

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

**USO DEL PAQUETE CELULAR EN LA ALIMENTACION ANIMAL:
ESTUDIO DE REVISION**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

NAYARIT EMERITA BALLESTEROS NOVA

Asesores:
QFB. M.C Pablo PérezGavilán Escalante
Mvz Epa José Ignacio Sánchez Gómez

México, D. F.

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A Dios, la fuerza universal, por acompañarme en todo momento y ayudarme a cumplir mis sueños.

A mis padres, Gustavo y Leda por su apoyo, sus consejos y cariño.

A mis hermanos por sus buenos deseos.

A Maricarmen y su familia por su cariño y apoyo incondicional.

A mis amigos y conocidos por enseñarme algo nuevo cada día y darme la oportunidad de ser un mejor ser humano.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Al Dr. Pablo PérezGavilán Escalante por su gran apoyo en la realización de este proyecto. Al igual que Mvz Epa José Ignacio Sánchez Gómez

A todas aquellas personas que de alguna manera han contribuido en el desarrollo y finalización de mi carrera.

CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
2. REVISIÓN SISTEMÁTICA.....	5
2.1. LA SANGRE ANIMAL EN EL MUNDO.....	5
2.1.1. La sangre animal recuperable en el mundo.....	5
A. La sangre animal recuperable en México.....	5
2.1.2. Sangre recuperable bovina.....	6
A. Grandes productores de sangre bovina en el mundo.....	6
B. Medianos productores de sangre bovina en el mundo.....	7
2.1.3. Sangre recuperable porcina.....	7
A. Grandes productores de sangre porcina en el mundo.....	7
B. Medianos productores de sangre porcina en el mundo.....	8
2.1.4. Sangre aviar recuperable en el mundo.....	9
A. Grandes productores de sangre aviar en el mundo.....	9
B. Medianos productores de sangre aviar en el mundo.....	10

2.1.5. Sangre recuperable de ovinos y caprinos.....	11
A. Grandes productores de sangre de ovinos y caprinos	
en el mundo.....	11
B. Medianos productores de sangre de ovinos y caprinos	
en el mundo.....	11
2.2. POTENCIAL NUTRICIONAL DEL USO DE LA SANGRE ANIMAL	
RECUPERABLE EN EL MUNDO.....	13
2.2.1. Población mundial (Comparación con las necesidades de	
la población mundial).....	13
2.2.2. Población en México (Comparación con las necesidades de	
la población de México).....	14
2.2.3. Aminoácidos limitantes en las proteínas de la sangre.....	15
2.2.4. Diferencias en el valor nutritivo de la sangre de diferentes	
especies productivas.....	16
2.3.PRINCIPALES MOLÉCULAS DE LA SANGRE.....	18
2.3.1. Hemoglobina.....	18

2.3.2. Albúmina.....	20
2.3.3. Globulinas.....	21
2.3.4. Fibrinógeno.....	23
2.4. INDUSTRIALIZACIÓN DE LA SANGRE.....	24
2.4.1. Industrialización de la sangre entera.....	24
2.4.2. Industrialización del paquete celular.....	27
2.4.3. Industrialización del plasma.....	28
2.5. USO DE PAQUETE CELULAR SANGUÍNEO EN	
ALIMENTACIÓN ANIMAL.....	30
2.5.1. Rumiantes.....	30
2.5.2. Porcinos.....	35
2.5.3. Aves.....	37
2.5.4. Animales acuáticos.....	37
2.6.PROUESTA FINAL.....	40
REFERENCIAS.....	42

CUADROS.....54

FIGURAS.....66

RESUMEN

BALLESTEROS NOVA NAYARIT EMERITA. Uso del paquete celular sanguíneo en la alimentación animal: Estudio de revisión (bajo la dirección de: QFB. M.C Pablo Pérez Gavilán Escalante y MVZ Esp. José Ignacio Sánchez).

En el año 2009 se pudieron haber recuperado en el mundo 138 millones de toneladas de sangre (ovinos, caprinos, aves, bovinos y porcinos), esta sangre es utilizada en productos de bajo valor comercial o en el peor de los casos desechada. Si a la sangre se le añaden anticoagulantes y se separa por centrifugación en plasma y paquete celular, se obtendrían anualmente 8.3 millones de toneladas de proteínas de paquete celular aproximadamente, proteínas altamente digestibles que podrían ser utilizadas en alimentación humana y animal.

En la revisión bibliográfica se encontró que el paquete celular hidrolizado puede ser utilizado como reemplazo de hasta el 55% proteínas lácteas en sustitutos de leche para becerros. En dietas para cerdos lactantes se puede incluir del 2.5-2.7% paquete celular seco por aspersión en reemplazo de otras fuentes proteicas; se puede aumentar la inclusión hasta el 9% si suplementamos con isoleucina. En cerdos en finalización se recomienda hasta un 4% de inclusión de paquete celular seco por aspersión. En el pollo de engorda se recomienda hasta el 5% de inclusión de paquete celular sanguíneo. En el caso de los organismos acuáticos se puede reemplazar a la harina de pescado por paquete celular sanguíneo en un

50% en dietas para Tilapias del Nilo y Anguilas; 5% de inclusión de paquete celular secado por aspersion en dietas para Carpa Dorada; 12.5% de inclusión de paquete celular en dietas para camarón blanco y 8.75% de inclusión de paquete celular sanguíneo en dietas para Trucha arcoíris, se puede aumentar el nivel de inclusión suplementando aminoácidos (arginina, isoleucina y metionina). En los rumiantes adultos se usa el paquete celular secado por aspersion y la sangre completa como proteína de sobrepaso. Al ver el potencial del uso del paquete celular como proteína de sobrepaso y teniendo como antecedentes trabajos anteriores sobre la recuperación y utilización de las proteínas de la sangre, se propone la mezcla del paquete celular porcino coagulado con maíz en sustitución de soya, como fuente de proteína de sobrepaso para la alimentación de los rumiantes.

INTRODUCCIÓN

En el año 2007 se pudieron haber recuperado en el mundo 132 millones de toneladas de sangre (ovinos, caprinos, aves, bovinos y porcinos), tomando en cuenta que la sangre tiene 19% de sólidos y 90% de proteínas, se obtendrían 23 millones de toneladas de proteínas. La población mundial en el 2009 se estimó en 6,671,226.000 habitantes aproximadamente (Cuadro 2.), al dividir la cantidad de sangre recuperable entre el número de habitantes se observa que a cada habitante del mundo le corresponderían 3,447 gramos de proteína de sangre animal al año; esta cantidad de proteína sanguínea podría haber cubierto el 31.5% de las necesidades anuales de proteína en el grupo poblacional de 0-14 años en el mundo. Se estima que en México se podrían haber recuperado 3 millones de toneladas de sangre (porcina, ovina, caprina, bovina y aviar) en el año 2009, de las cuales le corresponderían 4,645 gramos de proteína de sangre a cada habitante mexicano. La sangre contiene proteínas altamente digestibles que pueden ser utilizadas en alimentación humana y animal. La sangre se puede dividir en plasma y paquete celular agregando anticoagulante y centrifugando; el plasma es usado en la industria alimenticia quedando como subproducto el paquete celular. Al desaprovechar el paquete celular y utilizar solo el plasma se pierde gran cantidad de proteínas que se encuentran en la hemoglobina de los eritrocitos. Este trabajo se enfocó a buscar opciones viables del uso del paquete celular animal, como subproducto de la obtención del plasma sanguíneo; tiene la intención de analizar lo que sucede con la sangre de los rastros y magnificarla a

nivel mundial y mexicana; analizar su potencial nutricional para la alimentación humana; evaluar sus limitaciones y presentar las alternativas para la industrialización; analizar las experiencias para su utilización en las diferentes especies animales, en específico del paquete celular y la principal proteína de la sangre en las dietas de diferentes animales (rumiantes, porcinos, aves y animales acuáticos) y discutir sus resultados. Por último se presenta una propuesta de la utilización de la sangre, con el fin de darle un uso eficiente al paquete celular sanguíneo como materia prima en la alimentación animal o en la industria de alimentos balanceados.

2. REVISION SISTEMÁTICA

2.1. LA SANGRE ANIMAL EN EL MUNDO

2.1.1. La sangre animal recuperable en el mundo

Se estimó la cantidad de sangre que se pudo haber recuperado en el mundo del sacrificio de las principales especies productivas (bovinos, aves, porcinos, ovinos y caprinos), del año 1998 al año 2009, basándonos en los datos de producción de toneladas de carne en canal reportados por la FAO¹. Estos datos se convirtieron mediante el rendimiento en canal promedio de las diferentes especies (bovinos 56.2%^{2,3}, porcinos 78.13%^{4,5,6,7}, aves 71%^{8,9,10}, ovinos y caprinos 64.6%¹¹) de esta manera obtenemos los kilogramos de carne en pie y mediante el promedio de las estimaciones de Ockerman y Hansen¹² en el cuadro 1, se pudo obtener el volumen de sangre recuperable por especie. En la figura 1 se grafican los datos obtenidos en el mundo; como se observa un alto porcentaje de la sangre que puede ser recuperada en el mundo corresponde a las especies de aves y porcinos (cerca del 80%) y bovinos en tercera instancia.

A. La sangre animal recuperable en México

Como se observa en la figura 2 el total de sangre recuperable en México ronda cerca de los 3 millones de toneladas en el año 2009, comparando

esto con la posible recuperación en el mundo de alrededor 138 millones de toneladas lo que representa alrededor del 2% del total de sangre recuperable en el mundo en el mismo año. El porcentaje normal de lo que representa en muchos otros rubros México para el mundo. Lo que llama más la atención de la figura 2 es que en México la producción de especies no se comporta de la misma forma que en el mundo ya que la más importante cantidad recuperable de sangre son en orden de importancia aves, porcinos y bovinos, mientras que en México son aves, bovinos y cerdos. Causa que se explicará más adelante.

2.1.2. Sangre recuperable bovina

A. Grandes productores de sangre bovina en el mundo

En la figura 3 se muestra la posible recuperación de sangre bovina de los cuatro más grandes productores de carne de bovino del mundo, a saber Estados Unidos, Brasil, China y Argentina. Como se ve Brasil tiene una tendencia ascendente pasando de 3.11 millones de toneladas de sangre recuperable en 1998 a 5.05 millones de toneladas de sangre en el 2009. Estados Unidos supera a los otros países altos productores como Brasil, China y Argentina, con un comportamiento constante y una cantidad recuperable de 6.4 millones de toneladas de sangre bovina recuperable en el año 2009.

B. Medianos productores de sangre bovina en el mundo

En México la cantidad de sangre bovina recuperable se estima en 0.917 millones de toneladas de sangre en el 2009 (Figura 4), mostrando un comportamiento creciente y una producción similar a la de la Federación Rusa. Australia como el país con más producción bovina, en el grupo de los medianos productores, presentó una cantidad estimable de 1.15 millones de toneladas de sangre recuperable durante el 2009. En la figura 5 se muestra la cantidad de sangre por continente, y como se puede observar de la cantidad de sangre que puede ser recuperada en el mundo, cerca del 50% corresponde a América.

2.1.3. Sangre recuperable porcina

A. Grandes productores de sangre porcina en el mundo

China como líder en la producción de carne porcina en el mundo, podría recuperar un estimado de 20.55 millones de toneladas de sangre de origen porcino (Figura 6) en el 2009. La producción de cerdos en China siempre ha sido alta y constante ya que este país tiene una larga tradición en la cría de esta especie y en el consumo de su sangre. De los 40 millones de kilogramos de sangre que se produce en Taiwán, el 24% se utiliza para la alimentación humana en forma directa, para preparar pasteles de arroz con sangre de cerdo (Zisheokau), esto se realiza

mezclando sangre fresca de porcino con agua y arroz precocido, se calienta la mezcla hasta inducir la coagulación de la sangre, posteriormente se fríe con mostaza y se agregan algunos subproductos de cerdo, finalmente se sazona con pimienta roja y pasta de soya fermentada¹³. A pesar de que la sangre de cerdo es consumida en forma directa, la cantidad que puede ser recuperada por China representa la mitad de toda la sangre recuperable en el mundo. Ya que como se ve en la figura 6 la posible recuperación de sangre en China está muy por encima de cualquier país del mundo.

B. Medianos productores de sangre porcina en el mundo

En la figura 7 se presenta la estimación de la cantidad recuperable del sacrificio porcino en el grupo de los medianos productores mundiales, como se observa al comparar los medianos productores con los grandes productores hay una diferencia muy grande; la Federación rusa como el primer lugar de los medianos productores tiene 0.89 millones de toneladas de sangre recuperable en el 2009, mientras el segundo país de los grandes productores tienen 4.3 millones de toneladas de sangre recuperable en el mismo año, esto ejemplifica la distorsión que causa China. En esta misma grafica también se observa que México dentro de los medianos productores es el más bajo; las causas probables que podríamos argumentar serían la mala fama de la carne de cerdo, como vector de enfermedades (como la cisticercosis), relacionada con la

antigua forma de crianza en condiciones de insalubridad. De hecho para referirse a esta insalubridad, es un adjetivo que se aplica para ejemplificar una conducta insalubre “puerco”. Todo esto da como resultado que el consumo de cerdo en México sea menor en relación al tamaño del país.

Si analizamos la posible recuperación de sangre porcina por continentes (Figura 8), simplemente se refleja nuevamente la influencia decisiva de China en la producción por continente de esta especie. Como también se observa que prácticamente África y Oceanía no contribuyen en la producción mundial de cerdos.

2.1.4. Sangre aviar recuperable en el mundo

A. Grandes productores de sangre aviar en el mundo

Estados Unidos es el principal productor aviar en el mundo, donde se estima se podría recuperar una cantidad de 11.23 millones de toneladas de sangre durante el 2009, cercana producción se observa en China en donde se estima se podrían recuperar 9.73 millones de toneladas de sangre durante el mismo año (Figura 9). Brasil aparece como tercer lugar en la producción de sangre recuperable en el mundo durante el 2009 (Figura 9).

B. Medianos productores de sangre aviar en el mundo

En la figura 10 llama mucho la atención el crecimiento de la cantidad de sangre recuperable en la Federación Rusa, la razón aparente de esto es que el gobierno ruso ha fijado apoyos a partir del año 2003¹⁴, para lograr hacer autosuficiente al sector avícola de Rusia, programa que durara hasta el año 2015, lo que explica claramente lo que se observa en la figura 10 (de 0.4 millones de toneladas de sangre recuperable en el año 1998 a 1.39 millones de toneladas de sangre recuperable en el año 2009). En la misma grafica se observa una disminución en la cantidad de sangre aviar recuperable en Francia desde el año 2001, debido principalmente a un exceso de oferta en el mercado tras la crisis de la encefalitis espongiforme bovina, los impactos de los brotes de gripe aviar y una disminución en el consumo *per capita*¹⁵.

En cuanto a la recuperación de sangre aviar por continentes en el mundo, en la figura 11 se observa que el consumo de carne aviar se encuentra principalmente en América y Europa, y el de cerdo como mencionamos anteriormente en la figura 8 se encuentra en el continente asiático, en otras palabras si la producción animal es proporcional al consumo América y Europa consumen aves y Asia consume cerdo, el consumo de ovinos y caprinos es marginal.

2.1.5. Sangre recuperable de ovinos y caprinos

A. Grandes productores de sangre de ovinos y caprinos en el mundo

Como ya se dijo la sangre recuperable de ovinos y caprinos es marginal frente a las otras especies (bovinos, porcinos y aves), corresponde al 4% del total de sangre recuperable en el mundo en el 2009.

En la figura 12 se observa, que la producción ovina y caprina es de China, causado por el peso de la población y la crianza de estas especies a nivel familiar, con apoyo gubernamental.

B. Medianos productores de sangre ovina y caprina

En la figura 13 llama mucho la atención la disminución a la mitad de la cantidad de sangre de ovinos y caprinos en España. Esta disminución en la obtención de sangre de caprinos y ovinos en España parece que en principio fue causada por la aparición en el año 2004 del virus de la lengua azul, propiciado por el cambio climático y la proliferación en la zona de mosquitos del género *Culicoides*¹⁶; esta enfermedad tiene un alta morbilidad y causa grandes pérdidas en la producción, sumado a la caída del mercado de la lana y la piel de origen caprino y ovino. En la

misma figura se observa que México tiene un comportamiento estable en cuanto a la cantidad de sangre recuperable de ovinos y caprinos en el grupo de los medianos productores, en el mundo.

En la figura 14 se observa que como en las otras especies la división por continentes refleja la influencia del más grande productor de ovinos y caprinos, en este caso China, y por lo tanto el continente Asiático presenta la mayor cantidad de sangre recuperable; seguida muy de lejos por África.

2.2. POTENCIAL NUTRICIONAL DEL USO DE LA SANGRE ANIMAL RECUPERABLE EN EL MUNDO

2.2.1. Población mundial (Comparación con las necesidades de la población mundial)

En la oficina de censos de los Estados Unidos publicaron la pirámide poblacional del mundo por edades de 1975-2000 comparando a los países desarrollados con los países en desarrollo (Figura 15); como se observa el comportamiento es totalmente diferente, mientras en el mundo en desarrollo es virtualmente una pirámide en donde la base es muy amplia y así lo ha sido desde la comparación de 1975 al 2000, en los países desarrollados ha perdido la connotación de pirámide para volverse de hecho una columna, lo que significa que las poblaciones de cortas, medianas y grandes edades son relativamente parecidas.

En el cuadro 2 observamos que si se hubiera recuperado la sangre de las principales especies productivas en el mundo en el 2007, a cada habitante del planeta le corresponderían 3,447 gramos de proteína de sangre al año. Esta cantidad de proteína sanguínea podría haber cubierto el 31.5% de las necesidades anuales de proteína en el grupo poblacional de 0-14 años (10,950 g/año/habitante) o el 16.86% de las necesidades anuales de proteína en el grupo de 15-64 y más de 65 años (20,440 g/año/habitante) en el 2007. Dicho en otras palabras al recuperar la proteína de sangre en el

mundo se podría cubrir el requerimiento de proteína de la población de 0-14 años por 4 meses o de la población de 15 a más de 65 por 2 meses.

2.2.2. Población en México (Comparación con las necesidades de la población de México)

En la figura 16 se presenta la pirámide poblacional de México y como se observa, como país en desarrollo tiene forma de pirámide, sin embargo podríamos observar también que la parte de abajo de la pirámide presenta una tendencia a convertirse en columna y parecerse a la forma de la pirámide poblacional en los países desarrollados; en otras palabras, la población de 15-19 años, de 10-14 años, de 5-9 años y de 0-4 años son iguales, lo que es un inicio de un cambio de pirámide a columna.

En el cuadro 3 observamos que si se hubiera recuperado la proteína de sangre de las principales especies productivas durante el 2009, a cada habitante mexicano le corresponderían 4,645 gramos de proteína al año. Esta cantidad de proteína de sangre cubriría el 42.42% del requerimiento anual de proteína en la población mexicana de 0-14 años y el 22.72% del requerimiento anual de proteína en la población mexicana de 15-64 y de más de 65 años durante el 2009. Dicho de otra manera, al recuperar la proteína sanguínea se cubriría el requerimiento de proteína de la población mexicana de 0-14 años por 5 meses y de los grupos de 15-64 y más de 65 por 3 meses aproximadamente.

2.2.3. Aminoácidos limitantes en las proteínas de la sangre

Es claro que como lo hemos hecho, el cuantificar únicamente el contenido de la proteína de la sangre y compararla con los requerimientos no es suficiente, ya que es importante tomar en cuenta la calidad de la misma, en otras palabras su composición de aminoácidos esenciales. En el cuadro 4 se presentan las necesidades de aminoácidos esenciales por segmento de edad de la población, recomendados por RDA¹⁹, en el cuadro se compara el contenido de aminoácidos esenciales de los distintos alimentos y diferentes componentes de la sangre, se hace notar que aquellos alimentos que cumplen con los requerimientos de aminoácidos del grupo más exigente (3-4 meses de edad) cubren los requerimientos de todas las demás edades, con excepción de isoleucina, siendo este aminoácido poco problemático ya que parece ser que cualquier alimento lo cubre. También podemos observar que la leche humana, la leche de vaca, los huevos y la carne de res cubren todos los requerimientos de los infantes de 3 a 4 meses, con una pequeña deficiencia en treonina. En el caso de la composición de aminoácidos de las proteínas de la sangre, es clara una deficiencia en isoleucina, acentuada principalmente por su deficiencia en la hemoglobina, ya que como se observa el plasma tiene una cantidad bastante mayor. Otra deficiencia es la de metionina y cistina en menor grado y principalmente en el requerimiento de los niños. Como se dijo, la principal deficiencia de la sangre está en la isoleucina, un aminoácido

raramente limitante en la mayoría de las proteínas vegetales, por lo que cualquier suplemento proteínico podrá compensar esta deficiencia. Como observamos en el cuadro 5 los principales cereales y leguminosas utilizados en alimentación son ricos en este aminoácido, una mezcla de sangre y alguna fuente proteínica de origen vegetal, nos daría una proteína de alto valor biológico.

2.2.4. Diferencias en el valor nutritivo de la sangre de diferentes especies productivas

Al determinar y comparar el contenido de proteína y de los aminoácidos lisina, isoleucina y metionina en la sangre completa, el paquete celular y el plasma sanguíneo de sangre bovina, porcina y de aves de producción, se observó que el contenido de proteína fue mayor en la sangre recuperable de bovinos (19.18% de proteína y 80.17% de humedad), y porcino (19.07% de proteína y 80.09% de humedad) en comparación con la sangre avícola con 12.77% de proteína y 86.39% de humedad²⁸. En otro trabajo se reportó que la harina de sangre que presenta mayor cantidad de proteína es la de origen porcino con el 89.9%, seguida por la harina de sangre bovina 88.1% y la harina de sangre aviar con 81% de proteína²⁹.

El paquete celular de la sangre bovina presenta la más baja cantidad de proteína (27.11%) y la mayor cantidad de humedad (73.27%), en comparación con el paquete celular porcino (31.32% de proteína y 69.15% de humedad) y el paquete celular avícola (31.53% de proteína y 68.96% de

humedad). El plasma de la sangre avícola presenta la menor cantidad de proteína (3.46%) y humedad de 95.11%, al ser comparado con el plasma bovino (7.21% de proteína y 90.96% de humedad) y porcino (6.65% de proteína y 91.5% de humedad)²⁸.

El contenido de aminoácidos en el plasma presenta un buen balance de aminoácidos, y la utilización de su proteína neta es equivalente al 95% de la caseína. El aislado de globina puede ser incluido hasta un 10% en dietas para ratas, sin que estas sufran deficiencias nutricionales³⁰.

En el cuadro 6 observamos que la sangre y sus fracciones plasma y paquete celular son deficientes en metionina e isoleucina, llama mucho la atención el valor tan alto de isoleucina en el paquete celular aviar.

2.3. PRINCIPALES MOLÉCULAS DE LA SANGRE

2.3.1. Hemoglobina

La hemoglobina de los mamíferos es tetramérica (formada por cuatro subunidades) y consiste de dos globinas α y dos globinas β , cada cadena contiene un grupo hemo³² (Figura 17). Cada cadena contiene 141 residuos en la globina α y 146 en la β ³². El sistema de anillos heterocíclicos del hemo es un derivado de la porfirina que está constituido por cuatro anillos pirrol, unidos por puentes meteno³² (Figura 18). La secuencia de aminoácidos en las cadenas α y β determina el plegamiento de cada cadena y su interacción entre las subunidades y las propiedades de unión al oxígeno³². Existen comúnmente cuatro tipos de globinas: alfa (α), beta (β), gamma (γ), y delta (δ) y de la combinación de estas cadenas se forman varios tipos de hemoglobinas, las hemoglobinas normales son: la hemoglobina A ($\alpha_2\beta_2$) después del nacimiento, hemoglobina A2 ($\alpha_2\delta_2$) se encuentra después del nacimiento pero en pequeña cantidad y la hemoglobina F ($\alpha_2\gamma_2$) predominante en el desarrollo fetal³⁵.

Las aves y los mamíferos difieren en las propiedades de su sangre para unirse al oxígeno³². Los eritrocitos de las aves están nucleados y tienen un retículo endoplasmático rugoso desarrollado³⁶; además en los eritrocitos de las aves hay altas concentraciones de inositol fosfato

polifosfatado, derivado de la fosforilación oxidativa y en los mamíferos hay más concentración de difosfoglicerato; lo anterior causa modificaciones en la vía de glucólisis de los eritrocitos³². De acuerdo a lo anterior la hemoglobina de las aves tiende a tener mayor afinidad por el oxígeno en comparación con los mamíferos³².

Existen antígenos eritrocitarios que determinan los sistemas sanguíneos en cada especie. En los bovinos existen 70 grupos sanguíneos internacionalmente reconocidos, donde se encuentran 11 sistemas antigénicos (A, B, C, F, J, L, M, R, S, T y Z). El grupo B tiene 60 diferentes antígenos. El antígeno J es un lípido que se encuentra en los fluidos corporales y es absorbido por los eritrocitos³⁷.

Las ovejas tienen 7 sistemas (A, B, C, D, M, R y X). Al igual que en los bovinos, el sistema B es altamente polimórfico. El sistema R es similar al J en los bovinos, en que es soluble. El grupo M-L está envuelto en el transporte activo del potasio en los eritrocitos³⁷.

Las cabras tienen 5 sistemas (A, B, C, M y J), siendo muy similares a los encontrados en ovejas, el grupo J es soluble como en el caso de los bovinos³⁷.

En gatos se han identificado 1 sistema (AB), en el que se encuentran tres grupos sanguíneos A, B y AB³⁷.

En los perros existen 8 grupos sanguíneos (1.1, 1.2, 3, 4, 5, 6, 7, 8), conocidos como DEA (Dog Erythrocyte Antigen) por sus siglas en inglés³⁷.

En los equinos se han identificado 30 grupos sanguíneos, de estos solo 8 son sistemas genéticos. De estos 8, solo 7 son internacionalmente reconocidos (A, C, D, K, P, Q and U)³⁷. En los cerdos existen 16 grupos sanguíneos (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O y P). En las gallinas se han identificado 18 grupos sanguíneos³⁷.

Por causa de la demanda creciente de sangre para transfusiones humanas, se está buscando introducir el gen de la hemoglobina humana para hacer cerdos transgénicos que pudiesen ser donadores de sangre a humanos³⁸⁻⁴⁰.

2.3.2. La albúmina

La albúmina (69 kDa) es la proteína principal del plasma de la sangre y constituye aproximadamente 60% de la proteína plasmática total. Consiste en una cadena polipeptídica de 585 aminoácidos y posee 17 enlaces disulfuro⁴¹ (Figura 19). Los enlaces disulfuro proporcionan estabilidad, mientras que las cadenas de péptidos que intervienen permitir una mayor flexibilidad. La configuración incluye 67% de hélices alfa y el 10% hojas beta⁴³. Tiene una forma elipsoide, lo que indica que no provoca un aumento en la viscosidad del plasma, a diferencia de una molécula alargada como el fibrinógeno⁴¹. La albúmina tiene como funciones principales el mantenimiento de la presión oncótica del plasma, atender las necesidades proteicas de los órganos y transporte de ácidos grasos y pigmentos

biliares⁴⁴.

2.3.3. Globulinas

Las globulinas corresponden al 18% de las proteínas plasmáticas, se dividen en alfa, beta y gammaglobulinas, según su movilidad electroforética⁴⁵.

En el grupo de las α_1 globulinas se encuentran: la orosomucoide, glicoproteína ácida, rica en glúcidos (40%), la α_1 -antitripsina, glicoproteína de peso molecular de 54,000 daltons, que contiene 12% de glúcidos y es un inhibidor de proteasas, y la α_1 -fetoproteína, esencial para el desarrollo del embrión, la cual contiene 4.3% de glúcidos y posee un peso molecular de 70,000 daltons⁴⁴.

En el grupo de las α_2 -globulinas, se encuentran: las haptoglobulinas, la α_2 -macroglobulina (8% de glúcidos y PM de 850,000 daltons) y la ceruloplasmina, transportadora del 95% del cobre plasmático⁴⁴.

La fracción β -globulínica, contiene algunos anticuerpos, así como isoaglutininas, entre otras sustancias que se encuentran en esta fracción se pueden citar también la protrombina, la enzima fibrinolítica plasmina y varias proteínas conjugadas como la transferrina o siderofilina, que aseguran el transporte de hierro en el organismo⁴⁴.

En el grupo de las γ -globulinas se encuentran las inmunoglobulinas (IgG,

IgE, IgD, IgA e IgM) sintetizadas en los linfocitos B⁴⁶. Las inmunoglobulinas tienen como estructura básica cuatro subunidades: dos cadenas ligeras (L) de aproximadamente 23 kDa y dos cadenas pesadas (H) de 53-75 kDa; estas subunidades se encuentran unidas por puentes disulfuro e interacciones no covalentes que forman una estructura en forma de Y⁴⁶ (Figura 20). Al digerir las inmunoglobulinas con papaína se producen dos fragmentos (Fab) de 50 kDa, los fragmentos Fab donde tienen el sitio de unión antígeno anticuerpo y un fragmento Fc (50 kDa)⁴⁶. Las cinco clases de inmunoglobulinas difieren en el tipo de cadenas pesadas que contienen y en algunos casos en la estructura de sus subunidades⁴⁶. La inmunoglobulina M (IgM) está formada por 5 estructuras en forma de Y, unidas por una subunidad central J; es la primera inmunoglobulina que se secreta en presencia de un antígeno, es efectiva contra microorganismos. La inmunoglobulina G (IgG) es la más abundante, se encuentra distribuida en la sangre y en el líquido extravascular. La IgA se puede encontrar como monómeros, dímeros o trímeros, es secretada en las mucosas, principalmente en la mucosa del tracto digestivo. La inmunoglobulina E (IgE) es encontrada en pequeñas cantidades, protegen contra parásitos y está implicada en reacciones alérgicas⁴⁶.

Se ha investigado la posible transferencia de inmunidad pasiva del suero sanguíneo, mostrando su efectividad en la protección inmunológica⁴⁸⁻⁵³.

2.3.4. Fibrinógeno

El fibrinógeno representa el 4% de las proteínas plasmáticas. Tiene un peso molecular de 340 kDa y está formado por seis cadenas: las cadenas están unidas por fibrinopéptidos A y B, cada una posee 3 subunidades, conocidas como $A\alpha$, $B\beta$ y γ ⁵⁴(Figura 21). El fibrinógeno es la sustancia que provoca la coagulación de la sangre, se le considera el precursor soluble de la fibrina, proteína soluble que constituye el coágulo⁴⁴.

2.4. INDUSTRIALIZACIÓN DE LA SANGRE

El volumen de sangre recuperable en el mundo del sacrificio animal (138 millones de toneladas de sangre) es comparable en volumen con la pasta de soya, la cual fue en 223 millones de toneladas en el 2009 en el mundo¹. Dada esa comparación de volumen lo que vamos a tratar de analizar son los usos principales de la sangre.

2.4.1. Industrialización de la sangre entera

La sangre puede ser desecada para elaborar harina de sangre o mezclarla antes con los restos de carne y huesos y desecarla, consiguiendo harinas de sangre y hueso para su uso en alimentación animal. También se puede mezclar la sangre con harina de carne, aumentando sustancialmente el contenido de lisina de esta. El procedimiento más artesanal que se practica en algunos rastros para la obtención de harina de sangre consiste en el coagulado de la sangre mediante calor para su posterior secado al sol. La harina de sangre que se obtiene por este método presenta una gran contaminación bacteriana, disminuyendo su valor comercial; además al ser secada al aire libre atrae fauna nociva. Una opción al secado de la sangre es el secado mediante un horno en el que se utiliza un quemador de gas¹² (Figura 22). La sangre se puede conservar encurtiéndola con ácido sulfúrico comercial al 3%, con lo que se previene la putrefacción. Este producto puede

emplearse en las dietas de animales terrestres o acuáticos. La sangre encurtida puede también desecarse para elaborar harina de sangre¹². La estabilización química de la sangre se puede conseguir con aditivos químicos. Son efectivos la urea al 1%, el amoniaco al 0,5% y el meta bisulfito al 1%(el más eficaz). La sangre se puede mantener líquida sin necesidad de anticoagulantes, se puede desfibrinar por agitación. Se añade el meta bisulfito sódico al 1% y se mezcla con una solución de 20% de ácido clorhídrico para conseguir un pH de $3,2\pm 0,3$ que la estabiliza. La sangre conservada de esta forma se puede mantener sin refrigeración y se emplea en los piensos a razón de 0,3 kg por día. La sangre líquida puede convertirse en un producto desecado hirviéndola durante 5-10 minutos (con o sin cal), mezclando la sangre con salvado de arroz o de trigo, paja triturada o contenido estomacal desecado. El producto se deseca a aire o en hornos y se emplea como suplemento para piensos¹².

Como la sangre es muy rica en proteínas y el contenido ruminal tiene un contenido rico en vitaminas, minerales y fibra, con su mezcla se consigue un pienso para animales bastante equilibrado que resuelve problemas de eliminación de residuos. El producto desecado contiene un 40% de proteínas, 5% de grasa y 12% de humedad¹². Este coprocesado de sangre y contenido ruminal es muy efectivo como pienso de pollos y cerdos, en particular como sustituto de la harina de carne y pasta de

soya¹².

Otro procedimiento de secado de la sangre entera es cocción en una caldera de doble pared o por inyección directa de vapor con agitación para conseguir un secado homogéneo. Se añade agua de cal (óxido de calcio al 70%) a nivel del 0,5-1,5% para aumentar su vida de anaquel y reducir la producción de malos olores durante la desecación¹². La sangre después de un proceso de cocción se prensa para eliminar la humedad y se deseca al aire libre o en horno (con circulación forzada de aire) a 60°C hasta alcanzar el nivel de humedad deseado. La sangre desecada finalmente es molida hasta conseguir un polvo que se puede emplear como suplemento en piensos para animales (con un 80% de proteínas)¹².

También mencionaremos usos industriales de la sangre en pequeña escala, como lo son: componente de algunos tipos de adhesivos y por su capacidad para formar películas en papeles, litografías, plegados, fibras, plásticos en la industria de pegamentos. También se utiliza en fungicidas e insecticidas, así como en las espumas de extintores contra incendios, en productos cerámicos moldeados, en finalizadores para cuero y como estabilizante en materiales biológicos y medicamentos. Se utiliza también como fertilizante y como ingrediente para medios de cultivo¹². En la industria alimenticia la sangre se aprovecha en forma de suplemento proteico, como proteína cárnica texturizada, para clarificar alimentos,

como estabilizante, emulsificante y como colorante cárnico. La albúmina de sangre se ha utilizado como sustituto de albúmina de huevo en los alimentos; se emplea en la elaboración de embutidos y en la fabricación de pan¹².

2.4.2. Industrialización del paquete celular

Otra forma de utilizar la sangre es la de adicionarle anticoagulante (generalmente citrato de sodio) y separarla en plasma y paquete celular mediante centrifugación continua (Figura 23); el paquete celular con 32% de sólidos puede ser secado también por aspersión. Mediante ese procedimiento se obtiene dos productos con un valor agregado más alto que el de la harina de sangre, aunque su costo de producción es también más alto. Cuando el plasma sanguíneo se separa, la mayor parte de las proteínas (60-70%) se quedan en la fracción hemoglobina de los eritrocitos¹². El paquete celular se puede secar por atomización, debido a su alto contenido inicial en sustancias sólidas son secados directamente en la torre de atomización, sin la etapa previa de evaporación. El paquete celular es enviado a una torre, donde un atomizador lo divide en gotitas que se esparcen por aire caliente a 170°C, el producto final posee una concentración de 96 % aproximadamente de materia seca⁵⁵.

2.4.3. Industrialización del plasma

Otra forma de utilizar la sangre es la de adicionarle anticoagulante (generalmente citrato de sodio) y separarla en plasma y paquete celular mediante centrifugación continua (Figura 23); posteriormente el plasma es concentrado mediante evaporación o por osmosis inversa hasta llegar a una concentración de 25% de sólidos y finalmente es secado por aspersion¹².

Existe otro proceso propuesto para la industrialización de la sangre de cerdo a nivel de 2000 litros diarios (Figura 24 y 25), produciendo aproximadamente 650 kg diarios de paquete celular coagulado (50% de humedad y 50% de proteína) y alrededor de 350 kg de proteínas plasmáticas (78-80% de humedad y 20-22% de proteína)^{56,57}. En este proceso la sangre se recolecta sobre una tolva de acero inoxidable a la cual se atomiza en forma constante una solución de citrato de sodio para prevenir su coagulación. A pesar de que se adiciona anticoagulante en ocasiones se pueden producir algunos coágulos por lo que es necesario filtrarla. Después de filtrada la sangre es pasada por una centrífuga continua a 7000 revoluciones por minuto obteniéndose de esta manera el plasma porcino por un lado y por el otro el paquete celular. Estos dos productos son recogidos en tanques de balance y bombeados a las tinas de coagulado. El plasma es diluido con agua corriente, se le adiciona silicona y es calentado a 92°C para provocar el coagulado de las

proteínas. A las proteínas plasmáticas lavadas se les adiciona ácido acético y posteriormente se colocan en bolsas de polietileno de 25 kg y se les pasa una corriente de bióxido de carbono. Finalmente el producto se almacena a 4°C. El paquete celular coagulado puede ser mezclado con cereales y extruido, para ser utilizado en dietas para animales⁵⁷. El plasma puede ser concentrado en un evaporador hasta un 28% de materia seca y luego se pasa al atomizador hasta conseguir un producto en polvo con 94-96% de sustancias solidas⁵⁵.

2.5. USO DE PAQUETE CELULAR SANGUÍNEO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

El paquete celular secado por aspersion posee 91.8% de masa seca y 92.05% de proteína cruda en base seca^{12,30,58}. En el cuadro 7 observamos que posee 8.62% del aminoácido lisina, valor mucho más alto que el que presentan otras fuentes proteicas utilizadas en alimentación animal. En el mismo cuadro se observa que su deficiencia radica en los aminoácidos isoleucina (0.36%) y en metionina (1.11%) como se ha mencionado reiteradamente.

2.5.1. Rumiantes

En el animal lactante el rumen es pequeño en comparación con lo demás órganos digestivos y el epitelio absortivo se encuentra poco desarrollado, dado que los únicos alimentos que absorbe al día son calostro y leche, que llegan directamente de la boca al abomaso por conducto del canal esofágico⁶². Ziegler *et al.*⁶³ reemplazaron 55% de proteína láctea a los 35 días del periodo de predestete por hidrolizado de paquete celular con resultados satisfactorios, coincidiendo con lo encontrado por Arthington *et al.*⁶⁴ y Quigley *et al.*⁶⁵ que reemplazaron un 43% de la proteína láctea por hidrolizado de paquete globular en sustitutos lácteos. No se puede reemplazar al 100% la proteína láctea por el

paquete celular sanguíneo, pues este último como ya lo hemos mencionado es deficiente en metionina e isoleucina, aminoácidos muy importantes en el crecimiento.

El aminoácido lisina es limitante en las dietas basadas en cereales. Así que el uso eficiente de la sangre y sus subproductos como enriquecedor de cereales toma mucha importancia como una forma de mejorar el perfil de aminoácidos, dando como resultado una fuente de proteína de sobrepaso de alto valor biológico para su uso en alimentación⁶⁶. En el estudio de revisión realizado por Santos *et al.*⁶⁷ sobre el efecto sobre la proteína de sobrepaso en el desarrollo y producción de vacas lecheras, se comenta que al reemplazar proteína de sobrepaso por proteína degradable en rumen se presenta una disminución en la producción láctea; eso puede ser causado porque se disminuye la síntesis microbiana en el rumen y las fuentes de proteína no degradable tienen un mal balance de lisina y metionina, a diferencia de la proteína bacteriana. Si asumimos que la lisina y la metionina son los dos primeros aminoácidos limitantes en la producción láctea y que el radio ideal de lisina y metionina (como un % del total de aminoácidos esenciales) es 15:5, la proteína microbiana por sí sola tiene un excelente balance de estos aminoácidos⁶⁷. Los

aminoácidos lisina y metionina tienen gran importancia en la producción láctea; particularmente se producen grandes deficiencias de lisina cuando la dieta de los rumiantes está basada en maíz y sus subproductos⁶⁷.

En 1998 se estudió en la Universidad Estatal de Washington en Estados Unidos, el efecto de la lisina y la metionina protegidas en la producción y la composición de la leche en ganado vacuno⁶⁸. La suplementación de lisina y metionina protegida en una dieta basada en ensilado de pastos y granos destilados de maíz mostraron resultados similares y positivos comparados con una dieta basada en harina de sangre, harina de pescado y harina de carne y hueso (fuentes de proteína de sobrepaso)⁶⁸. El ganado lechero alimentado con las dos dietas presentó resultados similares en ingesta de materia seca, producción de leche y porcentaje de proteína en leche, con un 4% de grasa en leche durante las primeras 8 semanas de lactación⁶⁸.

Knaus *et al.*⁶⁹ analizaron en el 2002 el efecto de la harina de sangre, la urea y el aislado de proteína de soya en terneros en crecimiento alimentados con dietas basadas en maíz⁶⁹. Al adicionar la harina de sangre (3.2 % MS) + la urea y el aislado de proteína de soya se aumentó la cantidad de proteína cruda en 15.3%. Los análisis químicos indican que la solubilidad de la

proteína cruda fue de 34% para la dieta con urea + aislado proteico de soya y de 31% para la dieta con urea + aislado de proteína de soya + harina de sangre. En la dieta con harina de sangre, urea y aislado de proteína de soya se presentó una ganancia de peso (1272 g/día) mayor que en la dieta control y en las dietas conteniendo urea y urea + aislado de proteína de soya. La adición de harina de sangre y fuentes de nitrógeno para la población ruminal, presentan los mayores resultados en cuanto a ganancia de peso en ganado bovino⁶⁹.

Rangngang *et al.*⁷⁰ y su grupo de trabajo evaluaron en 1997 la no degradabilidad de la harina de sangre y sus efectos sobre la digestión ruminal y posruminal en ganado vacuno alimentado con heno de pasto⁷⁰. La suplementación de harina de sangre tiende a disminuir ($p < 0.10$) la digestibilidad de la materia orgánica en el tracto digestivo (Cuadro 8). La ingesta total de nitrógeno fue incrementándose linealmente ($p < 0.10$) por la suplementación de harina de sangre. El total de nitrógeno que fluye hacia el duodeno se incrementó linealmente ($p < 0.10$) por la suplementación de harina de sangre. El nitrógeno que pasa a duodeno es en promedio 63.1, 72.9, 70.6, y 71.8% del total de nitrógeno ingerido, respectivamente. No se encontró efecto de la suplementación de harina de sangre sobre el nitrógeno

bacteriano que pasa al duodeno. La suplementación de harina de sangre tuvo un efecto lineal al incrementar el nitrógeno dietario endógeno y el nitrógeno de protozoos que pasan al duodeno⁷⁰. La eficiencia aparente de las bacterias y la eficiencia real de las bacterias no fueron afectadas significativamente por la suplementación de proteínas. El promedio de eficiencia bacteriana aparente y eficiencia bacteriana real fue de 24.2 y 19.4 g/kg de materia orgánica digerida en rumen, respectivamente⁷⁰ (Cuadro 9.). Todos los aminoácidos esenciales y no esenciales aumentaron con la suplementación de harina de sangre en la dieta, solo lisina, valina, alanina y prolina disminuyeron⁷⁰ (Cuadro 10.). El efecto de la suplementación de harina de sangre en dietas para ganado basadas en heno de pasto fue incrementar el porcentaje de proteína de sobrepaso y de esa manera el paso de aminoácidos al duodeno. La digestión posruminal de nitrógeno se incrementó con la suplementación de harina de sangre, lo que nos muestra que esta proteína es digestible y absorbible en intestino delgado⁷⁰.

2.5.2. Porcinos

El plasma se usa ampliamente en la industria de la alimentación, pero el paquete celular es despreciado. Se ha analizado la posibilidad de utilizar el paquete celular sanguíneo como fuente de proteína en la alimentación de cerdos, por su alto contenido de proteína y hierro y su alta digestibilidad⁷¹.

En el caso de los cerdos en 1996 un grupo de investigación estadounidense⁷¹ concluyó que 2.5% de inclusión de paquete celular en la dieta puede sustituir cualquier otra fuente de proteína en cerdos lactantes sin causar deterioro en el desarrollo, coincidiendo con lo encontrado por Zhang *et al.*⁷² donde se utilizó 2.7% de inclusión de paquete celular secado por aspersion, con resultados positivos. A diferencia de los anteriores, Tepper *et al.*⁷³ propone una inclusión del 12% de hemoglobina desecada y plasma sanguíneo, lo cual es comprensible ya que en las dietas anteriores no se incluyó el plasma, subproducto que ha demostrado poder ser incluido en cantidades mayores.

En el 2002 se comparó el efecto de la harina de sangre y el paquete celular sanguíneo en dietas para lechones suplementadas con isoleucina, llegando a la conclusión que se puede incluir harina de sangre hasta un 7.5% y hasta un 5% de

paquete celular sanguíneo sin afectar los parámetros productivos⁵⁹ (Cuadro 11); coincidiendo con lo encontrado por Kerr *et al.*²⁶ que incluyeron 5%, 7.5% y hasta 9% de paquete celular sanguíneo en dietas para lechones, con suplementación de isoleucina. Por otro lado en cerdos en finalización el paquete celular no parece ser una fuente de proteína que pueda sustituir a la pasta de soya⁷⁴, se recomienda sólo el uso del 1 a 2% de inclusión de paquete celular sanguíneo en dietas con maíz-pasta de soya y suplementadas con isoleucina, con el fin de no afectar el desarrollo de los animales; coincidiendo con lo encontrado por Waguespack *et al.*⁷⁵ que concluyeron que la ganancia diaria de peso puede mantenerse óptimamente hasta con un 4% de inclusión de paquete celular sanguíneo. El máximo nivel de inclusión de paquete celular en una dieta para cerdos dependerá de los parámetros de isoleucina y lisina que presente la dieta, ya que la lisina es el primer aminoácido limitante en la mayoría de las dietas para cerdos. Se podría aumentar el porcentaje de inclusión de paquete celular en cerdos si suplementamos metionina e isoleucina, la isoleucina además de ser un aminoácido importante en el desarrollo aumentaría la palatabilidad y por lo tanto el consumo del producto⁷⁵.

2.5.3. Aves

En las aves podemos observar que se puede utilizar la harina de sangre para sustituir otras fuentes de proteína de mayor costo monetario, como la pasta de soya, harina de pescado y pasta de cacahuete, especialmente en el pollo de engorda. Donkoh *et al.*⁷⁶ concluyeron que se puede utilizar hasta 75g/kg de harina de sangre secada al sol en dietas para pollo de engorda en reemplazo parcial de otras fuentes de proteína; coincidiendo con lo encontrado por Khawaja *et al.*⁷⁷ que recomiendan una dieta con 3% de inclusión de harina de sangre en la dieta para el pollo de engorda, sin afecta los parámetros productivos. Solo se encontraron artículos sobre el uso de la sangre completa en alimentación de aves, sería interesante ahondar en el estudio del uso del paquete celular sanguíneo.

2.5.4. Animales acuáticos

En el caso de los organismos acuáticos se utiliza el paquete celular sanguíneo como una fuente de proteína digestible, baja en fosforo disminuyendo de esta forma la contaminación de las aguas con este mineral⁵⁸. Kyeong-Jun y Sungchul⁷⁸ concluyeron que se puede reemplazar a la harina de pescado por paquete celular sanguíneo en un 50% en dietas para

Tilapias del Nilo, sin necesidad de suplementar aminoácidos y sin afectar los parámetros productivos; coincidiendo con lo encontrado por Lee y Bai⁷⁹ que reportaron una sustitución del 50% de harina de pescado por paquete celular sanguíneo en Tilapias del Nilo y por Lee y Bai⁶¹ que proponen la sustitución del 50% de harina de pescado por paquete celular sanguíneo en anguilas y del 75% con suplementación de aminoácidos esenciales (arginina, isoleucina y metionina)⁶¹. En cambio, Martínez-Llorens *et al.*⁸⁰ concluyeron que se puede sustituir solo 5 % de harina de pescado por harina de sangre en dietas para Carpa Dorada sin causar efecto en el crecimiento y características del producto final. Dungrat *et al.*⁸¹ probaron el efecto de la sustitución de harina de pescado por paquete celular sanguíneo en dietas para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y recomiendan la inclusión del 12.5% de paquete celular sanguíneo para no afectar consumo voluntario y por lo tanto parámetros productivos⁸¹. Los investigadores⁸¹ comentan que la disminución en el consumo voluntario de las dietas conteniendo paquete celular sanguíneo se puede deber a la disminución en el contenido de ácido glutámico, que aunque no es un aminoácido esencial, ha sido relacionando como un agente palatable, especialmente en dietas para organismos acuáticos. La inclusión de niveles incrementados de paquete

celular sanguíneo causa un desbalance en los aminoácidos, tanto esenciales como no esenciales; especialmente entre leucina e isoleucina, los contenidos de arginina y metionina en todas las dietas que contenían paquete celular sanguíneo fueron menores a los requerimientos para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)(arginina 5.8% y metionina 2.4%), en la dieta con 100% de paquete celular sanguíneo presenta solo 3.38% de arginina y 1.25% de metionina⁸¹. El alto contenido de hierro de paquete celular sanguíneo no afecta su desarrollo ni supervivencia⁸¹.

2.6. PROPUESTA FINAL

Basándonos en los experimentos realizados sobre la utilización de la sangre y su industrialización, es necesario buscar nuevas maneras de utilizarla; ciertamente y más que buscar nuevas formas, se deben utilizar los conocimientos generados durante muchos años para darle a la sangre de los rastros un uso lógico y rentable.

El presente capítulo pretende dar una idea para el aprovechamiento de la sangre, convirtiéndola de un problema grave de contaminación a un recurso aprovechable y rentable para quien lo haga.

En los capítulos precedentes nos quedó claro que la sangre puede ser dividida en plasma y paquete celular, cada uno con componentes muy diferentes; por un lado el plasma con albuminas, globulinas y fibrinógeno con balance perfecto de aminoácidos para la alimentación humana de cualquier edad, y con las propiedades deseadas para elaborar alimentos para humanos^{27,39,65}.

El plasma desecado ha sido utilizado por la posibilidad de que mediante la ingestión de inmunoglobulinas se otorgue protección a las enfermedades en especial las subclínicas, mediante la inmunidad "activa"^{48,49,50,52,53,82}, lo que ha mantenido este producto en el mercado para la alimentación de lechones con un costo considerable para su inclusión en las dietas. Este mismo producto es admitido en salchichas en Alemania para su inclusión a

un nivel del 5%⁸³. Por otro lado, el paquete celular presenta en forma extraña una deficiencia en los aminoácidos isoleucina y metionina, para la alimentación humana y animal. Sin embargo, presenta propiedades de proteína de bypass para los rumiantes. La deficiencia en isoleucina del paquete celular es relativamente fácil de compensar con cualquier cereal (Cuadro 5). Por lo tanto, un ejemplo de una dieta en que una mezcla de paquete celular y maíz puede sustituir a la soya, se presenta en el cuadro 12. Con todo lo anterior, en la figura 26 se presenta la propuesta para la utilización del paquete celular mezclado con maíz. En esta figura se presenta la división de la sangre mediante centrifugación en plasma y paquete celular. El plasma por un lado es evaporado y desecado por aspersion en forma tradicional o se congela, se prensa, acondiciona⁵⁷, envasa y es materia prima para diferentes productos alimenticios^{44,56,82}. Por otro el paquete celular es desecado en forma tradicional y en otra opción es mezclado con maíz molido, pasado por un extruder para producir pelets que son enfriados y secados para ser materia prima para diferentes dietas, especialmente para bovinos de leche y engorda. La propuesta presentada tiene los fundamentos técnicos que se han expresado, pero también tiene fundamentos económicos y políticos, que pensamos, lo hacen posible y viable.

REFERENCIAS

1. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Base de datos estadísticos de producción de alimentos en el mundo, Consulta electrónica, junio 2011. <http://apps.fao.org/faostat>.
2. PARIACOTE F., VAN VLECK L. D., and HUNSLEY R. D., Genetic and Phenotypic Parameters for Carcass Traits of American Shorthorn Beef Cattle, *J Anim. Sci.* 1998, 76:2584-2588.
3. KREIKEMEIER K. K., UNRUH J. A. and ECK T. P., Factors affecting the occurrence of dark-cutting beef and selected carcass traits in finished beef cattle, *J Anim. Sci.* 1998, 76: (2)388-395.
4. SUNDRUM A., BUTFERING L., HENNING M. and HOPPENBROCK K. H., Effects of on-farm diets for organic pig production on performance and carcass quality, *J Anim. Sci.* 2000, 78:1199-1205.
5. LEACH M., ELLIS M., SUTTON D. S., MCKEITH F. K. and WILSON R., The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs, *J Anim. Sci.* 1996, 74:934-943.
6. LATORRE M. A., LAZARO R., GRACIA M. I., NIETO M. and MATEOS G. G. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight, *J Meat. Sci.* 2003, 65(4):1369-1377.
7. MENDOZA T. G., FRANCO S. L., SEGURA C. J., TORRES-ACOTA F., SANTOS R. R., Comportamiento productivo, características de la canal

- y peso del tracto gastrointestinal de cerdos alimentados con aceite de palma africana (*Elaeis guineensis*), *Tec. Pecu. Mex.* 2004; 42(2):181-192.
8. SALMON R. E., Effect of food and water deprivation on live-weight shrinkage, eviscerated carcass yield and water absorption during chilling of turkey carcasses, *Br. Poult. Sci.* 1979, 20: 303-306.
 9. CLAYTON A. and POWELL J. C., Growth, food conversion, carcass yields and their heritabilities in ducks (*Anas platyrhynchos*), *Br. Poult. Sci.* 1979, 20: 121-127.
 10. HAVENSTEIN G. B., FERKET P. R., and QURESHIM. A. Carcass Composition and Yield of 1957 Versus 2001 Broilers. When Fed Representative 1957 and 2001 Broiler Diets, *J. Poult. Sci.* 2003, 82:1509–1518
 11. RILEY R.R., SAVELL J.W., SHELTON M. and SMITH G.C. Carcass and offal yields of sheep and goats as influenced by market class and breed, *Small Ruminant Research*, 1989, 2(3):265-272.
 12. OCKERMAN H.W, HANSEN C.L, Industrialización de subproductos de origen animal, 1994, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza/España.
 13. WANG, F.S and LIN, CH. W. Molecular forces involved in heat-induced porcine blood crude. *J. Agric. Food Chem.*, 1994, 42: 1085-1088.
 14. WATTAgNet. El sector avícola de Rusia aspira a ser autosuficiente. Consulta electrónica, Agosto 2011. <http://www.wattagnet.com/IA>.
 15. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Consulta electrónica. Agosto del 2011.

<http://www.fao.org/countryprofiles/index.asp?lang=es&ISO3=FRA>

16. USDA, United States Department of Agriculture, Animal and plant health inspection service. Consulta electrónica, junio 2011.

http://www.aphis.usda.gov/animal_health/emergingissues/impactworksheets/iw_2004_files/foreign/btspain10202004.htm.

17. U.S Census Bureau, International programs. Consulta electrónica.

Agosto del 2011. <http://www.census.gov/population>.

17bis. MEXICOPOP. Consulta electrónica. Agosto del 2011.

<http://Wikipedia.org/wiki/Archivo:Mexicopop.es.svg>

18. NACIONES UNIDAS. World population prospects 2008, Citado por

Márquez Ayala David, 28 de julio 2008, Unidad Técnica de Economía

S.A de C.V, Un vistazo a la población mundial,

www.vectoreconomico.com.mx

19. RDA, Recommended Dietary Allowances 10th Edition, National

Academic of science, National Research Council, National Academy

Press, US Washington, D.C. 1989.

20. INEGI. Censos de población y vivienda, 1950-1970, 1990, 2000 y

2010.

21. DUST J.M, GRIESHOP C.M., PARSONS C.M., KARR-LILIENTHAL

L.K., SCHASTEEN C.S., QUIGLEY III J.D., MERCHEN N.R., FAHEY

Jr. G.C., Chemical composition, protein quality, palatability, and

- digestibility of alternative protein sources for dogs. *J. Anim. Sci.* 2005. 83:2414-2422.
22. RAMOS-CLAMONT G., FERNANDEZ- MICHEL S., CARRILLO-VARGAS L., MARTINEZ CALDERON E., VAZQUEZ MORENO L., Functional properties of protein fractions isolated from porcine blood, *J. food Sci.*, 2003, 68(4).
23. TITGEMEYER C.E., MERCHEN N.R, BERGER L. L., Evaluation of soybean meal, corn gluten meal, blood meal and fish meal as sources of nitrogen and amino acids disappearing from the small intestine of steers. *J. Anim. Sci.* 1989. 67:262-275.
24. RAVINDRAN V. CABAUG S., RAVINDRAN G., BRYDEN W.L., Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. *J. Poult. Sci.* 1999. 78:5, 699-706.
25. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of swine. 10th Revised Edition. 1998.
26. KERR B. J., KIDD M. T., CUARON J. A., BRYANT K. L., PARR T. M., MAXWELL C. V., and WEAVER E., Utilization of spray-dried blood cells and crystalline isoleucine in nursery pigs diets. *J. Anim. Sci.* 2004. 82:2397–2404.
27. WOODWORTH J. C., MUSSER R. E., LOUGHMILLER J.A., TOKACH M.D., GOODBAND R.D., NEELSEN J.L., Effects of different specialty protein sources on growth performance of starter pigs. Kansas State *Univ. Swine Day*, 1996.

28. MÁRQUEZ, E. et al. Proteins, isoleucine, lysine and methionine content of bovine, porcine and poultry blood and their fractions. *Food Chem.*, 2005, 93(3): 503-505.
29. KATS L.J, NEELSEN J.L, TOKATCH M.D , GOODBAND R.D, WEEDEN T.L, DRITZ S.S, HANSEN J.A, FRIESEN K.G, The effects spray-dried blood meal on growth performance of the early-weaned pig, *J. Anim. Sci.* 1994. 72:2860-2869.
30. DUARTE, RT; SIMÕES, MCC; SGARBIERI, VC Bovine blood components: fractionation, composition and nutritive value. *J. of Agric. and Food Chem.*, 1999, 47(1):231-236.
31. BRACHO M, MARQUEZ E, ARIAS B. Estudio comparativo del contenido de aminoácidos esenciales en sangre de bovino y cerdo. *RevCient FCV-LUZ* 2001;9(2):133-138.
32. WELLS M.G. R., Evolution of hemoglobin function: molecular adaptations to environment, *Clin. and Exp. Pharm. and phys*, 1999, 26: 591-595.
33. McKEE T., McKEE J. Biochemistry, Three Edition, McGraw Hill Interamerican, United States of America, 2003.
34. MOLECULAR STATION, Consulta electrónica, junio 2011 <http://www.molecularstation.com/molecular-biology-images/505-protein-pictures/48-heme-group.html>.
35. KAUSHANSKY K., LICHTMAN M., BEUTLER E., KIPPS T., Williams Hematology, Eighth Edition, McGraw Hill Interamericana, USA, 2010.

36. GALVES M. C., RAMIREZ B. G., OSORIO J., El laboratorio clínico en hematología de aves exóticas, *Biosalud*, 2009, 8: volumen 8:178 – 188.
37. DOUGLAS J., WEISS K., WARDROP J. Schalm's veterinary hematology, 6th Edition, Willey-Blackwell, Ames, Iowa, 2010.
38. SWANSON M.E., MARTIN M.J., O'DONNELL J.K., Production of functional human hemoglobin in transgenic swine. *Biotechnol* 1992,10:557.
39. RAO M. J., SCHNEIDERK., CHAITB. T., CHAO T. L., KELLERH., ANDERSONS., MANJULAB., KUMARR., Recombinant Hemoglobin a Produced in Transgenic Swine: Structural Equivalence with Human Hemoglobin A, *Art. cells, blood subs., and immob. biotech.*,1994, 22(3):695-700.
40. PRATHER R. S.; SHEN M.; DAI Y., Genetically Modified Pigs for Medicine and Agriculture, *Agric. Biotech. and Gen. Eng. Rev.*, 2008, 25:245-266.
41. MURRAY R., MAYES P., GRANNER D.K., RODWELL V., Harper Bioquímica ilustrada, 16th. Edición, Editorial Manual Moderno, México/DF, 2004.
42. PROTEIN DATA BASE, RSCB. Búsqueda electrónica. Agosto del 2011. <http://www.pdb.org/pdb/101/motm.do?momID=37>
43. FERRER, M.L., DUCHOWICZ, R., CARRASCO, B., GARCIA DE LA TORRE, G., ACUNA, U. Physical chemical data support heart-shaped structure for albumin in solution, *Biophys. J.* 2001. 80:2422-2430.

44. MACEDO S.L. 2004. Posibilidades de las albuminas y globulinas del plasma animal en la formulación de hamburguesas. Tesis profesional, Facultad de Química, UNAM.
45. CHEFTEL, J. C. Proteínas alimentarias. Editorial Acribia, Zaragoza/España. 1989. Pág. 221-232.
46. VOET D., VOET J., PRATT G., CHARLOTE W., Fundamentos de Bioquímica, John Wiley and Sons Inc., USA, 1999.
47. COLLIN M., OONAGH S., BJO'RCK L. IgG glycan hydrolysis by a bacterial enzyme as a therapy against autoimmune conditions, *PNAS*, 2008 105(11): 4265-4270.
48. VAN DIJK. A., EVERTS H., NABUURS M. J., MARGRY R. J., BEYNEN A. C., Growth performance of weanling pigs fed spray-dried animal plasma: a review, *Liv. Prod. Sci.* 2001, 68(2-6): 263-274.
49. VAN DIJK. A., ENTHOVEN P. M., VAN DEN HOVEN S., VAN LAARHOVEN M., NIEWOLD T. A., NABUURS M. J., BEYNEN A. C., The effect of dietary spray-dried porcine plasma on clinical response in weaned piglets challenged with a pathogenic *Escherichia coli*, *Vet. Microbiology* 2002, 84(3): 207-218.
50. NIEWOLD T. A., VAN DIJK A., GEENEN P. L., ROODINK H., MARGRY R., VAN DER MEULEN J., Dietary specific antibodies in spray-dried immune plasma prevent enterotoxigenic *Escherichia coli* F4 (ETEC) post weaning diarrhea in piglets, *Vet. Microbiology* 2007, 124(3-4): 362-369

51. QUIGLEY III J. D., WOLFE T.M., Effects of Spray-Dried Animal Plasma in Calf Milk Replacer on Health and Growth of Dairy Calves, *J. of Dairy Sci.* 2003, 68(2): 586-592.
52. PIERCE J. L., CROMWELL G.L., LINDEMANN M. D., RUSSELL L.E. and WEAVER E.M., Effects of spray-dried animal plasma and immunoglobulins on performance of early weaned pigs, *J. Anim. Sci.* 2005, 83(12)2876-2885.
53. PEACE R. M., CAMPBELL J., POLO J., CRENSHAW J., RUSSELL L. and MOESER A., Spray-Dried Porcine Plasma Influences Intestinal Barrier Function, Inflammation, and Diarrhea in Weaned Pigs, *J. Nutr.* 2011, 141(7)1312-1317.
54. NELSON L. D. Y COX M.M., Lehninger, Principios de Bioquímica, 4th Edición, Editorial McGraw Hill, México/DF, 2005.
55. MADRID A., Aprovechamiento de subproductos cárnicos, Ediciones mundiprensa, Madrid/España, 1999.
56. VALDES, R. D. 1998, Recuperación de las proteínas del plasma de la sangre de cerdo, conservación e incorporación en queso tipo manchego. Tesis profesional. Facultad de Química. UNAM.
57. PEREZ-GAVILAN. E.P. 2001. Patente. Procedimiento para la recuperación de proteínas de la sangre de cerdo y su conservación. Exp. PA/A/2001/008957. Reg. En IMPI.
58. JOHNSON ALAN J. and SUMMERFELT ROBERT C. Spray-dried blood cells as a partial replacement for fishmeal in diets for Rainbow

- Trout (*Oncorhynchus mykiss*), *J. of the World Aqua. Society.*, 2000
31(1) 96-104.
59. DEROUCHÉY, J. M., TOKATCH M.D, NEELSEN J.L, GOODBAND R.D, DRITZ S.S, WOODWORTH J. C. , and JAMES B. W. Comparison of spray-dried blood meal and blood cells in diets for nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 2002
60. HANSEN A.J., NELSEN J.L., GOODBAND R.D., WEEDEN T.L. Evaluation of animal protein supplements in diets of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 1993. 71:1853-1862.
61. LEE, K. and BAI, S.C. Hemoglobin powder as a dietary fish meal replacer in juvenile Japanese eel, *Anguilla japonica* (Temminck-Schlegel). *Aquaculture Research* 1997. 28, 509-516.
62. SHIMADA M.A, *Nutrición animal*, México/DF, Editorial Trillas, 2003
63. ZIEGLER, D. M., CHESTER-JONES H., CASEY P., HANSEN W. P., OTTERBY D. E., AKAYEZU J. M., MARX G. D., and JACOBSON M. C. 1996. Use of spray dried animal red blood cells as a protein source in milk replacer fed to Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 79(Suppl.1):225(Abstr.).
64. ARTHINGTON, J. D., THOMSON D. U., WEAVER. M., CAMPBELL J. M., CHI F., and RUSSELL L. E. The effect of USDA inspected red blood cells as an alternative protein source in calf milk replacers. *J. Dairy Sci.* 1998. 81:1195(Abstr.).

65. QUIGLEY, J. D., JAYNES C. A., MILLER M. L., SCHANUS E., CHESTER-JONES H., MARX G. D., and ALLEN D. M. Effects of hydrolyzed spray dried red blood cells in milk replacer on calf intake, bodyweight gain, and efficiency. *J. Dairy Sci.* 2000. 83:788–794.
66. YOUNG S. and PELLET J., Current concepts concerning indispensable amino acids need in adults and their implications for international nutrition planning, *Food and Nutrition Bulletin*, 1990(12):289–300.
67. SANTOS F.A.P., SANTOS J.E.P., THURER C.B., HUBER J.T., Effects of Rumen-Undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review, *J. Dairy Sci.* 1998. 81: 3182-3213.
68. XU S., HARRISON H.J., CHALUPA W., SNIFFEN C., JULIEN W., SATO H., FUJIEDA T., WATANABE K., UEDA T., SUZUKI H., The effect of ruminal bypass lysine and methionine on milk yield and composition of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 1998. 81:1062-1077.
69. KNAUS W.F., BEERMAN D.H., TEDESCHI L.O., CZAJKOWSKI M., FOX D.G, RUSELL J.B., Effects of urea, isolated soybean protein and blood meal on growing steers fed a corn-based diet, *Anim. Feed Sci. and Tech.* 2002, 102:3-14.
70. RANGNGANG M.B, NELSON M.L., PARISH S.M, Ruminal undegradability of blood meal and effects of blood meal on ruminal and posruminal digestion in steers consuming vegetative orchard grass hay, *J. Anim Sci.* 1997. 75:2788-2795.

71. BELTRANENA, E., BZOWEY A. L., and PETRACEK R. A. Spray-dried blood cells and lactose can replace whey in Phase I nursery diets. *Prairie Swine Centre Annu. Res. Rep.* 1996.
72. ZHANG, Q., VEUM, T. L. and BOLLINGER D. Spray dried animal blood cells in diets for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 1999. 77(Suppl.1):62. (Abstr.)
73. TEPPER R., GONZALEZ C., CASTELLANOS D., HURTADO E., Aceptabilidad y consumo de plasma y hemoglobina desecados en dietas para cerdos en iniciación, *Revista Científica* 2002. 12(2):458-460.
74. FRUGE, E. D., BIDNER T. D., and SOUTHERN L. L. Effect of incremental levels of red blood cells on growth performance and carcass traits of finishing pigs, *J. Anim. Sci.* 2009. 87:2853–2859.
75. WAGUESPACK A.M, DEAN D.W., BIDNER T.D., SOUTHERN L.L. Effect of increasing dried blood cells in corn-soybean meal diets on growth performance of weanling and growing pigs, *Prof. Anim. Sci.*, 2011, 27(1):65-67.
76. DONKOH A., ATUAHENE C.C., ANNG D.M., OFORI S.K. Chemical composition of solar-dried blood meal and its effect on performance of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. and Tech*, 1999. (81) 299-307.
77. KHAWAJA T., HASSAN K. S., NABI A. N. Effect of different levels of blood meal on broiler performance during two phases of growth. *Int. J. of Poult. Sci.*, 2007 6(12):860-865.

78. KYEONG-JUN LEE AND SUNGCHUL C. BAI, Hemoglobin powder as a dietary animal protein source for juvenile Nile Tilapia, *The progressive Fish-Culturist*, 1997 59: 266-271.
79. LEE, K. and BAI, S.C.b Hemoglobin powder as a dietary animal protein source for juvenile Nile tilapia. *The Progressive Fish-Culturist*. 1997. 59: 266-269.
80. MARTINEZ-LLORENS J.P, VIDAL S., MONINO A.T., ADER A.V., TORRES J.G, and CERDA, M.J. Blood and hemoglobin meal as protein sources in diets for gilthead sea bream (*Sparusaurata*): effects on growth, nutritive efficiency and fillet sensory differences. *Aquaculture Research* 2008. 39:1028-1037.
81. DUNGRAT CHOOKIRD, CHUTIMA TANTIKITTI, AMORN RAT PONGDARA, MANEE SRICHANUM, Effect of hemoglobin powder substituted for fishmeal on growth performance, protein digestibility and trypsin gene expression in *Litopenaeus vannamei*, *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 2010 32(2):119-127.
82. ALDANA C. L. et al. 2006. Efectos de una dieta con proteínas plasmáticas porcinas coaguladas en la fisiología y reproducción de ratones CD1. Tesis profesional Fac. de química. UNAM.
83. CALDIRONI H.A and OCKERMAN H. W., Incorporation of Blood Proteins into Sausage, *J. of Food Sci.* 1982, 47(2):405–408.

CUADROS

Cuadro 1. Cantidad de sangre que se recoge normalmente en los mataderos.

	Sangre (80% humedad)	por cada 1000 kg de peso vivo	Cantidad media por animal (litros)	Peso de la sangre desecada(10% de humedad)(kg/1000 kg peso vivo)
	(Kg)	(litros)		
Vacuno (recogiendo aproximadamente el 50%)	32.6-33.7	26-26.5	10-12	7.2-7.5
Terneras (recogiendo aproximadamente el 50%)	25.8-27	20-21	—	5,7-6
Ovejas (recogiendo aproximadamente el 50%)	24.8-31.5	20-25	1.5	5.5-7
Cerdos (recogiendo aproximadamente el 50%)	29.2-35.1	23-28	2.5	6.6-7.8
Pollos (recogiendo aproximadamente el 51%) sangrado en 300 s	42.1	32	0.2/animal de 2 kg	9.3

Ockerman y Hansen¹².

Cuadro 2. Potencial nutricional de la sangre en el mundo.

	Población mundial ^a x 10 ³	Req. Prot/ día/hab(g) ^b	Prot. Req./hab/año. (g)	Requerimiento por segmento de población/año(Ton)	Prot. sanguínea /habitante/año(g) ^c
TOTAL	6,671,226		51,830	117,302	3,447
0-14 años	2,008,039	30	10,950	21,988	
15-64 años	4,202,872	56	20,440	85,906	
65+	460,314	56	20,440	9,408	

- a. Naciones Unidas world population prospects 2008, Citado por Márquez Ayala David, 28 de julio 2008, Unidad Técnica de Economía S.A de C.V, Un vistazo a la población mundial, www.vectoreconomico.com.mx¹⁸
- b. Se tomaron datos de la Recommended allowed sources RDA¹⁹, 10 th. Edition, pag 66, en forma ponderada.
- c. Se calculó la cantidad de proteína sanguínea por habitante por año de la siguiente forma; se estimo una cantidad de 23 millones de toneladas de proteína recuperable de sangre durante el 2007(Figura 1) y esta cantidad se dividió entre la población en el mundo en el 2007(6,671 miles de millones de habitantes)¹⁸, lo que nos dio como resultado 3,447 gramos de proteína de sangre recuperable por habitante por año.

Cuadro 3. Potencial nutricional de la sangre en México.

	Población en México ^a	Req. Prot/día/hab(g) ^b	Prot. Req./hab/año (g)	Requerimiento por segmento de población/año(Ton)	Prot. sanguínea /habitante/año(g) ^c
TOTAL	110,521,908.00		51,830	1,863,618	4,645
0-14 años	32,342,657.60	30	10,950	354,152	
15-64 años	69,804,779.40	56	20,440	1,426,809	
65+	8,374,471.00	56	20,440	82,657	

- a. INEGI²⁰. Censos de población y vivienda, 1950-1970, 1990, 2000 y 2010.
- b. Se tomaron datos de la Recommended allowed sources RDA¹⁹, 10 th. Edition, pag 66, en forma ponderada.
- c. Se calculó la cantidad de proteína sanguínea por habitante por año de la siguiente forma; se estimo una cantidad 0.5133 millones de toneladas de proteína recuperable de sangre durante el 2009(Figura 2) y esta cantidad se dividió entre la población en México en el 2009 (0.11 miles de millones de habitantes), lo que nos dio como resultado 4,645 gramos de proteína de sangre recuperable por habitante mexicano por año.

Cuadro 4. Requerimientos estimados de aminoácidos, en mg/kg por día por edad y por grupo.

AA	Requerimientos de aminoácidos por edad, por día y por grupo (mg/g de proteína)				Composición reportada de aminoácidos (mg/g de proteína)						
	3-4 meses	- 2 años	10-12 años	Adultos	Leche humana	Huevos	Leche vaca	Carne de res	HS ^{1a,b,c}	PS ^{2a,b}	PC ^{3a,b}
Histidina	16	19	19	11	26	22	27	34	59	28	59
Isoleucina	40	28	28	13	46	54	47	48	4	30	3
Leucina	93	66	44	19	93	86	95	81	130	84	134
Lisina	60	58	44	16	66	70	78	89	92	75	62
Metionina/ Cistina	33	25	22	17	42	57	33	40	12/5	7/5	6/5
Fenilalanina/ Tirosina	72	63	22	19	72	93	102	80	130	98	124
Treonina	50	34	28	9	43	47	44	46	42	45	26
Triptófano	10	11	9	5	17	17	14	12	14	14	4
Valina	54	35	25	13	55	66	64	50	89	56	88
Total sin histidina	412	320	222	111	434	490	477	445	509	414	452

RDA¹⁴a. Dust *et al.*²¹b. Ramos-Clamont *et al.*²²c. Titgemeyer *et al.*²³

1. Harina de sangre con 95.5% de proteína cruda
2. Plasma sanguíneo con 84.4% de proteína cruda
3. Paquete celular con 95.3% de proteína cruda

Cuadro 5. Perfil de aminoácidos (mg/g de proteína) de diversas fuentes vegetales de proteínas.

mg/g	Maiz ^{1,2,4}	Soya ^{1,2,3,4,5}	Harina de canola ^{1,2}	Harina de pasta de semilla de algodón ^{1,2}	Harina de semilla de girasol ^{1,2}	Sorgo ^{1,2}	Trigo ^{1,2}
Arginina	52.30	74.16	64.46	122.40	80.32	24.4	46.2
Glicina	39.28	41.66	48.76	38.25	56.39	35.6	41.5
Histidina	33.30	29.16	30.02	30.66	26.56	24.6	23.5
Isoleucina	36.9	49.37	41.59	32.31	43.28	39.7	34.9
Leucina	134.5	80.83	73.00	59.19	65.90	130.1	68.86
Lisina	33.3	63.75	52.06	43.39	37.70	26	29.24
Metionina/ cistina	50.30	13.92/ 15.98	20.7/ 25.5	15.8/ 16.3	22/ 17.91	16.3/ 20.12	17.6/ 16.9
Fenilalanina/ tirosina	52.3/ 32.1	52.7/ 40.6	41.59/ 32.32	54.48/ 31.83	45.24/ 28.19	52/ 28.7	43.39/ 22.64
Treonina	35.70	38.33	42.97	30.66	36.07	32.8	28.3
Valina	53.5	53.75	55.00	46.46	55.08	53.4	45.28

1. Ravindran *et al.*²⁴
2. NRC²⁵
3. Titgemeyer *et al.*²³
4. Kerr *et al.*²⁶
5. Woodworth *et al.*²⁷

Cuadro 6. Diferencias en el perfil de aminoácidos (mg/g de proteína) de las fracciones de la sangre en bovinos, aves y porcinos.

mg/g de proteína	PLASMA SANGUINEO			PAQUETE CELULAR			SANGRE COMPLETA		
	Bovinos ^{1,3,4}	Porcinos ^{1,4}	Aves ¹	Bovinos ^{1,3,4}	Porcinos ^{1,4}	Aves ¹	Bovinos ^{1,2,4}	Porcinos ^{1,2,4}	Aves ^{1,2,4}
Arginina	33	ND ^a	ND ^a	20.7	ND ^a	ND ^a	30	39.3	48.83
Cisteína	ND ^a	ND ^a	ND ^a	ND ^a	ND ^a	ND ^a	8.54	11.23	15.8
Fenilalanina	51.6	ND ^a	ND ^a	81.9	ND ^a	ND ^a	63	60	65.2
Histidina	46.8	21.8	ND ^a	60.9	56.8	ND ^a	66.9	55	58.15
Isoleucina	28.23	22.5	28.7	10.8	2.8	26.5	9.3	6.9	27.5
Leucina	76.45	62.9	ND ^a	119.7	88.8	ND ^a	81.2	96.6	113.3
Lisina	72.77	61.2	58.7	95.23	53.3	75.1	86.8	58.4	75
Metionina	4.26	5.3	5.1	3.75	7.5	7.3	2.8	9.6	6.4
Treonina	59.7	39.5	ND ^a	51.1	22.8	ND ^a	47.5	26.8	47.11
Triptófano	11.8	ND ^a	ND ^a	ND ^a	ND ^a	ND ^a	18.27	18.57	20.49
Tirosina	47.8	ND ^a	ND ^a	23.9	ND ^a	ND ^a	28.71	27.58	31
Valina	52.9	41.2	ND ^a	70.75	61.8	ND ^a	77.6	76.86	77.3

1. Márquez *et al.*²⁸

2. Kats *et al.*²⁹

3. Duarte *et al.*³⁰

4. Bracho *et al.*³¹

a. No determinado

Cuadro 7. Perfil de aminoácidos (% del alimento) de diversas fuentes proteicas utilizadas en alimentación animal.

%	Sangre ^{1,2,3,4}	Plasma ²	Paquete globular ^{1,4,5}	Harina de pescado ^{1,4,5}	Pasta de soya ^{4,5}	Suero deshidratado ^{2,5}	Maiz ⁵
Arginina	3.88	4.23	3.43	3.83	3.34	0.235	0.33
Histidina	5.70	2.35	6.19	0.93	0.605	0.15	ND ^a
Isoleucina	1.06	2.6	0.36	2.47	2.02	0.535	0.25
Leucina	11.51	6.7	12.61	4.40	3.575	0.955	0.92
Lisina	8.12	6.1	8.62	4.62	2.91	0.77	0.22
Metionina	0.90	0.48	1.11	1.67	0.66	0.14	0.17
Cistina	1.13	2.29	0.61	0.55	0.735	0.225	0.17
Fenilalanina	6.23	4	6.87	2.38	2.355	0.295	0.37
Tirosina	2.66	3.64	2.33	1.90	1.66	0.235	0.23
Treonina	3.81	4.04	3.86	2.51	1.84	0.61	0.26
Triptófano	1.58	1.38	1.65	0.64	0.675	0.175	0.05
Valina	7.76	4.66	8.38	2.94	2.175	0.525	0.35

1. Derouchey *et al.*⁵⁹
2. Hansen *et al.*⁶⁰
3. Lee K. and Bai⁶¹
4. Woodworth *et al.*²⁷
5. kerr *et al.*²⁶
6. No determinado

Cuadro 8. Efecto de la suplementación de harina de sangre sobre la ingesta y digestibilidad de la materia orgánica y la fibra detergente neutro en ganado alimentado con heno de pasto.

	Suplementación Harina de sangre kg/d				
Ítem	0	0.07	0.13	0.2	SE
Ingesta Materia Orgánica, kg/d	8.3	8.4	8.5	8.2	0.2
Digestibilidad ruminal MO ^a , % de ingesta	61.3	57.4	57.2	57.2	1.92
Digestibilidad posruminal MO ^a , % de ingesta	9.5	11.6	10.7	11.4	1.76
Digestibilidad total MO ^a , % de ingesta	70.9	69.1	67.9	68.7	0.89
Ingesta FDN ^b , kg/d	6.4	6.4	7	6.5	0.38
Digestibilidad ruminal FDN ^b , % de ingesta	72.8	68.1	69.3	71.2	2.08
Digestibilidad posruminal FDN ^b , % de ingesta	3.3	6.4	6.9	11.7	4.43
Digestibilidad total FDN ^b , % de ingesta	76.1	74.5	76.2	75.4	1.5

Rangngang *et al.*⁷⁰

a. Materia Orgánica

b. Fibra Detergente Neutro

Cuadro 9. Efecto de la suplementación de harina de sangre sobre la ingesta de nitrógeno, paso de nitrógeno al duodeno y digestibilidad de nitrógeno en ganado vacuno alimentado con heno de pasto.

Ítem	Suplementación harina de sangre kg/d				
	0	0.07	0.13	0.2	SE
Ingesta N, g/d	250.8	8.4	8.5	8.2	0.2
Ingesta N harina de sangre, g/d	0	57.4	57.2	57.2	1.92
Ingesta N forraje, g/d	248.5	11.6	10.7	11.4	1.76
<i>Paso al duodeno</i>					
N total, g/d	158.2	6.4	7	6.5	0.38
N Amoniacal total, g/d	7.6	68.1	69.3	71.2	2.08
N no amoniacal total g/d	150.6	6.4	6.9	11.7	4.43
N bacteriano, g/d	109.1	74.5	76.2	75.4	1.5
N dietario de protozoos y otros organismos endógenos, g/d	41.5	49.1	57.8	66.8	3.7
N harina de sangre, g/d	0	7.3	16	25	3.57
N sobrepaso harina de sangre, %	0	83.5	85.3	87.2	7.02
Utilización ruminal N, % de ingesta	36.6	27.6	29.1	28.3	4.25
Digestibilidad posruminal N, % de ingesta	27.3	39.6	40	42.5	3.94
Digestibilidad total N, % de ingesta	63.9	67.3	69.2	70.8	1.4
N bacteriano, g/kg digestibilidad real en rumen	17.9	20.2	20.5	19.1	1.86

Cuadro 10. Influencia de la suplementación de proteína sobre el paso de aminoácidos al duodeno en ganado vacuno alimentado con heno de pasto.

	Suplementación Harina de sangre kg/d				
Ítem	0	0.07	0.13	0.2	SE
<i>Aminoácidos esenciales</i>					
Arginina	33.2	36.6	45.2	45.2	3.3
Histidina	7.7	11.5	10.8	15.8	2.3
Isoleucina	38.5	42	49.9	49.1	3.6
Leucina	64.3	72.8	90	94	7.6
Lisina	32.2	4.3	40.7	50.1	4.9
Metionina	14.5	16.7	19.7	20.2	1.4
Fenilalanina	41.2	47	57.4	58.9	4.7
Treonina	37.9	40.9	50.7	50.8	4.1
Valina	80.9	95.1	128.3	133.2	22.4
Total aminoácidos esenciales	350.5	402.7	497.8	517.2	51.4
<i>Aminoácidos no esenciales</i>					
Alanina	42.3	47.8	59	61.2	4.8
Acido aspártico	75	82.6	102	103.3	8.2
Cistina	12.4	12.6	14.7	14.2	1
Acido glutámico	90.9	99.6	121.3	123.2	9
Glicina	60.2	66.1	93.1	77.4	9.8
Prolina	28.2	30.8	37.4	38.4	2.6
Serina	28.2	30.8	37.7	38	3.2
Tirosina	29.3	33.1	39.6	39.1	3.1
Total aminoácidos no esenciales	716.9	806.1	1,002.60	1,012.00	90.1

Cuadro 11. Efectos de incrementar niveles de harina de sangre y paquete celular sanguíneo sobre la ganancia de peso de cerdos destetados.

Ítem	Control	Harina de sangre			Paquete celular sanguíneo		
		2.50%	5%	7.50%	2.50%	5%	7.50%
Peso inicial, kg	6.53	6.68	6.63	6.5	6.66	6.69	6.61
<i>Día 0-7</i>							
Ganancia diaria peso, g	144	159	176	180	162	140	133
Ingesta diaria, g	261	264	265	260	268	234	224
Ganancia: ingesta	0.54	0.6	0.66	0.69	0.6	0.6	0.58
<i>Día 7-14</i>							
Ganancia diaria peso, g	277	316	324	333	333	330	363
Ingesta diaria, g	419	444	447	440	437	413	433
Ganancia: ingesta	0.66	0.72	0.72	0.75	0.75	0.79	0.83
<i>Día 0-14</i>							
Ganancia diaria peso, g	211	238	250	256	247	235	248
Ingesta diaria, g	340	354	356	350	353	323	328
Ganancia: ingesta	0.61	0.68	0.7	0.73	0.7	0.72	0.75
<i>Peso final, kg</i>	9.56	9.86	10.1	10.05	9.93	10.17	9.86

Derouchey *et al.*⁵⁹

Cuadro 12. Ejemplo de sustitución de pasta de soya por maíz-paquete celular en dietas para bovinos de engorda (250 kg. de peso inicial)

Los porcentajes de inclusión (BS) son: 15%, 30% y 45% de Maíz-Paquete celular. Las dietas se formularon con el programa "Taurus" para formulación de raciones para bovinos, todos los ingredientes entraron en la formulación, llenando los requerimientos nutricionales de los animales en esta etapa.

15% de inclusión			30% de inclusión			45% de inclusión		
COMPOSICION	%	Consumo kg/día/animal	COMPOSICION	%	Consumo kg/día/animal	COMPOSICION	%	Consumo kg/día/animal
Soya	6.111	0.476	Soya	4.15	0.324	Soya	2.192	0.171
Rastrojo de maíz	21	1.642	Rastrojo de maíz	21	1.642	Rastrojo de maíz	20	1.642
Maíz	51.067	3.979	Maíz	38.295	2.986	Maíz	25.557	1.993
Carbonato de calcio	3.488	0.272	Carbonato de calcio	2.483	0.194	Carbonato de calcio	2.264	0.177
Sebo	3.135	0.244	Sebo	3.164	0.247	Sebo	3.164	0.247
Maíz-sangre	15	1.163	Maíz-sangre	30	2.326	Maíz-sangre	45	3.489
Trifosfato	0.199	0.016	Trifosfato	1.016	0.079	Trifosfato	1.016	0.079

FIGURAS

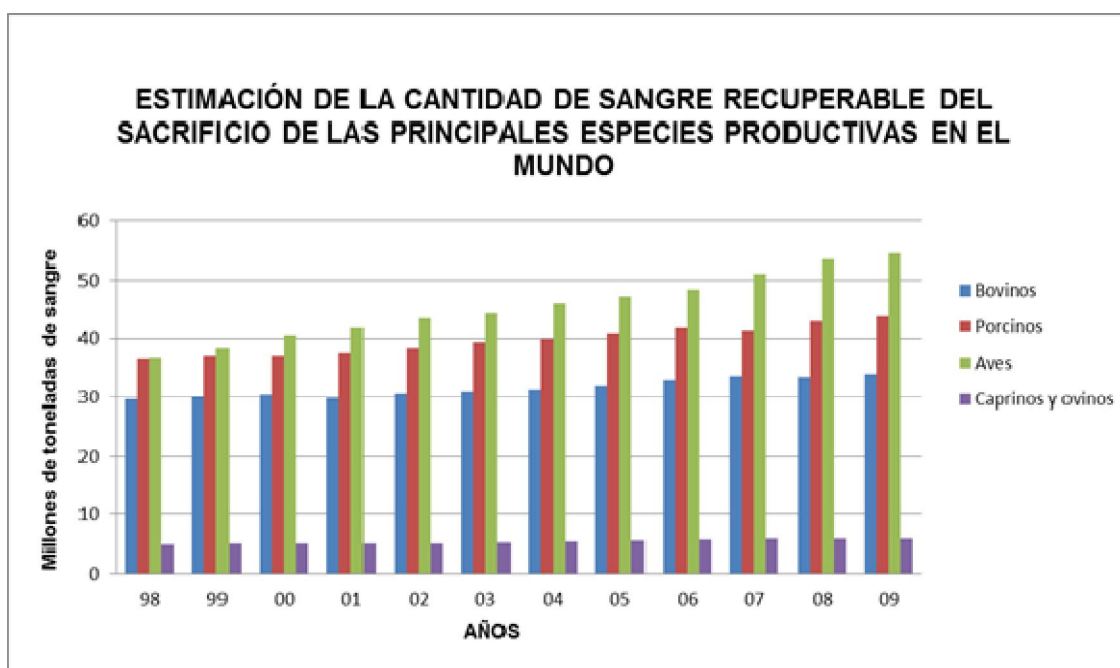


Fig 1. Estimación de la cantidad de sangre recuperable del sacrificio de ganado ovino, caprino, porcino, bovino y aviar en el mundo. Se estimaron en base a datos de la FAO¹ y a datos estimados de rendimiento en canal de diferentes especies productivas (bovinos 56.2%^{2,3}, porcinos 78.13%^{4,5,6,7}, aves 71%^{8,9,10}, ovinos y caprinos 64.6%¹¹), para encontrar el Peso vivo y la cantidad de sangre recuperable según los datos de Ockerman y Hansen¹² (Cuadro 1.)

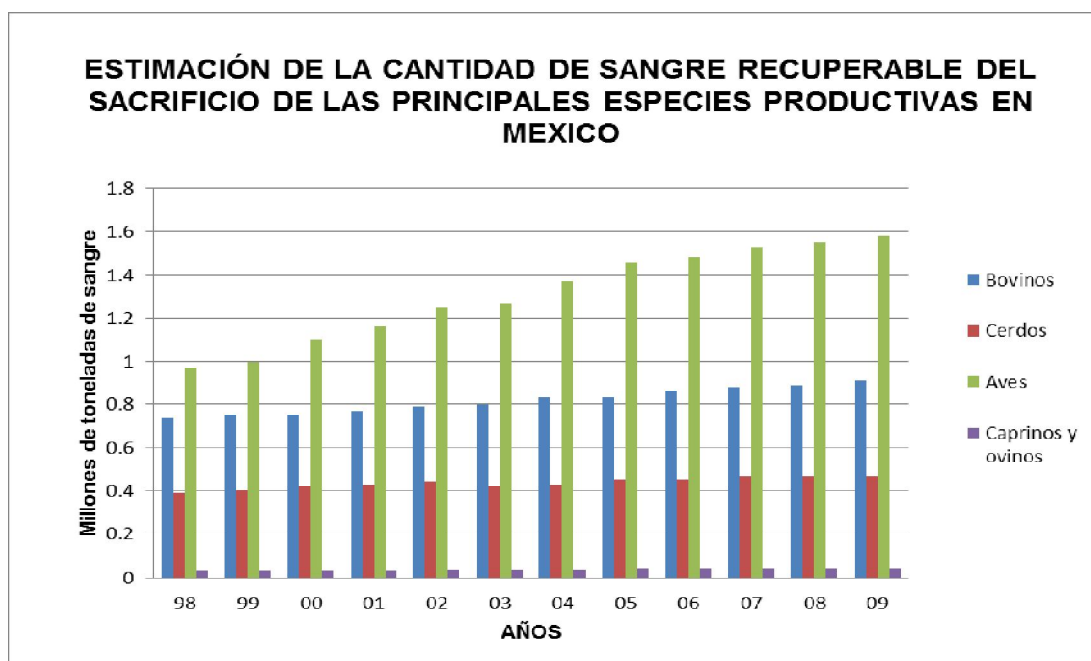


Fig 2. Estimación de la cantidad de sangre recuperable del sacrificio de ganado ovino, caprino, porcino, bovino y aviar en México. Se estimaron en base a datos de la FAO¹ y a datos estimados de rendimiento en canal de diferentes especies productivas (bovinos 56.2%^{2,3}, porcinos 78.13%^{4,5,6,7}, aves 71%^{8,9,10}, ovinos y caprinos 64.6%¹¹), para encontrar el Peso vivo y la cantidad de sangre recuperable según los datos de Ockerman y Hansen¹² (Cuadro 1.)

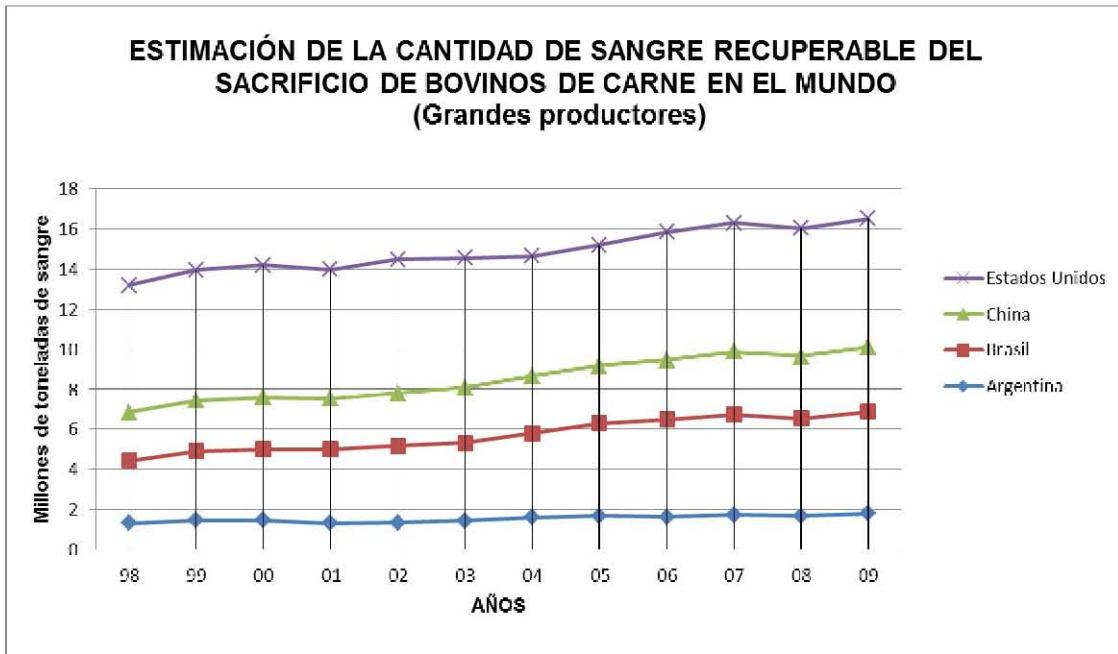


Fig 3.

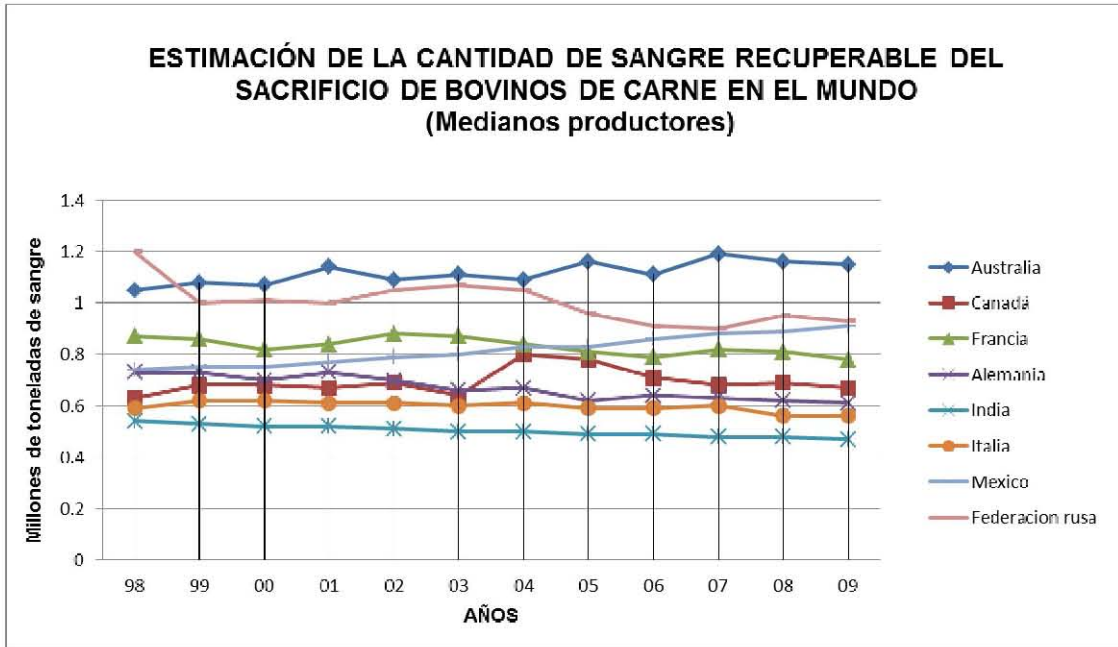


Fig 4.

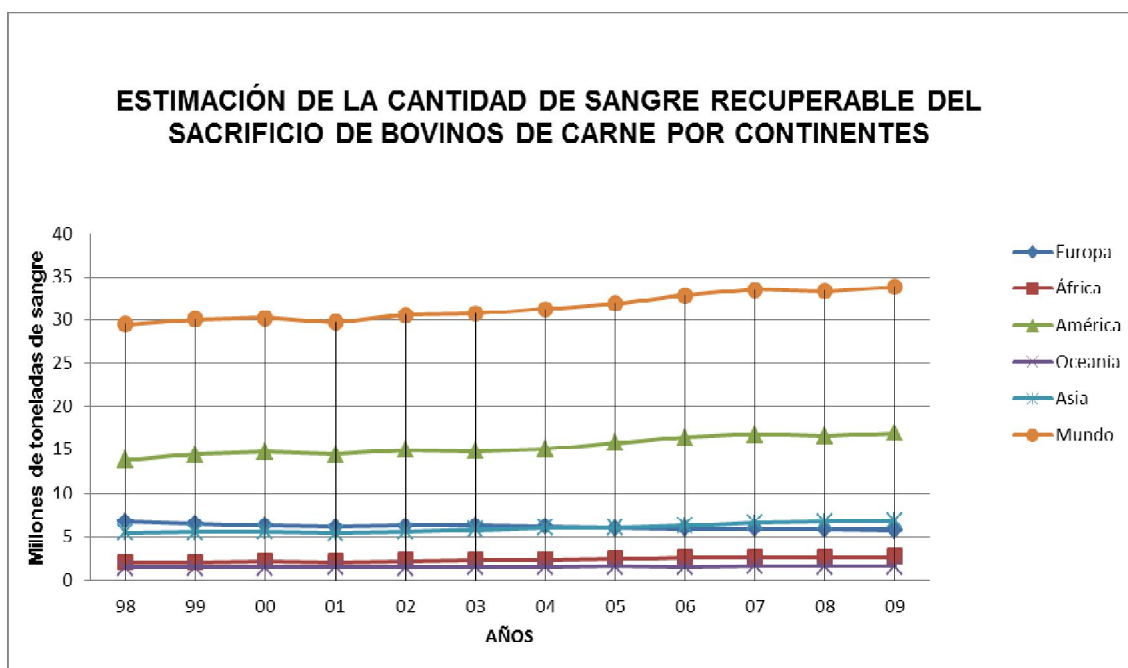


Fig 5.

Fig 3, 4 y 5. Estimación de la cantidad de sangre recuperable del sacrificio bovino en el mundo, tomando como base los grandes productores, medianos productores y la producción por continentes respectivamente.

Para realizar estos cálculos se estimó el rendimiento en canal bovino en 56.2%^{2,3} y se utilizaron datos de la de la producción de carne bovina en toneladas (FAO)¹ para encontrar el Peso vivo y la cantidad de sangre recuperada según los datos de Ockerman y Hansen¹² (Cuadro 1.)

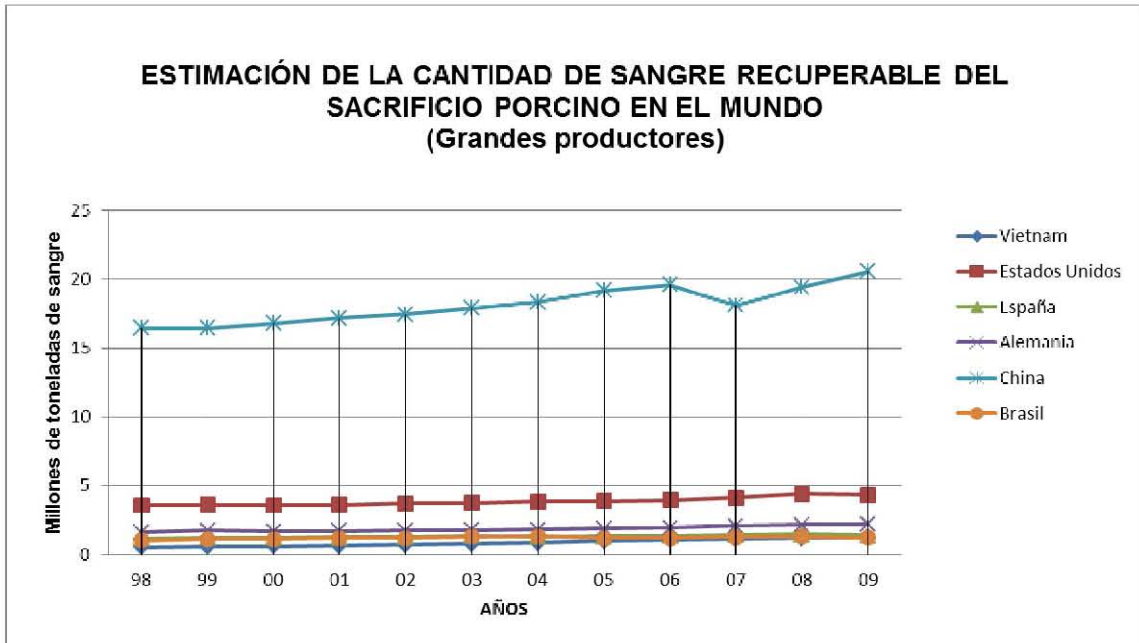


Fig 6.

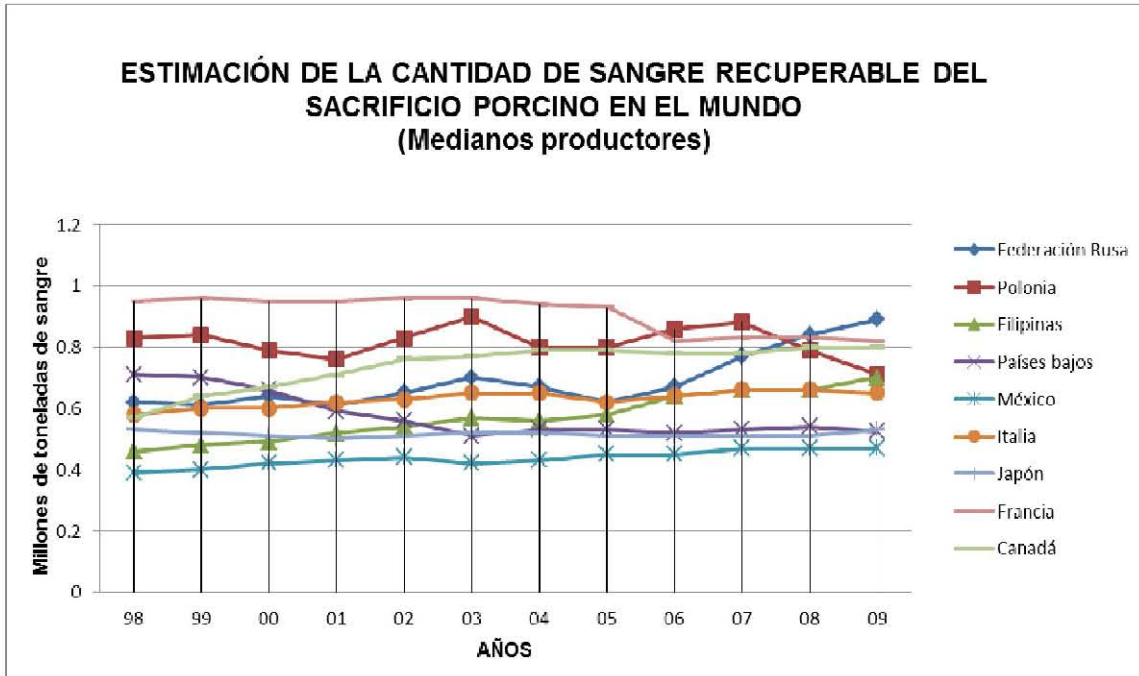


Fig 7.

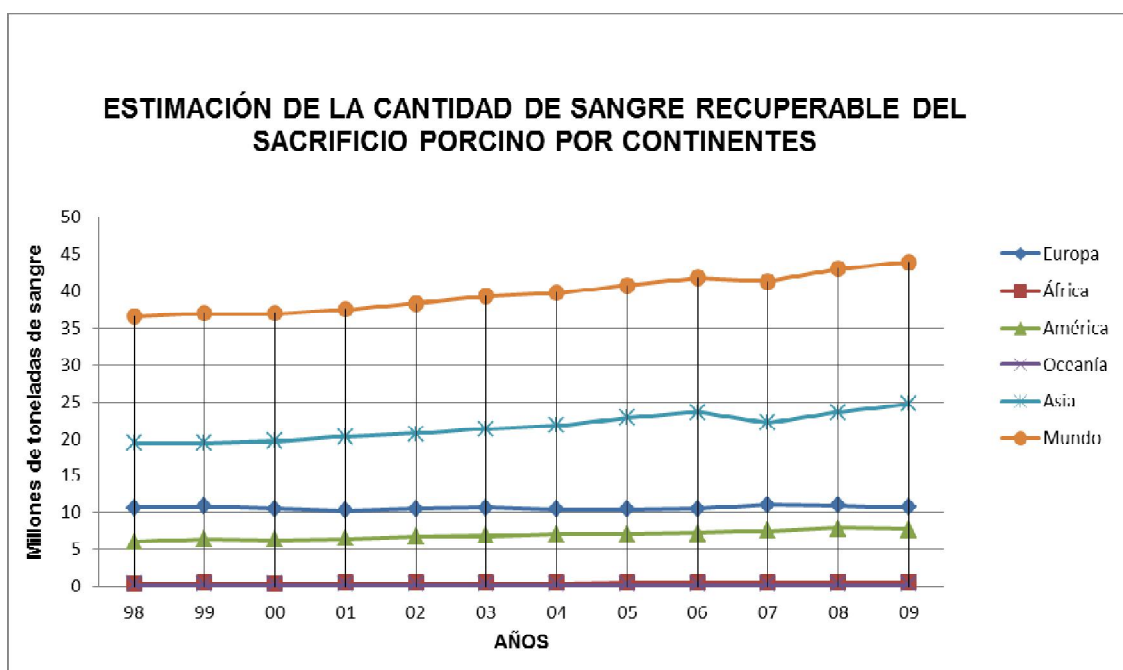


Fig 8.

Fig 6, 7 y 8. Estimación de la cantidad de sangre recuperable del sacrificio porcino en el mundo, tomando como base los grandes productores, medianos productores y la producción por continentes respectivamente.

Para realizar estos cálculos se estimó el rendimiento en canal porcino en 78.13%⁴,⁵,⁶,⁷. y se utilizaron datos de la de la producción de carne porcina en toneladas FAO¹ para encontrar el Peso vivo y la cantidad de sangre recuperada según los datos de Ockerman y Hansen¹² (Cuadro 1.)

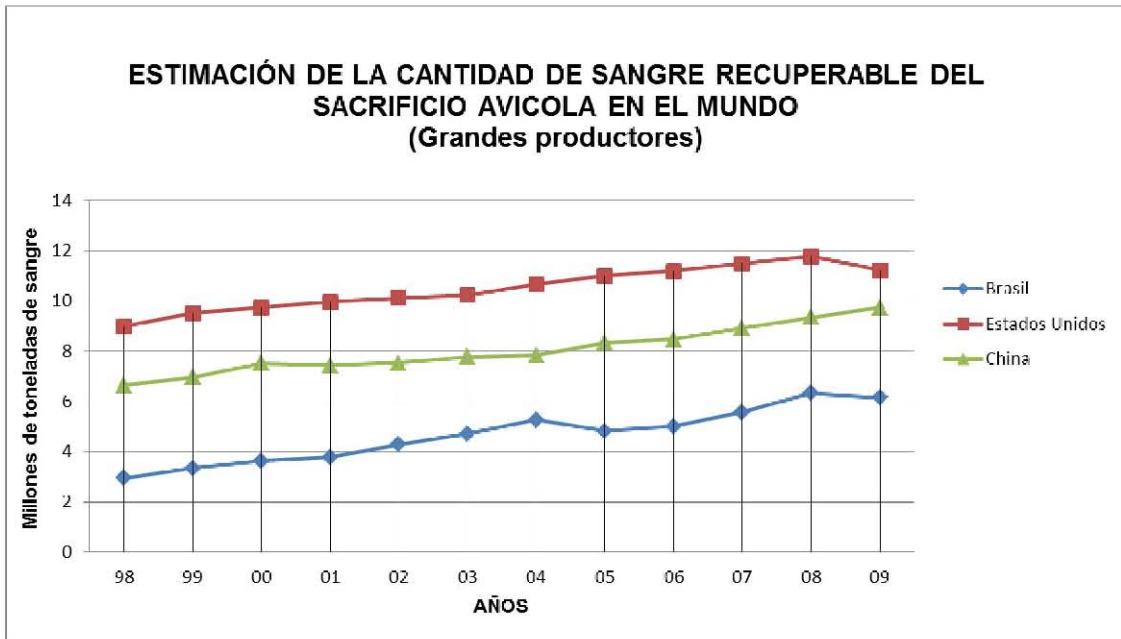


Fig 9.

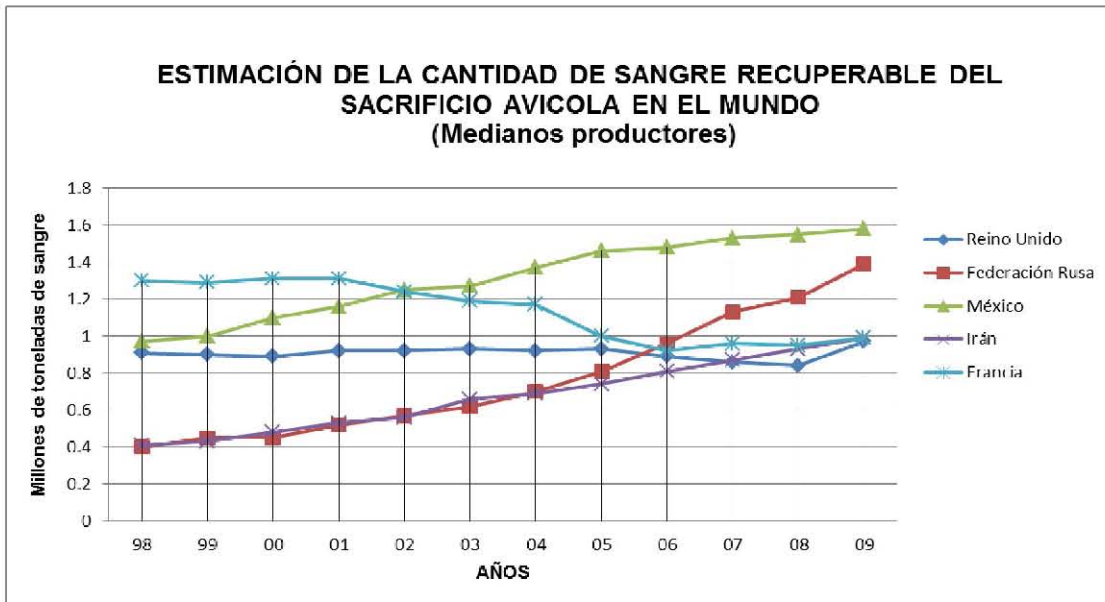


Fig 10.

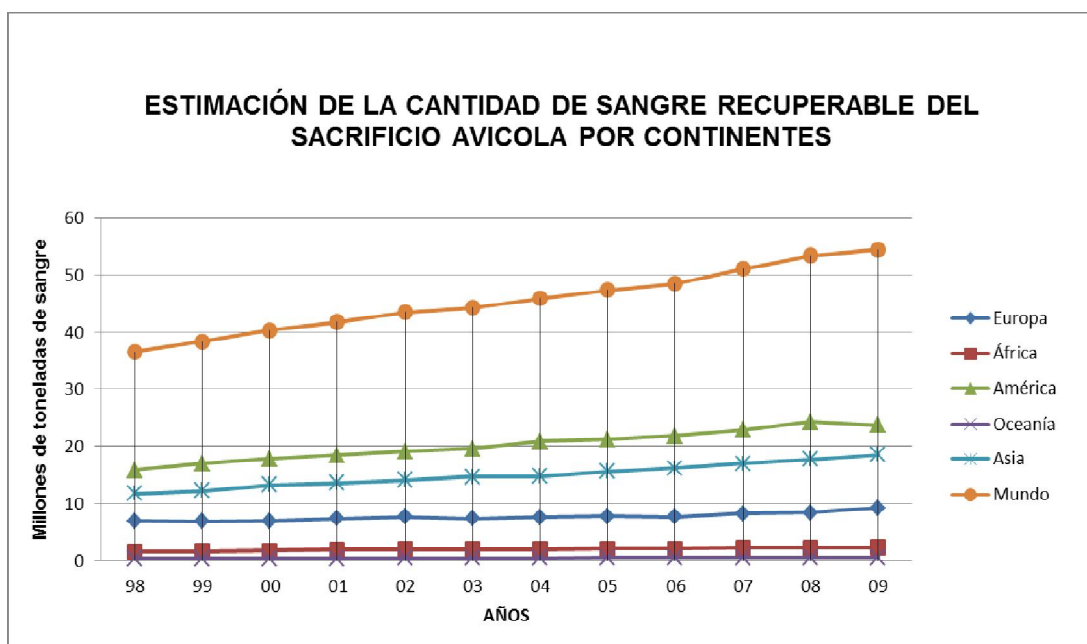


Fig 11.

Fig 9, 10 y 11. Estimación de la cantidad de sangre recuperable del sacrificio avícola en el mundo, tomando como base los grandes productores, medianos productores y la producción por continentes respectivamente.

Para realizar estos cálculos se estimó el rendimiento en canal de aves de producción en 71% (patos, pavos, gallinas y pollos, principales aves productoras de carne en el mundo)^{8, 9, 10} y se utilizaron datos de la de la producción de carne avícola en toneladas FAO¹ para encontrar el Peso vivo y la cantidad de sangre recuperada según los datos de Ockerman y Hansen¹² (Cuadro 1.)

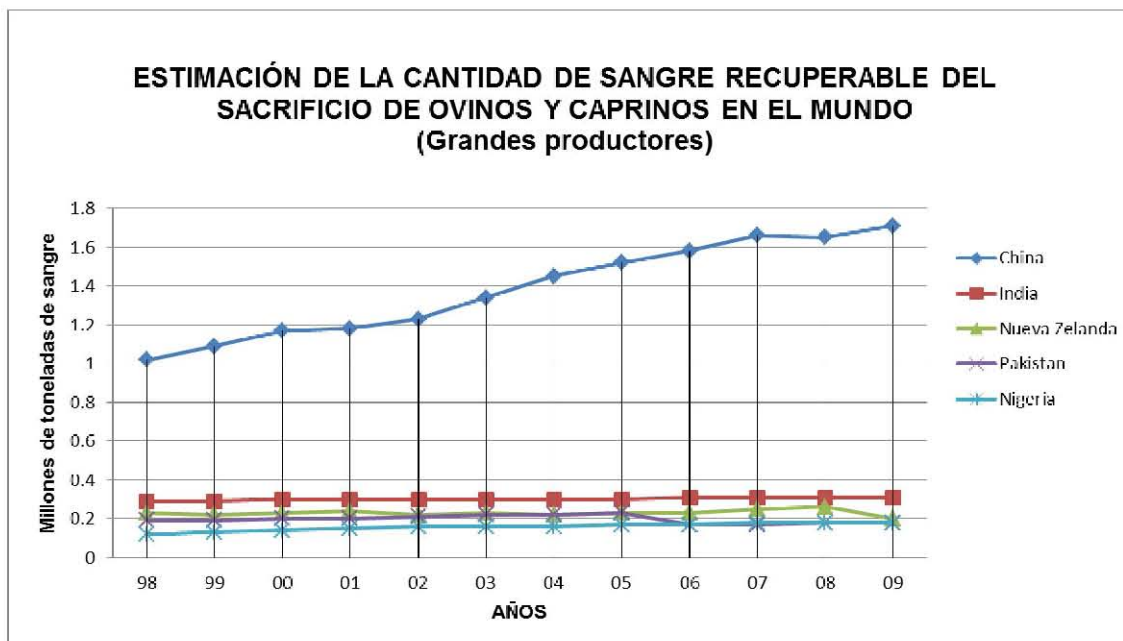


Fig 12.

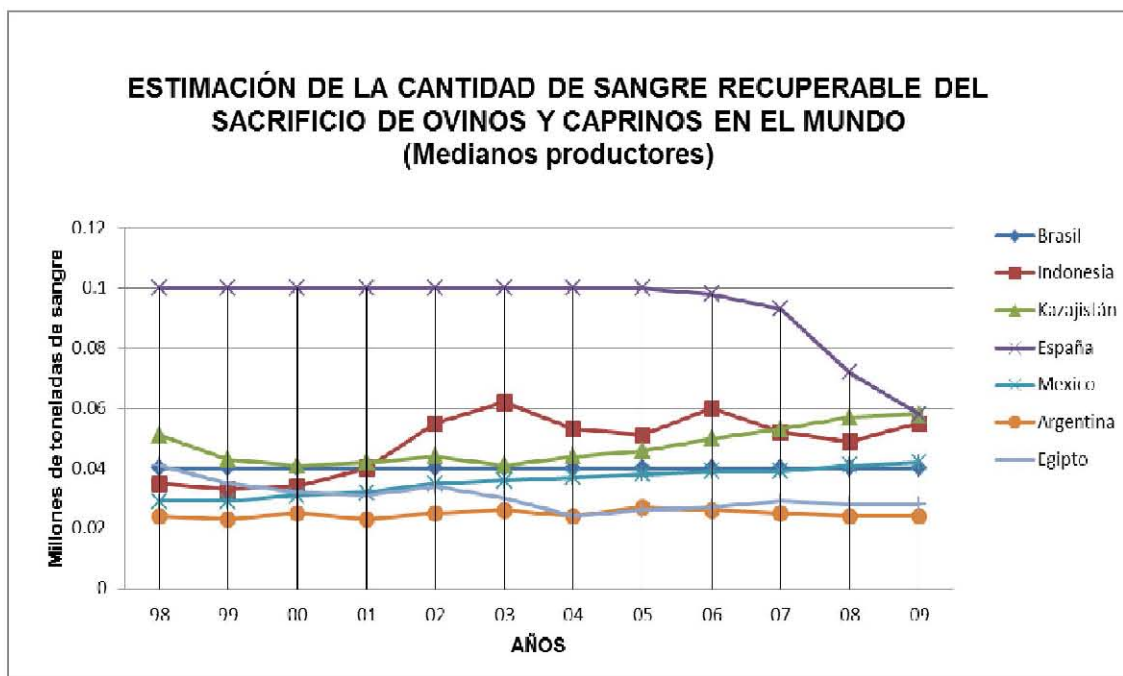


Fig 13.

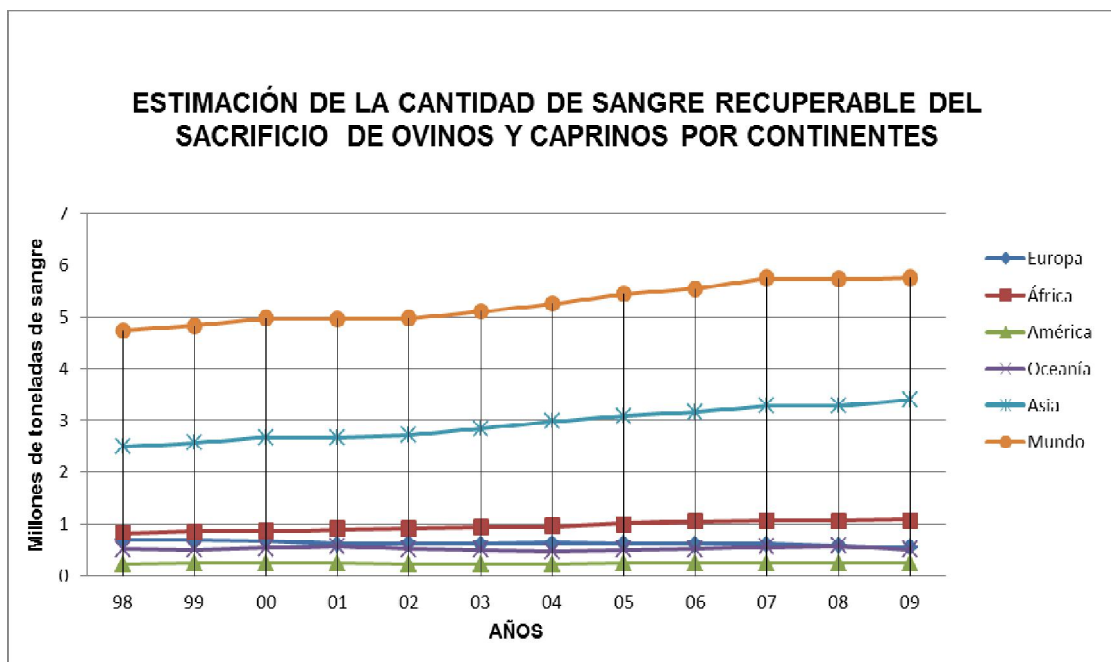


Fig 14.

Fig. 12, 13 y 14. Estimación de la cantidad de sangre recuperable del sacrificio de ganado ovino y caprino en el mundo, tomando como base los grandes productores, pequeños productores estimados y la producción por continentes respectivamente.

Para realizar estos cálculos se estimó el rendimiento en canal de ovinos y caprinos en 64.6%¹¹ y se utilizaron datos de la de la producción de carne de ovinos y caprinos en toneladas FAO¹ para encontrar el Peso vivo y la cantidad de sangre recuperada según los datos de Ockerman y Hansen¹² (Cuadro 1.)

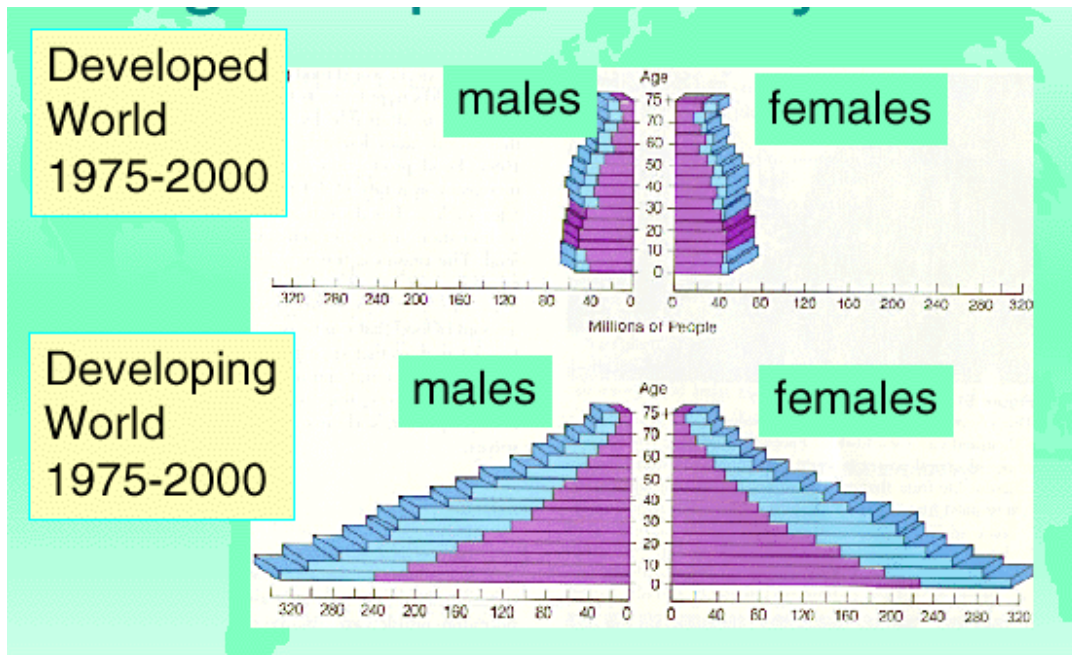


Fig 15. Pirámide poblacional del mundo por edades de 1975-2000 comparando a los países desarrollados con los países en desarrollo.

U.S Census Bureau¹⁷

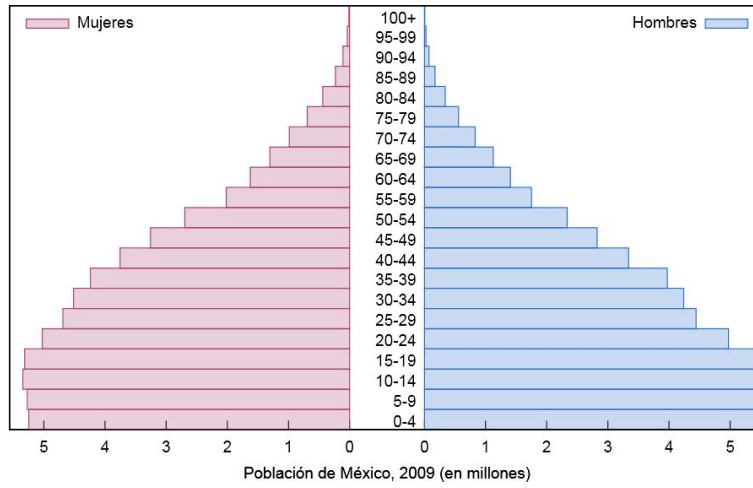


Fig 16. Pirámide poblacional de México por sexo y por edades.

<http://Wikipedia.org/wiki/Archivo:Mexicopop.es.svg>^{17bis}

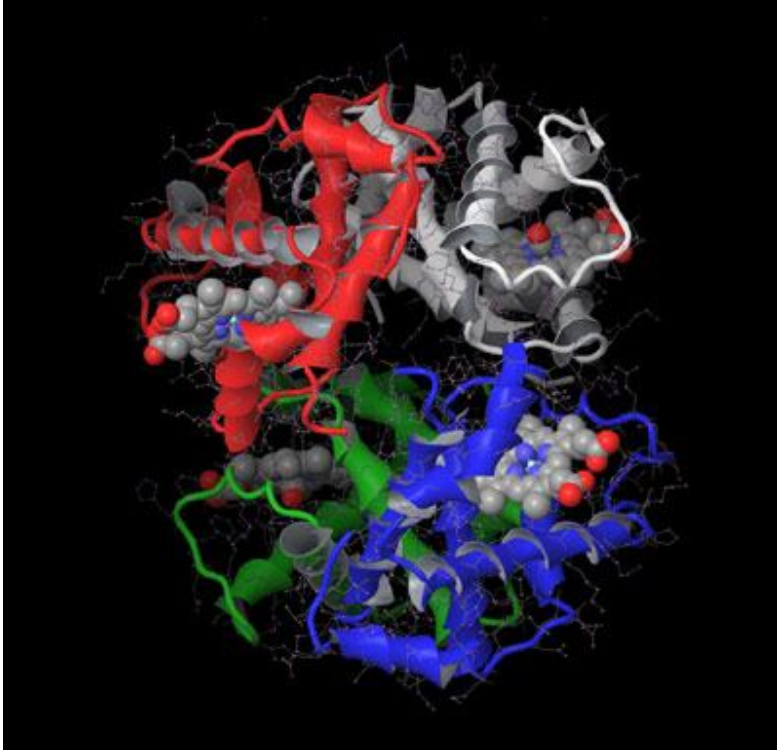


Fig 17. Estructura de la molécula de hemoglobina

McKee T. and McKee J.³³

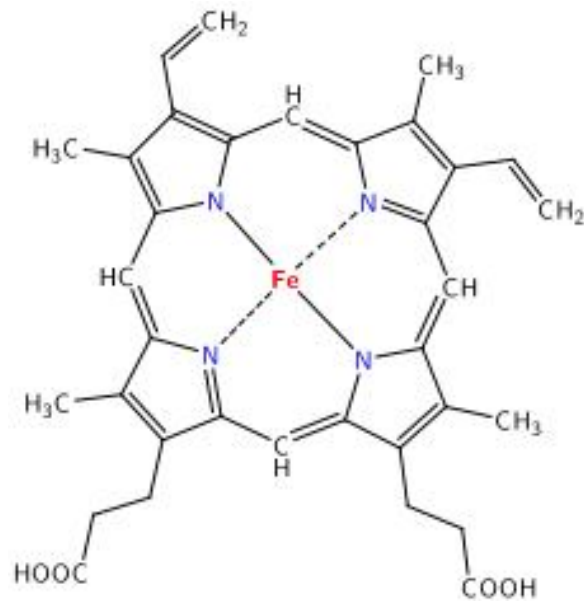


Fig 18. Estructura química del grupo hemo

<http://www.molecularstation.com/molecular-biology-images/505-protein-pictures/48-heme-group.html>³⁴

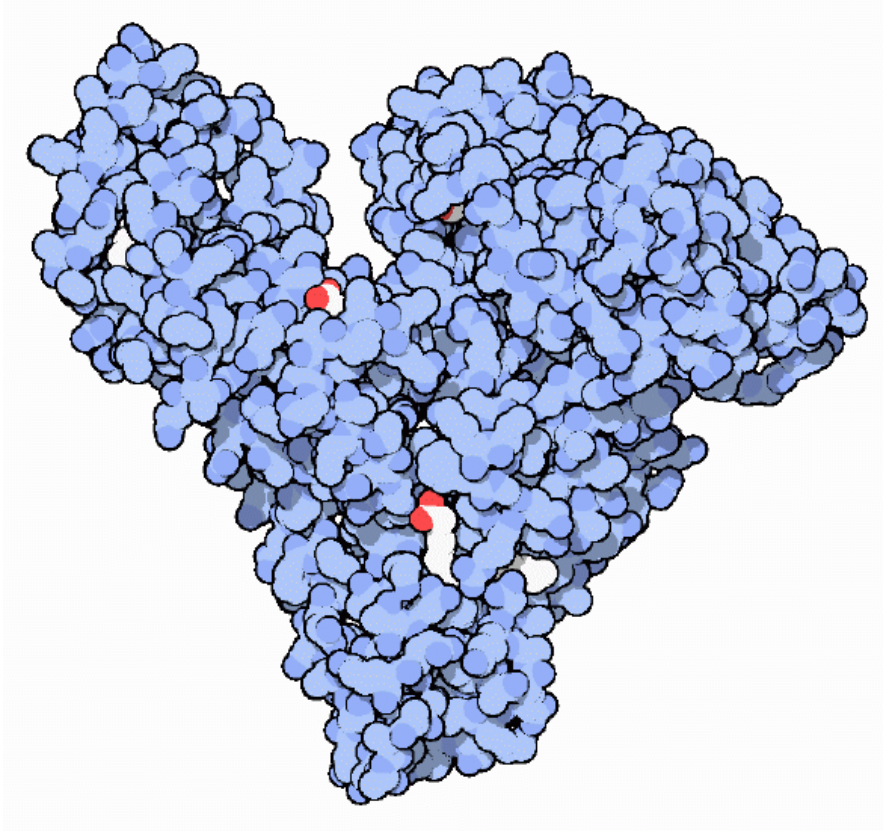


Fig. 19. Estructura de la molécula de albúmina.

[http://www.pdb.org/pdb/101/motm.do?momID=37⁴²](http://www.pdb.org/pdb/101/motm.do?momID=3742)

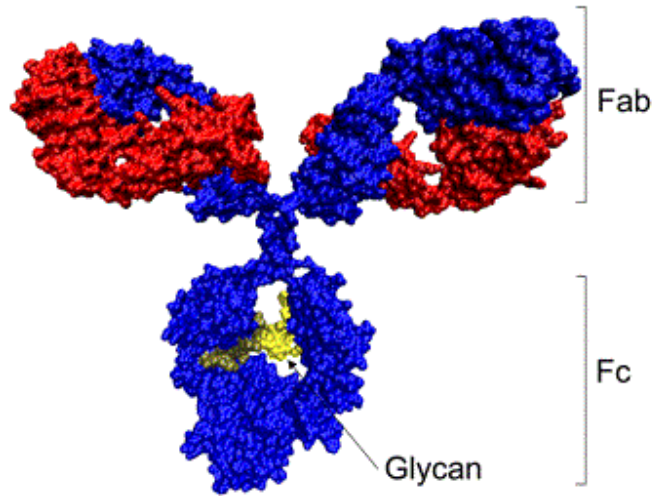


Fig 20. Estructura de la inmunoglobulina G(IgG)

Collinet *al.*⁴⁷

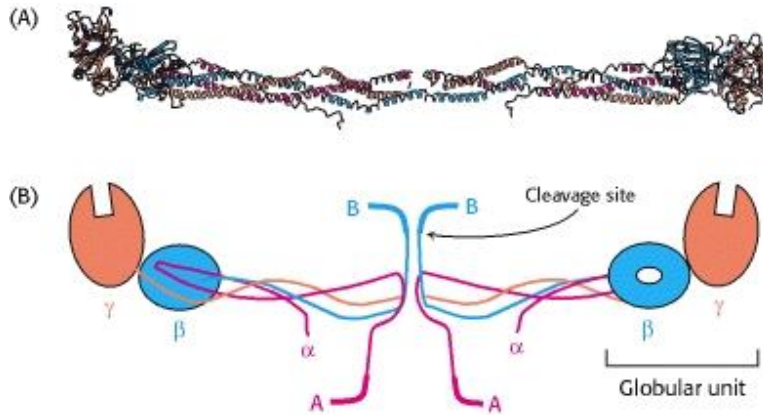


Fig. 21 .Estructura del fibrinógeno. A. Un diagrama donde se muestran las dos regiones α -hélice, conectadas a una región globular. B. Representación esquemática, mostrando la posición de losfibrinopéptidos A y B.

Nelson L. and Cox M.⁵⁴

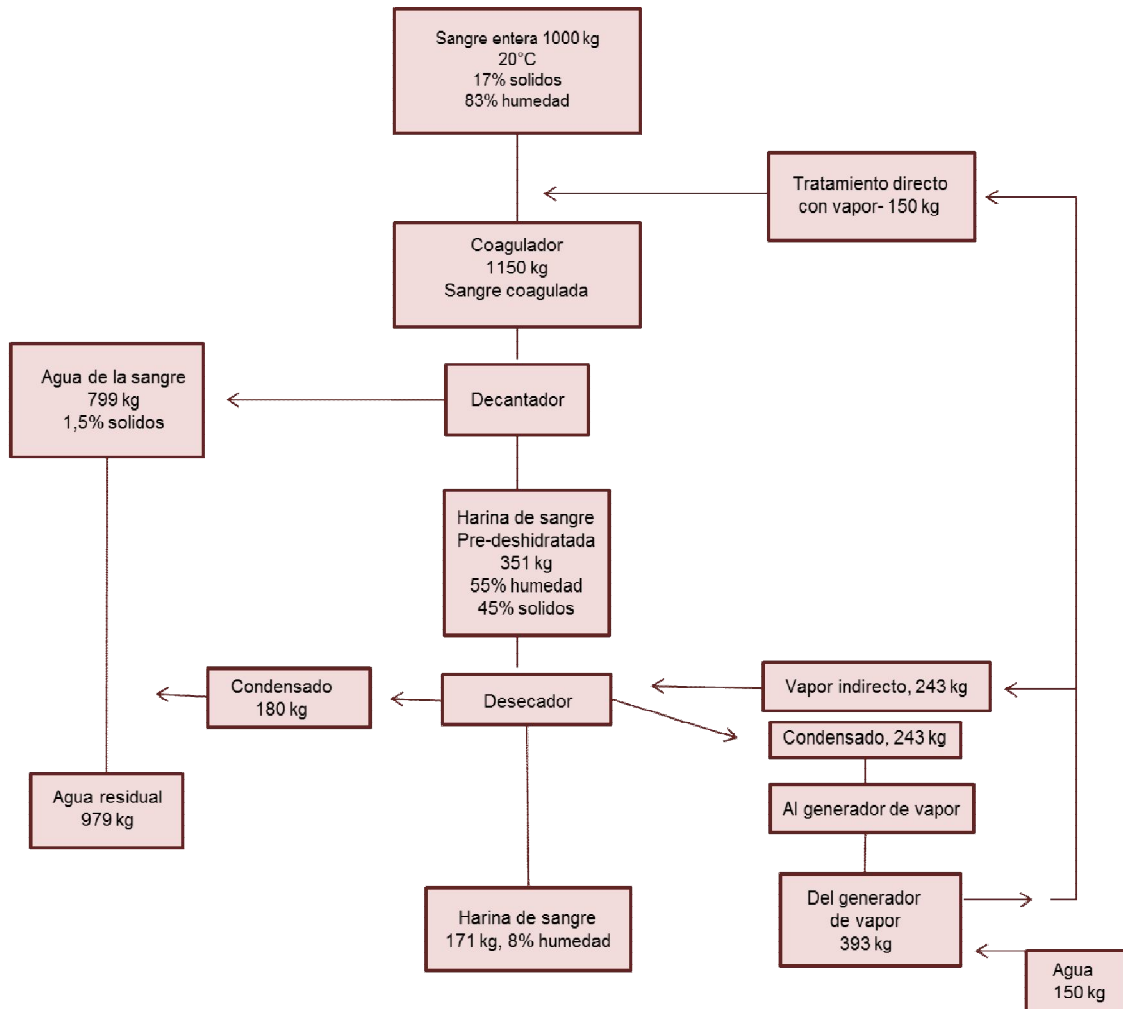


Fig 22. Producción de harina de sangre empleando un proceso mecánico de eliminación de agua. De Westfalia Separator.

Ockerman y Hansen¹².

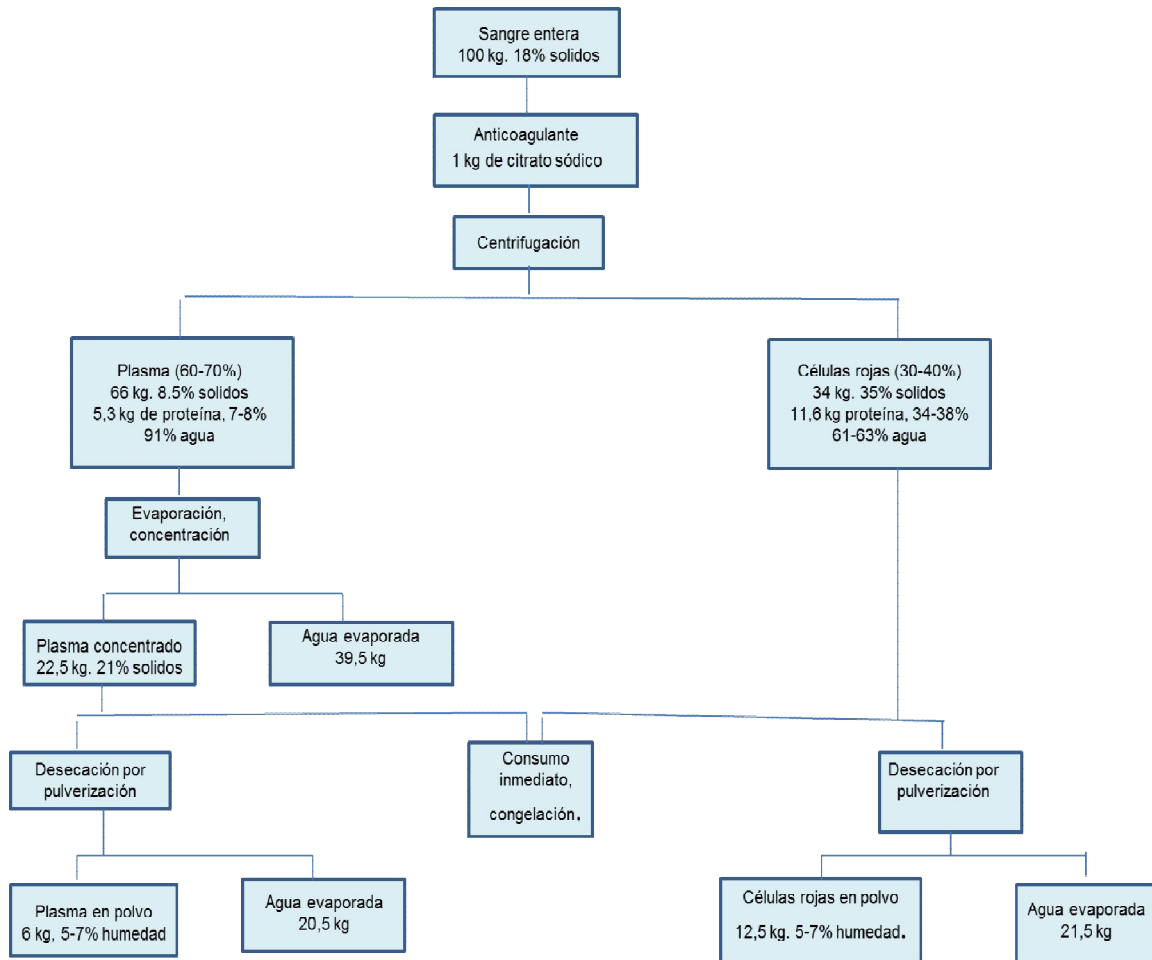


Fig 23. Separación de la sangre en fracciones desecadas. De Westfalia Separator.

Ockerman y Hansen¹².



Fig. 24. Centrifugación continua de la sangre porcina y separación en paquete celular y plasma.

Pérez-Gavilán⁵⁷

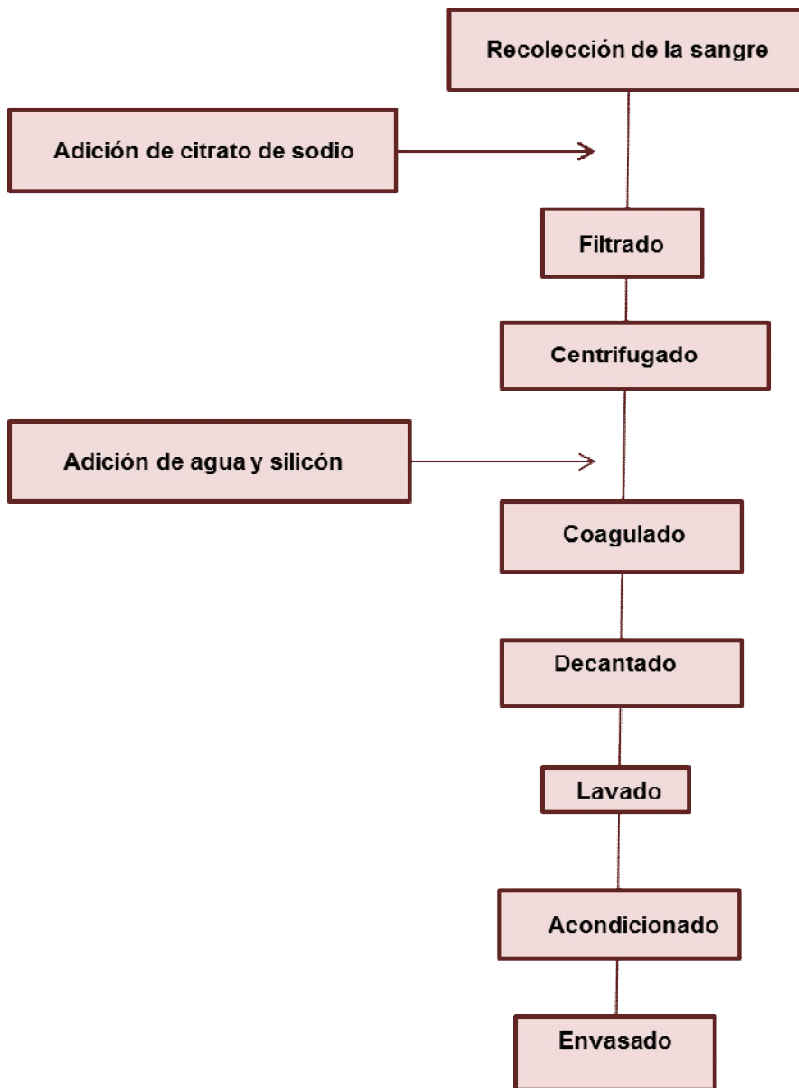


Fig 25. Diagrama del proceso de recuperación de proteínas plasmáticas de la sangre de cerdo

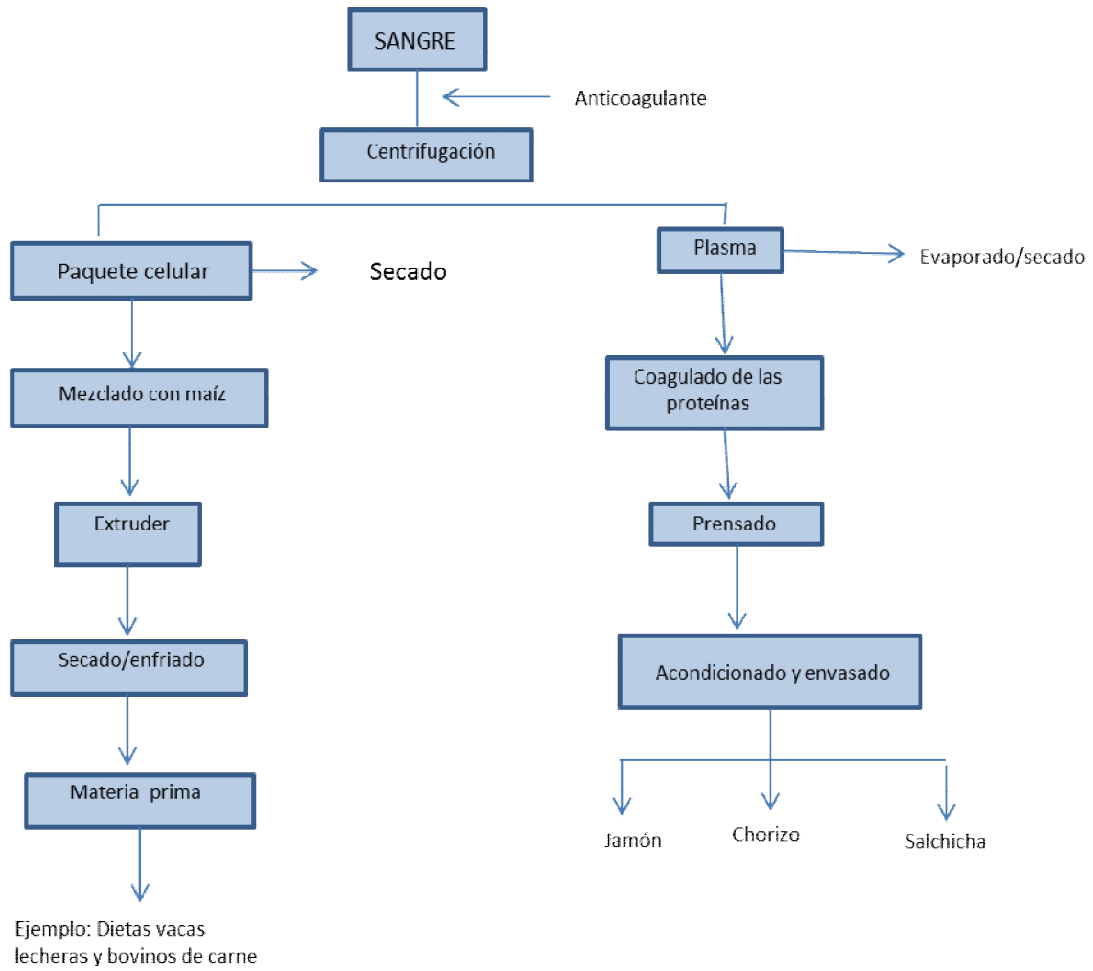


Fig 26. Propuesta para la utilización de la sangre animal.