo y bulbos de cebollas.

CUADRO 3

**Producción estimada de residuos
de cultivos hortícolas**

Cultivo	Materia Verde (Ton/ha)	Materia Seca (Ton/ha)
Acelga	7 - 8	0,65 - 0,75
Alcachofa	15 - 25	2,5 - 3,5
Apio	30 - 40	2,0 - 3,0
Arveja Verde	10 - 15	1,0 - 1,5
Coliflor	29 - 32	2,5 - 3,0
Espárragos	5 - 10	0,7 - 1,7
Habas	30 - 40	4,0 - 6,0
Melón	11 - 15	1,2 - 1,5
Pimienta	30 - 40	4,0 - 5,0
Poroto Verde	25 - 30	4,8 - 5,5
Poroto Granado	20 - 25	4,0 - 5,0
Repollo	20 - 25	1,3 - 1,8
Sandía	20 - 22	4,0 - 4,5
Tomate	30 - 50	6,0 - 1,0
Zapallo	50 - 70	5,0 - 6,0

Derivados de frutales y vides

Frutas de desecho: Al momento de la cosecha y selección, existe una gran cantidad de fruta no apta para consumo humano, ya sea por daños físicos, pudrición fungosa o algún tipo de peste. Algunas de estas frutas se utilizan para elaboración de pulpa y jugos, pero queda un gran remanente que se bota y se pudre. Este residuo, del cual no se tienen datos en cuanto a disponibilidad potencial, tiene gran potencial ya que esta fruta posee altos contenidos de fructosa, que puede ser aprovechada por monogástricos y rumiantes. Las investigaciones realizadas en los Estados Unidos indican que duraznos frescos o secos, peras frescas, ciruelas y uvas son consumidas por el ganado sin problemas de tipo digestivo.

En Chile, durante los períodos en que la uva vinífera ha tenido un precio muy bajo, los productores han vendido la producción para que los ganaderos crien y engorden cerdos con este recurso, obteniéndose buenos resultados, aun cuando

CUADRO 4

Composición química proximal de diversos residuos y subproductos de cultivos hortícolas y de chacarería, (expresado en porcentaje)

Nombre	TND	P.C.	E.E.	F.B.	CEN.	DIGEST.	Ca	P
Alcachofa (parte aérea)	60,0	5,1	1,1	18,0	7,7	48 - 55	1,6	0,11
Apio	62,0	15,3	1,7	10,2	16,9	80 - 83	0,66	0,5
Betarraga	76,8	12,6	0,8	6,3	8,7		0,13	0,3
Betarraga, hojas	53,0	24,2	3,3	14,3	-		1,3	0,4
Brocoli	70,0	33,0	2,8	13,8	10,1		0,9	0,7
Cebolla	57,6	12,6	2,0	22,6	8,0		1,8	0,21
Coliflor	70,0	30,0	2,2	11,1		70 - 75	0,22	0,7
Espárragos secos	49,0	15,6	1,0	31,9	7,7			
Haba semilla	78,8	29,2	1,5	8,8	4,0		0,1	0,6
Haba vainas	52,0	7,7	1,1	37,9	4,2	80 - 83	0,85	0,1
Haba paja	48,7	6,8	1,6	45,0	8,3	65 - 68	1,8	0,1
Lechuga	51,0	22,0	4,1	11,2	15,9	80 - 82	0,86	0,5
Melones	70,7	11,5	3,3	23,0	6,6	60 - 65		
Poroto verde								
Paja	51,0	20,5	1,7	24,0	14,5	61 - 65	1,44	0,3
Repollo	85,3	25,3	4,2	15,8	14,7	70 - 75	0,6	0,3
Bruselas	73,0	33,1	2,7	10,8	8,1		0,3	0,5
Sandía	72,0	14,0	3,2	18,0	8,0	67 - 70		
Tomate fruto	69,0	16,4	5,0	9,1	-	53 - 55	0,16	0,5
Tomate, hojas y Tallos	46,7	26,4	1,7	15,4	26,3	50 - 55		
Zanahorias	82,0	10,3	1,4	9,1	9,7		0,4	0,3

Fuente: TND = Total de Nutrientes Digestibles P.C. = Proteína Cruda
 E.E. = Extracto Etereo F.B. = Fibra Bruta Ca = Calcio
 P = Fósforo

CUADRO 5

Composición química proximal de diversas frutas de desecho (expresado en porcentaje)

Nombre	TND	P.B.	E.E.	F.B.	CEN.	Ca	P
Ciruelas c/cuesco	81,0	5,3	2,9	13,1		0,1	0,1
Damascos secos	77,1	-	-				
Duraznos	80,0	8,7	3,7	10,3			
Manzana	70,0	2,8	2,2	7,3	2,2	0,06	0,06
Naranjas	78,1	7,5	1,9	11,3	4,4	0,6	0,1
Peras	86,7	6,1	2,1	-	-		

Fuente: TND = Total Nutrientes Digestibles P.B. = Proteína Bruta
 E.E. = Extracto Etereo CEN. = Cenizas Ca = Calcio P = Fósforo

no existen datos cuantificados. El valor nutritivo de algunos de estos productos se presenta en el Cuadro 5, con datos provenientes de estudios rea-

lizados en los Estados Unidos.

Otro recurso residual es el llamado "pelón de almendra", el cual en países como España tiene

gran importancia, dadas las superficies plantadas con este frutal. Su valor nutritivo es mediano, conteniendo alrededor de un 10% de fibra bruta, un 60% a 80% del valor energético del grano de cebada y un 4% a 5% de proteína bruta (Cuadro 6).

Derivados de la agroindustria

En este grupo se han incluido todos aquellos residuos provenientes del procesamiento e industrialización de hortalizas, frutas y vides, e incluyen aquellos residuos de las industrias conserveras, congeladoras, secadoras o productoras de pulpas y jugos.

Derivados de la industrialización de hortalizas

Existen dos tipos de industrias procesadoras de hortalizas: aquellas que envasan hortalizas en tarros, (arvejas, porotos verdes, choclos, betarragas, tomates, etc.) y aquellas que congelan estos productos. En ambos casos se produce una gran cantidad de residuos que pueden consistir en frutos, granos, tubérculos, legumbres, etc. Dentro de ellos cabe destacar los despuntes de choclos, las chalas o envolturas de las mazorcas, los rechazos de porotos verdes, orujo de tomates, los re-

chazos de tubérculos y las vainas de leguminosas. Estos residuos son de buen valor nutritivo y en la actualidad se utilizan en un grado mínimo, perdiéndose la mayor parte. Los datos de disponibilidad y valor nutritivo son relativamente escasos y es necesario ahondar las investigaciones al respecto.

Derivados de la industrialización de frutas

Del procesamiento de las frutas se generan dos tipos de residuos: aquellos provenientes de la industria de jugos y concentrados, especialmente de cítricos (orujo de cítricos) y de pomáceas (pomasa de manzana). Ambos productos son de alta digestibilidad y valor nutritivo, especialmente energético, siendo semejante al de la coseta de remolacha. Su nivel de fibra es de alrededor de 15% y la proteína bruta de 7-8%. Un problema que se presenta en el uso de estos residuos es el alto contenido de pesticidas, ya que la cáscara forma parte importante de ellos, lo cual puede traer serios problemas al ganado que lo consuma. Estos residuos se generan en lugares específicos, por lo que su recolección es fácil, aun cuando por su bajo peso específico encarece el transporte; sin embargo, algunas agroindustrias lo comercializan a productores de cerdos y de ganado de car-

CUADRO 6

Composición química proximal de subproductos de la industrialización de frutas (expresado en porcentaje)

Nombre	TND	P.B.	E.E.	F.B.	CEN.	D.M.O.	Ca	P
Pelón almendra	57,0	4,4	4,0	14,0	6,6	68,0	0,2	0,1
Pulpa citrus	82,5	6,6	3,3	12,6	7,7	78,0		
Pulpa citrus seca	77,0	6,9	3,8	14,0	7,0	86,0	2,0	0,1
Pulpa manzana	74,0	7,8	6,3	20,6	4,9	81,0	0,1	0,1
Orujo manzana	69,0	4,9	5,1	17,0	2,2		0,13	0,12
Pulpa oliva con cuesco seca	40,0	6,4	16,9	39,7	2,7	36,0		
Pulpa peras	70,6	6,1	2,1	23,8	4,0	80,0	2,4	0,1
Peras resid. conservería	69,3	3,9	1,3	17,1	2,0			
Pulpa tomate ensilada	84,0	13,4	14,6	45,0	4,5	65,0	0,4	0,6
Orujo uva s/escobajo (pulpa uva)	62,0	14,0	8,0	33,3	6,0	46,0	0,5	0,4
Orujo uva c/escobajo	30,0	14,3	10,0	35,4	12,6	32,0		

Fuente: TND = Total Nutrientes Digestibles P.B. = Proteína Bruta
E.E. = Extracto Etereo F.B. = Fibra Bruta CEN. = Cenizas
D.M.O. = Digestibilidad Materia Orgánica Ca = Calcio P = Fósforo

ne. Las investigaciones realizadas en los Estados Unidos indican que puede incluirse en niveles de 15 a 20% en raciones de engorda de novillos o vacas lecheras, con resultados satisfactorios.

Derivados de la industria vitivinícola

El principal residuo de esta industria es el orujo de uva, compuesto por el escobajo, las pepas y los hollejos. En muchos casos las pepas son derivadas a la obtención de aceite comestible, quedando un residuo semejante al afrecho o torta de oleaginosas. El orujo tiene un valor nutritivo relativamente bajo, principalmente por el alto nivel de fibra proveniente del escobajo y del hollejo y que es de 30-34% (Cuadro 19). Investigaciones realizadas en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile en relación al uso del orujo en alimentación de cerdos indican que se pueden incluir hasta 10-12% sin resultados adversos en cerdos sobre 60 kg de peso vivo (orujo sin escobajo). Investigaciones realizadas en California, indican inclusiones de 15 a 20% de orujo sin escobajo en raciones para ganado de engorda.

Derivados de la industria cervecera

De la industria cervecera se genera como residuo, el orujo de cervecería que puede ser húmedo o seco. Tiene un alto valor nutritivo, fluctuando la proteína bruta entre 20 a 25%, base materia seca, con un nivel energético equivalente a un 80% del grano de cebada y una digestibilidad de 65 a 70%.

Las investigaciones realizadas tanto en Chile como en otros países recomiendan niveles de inclusión de 20 a 25% en lechería y 15 a 20% en engordas de novillos.

Derivados de la industria forestal

De esta industria se generan dos residuos con un cierto potencial para ser utilizados en alimentación animal: uno de ellos es el aserrín y el otro es la viruta, proveniente del cepillado. Ambos son de una digestibilidad muy baja (entre 1 a 3%) lo cual limita su uso en animales; sin embargo, con tratamientos químicos adecuados esta digestibilidad puede ser aumentada casi en un 1000% y llegar a niveles de 20 a 30%, con lo cual puede incluirse en niveles bajos en raciones de rumiantes. La otra alternativa es utilizarlo de base de cama de broiler para su posterior uso en rumiantes o como sustrato para el desarrollo y proliferación de hongos que depolimerizan y degradan la lignina, celulosa y hemicelulosa, dejando cadenas carbonadas muy simples y de más alta digestibilidad. El nivel de inclusión que las investigaciones actuales recomiendan es de no más de 15 a 20%, pero al ser tratado con hongos este nivel puede aumentarse hasta 30 a 40%.

En la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile, se estudió la aplicación de tratamientos químicos con NaOH y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a aserrines de dos tipos de maderas: duras (roble) y blandas (pino). Se observó en las maderas duras, que de una digestibilidad inicial de 1 a 2%, se subió a 11% con aplicación de NaOH o de CaO, lo que representa un incremento de un 1000%, detectándose una baja notoria de la hemicelulosa, lo que indica un rompimiento de la estructura lignocelulósica. En aserrín de pino, la digestibilidad inicial fue de 7% y se aumentó hasta un 37% y 45% con aplicaciones altas de hidrolizante. Esto significa un incremento de un 400 a 500%.

Al incluir aserrín de pino sin tratar o tratado en

CUADRO 7

Composición química proximal de subproductos y residuos de la industria vitivinícola (expresado en porcentaje).

Nombre	TND	P.C.	E.E.	F.C.	CEN.	Ca	P
Pepas uva	52,9	11,5	6,5	47,2	3,2		
Orujo uva	30,0	12,7	7,6	33,0	5,5	0,5	0,4
Orujo s/escob.	61,5	14,0	7,9	33,3	6,0		

TND = Total Nutrientes Digestibles P.C. = Proteína Cruda
 E.E. = Extracto Etereo F.C. = Fibra Cruda CEN. = Cenizas
 DIG. = Digestibilidad Ca = Calcio P = Fósforo

raciones de corderos adultos, en niveles de 20%, se observó un aumento en la digestibilidad in vitro de la Materia Seca, en la ración con aserrín tratado, equivalente a un 10% de incremento. La retención de N aumentó de 1,09 a 3,02 gr/día. El nivel de consumo fue algo superior en el grupo con aserrín tratado. En investigaciones realizadas en España, se ha observado que la inclusión de hasta un 20% de aserrín en la ración de novillos de engorda, no afectó significativamente la ganancia de peso. El problema principal en este recurso es el alto contenido de resinas y su baja palatabilidad, lo que hace bajar el nivel de consumo. Una posibilidad es tratar el aserrín y usarlo como cama de broiler previo a su inclusión en raciones de rumiantes. Esto mejoraría su valor nutritivo y palatabilidad.

RECURSOS DE ORIGEN ANIMAL

Existe una gran variedad de subproductos y residuos de origen animal que se usan o tienen valor potencial de ser utilizados en alimentación animal. Se incluyen las harinas de pescado, de carne, de sangre, harinas de residuos de mataderos de aves, harinas de plumas, todas las cuales se pueden usar en alimentación de aves y cerdos.

En la actualidad ha adquirido notorio interés, el reciclaje de desechos animales (excretas) a través de otros animales, de modo de aumentar la eficiencia de utilización de los nutrientes y aprovechar otros que se sintetizan en el tracto digestivo de los animales.

Un ejemplo típico de animal que recicla sus propias fecas es el conejo, el cual durante el período de alimentación nocturno consume sus fecas que ha acumulado durante el día. Esto contribuye a que el conejo sea más eficiente en usar forrajes y otros tipos de alimentos.

El problema principal se deriva del uso alternativo de las deyecciones que hace subir su precio. Ellas son utilizadas en diversos procesos: como fertilizantes, como sustratos para lombrices, como sustrato para microorganismos unicelulares, como acondicionadores de suelo, etc.

La cantidad de deyecciones existente y con potencial de ser utilizada en alimentación animal es muy alta. Por ejemplo, una vaca genera alrededor de 10-15 kg de excreta, una oveja alrededor de 1-1,5 kg; un cerdo alrededor de 1,5-2,5 kg y un ave entre 100-150 gr/día.

El reciclaje no debe pensarse exclusivamente en términos de incluir directamente las deyecciones de la misma u otra especie en la alimentación de otra. También está dentro del concepto del reciclaje, generar proteína microbiana o fungosa o de

lombrices, para a su vez esta proteína incluirla en raciones de animales.

En el presente trabajo, el análisis se centrará en las deyecciones de aves, por ser las de mayor potencial actual, a pesar que las de cerdo poseen un alto potencial nutricional.

Existen dos tipos de deyecciones de aves, la "cama de broiler" proveniente de la crianza y engorda de los pollos de carne, y el guano de ponedoras. El primero incluye un material base de cama, que puede ser aserrín, viruta de madera, cáscara de arroz o paja de trigo y sobre el cual se acumula las deyecciones de los broiler, más alimento desperdiciado, y plumas. En el guano de ponedoras no existe la cama.

Desde el punto de vista nutricional, este tipo de recurso se caracteriza por su alto contenido de proteína cruda, ceniza y fibra (en el caso de la cama de broiler), a la vez que presenta un bajo nivel energético. En países como Estados Unidos, España, Francia, etc. desde hace muchos años, se han utilizado en alimentación de rumiantes, existiendo amplia información respecto a sus características físicas, a su valor nutritivo y a la utilización por parte del animal.

La composición química es muy variable en todos sus componentes químicos. Así, por ejemplo, la proteína bruta puede fluctuar desde 10 a 32%. Igual situación se observa en las cenizas y en la fibra bruta. En general la cama de broiler tiende a ser mucho más variable que el guano de ponedoras, lo cual se explica por la base de cama (Cuadro 8).

Los factores que inciden sobre la gran variabilidad en la composición química son:

- Tiempo de permanencia: Mientras más tiempo permanezcan las aves, mayor es la relación excreta-sustrato.

- Tipo de aves: En general, las camas de broiler contienen más nitrógeno y menos ceniza que las deyecciones de aves de postura.

- Manejo de las excretas y período de almacenamiento: Una parte importante del N se pierde por volatilización como amoníaco bajando el nivel de proteína cruda y afectando la palatabilidad.

- Tipo de sustrato y piso usado: El material base puede ir desde aserrín, viruta, a pajas o cáscaras de arroz. El piso en las ponedoras puede ser de cemento o de tierra.

- Densidad de aves/m²: A mayor densidad, más acumulación de excretas y relación sustrato-deyecciones más altas.

Del total del nitrógeno presente en las camas y deyecciones, un 65% es de origen proteico siendo el resto de origen no proteico, principalmente

CUADRO 8

Composición química de diversos tipos de camas de broiler y deyecciones de ponedoras (expresado en porcentaje)

Características	M.S	P.C.	CEN.	F.C.
A Camas de Broiler:				
- Base Viruta	91,5	19,6	11,2	34,9
- Base Capotillo Arroz	76,5	14,0	25,4	16,2
- Base Aserrín		11,2		
- Base Viruta Alamo	86,7	28,8	12,9	41,4
- Base Capotillo Arroz	86,3	31,8	14,7	
Promedio:				
Para Piso Tierra	60,7	22,4	29,3	30,3
Para Piso Cemento	60,9	21,7	13,6	29,6
B Deyecciones de Ponedoras				
Guano de Gallina	85,8	15,8	45,1	
Guano de Gallina	30,6	10,0	10,2	
Guano de Gallina		33,8	16,2	14,6
Cama de Postura	66,7	11,0	26,6	25,6
Promedio Deyecciones	39,4	20,2	45,0	16,0
Camas	74,4	14,6	33,0	26,9

Fuente: M.S. = Materia Seca P.C. = Proteína Cruda
CEN. = Ceniza F.C. = Fibra Cruda

ácido úrico y amoniaco.

En general el empleo de cama de broiler y de guanos de ponedoras en alimentación de rumiantes ha dado buenos resultados, especialmente cuando se le combina con fuentes energéticas como melaza, coqueta, afrechillo, o granos. Según resultados obtenidos en investigaciones realizadas tanto en Chile como en el extranjero, señalan que es posible incluir niveles de hasta 60% sin afectar el consumo ni ganancia de peso.

Recursos de origen microbial

La mayor parte de los subproductos o residuos agroindustriales y forestales tienen como denominador común, su baja digestibilidad y bajo contenido de nitrógeno.

Además de los métodos químicos para aumentar su digestibilidad y la adición de fuentes nitrogenadas para solucionar esta deficiencia, existen métodos para mejorar su valor nutritivo a través de la acción de microorganismos específicos, los cuales pueden actuar hidrolizando ciertos componentes de la pared celular (lignina, celulosa, hemicelulosa) o del contenido celular (almidón, azúcar, etc.).

Este análisis se centrará en el mejoramiento de los residuos fibrosos, tales como pajas, aserrines, virutas, cáscaras de arroz, almendras, tallos de maíz, etc. Las vías para aumentar el valor nutritivo de estos materiales son cuatro:

- Por incremento en la digestibilidad, lo cual se logra por hidrólisis de los complejos ligno-hemocelulósicos y celulósicos, permitiendo un mejor grado de ataque de la microflora ruminal. Si la degradación por microorganismos reduce la fibra a menos de 15%, este material podría utilizarse en alimentación de monogástricos.

- Por incremento en la cantidad y calidad del contenido de nitrógeno, produciendo proteína y aminoácidos. En la mayoría de los residuos, se puede obtener un considerable aumento en la producción de proteína microbial, adicionando fuentes nitrogenadas de bajo costo, como urea o sales de amonio. Las células microbiales producidas tendrán un 50% de proteína.

- Produciendo grasa microbial, lo cual se logra con una alta relación C:N en el sustrato a fermentar. En este caso, las células microbiales que se producen pueden tener hasta un 70% de grasa.

– Produciendo vitaminas y aminoácidos: Los hongos y bacterias que fermentan estos substratos producen considerables cantidades de vitaminas, especialmente del complejo B, vitamina D, además de compuestos carotenoides y aminoácidos, entre los cuales destaca la lisina.

En el caso de los materiales fibrosos, los complejos lignocelulósicos y hemicelulósicos, son extremadamente resistentes a la acción fungosa o bacteriana, y sólo los hongos de pudrición de la madera son capaces de hidrolizarlos. Una vez que la estructura de lignina está rota, otros hongos y bacterias son capaces de degradar la celulosa y hemicelulosa liberada. En este proceso, se produce un gran incremento de la masa fungosa, rica en proteínas, y compuestos estructurales de alta digestibilidad. Muchos de los hongos fijan N atmosférico, aumentando el contenido y calidad proteica del substrato. La literatura señala al respecto que el contenido de proteína del producto resultante de la conversión tendrá un nivel de 45/50% de proteína bruta, de la cual un 15 a 20% corresponderá a ácidos nucleicos. La proteína sintetizada es de alta calidad existiendo todos los aminoácidos esenciales.

El principal problema para su uso en alimentación animal, podría derivar del hecho que hay especies de microorganismos que producen toxinas, sin embargo, sólo una pequeña fracción del total de estos microorganismos las producen, por lo que los riesgos son menores.

Estos productos generados a partir de la acción de microorganismos y dependiendo del substrato inicial pueden ser utilizados en monogástricos, pero es necesario tener precaución con los niveles de ácidos nucleicos ya que derivan a ácido úrico y causa una serie de trastornos, especialmente en aves en crecimiento.

La estimación de los costos de producción obtenidos en España, indicarían, para las condiciones de ese país, que la proteína microbiana podría ser producida a un precio competitivo con la proteína de soya.

CONCLUSIONES

Los recursos con potencial alimentario de que dispondrían los animales para una alimentación más económica son de una gran variedad y disponibilidad, dependiendo éstas de la zona y tipos de producciones vegetales que se realicen.

La mayor parte de estos recursos están constituidos por residuos de la producción vegetal y por excreciones de los mismos animales, todos los cuales son posibles de ser reciclados en las diferentes especies animales productivas. Sin embargo,

la gran mayoría de ellos presenta algún tipo de limitante que es necesario corregir previo a su uso.

Las principales limitantes que se observan en ellos se pueden resumir en las siguientes:

- Bajo nivel de digestibilidad o aprovechamiento por parte del ganado, la cual se debe a su estructura de celulosa y lignina. Esta limitante puede corregirse por medios físicos, consistentes en picar o moler el producto, o medios químicos agregando sodá cáustica o cal apagada. Ejemplos típicos son las pajas de cereales y leguminosas.
- Altos niveles de humedad, lo que limita su consumo por el animal y los hace muy susceptibles a pudriciones o fermentaciones inadecuadas o a ataques de hongos. Esta limitante puede disminuirse ya sea por secado al sol, secado con aplicación de calor o ensilando el producto. Este último parece ser un proceso adecuado para muchos residuos, ya que permite el almacenamiento por largos períodos, la eliminación de sustancias tóxicas o sustancias que alteran su sabor.
- Bajos niveles de proteína, que restringe su uso en muchos de los procesos productivos. Este factor negativo puede atenuarse agregando otro residuo más rico en proteína o adicionando urea o concentrado protéico.
- Bajos niveles de carbohidratos solubles (azúcares y almidón), lo que puede mejorarse agregando melaza o subproductos de molinería o granos.
- Presencia de tóxicos o sustancias amargas que limitan fuertemente su consumo. Esta limitante puede disminuirse ya sea por ensilado o con lavados.
- La utilización conjunta o de mezclas de estos residuos parece ser la mejor y más lógica forma de uso en alimentación animal para su mejor conversión a producto útil.
- La distancia entre el lugar de origen o de producción y el lugar de uso, es un factor importante a considerar, ya que incide fuertemente en el costo del producto por concepto de flete. Así mismo, la recolección y almacenamiento son otros dos factores determinantes.
- El valor nutritivo, nivel de consumo y aprovechamiento de muchos de estos residuos se desconoce o falta información, lo cual es la principal razón de su desperdicio o uso ineficiente e inadecuado.
- Finalmente, se puede concluir que los costos de alimentación en las diferentes especies

domésticas se reducirá considerablemente al incorporar en un mayor porcentaje y más variedad de estos residuos y subproductos previamente sometidos a los procesos de mejoramiento del valor nutritivo de que se ha hablado.

Además éste hecho se traducirá en una mayor integración entre los grandes rubros de producción agrícola, agroindustrial y ganadera, dando como resultado final una mayor eficiencia productiva global y mayor rentabilidad en ellos.