

EL AGUA EN LOS ANIMALES DOMESTICOS DE PRODUCCION

Néstor Pedro Stritzler & Celia Mónica Rabotnikof

- 1. El agua en el cuerpo animal**
- 2. Utilización del agua**
- 3. Fuentes y vías de pérdida de agua**
- 4. Funciones del agua y consumo**
- 5. Factores del animal que afectan el consumo de agua**
 - 5.1. *Especie*
 - 5.2. *Raza*
 - 5.3. *Hábitos de consumo*
 - 5.4. *Peso vivo*
 - 5.5. *Producción de leche*
 - 5.6. *Preñez*
- 6. Factores del ambiente que afectan el consumo de agua**
 - 6.1. *Consumo de materia seca*
 - 6.2. *Calidad de la dieta*
 - 6.3. *Humedad de la dieta*
 - 6.4. *Calidad del agua de bebida*
 - 6.5. *Temperatura del agua de bebida*
 - 6.6. *Temperatura ambiente*
 - 6.7. *Velocidad del viento*
 - 6.8. *Humedad ambiente*
 - 6.9. *Sombra*
- 7. Conclusiones**
- 8. Agradecimientos**
- 9. Bibliografía**

Existe en nuestro planeta una enorme diversidad en las formas de vida, desde organismos muy simples en términos relativos, como los virus y las bacterias, hasta muy complejos en los mismos términos, como los mamíferos. En todos ellos, sin embargo, se encuentran los mismos elementos químicos, y similares tipos de moléculas orgánicas (Randall *et al.*, 2002), la enorme mayoría de ellas, en medio acuoso. El agua, un disolvente de propiedades físicas y químicas muy particulares y especiales, es el medio en el que se producen todos los procesos vitales (Randall *et al.*, 2002), y la vida tal como la conocemos sería imposible sin esta molécula clave.

“Una solución acuosa, contenida en el interior de un cuerpo, en el que tanto el volumen del mismo como la concentración de la solución acuosa de su interior permanezcan relativamente constantes y dentro de límites bastante estrechos”, es una definición que puede aplicarse a una serie de cuerpos, entre los que sin dudas se encuentra el cuerpo animal (Schmidt-Nielsen, 1984). Si es ésta, entonces, una definición posible de animal, debe enfatizarse que éste debe permanecer en un estado estacionario con respecto al agua y los solutos, y que desviaciones sustanciales de las condiciones normales son, generalmente, peligrosas y hasta fatales. Algunas propiedades del agua son determinantes para la vida de los animales terrestres. El elevado calor específico del agua resulta útil para los grandes animales terrestres porque el agua del cuerpo actúa como un tampón térmico y permite que la temperatura del organismo permanezca relativamente constante aunque varíe la temperatura ambiente. Además, el elevado calor de vaporización del agua constituye el medio eficaz

por el que los vertebrados, y entre ellos lógicamente los mamíferos, pierden calor por evaporación del sudor (Nelson & Cox, 2004).

1. El agua en el cuerpo animal

El agua es el componente más importante del protoplasma de todas las células (Bavera, 2001). Es la molécula de mayor concentración en el cuerpo del animal, ya que representa el 98% de las 123.10^{26} moléculas presente en el mismo (MacFarlane & Howard, 1970).

Existen importantes evidencias de que los primeros organismos vivos surgieron en un medio acuático, y es por lo tanto lógico y natural que los actuales sean tan dependientes y se hallen tan adaptados a dicho entorno, desarrollando estrategias que les permiten aprovechar las propiedades del agua (Nelson & Fox, 2004). Esos primeros organismos seguramente se formaron a partir de microgotitas de líquido rodeadas, cada una, de moléculas lipídicas, que finalmente terminaron formando membranas. Éstas son estructuras tenues, delgadas, que permiten que el interior contenga moléculas y concentraciones de los distintos solutos, diferentes del exterior. Esta diferencia hace que las membranas proporcionen la posibilidad de existencia de células, con contenido organizado (Randall *et al.*, 2002). Además, la existencia de membranas en lugar de las paredes rígidas, típicas de los vegetales, establece una diferencia muy grande, entre ellas, ya que permite el movimiento del agua.

Las membranas, por lo tanto, provocan ciclos de arrugamiento o hinchamiento de las células, que pueden así cambiar su tamaño (Randall *et al.*, 2002). En el cuerpo animal, por lo tanto, el agua puede estar dentro o fuera de las células, y es precisamente ésta la división más importante del agua corporal, que puede ser, entonces, agua intracelular o agua extracelular.

El agua intracelular, considerada como agua de un único compartimiento, es en realidad la sumatoria de muchos de ellos, minúsculos, las células del cuerpo (Olusanya & Isoun, 1992). Este compartimiento forma el 50% de la masa corporal de un mamífero adulto normal (N.A.S., 1974) y representa el 70% del total del agua corporal (Fig. 1).

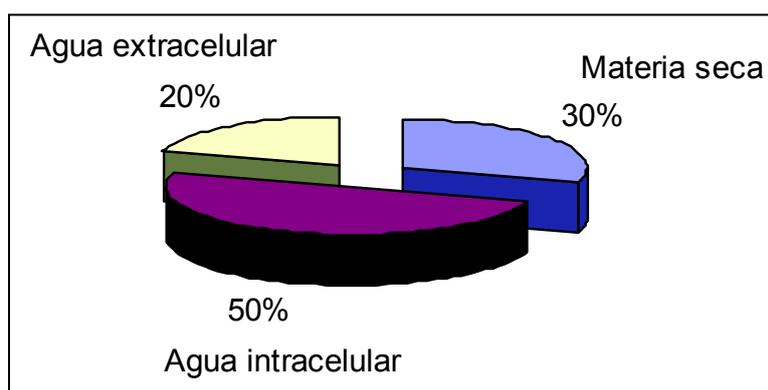


Figura 1. Contribución relativa (en %) de la materia seca y el agua intra y extracelular en un mamífero adulto.

El agua extracelular es, por definición, toda la que se encuentra fuera de las células del cuerpo. Representa aproximadamente el 20% del total de la masa corporal (Fig. 1), o el 30% del total del agua corporal de un mamífero adulto normal (Olusanya & Isoun, 1992). Dentro del agua extracelular

existen tres fracciones: El fluido intersticial, que es el más grande y representa el 70 - 75% de este compartimiento. Es el agua que se encuentra en el espacio intercelular. No es agua circulante por encontrarse fuera del sistema vascular. El plasma es el segundo en importancia desde el punto de vista cuantitativo. Es agua que se encuentra dentro del sistema vascular. El tercer componente del agua extracelular es el agua transcelular. Este compartimiento es, generalmente, el más pequeño, e incluye el agua contenida en el líquido encéfalo-raquídeo, el humor acuoso del ojo, el líquido sinovial de las articulaciones, la orina, el agua volcada al tracto digestivo y el líquido de peritoneo y pleura (Olusanya & Isoun, 1992).

El tamaño de cada uno de estos compartimientos puede estimarse introduciendo una cantidad conocida de una sustancia que se distribuya rápida y uniformemente en el compartimiento cuyo volumen se quiere conocer. Se toma una muestra, se mide la concentración y se estima el volumen de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V = S / C$$

donde:

V = Volumen del compartimiento (en mililitros);

S = Cantidad de sustancia introducida (en miligramos), y

C = Concentración de la sustancia en el agua del compartimiento (en miligramos/mililitro).

Utilizando urea puede estimarse de esta manera el agua corporal total, (Olusanya & Isoun, 1992), que se distribuye uniformemente en todos los compartimientos líquidos. El agua extracelular se estima utilizando sustancias que pasen a todos los compartimientos, excepto el interior de las células, donde no pueden llegar. Se han utilizado varias sustancias para estimar el volumen extracelular, entre ellas sulfatos, inulina, tiocianatos, etc. El agua intracelular puede estimarse por diferencia entre ambas.

La urea como marcador para estimar el agua corporal total, se ha utilizado también para conocer la masa de tejido graso de un animal, o la variación del mismo a través del tiempo, como respuesta a distintos tratamientos o estados fisiológicos. El fundamento del método se basa en la baja concentración de agua del tejido graso, por lo que, al existir una relación inversa entre el tejido graso y el agua corporal, puede estimarse el volumen de uno, midiendo el otro.

En condiciones normales de producción, el agua es necesaria principalmente para que los animales cubran sus requerimientos fisiológicos (A.R.C., 1980). La tolerancia de los animales a la deshidratación y la eficiencia con que los mismos pueden usar mecanismos de regulación, varían ampliamente entre especies, pero en todos, los principales reguladores del balance hídrico son el agua ingerida y la excreción urinaria (Amakiri & Heath, 1992). La retención de agua en el cuerpo es muy baja en relación al consumo, por lo que sólo es necesario mantener un nivel de agua corporal constante (Stritzler, 1991).

El agua es imprescindible para la supervivencia de los mamíferos de manera contundente, y esto es tan así que, excepto los de desierto, los animales que son privados de ella sólo pueden sobrevivir durante un corto lapso, diez veces menor que los que son privados de alimento (Forbes, 1995) y lo sustituyen con la utilización de los propios tejidos corporales, hasta la extenuación (MacFarlane & Howard, 1970).

Todos los animales tienen cierta flexibilidad a las variaciones corporales en el contenido de agua, aunque hay grandes diferencias entre especies. Un mamífero puede tolerar la pérdida de prácticamente el 100% de su grasa corporal y el 50% de su proteína y aún sobrevivir, pero una pérdida de unos pocos puntos porcentuales de su agua corporal lo pone en muy malas condiciones (Schmidt-Nielsen, 1984), con bajas probabilidades de recuperación en el corto plazo. Una pérdida del 10% de su agua corporal significa la muerte del animal.

La naturaleza fisicoquímica de la vida en la Tierra es sobre todo un reflejo de las especiales propiedades del agua. La presencia de agua en la Tierra permitió el inicio de la vida hace varios miles de millones de años, en un mar salado y poco profundo. El agua es por lo tanto imprescindible para todos los procesos bioquímicos y fisiológicos vitales, ya que éstos se producen en medio acuoso (Randall *et al.*, 2002), y dado que está relacionada directa o indirectamente con todos los mecanismos de la fisiología de los animales domésticos, una parte importante del esfuerzo fisiológico de éstos es destinada a conservar el agua corporal y a regular la composición química del medio acuoso interno (Randall *et al.*, 2002).

Los mamíferos adultos terrestres contienen aproximadamente entre un 67% y un 75% de agua del total de su masa corporal (Olusanya & Isoun, 1992; Church, 1993). Sin embargo, esta proporción varía a lo largo de la vida del animal, desde un valor máximo en el recién nacido (90% de la masa corporal) hasta un mínimo en el animal adulto (Cerana, 1975). También existen diferencias, aunque menores, en el contenido de agua de las distintas especies animales y para una misma especie entre los distintos sexos (Olusanya e Isoun, 1992; Church, 1993).

Tampoco es uniforme el contenido de agua de los distintos tejidos animales. La sustancia gris del cerebro es el tejido de mayor contenido de agua mientras que el esmalte dentario el de menor. El tejido adiposo tiene baja proporción de agua, menor al 10% (Van Es, 1982). Esta es la razón por la cual animales más gordos tienen menos agua corporal que animales flacos y las hembras, que depositan mayor tejido graso, tienen menos agua con respecto a los machos a igualdad de especie, raza, peso y edad (A.F.R.C., 1993). La acumulación de grasa, que llega a ser prácticamente el 100% de la ganancia de peso de un animal en terminación (A.F.R.C., 1993) tiende, por lo tanto, a diluir porcentualmente al resto de los tejidos (músculos y órganos internos tienen aproximadamente el mismo grado de hidratación), y consecuentemente a reducir el porcentaje de agua del total corporal. Si el contenido de agua se expresa en relación a los tejidos libres de grasa, los valores reducen mucho su variabilidad (Robelin, 1982; Schmidt-Nielsen, 1984).

2. Utilización del agua

Grandes volúmenes de agua pasan a través de las plantas y los animales a medida que crecen. En un estudio realizado considerando la producción de carne bovina de Estados Unidos de América, Beckett & Oltjen (1993), estimaron los litros de agua “desarrollada” (aquella que requiere trabajo o energía para utilizarla) necesarios para producir carne. Así, se consideró el agua consumida como bebida por los animales, el agua de riego de cultivos de granos y pasturas y el agua necesaria para el procesamiento de los animales hasta llegar a mercado. Estos autores concluyeron que son necesarios 3682 litros de agua por kilogramo de carne bovina producida en Estados Unidos de América. Sin embargo, si se considera el agua de lluvia, los números son mucho más grandes. La producción de 1 kg de materia seca de tejido vegetal requiere 2000 - 3000 litros de agua. El costo en agua de 1 kg de lana limpia es de 200 - 700. 10^3 litros, y 1 kg de materia seca de carne bovina requiere al menos de 200000 litros de agua (MacFarlane & Howard, 1970), considerando los requerimientos del animal y del forraje consumido.

La concentración de agua en el cuerpo animal es mantenida en un nivel constante en condiciones normales, lo que implica igualar las pérdidas y las ganancias, o dicho con otras palabras, el animal debe consumir tanta agua como pierde (Stritzler, 1991). Los mamíferos herbívoros en general y los rumiantes en particular, tienen control sobre la pérdida de agua a través de la materia fecal y la orina. Cuando no pueden consumir tanta agua como requieren, comienzan a ejercer controles sobre las pérdidas. Este control es de diferente magnitud en cada especie, pero todas tienden a reducir la cantidad de agua perdida por heces y a concentrar los solutos en orina. Los rumiantes privados de

agua reducen drásticamente la pérdida de urea por orina, incrementando el reciclaje al rumen, principalmente por epitelio ruminal.

La sed puede definirse como el deseo de beber agua, y es éste el más importante regulador de la ingestión de agua. El centro de la sed se localiza en el hipotálamo central, y el animal es inducido a beber agua ante una estimulación eléctrica o por inyección de solución salina hipertónica en esta región hipotalámica (Olusanya & Isoun, 1992), sugiriendo una gran sensibilidad a la presión osmótica de la sangre. Ésta aumenta cuando se priva al animal de agua, produciendo una disminución de la secreción de saliva. La consecuencia es sequedad de la boca y la faringe y sensación de sed, deseos de beber. El animal, entonces, beberá una cantidad de agua suficiente para balancear las pérdidas y revertir la sensación de sed. El agua ingerida se distribuirá rápidamente primero por el plasma sanguíneo, luego repondrá el líquido contenido en el compartimiento extracelular y finalmente el del compartimiento intracelular (Olusanya & Isoun, 1992). El balance de agua es, así, restablecido. Este sencillo mecanismo de reposición de agua, sin embargo, puede depender de muchos factores, tantos como para obtener resultados completamente distintos, como es el número de veces que un animal bebe, que puede variar desde cero hasta más de cuarenta en un día.

Los rumiantes de producción que viven en condiciones extensivas, muchas veces deben caminar grandes distancias hasta llegar al agua. Cuanto mayor es esta distancia, menor es el número de veces que los animales beben (Squires & Wilson, 1971). Esto puede tener consecuencias productivas importantes, porque por un lado aumentan los requerimientos energéticos de mantenimiento, debido a las distancias que los animales deben caminar para ir a beber, y por otro, al beber menos, también comen menor cantidad de alimento.

3. Fuentes y vías de pérdida de agua

Las fuentes de ganancia de agua para el animal son:

1. Agua de bebida o agua libre. Esta agua está, por supuesto, disponible para todos los animales de producción y la mayor parte de los salvajes. Su importancia es tan obvia que resulta imposible pensar en establecimientos de producción animal sin la presencia de agua de bebida.
2. Agua contenida en el alimento. Los animales incorporan agua con los alimentos. Este consumo es inevitable y se produce cada vez que el animal desea comer. El agua del alimento está contenida en las células (agua intracelular) o en los espacios intercelulares (agua extracelular), y también puede tener importancia el agua adherida al alimento (lluvia o rocío). Distintos alimentos pueden contener concentraciones muy distintas de agua.

En términos generales, los alimentos conservados, como los henos, granos y balanceados comerciales, tienen bajos porcentajes de agua, que oscilan entre el 8 y el 12%. Justamente este bajo porcentaje es el que permite su conservación por períodos prolongados, al evitar la fermentación microbiana y la formación de hongos.

Otro grupo de alimentos conservados, los silajes, basan su estabilidad en el tiempo, en la generación de condiciones de acidez tales que no permiten la proliferación microbiana. Estos alimentos tienen altos porcentajes de agua, de alrededor de 65 - 70% del peso total.

Las pasturas permanentes y verdes de verano e invierno varían la proporción de agua de acuerdo al estado de desarrollo y las condiciones ambientales. Las plantas jóvenes suelen tener muy altos contenidos de agua, y a medida que envejecen, la proporción de agua disminuye

hasta hacerse extremadamente baja en forrajes sobremaduros, diferidos y rastrojos. En todos ellos, el porcentaje de agua puede ser menor al 10% (Stritzler *et al.*, 2007).

Las condiciones ambientales también pueden influir sobre el contenido de agua de los alimentos. La alta humedad ambiente y los días nublados pueden aumentar la proporción de agua, y la baja humedad, la radiación solar y el viento, reducirla.

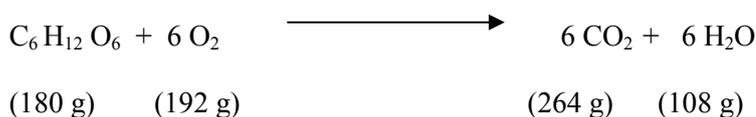
Cuando el alimento tiene grandes cantidades de agua, el problema que se le plantea al animal es el de eliminar el exceso (Schmidt-Nielsen, 1984), ya que éste puede llegar inclusive a afectar la producción de los animales domésticos. Una de las causas que puede ejercer un efecto negativo sobre las ganancias de peso de rumiantes en pastoreo de verdes invernales, es el bajo contenido de materia seca del pasto (Wilson, 1978), ya que animales pastoreando forrajes con estas características ven limitado el consumo de materia seca debido al elevado volumen de pasto fresco que deben cosechar (Jarrige, 1988) o a la imposibilidad de eliminar el exceso (Ferri & Stritzler, 1993). Este efecto es importante sólo si el agua está en el forraje (como agua intra o extracelular), ya que el agua de lluvia o el agua agregada externamente al forraje no tienen efecto claro sobre el consumo de materia seca del forraje (Ferri *et al.*, 2001). Esto se debe a que el agua externa es absorbida muy rápidamente desde el tracto digestivo y no contribuye así a ocupar volumen en el mismo (Forbes, 1995).

En cerdos, la relación entre agua y alimento es distinta que en bovinos, ya que para distintos contenidos de agua del alimento, el volumen total consumido es similar, debido aparentemente a la necesidad del cerdo de cubrir sus requerimientos de llenado del tracto (Brooks & Carpenter, 1990). El contenido de agua de las heces, en cerdos que consumen alimentos que contengan desde 10% hasta 95% de agua, fue similar (Cooper & Tyler, 1959). En pollos este efecto no ha sido estimado, ya que la mayoría de los alimentos modernos para pollos tiene una proporción constante, de alrededor del 11%, de agua (Bailey, 1990).

Cuando el consumo de agua es inevitablemente alto, por estar asociado al alimento, el riñón produce orina diluida, en grandes cantidades, como vía de eliminación del líquido (Schmidt-Nielsen, 1984). Por el contrario, con bajos consumos de agua, el riñón concentra la orina, reduciendo el volumen al mínimo. La orina es, entonces, tan concentrada como el riñón lo permite (Olusanya & Isoun, 1992).

3. Agua metabólica. También se la llama agua de oxidación y se forma en la combustión de la materia orgánica. Es importante aún en algunas especies domésticas de producción, como el cerdo (Brooks & Carpenter, 1990), pero no lo es tanto para los rumiantes (Stritzler, 1991; Church, 1993). En especies salvajes de ambientes secos, el agua metabólica es determinante (Hardy, 1972).

La oxidación de la glucosa es la típica reacción de oxidación de la materia orgánica:



Se puede estimar con facilidad, a partir de esta ecuación, que se producen 60 gramos de agua por cada 100 gramos de glucosa oxidados (A.R.C., 1980). También es posible afirmar que no existe posibilidad alguna de obtención de más agua de la oxidación de glucosa, que la obtenida en esta ecuación de reacción (Schmidt-Nielsen, 1984). Sin embargo, la mayor parte de la glucosa se encuentra en el cuerpo animal como polisacáridos, de los que el más frecuente es el glucógeno. Los polisacáridos tienen una menor proporción de hidrógeno en la molécula que la

glucosa; teniendo en cuenta que el agua metabólica puede considerarse formada por la oxidación del hidrógeno, la cantidad de agua formada dependerá de la cantidad de hidrógeno presente en la reacción de oxidación (Schmidt-Nielsen, 1984; Randall *et al.*, 2002). El rendimiento de agua de los polisacáridos de reserva de los mamíferos, normalmente glucógeno, es por lo tanto, algo menor de 56 g / 100 g de polisacárido metabolizado.

La oxidación de las grasas proporciona un rendimiento mayor de agua de oxidación. Por cada 100 gramos de grasa se producen 107 g de agua metabólica (A.R.C., 1980; A.F.R.C., 1993), aunque el valor varía levemente, dependiendo del grado de saturación de los ácidos grasos y de la composición de los triglicéridos (Schmidt-Nielsen, 1984) acumulados en el tejido adiposo.

El metabolismo de las proteínas es algo más complejo, debido a que el N contenido en la proteína da lugar a productos de excreción que contienen algo de hidrógeno, y éste se oxida produciendo agua. La cantidad de agua metabólica depende del metabolito final que aparece en orina. Si éste es urea, la cantidad de agua formada será de 0.39 g / g de proteína. Si es ácido úrico, la cantidad será de 0.50 g / g de proteína. En rumiantes se utiliza un valor de 0.40 (A.R.C., 1980), reflejando una alta concentración de urea y baja de ácido úrico.

Se forma, por lo tanto, un 91% más de agua a partir de la oxidación de grasa que de glucógeno, y 167% más que a partir de proteínas. Sin embargo, tal como lo plantea Schmidt-Nielsen (1984), esta información puede conducir a error, ya que los polisacáridos proporcionan menos energía que las grasas, por lo que para movilizar la misma cantidad de energía, el peso de nutrientes es distinto. Esta relación se muestra en la Tabla 1, adaptada de Schmidt-Nielsen (1984), en la que se expresa la producción de agua metabólica, de acuerdo a los distintos sustratos de oxidación (polisacáridos, grasas y proteínas).

Tabla 1. Producción de agua metabólica (en gramos) por gramo de materia seca de distintos sustratos de oxidación, concentración energética metabólica (en KJ/g MS) de cada sustrato y producción de agua metabólica por Kilojoule (KJ) (Adaptada de Schmidt-Nielsen, 1984).

	g agua / g MS sustrato	Concentración energética (en KJ / g MS)	g agua / KJ
Glucógeno	0.56	17.6	0.032
Grasa	1.07	39.3	0.027
Proteína	0.40	18.0	0.022

A igual tasa metabólica, por lo tanto, un animal utiliza menos de la mitad de la cantidad de grasa que de glucógeno, con una reducción correspondiente en la producción de agua metabólica. La cantidad de agua liberada de este origen, formada cuando se movilizan nutrientes de reserva del animal, es ligeramente favorable para el glucógeno en comparación con la grasa (Tabla 1). La oxidación de glucógeno, sin embargo, sostiene demandas energéticas de corto plazo, y sus depósitos se agotan rápidamente, por lo que no puede considerarse como una fuente energética competitiva con las grasas, que son reservas de mediano y largo plazo, tanto como fuente de energía como de agua metabólica.

El dromedario (*Camelus dromedarius*) recurre a la utilización de grasa para producir agua metabólica y así sobrevivir en el desierto, pero la rata canguro o rata del desierto (*Dipodomys spectabilis*), que desarrolló mecanismos de adaptación aún más eficientes, hace una utilización aún mayor del agua metabólica. Dado que hace una muy severa economía del agua, la pérdida es baja, pero aún así debe ser repuesta ya que un balance hídrico negativo permanente la conduciría a la deshidratación. Este animal come semillas secas, casi libres de agua y nunca bebe agua (Frank, 1988), por lo que su principal fuente de agua es el agua metabólica. Esta fuente representa el 90% de las ganancias de agua, mientras que el agua asociada al alimento es el 10% y el agua de bebida el 0% de las ganancias (Schmidt-Nielsen, 1972).

Las vías de pérdida de agua incluyen:

- Agua contenida en orina
- Agua contenida en heces
- Agua contenida en productos como leche o huevos
- Evaporación a través de los pulmones
- Evaporación por glándulas sudoríparas.

A ello debe agregarse un componente para el crecimiento en animales jóvenes (N.A.S., 1974); la producción de saliva es también utilizada por algunos animales, especialmente por roedores, como vía de eliminación de agua (Yousef, 1987). Cualquier factor que modifique una o más de estas vías de pérdida de agua afectará los requerimientos mínimos de agua del animal. La evaporación se produce en la superficie del animal y en los órganos de la respiración. El aire espirado por el animal, salvo excepciones, está saturado de vapor de agua (Schmidt-Nielsen, 1984) y a una temperatura generalmente más alta que la temperatura ambiente. La pérdida de agua por esta vía es sustancial, y en animales que jadean es la principal vía de evaporación y consecuente enfriamiento corporal.

4. Funciones del agua y consumo

El agua tiene, en el cuerpo, cinco funciones principales (MacFarlane & Howard, 1970; Stritzler, 1991):

- a. Interviene en la fermentación y digestión de alimentos en el tracto digestivo de todos los mamíferos. El agua del rumen puede llegar a representar el 15% del peso del animal, mientras que en el herbívoro no rumiante, el agua contenida en el tracto digestivo puede alcanzar hasta el 6% del peso vivo. Todas las reacciones enzimáticas, incluyendo las fermentaciones microbianas se realizan en medio acuoso.
- b. El agua interviene en la absorción de nutrientes, transportando las sustancias solubles dentro del cuerpo, y como fluido extracelular (Fig. 1) lleva anabolitos hacia y catabolitos desde los tejidos.
- c. La liberación intracelular de energía se lleva a cabo en un medio acuoso, el intracelular, que tiene aproximadamente 67% de agua, llamada agua intracelular, que representa una proporción alta del peso vivo y del total de agua del animal (Fig. 1).
- d. Los residuos fecales son excretados con por lo menos un peso equivalente de agua, mientras que hasta un 10% del peso vivo puede excretarse, en situaciones extremas, como agua contenida en la orina.

- e. El agua es utilizada como medio de enfriamiento del cuerpo animal, como mecanismo de disipación de corto plazo, a través de la evaporación por la piel y los pulmones.

Como ya fue mencionado, todas las reacciones internas y transporte de metabolitos y sustancias de desecho se realizan en medio acuoso (la sangre está formada por 80% de agua). La falta de agua provoca, entonces, una caída en su concentración corporal, disminuyendo su eficiencia en el transporte de oxígeno y en la eliminación de catabolitos. Cuando el nulo consumo de agua se mantiene en el tiempo, la situación descripta se agrava y como consecuencia final, se suspenden las actividades vitales y sobreviene la muerte.

El suministro de agua es, por lo tanto, de vital importancia. Lo es también, entonces, conocer el consumo de agua de los animales y cuáles son los factores que los afectan.

Desde hace mucho tiempo se conoce la relación existente entre la producción de calor y la superficie corporal de los animales, llamada ley de la superficie o ley de Rubner (Blaxter, 1964). Dadas las dificultades prácticas de medir superficies corporales, se utiliza hoy una potencia del peso vivo corporal (0.75) como unidad de referencia interespecífica del metabolismo animal, y debido a que el gasto de energía determina las necesidades dietéticas (Blaxter, 1964), también el consumo de alimento se expresa en relación al peso vivo elevado a la potencia 0.75 (A.R.C., 1980; A.F.R.C., 1993).

El consumo de agua se rige por los mismos principios (Siebert, 1975), debido a que también está relacionado al metabolismo energético (N.A.S., 1974). Existe un vínculo biológico claro entre la circulación de energía y de agua, no sólo a nivel celular o del animal, sino aún a nivel de ecosistema (MacFarlane & Howard, 1970). En el animal, las regiones media y laterales del hipotálamo, que determinan consumo y saciedad, parecen tener en íntima relación neuronas que regulan consumo de alimento y de agua. En otro orden, en tejidos activos, el flujo de metabolitos energéticos se realiza en medio acuoso, y en la medida en que el calor generado por o recibido en el cuerpo se incrementa, también aumenta la necesidad por un enfriamiento evaporativo; de esta manera, esta vía de flujo de energía también es acompañada en forma paralela por el agua.

Al existir una clara relación entre el metabolismo energético y el del agua, la circulación de esta última debería ser expresada en función de una potencia del peso vivo. Este exponente fue determinado por Adolph (1949), quien encontró que el valor 0.88 era válido para expresar el consumo de agua de animales homeotermos incluidos en el rango que tiene por extremos al ratón y al elefante. MacFarlane & Howard (1972), por otro lado, encontraron el mejor ajuste para el exponente 0.82. Estos investigadores trabajaron sólo con animales de desierto, por lo que parecería razonable la diferencia con el valor hallado por Adolph (1949), ya que los animales de desierto están adaptados a la escasez de agua y tienen una tasa de recambio hídrico más baja (Schmidt-Nielsen, 1979). Cuando se trata de animales domésticos solamente, es más apropiado utilizar el exponente 0.88 (Adolph, 1949). Esta relación, de carácter general, permite comparaciones entre animales de distintas especies, razas, etc., y no considera otros factores que influyen sobre el consumo de agua.

Todos los animales del planeta tienden a evitar la necesidad de cambios fisiológicos en respuesta al medio ambiente (Stritzler, 1991). Todos tienen requerimientos y nichos específicos, que incluyen una “zona de termoneutralidad” (Johnson, 1987a). Esta zona se define como el “rango de temperatura ambiente en el cual el metabolismo animal se encuentra en su mínimo y la regulación de la temperatura corporal del animal es alcanzada exclusivamente mediante procesos físicos no evaporativos (Bligh & Johnson, 1973). La zona de termoneutralidad es diferente no sólo entre especies, sino aún entre individuos, debido a que las sensaciones de frío y calor no son absolutas, sino experiencias únicas para cada individuo (Webster, 1974). De esta manera, características absolutas del medio ambiente externo al animal, son percibidas con enormes diferencias entre distintos individuos (Stritzler, 1991).

Cuando la temperatura ambiente excede el límite superior de la zona de termoneutralidad, la cantidad creciente de calor es acumulada en el cuerpo del animal, resultando en un aumento de la temperatura corporal. Cuando la temperatura del cuerpo se eleva significativamente, una serie de eventos homeotérmicos se inicia (Johnson, 1987b), incluyendo entre ellos el incremento de pérdida de calor por evaporación a través de la respiración y la piel (Finch, 1986). Es éste, la evaporación, un canal efectivo y eficiente de pérdida de calor (McLean, 1974); por ejemplo, un animal de 100 kg, con una producción de calor metabólico de $586 \text{ joules.hora}^{-1}$, puede mantener su equilibrio térmico evaporando 240 gramos de agua por hora a través de la superficie corporal (Yousef, 1987). De esta manera, al aumentar la evaporación, necesariamente aumentan los requerimientos de agua del animal, y si el agua disponible no es suficiente, podrían interferirse los mecanismos de enfriamiento evaporativo (Bianca, 1966) y deprimirse la tolerancia al calor (Stritzler, 1991). En esta situación, el animal reducirá el consumo de alimento y la producción, para contribuir a aliviar el desbalance calórico (Johnson, 1987a; Forbes, 1995).

Además de la temperatura ambiente, otros factores afectan en forma notable el consumo voluntario de agua. Todos estos factores y la interacción entre ellos, hacen que resulte sumamente difícil establecer los requerimientos mínimos de agua de un animal (N.A.S., 1974). Una complicación adicional representa el hecho de que no toda el agua requerida por el animal es provista como agua de bebida; el agua contenida en el alimento y el agua metabólica, formada a partir de la oxidación de nutrientes orgánicos, pueden representar fuentes sin importancia bajo algunas situaciones productivas, y también, como ya se dijo, adquirir gran importancia, llegando inclusive al 100% de los requerimientos del animal, bajo otras (Stritzler, 1991). De todas maneras, se tratarán aquí los factores más importantes que influyen sobre el consumo de agua, fundamentalmente de bebida, de los mamíferos. Con este objetivo, se divide a dichos factores en aquellos propios del animal y aquellos dependientes del ambiente.

5. Factores del animal que afectan el consumo de agua

5.1. Especie

Cada especie animal posee, para condiciones fisiológicas o climáticas dadas, una tasa de consumo de agua determinada, que en muchos casos varía entre especies en forma muy marcada.

En una primera división, los animales del desierto tienen una particular habilidad para vivir con bajos consumos de agua, ya que han desarrollado estrategias que les permiten vivir en un ambiente hostil, imposible para otros animales. Algunos, como el camello, varían la temperatura corporal dentro de un amplio rango, que va de los 34°C a los 41°C , acompañando la temperatura ambiente, con lo que evitan gastar agua para disipar calor corporal. Animales como el perro o la rata mueren cuando la deshidratación produce una pérdida de peso del 10% al 14%, mientras el camello (*Camelus dromedarius*) tolera una deshidratación del 25% al 30% (Hardy, 1972). Comparado con el bovino, el camello puede vivir cinco veces más tiempo sin agua. La recuperación desde una situación de deshidratación la realiza el camello en muy poco tiempo, ya que puede beber 100 litros de agua en 10 minutos. Esta tasa de consumo es equivalente a beber 17 litros de agua en el mismo tiempo para un humano de 70 kg de peso vivo (Hardy, 1972). El ejemplo extremo es, seguramente, el ya mencionado de la rata canguro (*Dipodomys spectabilis*), un pequeño roedor del desierto del Sudeste de EEUU, que no bebe agua en toda su vida (Schmidt-Nielsen, 1979; Frank, 1988) y evita el calor del día mediante hábitos de comportamiento nocturno. Durante el día permanece en la cueva, que está a una temperatura baja, y por lo tanto reduce la sobrecarga térmica y la pérdida de agua por respiración y sale de su madriguera sólo de noche. Es éste un comportamiento considerado importante y frecuente como mecanismo de adaptación al desierto (Randall *et al.*, 2002). Si la temperatura de la cueva aumenta o el animal, por alguna razón, sale de su madriguera durante el día, las pérdidas respiratorias

aumentan en la misma medida en que disminuye la capacidad del epitelio nasal para enfriar el aire. El animal apela, además, a reducir sus movimientos al mínimo posible durante el día, de manera de evitar la generación de calor, difícil de eliminar cuando la temperatura ambiental es alta (Schmidt-Nielsen, 1972; Randall *et al.*, 2002). La rata canguro excreta, además, heces prácticamente secas, debido a una muy eficiente reabsorción del agua en el tramo final del tracto digestivo, y produce una orina muy concentrada, gracias a su alta eficiencia renal (Randall *et al.*, 2002). Estos mecanismos de ahorro de agua son comunes a muchos animales, y permiten la vida de mamíferos en ambientes secos.

La Tabla 2 (N.A.S., 1974), presenta los rangos de consumo de agua para distintos animales domésticos (peso medio para la especie) bajo condiciones climáticas moderadas. Como puede verse, los rangos son sumamente amplios, dependiendo de una suma de factores; aún manteniendo fijos algunos de ellos, como la temperatura ambiente, la variación sigue siendo alta.

Tabla 2. Rangos de consumo de agua (en litros por día y por kg de materia seca consumida), de distintas especies de animales domésticos.

Especie animal	Consumo (en l/día)	Consumo (en l / kg MS consumida)
Bovino	26 – 66	2.8 – 6.6
Equino	30 – 45	2.0 – 5.0
Cerdo	11 – 19	2.0 – 4.5
Caprino	6 – 15	2.2 – 3.5
Ovino	4 – 12	2.0 – 3.5
Gallina	0.2 – 0.4	2.0 – 3.0
Pavo	0.6 – 1.2	2.0 – 3.0

Los rumiantes poseen, además, un reservorio de agua, el rumen (Church, 1993). Durante los primeros días de privación de agua, el rumiante mantiene el balance hídrico de su cuerpo mediante la absorción de agua desde el rumen. El animal no muestra signos de deshidratación mientras el rumen tenga líquido, aunque el consumo de alimento sí se reduce (Stritzler, 1991).

Las distintas especies de rumiantes tienen distintas tasas de recambio hídrico. En la Figura 2 se expresan los consumos comparados de ovinos y bovinos, estimados a partir de los valores hallados por Siebert & MacFarlane (1969) y Wright & Ashton (1978).

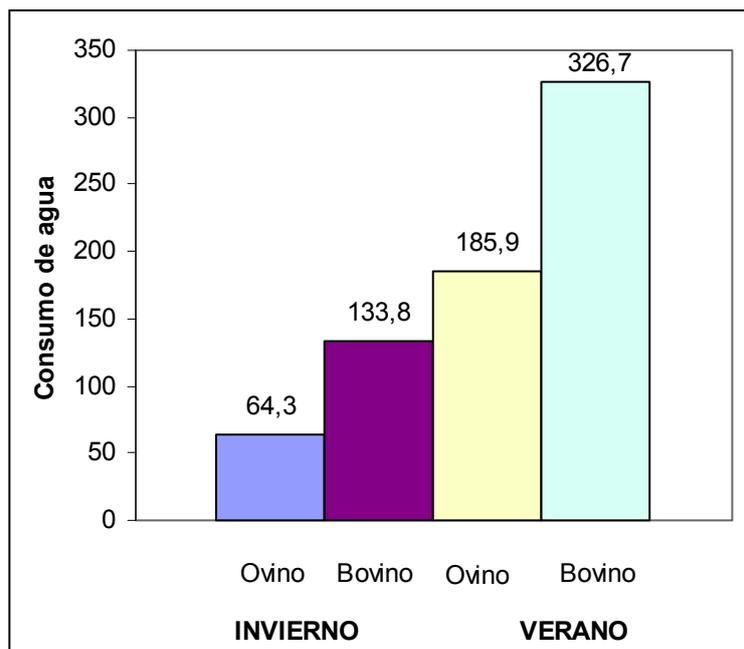


Figura 2. Consumo de agua (en ml.kg PV^{-0.88}) de ovinos y bovinos en invierno y verano.

El consumo de agua del ovino es inferior al del bovino, tanto en invierno como en verano (Fig. 2). Más aún, algunos autores ubican a ciertas razas ovinas muy cerca del camello (MacFarlane & Howard, 1970). Aparentemente, estas diferencias entre ovinos y bovinos se deberían a la mayor eficiencia de los ovinos en la reabsorción rectal de agua y en la reducción del flujo urinario (MacFarlane & Howard, 1970, N.A.S., 1974). También es importante la mayor capacidad de aislamiento de la lana respecto del pelo. Comparando ovinos y bovinos con lana y pelo del mismo largo (1 cm), la aislación térmica de la lana del ovino es 2 a 3 veces mayor que la del pelo del bovino. La diferencia se debe a los espacios de aire entre las fibras y a la densidad de fibras. El ovino, por lo tanto, con mayor número de fibras finas tiene una más efectiva aislación, provocada por la capa de aire atrapada entre ellas (Finch, 1986). La lana de la oveja, forma una barrera muy efectiva contra la transferencia de calor desde y hacia el cuerpo del animal. Si los ovinos son esquilados en verano, el consumo de agua casi se duplica (47.8 vs. 86.5 ml. kg PV^{-0.88}.día), debido al calor recibido de la radiación solar sobre el cuerpo del animal en ausencia de la aislación de la lana (MacFarlane *et al.*, 1966).

Por otro lado, tanto la transpiración como el jadeo contribuyen a la alta pérdida de calor por evaporación en el bovino (Webster, 1983), mientras que sólo el jadeo es importante en el ovino (Alexander, 1974; Hey, 1974) ya que se produce transpiración solamente en áreas muy específicas, como el escroto (Webster, 1983).

El bajo consumo de agua de los ovinos hace que sea posible, bajo condiciones climáticas moderadas, mantenerlos privados de agua por períodos relativamente prolongados (Calder *et al.*, 1964; Lynch *et al.*, 1972). Generalmente, se considera que el ganado caprino se adapta mejor a los climas áridos y tiene menores requerimientos hídricos que el ovino. En estos ambientes, donde predomina la vegetación arbustiva, los animales tienen acceso a sombra como protección durante las horas más cálidas del día. Sin embargo, en pasturas cultivadas y sin acceso a sombra, el ganado caprino consume significativamente más agua que el ovino durante el verano (McGregor, 1986), indicando que la mejor adaptación del caprino a condiciones de aridez no es cierta si no se provee sombra que le permita disminuir la temperatura corporal.

Los equinos poseen mecanismos sumamente eficientes para regular la pérdida de calor. En climas cálidos, la mayor parte se pierde por evaporación, principalmente por transpiración activa a través de la piel (Webster, 1983). Adicionalmente, los pelajes claros resultan superficies reflectivas y por lo tanto absorben menor radiación, con su consecuente efecto sobre el consumo de agua.

Una cerda madre y su cría, al ser expuestos al mismo ambiente, reaccionan de manera inversa: mientras que para la madre el ambiente puede resultar excesivamente cálido, para el cerdito es frío. Lo mismo puede ocurrir con cerdos gordos y flacos. Los flacos tienen una relación superficie: peso mayor, y pueden eliminar el exceso de calor más fácilmente que los animales gordos (Forbes, 1995). La habilidad del cerdo para disipar calor por evaporación cutánea es reducida en relación a otros animales domésticos (Ingram, 1974), ya que la transpiración activa a través de las glándulas es mínima. Con altas temperaturas el cerdo exhibe jadeo, pero tampoco esta vía es muy eficiente como mecanismo de enfriamiento corporal (Webster, 1983). Al tener deficientes sistemas de evaporación, el consumo de agua no varía demasiado con la temperatura ambiente, y el cerdo mantiene su homeotermia reduciendo la producción de calor, a través de un menor consumo de alimento (Webster, 1983).

Algo similar ocurre con las aves, que poseen escasa habilidad para regular la pérdida de calor por evaporación (Richards, 1974). Por cada grado centígrado de incremento en la temperatura ambiente, entre 25°C y 34°C, las gallinas ponedoras reducen en 1-1.5 g.día⁻¹ el consumo de materia seca. Por encima de 34°C la caída en el consumo es aún mayor (Davis *et al.*, 1973).

5.2. Raza

A los efectos de la presente revisión, se considerará a los distintos bóvidos como razas bovinas diferentes. La mayor parte de las razas bovinas utilizadas en la actualidad como animales domésticos de producción, proviene de dos orígenes: ganado europeo (*Bos taurus*) y ganado índico (*Bos indicus*). Este último está mucho mejor adaptado a climas cálidos que el primero. Está suficientemente probado que el *Bos indicus* mantiene altos niveles de consumo y de eficiencia productiva con alta temperatura ambiente (Webster, 1974). Esto se debe, en parte a su mayor habilidad en la pérdida de calor metabólico (Bavera, 2001), reduciendo así la importancia de la temperatura ambiente como factor de estrés. Esto último puede verse en la Tabla 3, en la que se muestra el efecto de la temperatura del aire como factor de estrés, expresado a través del número de respiraciones por minuto para *Bos taurus* y *Bos indicus*.

Tabla 3. Número de respiraciones por minuto en *Bos taurus* y *Bos indicus* a distintas temperaturas ambiente (Adaptado de valores presentados por Schmidt-Nielsen, 1979).

Temperatura ambiente (°C)	Respiraciones por minuto	
	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos indicus</i>
10.5	21	22
18.0	30	22
22.0	40	28
29.0	78	35
34.0	103	44
37.0	114	50

Estas diferencias se manifiestan a través del consumo de agua de bebida. Siebert & MacFarlane (1969), compararon el consumo de agua de *Bos indicus* (Brahman), *Bos taurus* x *Bos indicus* (Santa Gertrudis), *Bos taurus* (Shorthorn) y *Bos bubalus bubalis* (Búfalo asiático o búfalo de agua) en condiciones tropicales. Los resultados están expuestos en la Figura 3:

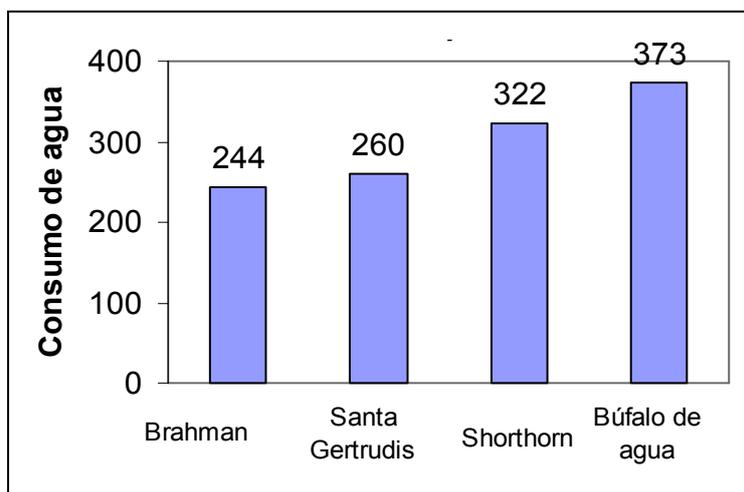


Figura 3. Consumo de agua (en ml.kg PV^{-0.88}) de distintos bovinos en condiciones tropicales.

Las diferencias son importantes y muestran un menor consumo de agua para las razas de origen indico. Las cruzas (Santa Gertrudis) tienen comportamientos intermedios, y el búfalo de agua es un animal que evolucionó y vive en ambientes tropicales húmedos, con acceso permanente a bebederos y bañaderos. La misma tendencia fue encontrada por otros autores (Colditz & Kellaway, 1972; Holmes *et al.*, 1980) y en términos generales, se asume que el ganado europeo consume un 40% más de agua que el indico (Bavera, 2001). Esta respuesta, sin embargo, no es constante, sino que depende de la temperatura ambiente. A bajas temperaturas el consumo de agua de *Bos taurus* y *Bos indicus* es similar, pero a medida que ésta aumenta, las diferencias se hacen más notables (Winchester & Morris, 1956; Stritzler, 1991; Bavera, 2001). Esto indica una mayor adaptación del *Bos indicus* a las altas temperaturas, debido a una más lenta tasa de recambio hídrico, menor contenido de humedad en heces y mayor eficiencia de los mecanismos de disipación de calor (Amakiri & Mordi, 1975; Finch, 1985; Bavera, 2001). Aparentemente, existen también diferencias entre razas ovinas. Los ovinos Border Leicester usaron más agua que los Merino, a bajas (12°C) y altas (36°C) temperaturas ambiente (Wilson, 1970) debido a una mayor pérdida de agua en heces.

El color del pelaje también es importante. MacFarlane & Howard (1972) encontraron que a una temperatura ambiente de 35°C, la temperatura superficial del pelaje oscuro es 4°C más alta que la del pelaje claro, y la eliminación de agua por transpiración fue 7% mayor en el primer caso. Finch (1986) mostró que el flujo de calor recibido por el animal fue 16% mayor en novillos de pelaje negro que en los de pelaje marrón y 58% mayor que en los de pelo blanco. Estas diferencias pueden ser importantes cuando la disponibilidad de agua es limitada, ya que los animales de pelaje oscuro aumentarían su temperatura corporal y se deshidratarían más rápidamente que los de pelaje claro. Esta misma relación entre color de la superficie animal y transferencia de calor se presenta en otras especies; Folk (1974), demostró que existen diferencias también entre ovinos de lana negra y lana blanca, y gallinas con plumaje de distinto color.

5.3. Hábitos de consumo

Claramente, existe un apetito por agua, y se asume que el animal consume tanta agua como necesita hasta cubrir sus requerimientos (Forbes, 1995). Sin embargo, el consumo de agua puede deprimirse si el agua es difícil de obtener; una leve restricción no produce efectos pero una severa puede producir efectos devastadores.

El consumo voluntario de agua está relacionado al alimento, cuantitativamente y en el tiempo (Forbes, 1995). Los no rumiantes beben antes, durante y después de cada comida, mientras que los rumiantes, con su gran capacidad para almacenar digesta con alto contenido de agua, a menudo comen sin beber y más tarde, cuando beben, lo hacen en grandes cantidades.

Barber *et al.* (1991) identificaron dos fases en el consumo de agua de cerdos en crecimiento. La primera está asociada a la alimentación y representa 89% del peso total del alimento consumido, mientras que el resto del agua bebida ocurre entre comidas y es bastante constante.

Una restricción en la alimentación del cerdo del 50% aumenta el consumo de agua. Si el alimento se suprime en lugar de restringirse, el consumo de agua aumenta 6 veces. Esto sugiere que parte de la bebida es un sustituto de la alimentación. Cerdas que habían sido alimentadas con cantidades restringidas de diferentes niveles de fibra redujeron el tiempo que pasaban bebiendo y el consumo total de agua con el aumento del contenido de fibra en la dieta (Forbes, 1995). Aparentemente, cuanto más tiempo se pasa comiendo y masticando una dieta fibrosa, menor es el deseo por la estimulación oral de la bebida.

Además, la velocidad del flujo de agua en bebederos es importante en la cantidad de agua bebida por los cerdos. (Brooks & Carpenter, 1990). Un flujo lento lleva a períodos largos de bebida, y el ganado porcino parece no desear beber más que unos pocos segundos por vez. Barber *et al.* (1989) encontraron que los cerdos comían menos materia seca si el flujo era de 175 ml.min⁻¹ que si era de 450 ml.min⁻¹; resultados similares encontraron Liebbrandt *et al.* (2001) con cerdas en lactación.

Las aves de corral beben hasta 40 veces por día, pero esta frecuencia se reduce en adultos. Aparentemente, los pollos beben más agua que la estrictamente necesaria, ya que una reducción del 25% del consumo de agua no produce efecto sobre el de materia seca (Forbes, 1995).

La frecuencia de bebida en rumiantes depende del alimento, de la humedad y temperatura ambiente y de la distribución del agua. Cuando los rumiantes de producción pastorean en pasturas verdes, pueden no beber agua, mientras que en alimentos secos, deben beber regularmente. Alimentos más salados provocan bebidas más frecuentes y otros alimentos, como el silaje, provocan comportamientos particulares. A pesar de que las vacas que consumen silaje beben muy poco, la mayor parte de las veces que beben, lo hacen mientras consumen el alimento (Forbes *et al.*, 1991) y bebiendo cantidades altas, siempre que el bebedero esté cerca de la comida. Si los animales tienen que caminar mucho para beber, pueden saltar una bebida y continuar comiendo, aunque la cantidad de materia seca consumida puede ser menor debido al aumento de la osmolalidad del contenido ruminal. Los animales van entonces a beber, pero no vuelven a comer al estar parcialmente saciados. Esto puede reducir el consumo total de materia seca (Forbes *et al.*, 1991).

La frecuencia de bebida es afectada negativamente por la humedad ambiente y positivamente por la temperatura máxima. También es mayor en potreros chicos o si hay varias bebidas (Arnold & Dudzinski, 1978). En potreros chicos, los bovinos beben de 1 a 6 veces por día, con un promedio de 4 veces (Gary *et al.*, 1970). En potreros grandes, el promedio es de 2 veces diarias, y si el agua está muy

lejos, 1 vez por día o día por medio, pero en estos casos pasan varias horas en la bebida, bebiendo varias veces.

5.4. Peso vivo

Existe una relación clara entre peso corporal y cantidad de agua consumida: A mayor peso vivo, mayor consumo de agua. Sin embargo, el consumo hídrico no es directamente proporcional al peso vivo, sino a éste elevado a la potencia 0.88 (Adolph, 1949), tal como ya fue discutido previamente. De esta manera, es posible comparar el consumo de agua de animales de distinto peso, pues para una misma condición fisiológica y climática, el consumo de agua expresado en $\text{mL.kg PV}^{-0.88}$ debería ser constante (Fig. 4), incluso para distintas especies. En la misma figura puede verse la relación entre peso vivo y consumo de agua para un bovino desde su nacimiento hasta su peso adulto. Cambiando los valores numéricos, la figura es válida para cualquier animal doméstico.

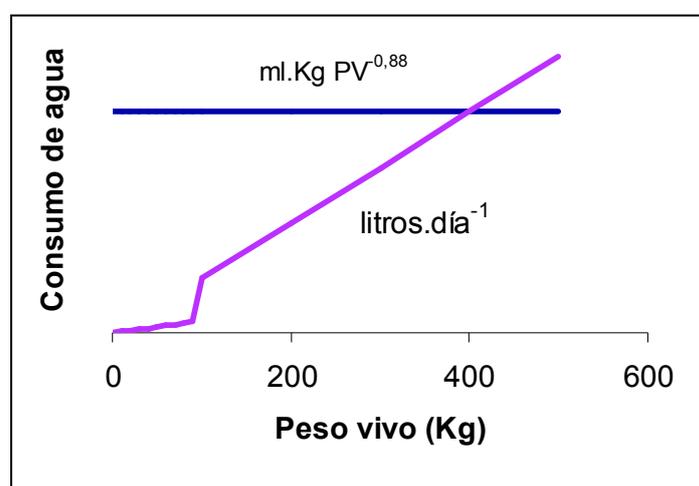


Figura 4. Consumo de agua para bovinos de distinto peso vivo.

Un caso especial lo representa el animal lactante, ya que está recibiendo un alimento con un alto porcentaje de agua (la leche), que en los bovinos es del 87.5%. Más aún, como generalmente la leche es el único alimento, al menos durante el primer período de vida, la relación consumo de agua:consumo de materia seca está preestablecida. Aún cuando en animales lactantes el agua de bebida no es necesaria, si está presente, el animal bebe, y este comportamiento parece tener un efecto positivo de largo plazo, en la reducción de estrés crónico en engordes a corral (Gottardo *et al.*, 2002). A medida que el animal crece, comienza a incorporar de manera creciente alimentos sólidos que complementan la dieta basada en leche. Este proceso lleva a una caída de la relación consumo de agua: consumo de materia seca, que en terneros pasa de 7:1 durante la etapa de lactante a 3:1 en el destete. A partir de este momento, el consumo de agua de bebida crece a una tasa muy alta durante 4 - 5 semanas, comportándose como un adulto desde este momento (Stritzler, 1991; Fig. 4).

5.5. Producción de leche

La producción de leche incrementa el consumo de agua de bebida (N.R.C., 2001). Suponiendo que la leche posee 13% de materia seca, el 87% restante es agua; por lo tanto, y sin tener en cuenta otros factores, por cada litro de leche producido, la vaca debe consumir 870 ml adicionales de agua. Aún ligeras restricciones en el consumo de agua producen caídas en la producción de vacas lecheras.

Partiendo de estos supuestos, pueden calcularse los litros de agua adicionales que consumirá un rodeo de vacas lecheras, a partir del promedio de leche producida por animal. En la Figura 5 (Ecuación 1) se expresa esta relación:

Ecuación 1:
$$y = a + 0.87 x$$

donde:

y = consumo de agua en litros por día

a = consumo de agua en litros por día del animal que no produce leche

x = litros de leche producidos por vaca por día

Sin embargo, la lactación estimula el consumo de agua en más que el volumen de agua contenido en la leche (Forbes, 1995), debido a que la producción de calor y el consumo voluntario de alimento son mayores en la vaca en lactación. La vaca lechera de alta producción produce más calor que cualquier otra categoría de bovinos, y consume 35-50% más materia seca que vacas secas del mismo peso y con el mismo alimento (Webster, 1976; A.F.R.C., 1993). Considerando esto, A.R.C. (1980) propuso otra ecuación, que en la Figura 5 aparece como ecuación 2:

Ecuación 2
$$y = 2.15 c + 0.73 x + 12.3$$

donde:

y = consumo de agua en litros por día

c = consumo de materia seca en kg por día

x = litros de leche producidos por vaca por día

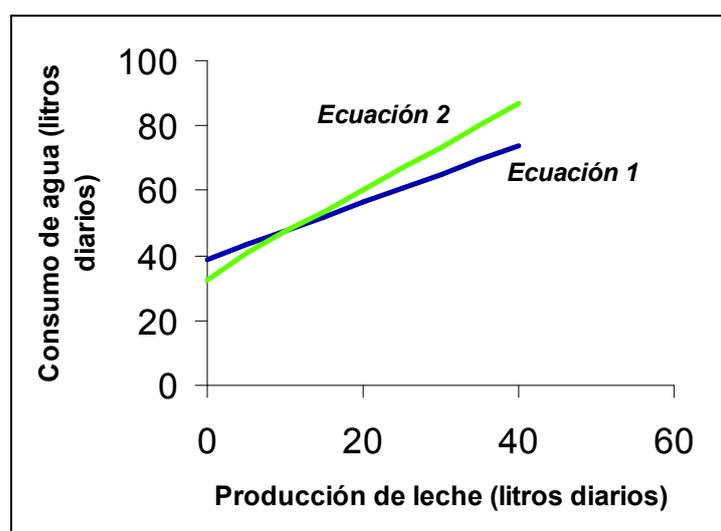


Figura 5. Consumo de agua en vacas lecheras.

Los valores obtenidos tanto a través de la ecuación 1, como de la ecuación 2 son válidos para animales sometidos a condiciones climáticas moderadas (temperaturas inferiores a 25°C). A medida que aumenta la temperatura ambiente, aumentan los requerimientos de agua (N.R.C., 2001).

Otros autores plantearon ecuaciones más complejas. A medida que se incorporan factores que afectan el consumo de agua, aumenta también la precisión de la predicción. Meyer *et al.* (2004) estimaron el consumo de agua considerando, además de los litros de leche producidos, la temperatura ambiente, el consumo diario de sodio y el peso vivo.

Ninguna de estas ecuaciones, sin embargo puede ser aplicada para estimar el consumo de agua de vacas de cría en lactación. Para animales productores de carne, Winchester & Morris (1956) sugirieron que debe calcularse un adicional de 2 litros de agua por cada litro de leche producido.

La producción de leche también afecta el consumo de agua en otras especies. Las cerdas lactantes tienen mayores requerimientos por agua (Forbes, 1995), y la calidad del agua tiene un efecto importante sobre el consumo hídrico y la producción de leche (Fraser *et al.*, 1990).

5.6. Preñez

La preñez incrementa el consumo de agua. Los tejidos fetales y los fluidos embrionarios asociados incrementan el contenido total de agua corporal de las hembras gestantes, especialmente durante las últimas etapas de la gestación. La síntesis, circulación y lisis de hormonas son, en la hembra gestante, muy intensas; dado que estos procesos se realizan en medio acuoso, estos animales tienen mayores demandas fisiológicas, que determinan un consumo adicional de agua (Roubicek, 1972; Stritzler, 1991).

En la Figura 6 se expresan los requerimientos hídricos de ovejas preñadas, de acuerdo a información recopilada por Stritzler (1991). Esta figura muestra que el consumo de agua puede incrementarse en más del 100% debido a la preñez. Este aumento en el consumo es mayor en ovejas que gestan dos corderos que en aquellas con un solo feto, y aumenta, además, a medida que avanza la gestación.

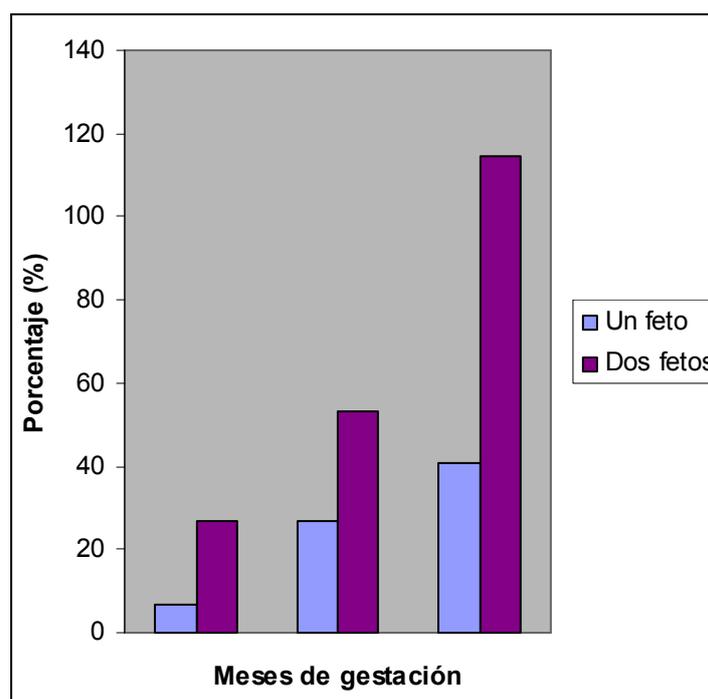


Figura 6. Efecto de la preñez sobre el consumo de agua en ovejas (Incremento del consumo de la oveja vacía).

No existe información equivalente para vacas preñadas. Roubicek (1972) encontró que las vaquillonas beben un 50% menos de agua el día del estro que en cualquiera de los restantes días del ciclo estral, pero no se conocen las razones que provocan esta disminución en el consumo. Winchester & Morris (1956) propusieron que debería calcularse que vacas preñadas en los últimos 3 meses de gestación consumen un adicional de 73% de agua. Sin embargo, parecería más correcto suponer que el consumo de agua se incrementa día a día, de concepción a parto, con aumentos más marcados en el último tercio de la gestación.

Existe escasa información respecto de otras especies, pero parece razonable asumir que la preñez afecta de manera similar al menos a todos los mamíferos. En relación a esto, Roubicek (1972) menciona que las cerdas en gestación aumentan en 50% su consumo de agua antes del parto.

6. Factores del ambiente que afectan el consumo de agua

6.1. Consumo de materia seca

El consumo de materia seca y de agua están íntimamente relacionados (Forbes, 1995), entre otras razones, como se ha dicho en párrafos anteriores, debido a que los centros de control de consumo de ambos se encuentran situados próximos en el hipotálamo (Roubicek, 1972). Distintos autores han encontrado altas correlaciones entre ambos (Stritzler, 1991) y han establecido la relación entre litros de agua consumida y kg de materia seca consumida en un punto: 2.15 (Little & Shaw, 1978); 3.90 (A.R.C., 1980) o como rango: 2.79 - 5.45 (Castle & Thomas, 1975); 3.70 - 9.00 (Winchester & Morris, 1956). Otros autores han relacionado el consumo total de agua (libre + agua en alimento) con el consumo de materia seca o de energía digestible (Silankove, 1989) en ovinos y caprinos. Si bien estas relaciones propuestas son válidas para las condiciones en que se realizaron los ensayos, es

riesgoso utilizarlas en otra situación. Esto se debe a que el consumo de materia seca es sólo uno de los factores que afectan el consumo voluntario de agua, y por lo tanto, al variar las otras condiciones, cambia también dicha relación. Ésta, sin embargo, existe, y una restricción en el consumo de agua produce una reducción en el consumo de materia seca (A.F.R.C., 1993; Fluharty *et al.*, 1996), por lo tanto, cualquier factor que afecte el consumo de agua puede reducir el consumo de alimento. La falta de agua o la reducción en su consumo reduce drásticamente el consumo de alimento en bovinos (Little *et al.*, 1976; Forbes, 1995; Mader & Davis, 2004), llegando a valores inferiores al 30% del consumo normal de materia seca al segundo día sin agua, y a menos del 7% al cuarto día de privación de agua (Weeth *et al.*, 1967). En ovinos, este efecto está más atenuado, dado que posee mecanismos de reducción de la excreción más eficientes (Cole, 1995; Forbes, 1995). Squires & Wilson (1971) realizaron un experimento con ovejas en el cual agua y alimento fueron separados por grandes distancias. A medida que aumentó la distancia, desde 1.6 km hasta 5.6 km, disminuyó el consumo de agua, y el consumo de alimento cayó desde 70 a 45 g.kg PV^{-0.75}. Bohra & Ghosh (1977) restringieron el consumo de agua de ovejas en pastoreo al 50% del consumo *ad libitum*, y compararon el consumo y la digestibilidad de la pastura con el control. La restricción en el consumo de agua provocó una disminución en las pérdidas de agua por heces y orina, y una drástica caída del consumo de materia seca. La digestibilidad, sin embargo, no fue afectada, probablemente debido a que durante la restricción de agua la tasa de pasaje del alimento por el tracto digestivo se reduce y por lo tanto, el forraje permanece más tiempo en el rumen (Van Soest, 1994), aumentando las posibilidades de ser atacado por la población microbiana.

En otras especies la relación es similar. Kellerup *et al.* (1965) demostraron que al reducir el consumo de agua de pollos desde *ad libitum* a 50%, el consumo diario de alimento cayó desde 111 a 75 g.día⁻¹. En términos generales, al estar estrechamente vinculados, un aumento en el consumo de alimento produce un concomitante aumento en el consumo de agua (Van Kampen, 1983), y se sugiere que la relación de consumo agua: consumo de alimento en aves es indicativa de la utilización del alimento (Bailey, 1990).

En cerdos, también el consumo de agua está relacionado al consumo de alimentos sólidos y el incremento en el consumo de agua con la lactación también se debe al aumento en el consumo voluntario de materia seca (Fraser *et al.*, 1990).

6.2. Calidad de la dieta

La orina, que es una de las principales vías de pérdida de agua del animal, contiene los productos metabólicos solubles que deben ser eliminados del cuerpo. De ellos, los metabolitos nitrogenados son los más importantes (Church, 1993), siendo también vía de eliminación de azufre, cloro, potasio, sodio y fósforo.

La hormona vasopresina (hormona antidiurética) controla el volumen urinario y bajo condiciones de escasez de agua el animal puede concentrar la orina en cierta medida, reduciendo así sus requerimientos de agua (N.A.S., 1974). La concentración de productos finales del metabolismo, sin embargo, sólo puede variar dentro de ciertos límites, y si un animal consume dietas ricas en sal o en proteína, necesariamente el volumen urinario debe ser mayor para poder eliminar el exceso de sal o los productos finales del metabolismo proteico y por lo tanto, el consumo de agua también debe aumentar. El alto nivel proteico de la dieta estimula el consumo de agua en bovinos (Stritzler, 1991), ovinos (Bass, 1982), aves (Bailey, 1990) y cerdos (Brooks & Carpenter, 1990; Shaw *et al.*, 2006). Bass (1982) encontró que el contenido en proteína fue el factor de la ración de mayor correlación con el consumo de agua. En cerdos, no sólo la cantidad sino también el valor biológico de la proteína es importante (Brooks & Carpenter, 1990), debido a que cuanto más se desvíe la proteína de la dieta de la que el animal sintetiza, mayor será el número de aminoácidos que no se utilizará, y mayor la cantidad

de N que deberá excretarse. Un aumento del 4% en la proteína de la dieta aumentó, en cerdos, el consumo de agua en 35% (Wahlstrom *et al.*, 1970).

El consumo creciente de sales aumenta la demanda por agua en todos los animales domésticos (Forbes, 1995). McMeniman & Pepper (1982) encontraron que la suplementación de la dieta de ovejas con fósforo aumentaba el consumo de agua. El mismo efecto fue obtenido al suplementar con melaza. Seynaeve *et al.* (1996), trabajando con cerdas lactantes, demostraron que una dieta baja en sales redujo el consumo de agua, por reducción del volumen urinario.

Springell (1968) sugirió que el alto consumo de forraje de buena calidad resulta en una mayor tasa de metabolismo y por lo tanto en un mayor requerimiento de agua para metabolismo intermediario y termorregulación. Por el contrario, Finch (1986) propuso que si bien los forrajes fibrosos de baja calidad, reducen el consumo voluntario y la tasa de metabolismo energético y de agua, el incremento calórico originado por la alimentación con estos forrajes puede incrementar la temperatura y la demanda de agua para termorregulación. En el mismo sentido, Forbes (1995) sugirió que la utilización de concentrados puede ayudar a aliviar el estrés por calor, dado que el incremento calórico de la alimentación de éstos es menor que la de forrajes.

6.3. Humedad de la dieta

Uno de los grandes componentes del consumo total de agua es el agua contenida en el alimento; junto con el agua de bebida o agua de consumo voluntario, suman el total de agua consumida por el animal.

Animales que consumen dietas con alto porcentaje de humedad o, dicho de otra manera, bajo porcentaje de materia seca, pueden vivir por largos periodos sin beber agua. MacFarlane & Howard (1970) encontraron que ovejas Merino secas no requieren agua de bebida durante el invierno si el forraje tiene 30-50% de agua. En las mismas condiciones, el ganado bovino no tolera la ausencia de agua de bebida. Cairnie & Castro (1984) demostraron que la ganancia de peso de novillos pastoreando triticale no fue afectada por la privación de agua durante 35 días cuando el porcentaje de materia seca del verdeo fue 17.8%, pero fue fuertemente afectada (0.48 kg versus 0.92 kg de aumento de peso por día para tratamientos sin y con agua respectivamente) cuando los animales pastorearon durante 29 días el mismo verdeo pero con 25.5% de materia seca. Con 28.6% de materia seca, los novillos sin agua perdieron peso (0.46 kg. día⁻¹) mientras que en el tratamiento con agua aumentaron 1.0 kg/día durante 21 días de ensayo.

Como consecuencia de la relación entre consumo de agua de bebida y consumo de agua asociada al alimento, varios autores han encontrado que el consumo de agua de bebida está positivamente correlacionado con el porcentaje de materia seca del forraje (Castle & Thomas, 1975; A.R.C., 1980; Sekine & Asahida, 1987), dado que a medida que disminuye el porcentaje de materia seca de la dieta, aumenta el porcentaje de agua que el animal consume de dicha fuente y disminuye el de agua de bebida (Fig. 7). Esta relación sin embargo, parece no ser cierta cuando el alimento es muy rico en humedad (alimentos succulentos) (Paquay *et al.*, 1970). En estos casos el consumo total de agua puede a menudo estar en exceso de los requerimientos (A.F.R.C., 1993) (Fig. 7). Este efecto puede explicarse, al menos parcialmente, por el incremento en agua perdida por heces (Forbes, 1995), pero también por la mayor tasa de metabolismo, por un incremento en las pérdidas por vía respiratoria y por la necesidad de excretar más productos de desecho en la orina (A.R.C., 1980).

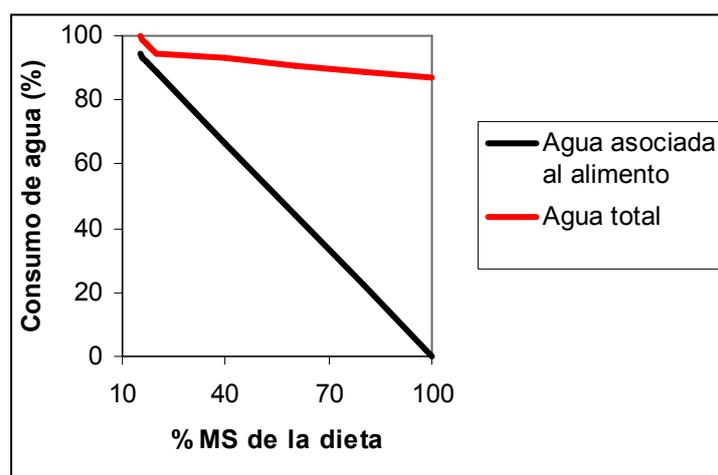


Figura 7. Porcentaje de materia seca y consumo de agua total y asociada al alimento.

6.4. Calidad del agua de bebida

Resulta imposible encontrar agua de bebida químicamente pura. Cuando llueve o nieva, el agua prácticamente no contiene sales, pero al moverse sobre el suelo o las piedras o infiltrarse, comienza a disolver los constituyentes más solubles del suelo. La cantidad y tipo de sales disueltas dependen principalmente de la naturaleza del material con el cual el agua está en contacto, y del tiempo en que está en contacto. A la inclusión de sales, deben sumarse, sobre todo en áreas densamente pobladas, la contaminación del agua por desagües cloacales (Juge, 1975) y por desagües industriales (Carrique, 1975). Mientras que existe una legislación muy precisa para valorar la potabilidad del agua para consumo humano, no existen más que recomendaciones en lo que respecta al uso zootécnico.

No es, de todas maneras, el objetivo de este trabajo considerar el efecto de los distintos componentes disueltos en el agua de bebida sobre la respuesta productiva de los animales domésticos, sino simplemente considerar su efecto sobre el consumo voluntario de agua. Dada la estrecha relación existente entre consumo de agua y de alimento, ya discutida, debe considerarse en primer término el caso extremo en el que los animales se nieguen a consumir el agua de bebida, ya sea por contaminación biológica o por exceso de sales. En este caso, el efecto será muy claro y a corto plazo ya que a los pocos días los animales no consumirán tampoco alimentos.

Existen, sin embargo, muchas situaciones en que el consumo de agua varía, aumentando o disminuyendo, debido a la presencia de sales disueltas en ella. Trabajando con novillos Aberdeen Angus, Sager (1997) encontró que el rango de concentración de sales totales ideal para optimizar el consumo de agua y materia seca se ubica entre 2.5 y 3.5 g / l de agua. En líneas generales, cuando el consumo de agua aumenta respecto de un control, debido a las sales disueltas, poco o ningún efecto ejerce sobre la respuesta productiva del animal. Por el contrario, cuando por efecto de las sales disminuye el consumo de agua, también disminuye el de alimento y por lo tanto, se ven afectados los parámetros productivos (Stritzler, 1991). Sager & Casagrande (1998) midieron el consumo de agua y materia seca de dos forrajes de digestibilidad contrastante cuando los animales bebían agua con moderados (1.75 g / l) o altos (5.9 g / l) contenidos de sales totales y hallaron que en forrajes de bajo valor nutritivo, si el contenido de sales era alto, ambos consumos aumentaban y además aumentaba significativamente la digestibilidad del forraje, pero esto no sucedía con forrajes de alto valor nutritivo.

Altos niveles de sulfatos producen rechazo del agua por parte de los animales (Ballantyne, 1957). En condiciones de verano en la Región Pampeana Semiárida, Stritzler & Saluzzi (1983) encontraron que aguas con 3.5 g / l de sulfatos (como sulfato de sodio) redujeron el consumo de agua (16%) y de alimento (10%) de novillos Aberdeen Angus, mientras que aguas con 2.5 ó 1.5 g / l de sulfatos por litro no mostraron diferencias significativas en el consumo de agua o alimento con respecto al testigo con agua de lluvia. Los resultados son coincidentes con los de Digesti & Weeth (1973), quienes trabajando en condiciones similares tampoco encontraron diferencias en consumo de agua y alimento entre testigo y aguas con 2.5 g / l de sulfatos. Harper *et al.* (1997) confirmaron estos resultados, trabajando con novillos que bebían aguas conteniendo sulfatos de sodio, calcio y magnesio. Recientemente, Grout *et al.* (2006) estudiaron el efecto diferencial de los sulfatos de sodio y magnesio sobre el consumo de agua de bovinos. Encontraron que es más perjudicial el $MgSO_4$, dado que el consumo diario de agua (y por lo tanto de alimento) decreció linealmente a medida que aumentó la concentración de sulfato de magnesio, mientras que para el sulfato de sodio no encontraron un efecto tan claro. Finalmente, concluyeron que, en general, los bovinos para producción de carne reducen el consumo de agua cuando las concentraciones de sulfatos superan los 4 g / l, aún con acostumbramiento previo, coincidiendo con Loneragan *et al.*, (2001) y Casagrande & Sager (2000a,b). Asimismo, Grout *et al.* (2006) demostraron que concentraciones altas de sulfatos en agua de bebida tienen efectos negativos tanto sobre las características de la res de novillos engordados a corral como sobre su respuesta productiva (Casagrande & Sager, 2000a). En cerdos, tanto los sulfatos de sodio como de magnesio son perjudiciales, especialmente en el cerdo recién destetado, por ser una categoría altamente susceptible a la aparición de diarreas agudas (Fraser *et al.*, 1990).

Weeth & Hunter (1971) suministraron agua con 4.1 g / l NaCl ó 5.0 g / l Na_2SO_4 a vaquillonas Hereford. El consumo de agua fue incrementado en 19% por el tratamiento con cloruro de sodio y reducido en 35% por la presencia de sulfatos. El consumo de alimentos no fue afectado por el tratamiento con NaCl pero fue reducido en 30% por el agua con sulfato de sodio. Igualmente, Peirce (1963) encontró un aumento del 150% en la cantidad de agua consumida al agregar 13 g de NaCl a un litro de agua de lluvia, y del 60-120% al agregar distintas concentraciones de carbonato y bicarbonato de sodio. Weeth *et al.* (1968) encontraron resultados similares, e indicaron que 20 g / l fueron definitivamente tóxicos.

Con niveles de NaCl más bajos, los rumiantes inclusive prefieren aguas con cloruro de sodio a aguas sin sal (Bell & Sly, 1983), especialmente durante ciertas etapas del ciclo de vida (Michell, 1978).

Los mayores niveles de consumo de agua generalmente encontrados por varios autores (Weeth & Haverland, 1961; Weeth & Lesperance, 1965; Weeth *et al.*, 1968; Hamilton & Webster, 1987) están asociados a mayores tasas de pasaje del agua por el cuerpo del animal (MacFarlane *et al.*, 1967; Jones *et al.*, 1970), aumentos notables del volumen urinario excretado y de la concentración de sodio y disminución de la de potasio (Potter, 1963).

Poca información existe respecto de aguas con otros minerales o con mezclas de los anteriores. Casagrande & Sager (2000b) encontraron, en bovinos de origen británico, que el consumo de aguas con cloruros no se diferenció de una mezcla de sulfatos y cloruros por partes iguales, cuando el agua de bebida tenía una salinidad promedio de 4 g / l de sales totales, pero sí de aguas con sulfatos para esa misma salinidad. Saul & Flinn (1985) encontraron que distintas combinaciones de cloruro y sulfato de sodio no afectaron el consumo cuando se las incluyó en dosis de hasta 9 g / l, pero 0.65 g / l de magnesio (como cloruro de magnesio), redujeron el consumo de agua en 15%, mientras que McMeniman & Pepper (1982) observaron mayores consumos de agua al agregar fósforo en la ración de ovejas. Wright *et al.* (1978) observaron que la adición de cantidades bajas de sulfato de zinc en la dieta redujo el consumo de agua a cero por un día, pero fue compensado por un aumento en el consumo el día siguiente.

Embry *et al.* (1959) trabajaron con cerdos en crecimiento, a los que ofrecieron aguas sin sales o con 2.1 g/l, 4.2 g/l ó 6.3 g/l de sulfatos y cloruros de magnesio y sodio, y encontraron que a medida que aumentaba el nivel de sales, también se incrementaba el consumo voluntario de agua.

Anderson & Stothers (1978), trabajando con cerdos de 3 y 4 semanas de edad (peso inicial 4-6 kg) encontraron que aguas con 6.0 g/l de sales (principalmente sulfatos y cloruros de sodio, calcio y magnesio) produjeron mayor consumo de agua; la diferencia con el control fue de aproximadamente 10%, pero durante la primera semana de tratamiento la diferencia en consumo de agua fue mucho más alta, de alrededor de 50%. Patterson *et al.* (1979) probaron, en cerdas en gestación y lactancia y en cerditos destetados, distintos niveles de sulfato de sodio y magnesio. No encontraron diferencias entre tratamientos en consumo de agua durante la gestación, pero sí en las cerdas en lactación: a mayor contenido de sales, mayor consumo. El consumo de agua de los cerdos destetados fue un 30-50% mayor en los tratamientos con sales que el testigo.

También en aves el contenido de sales disueltas tiene influencia sobre el consumo de agua. Concentraciones moderadas de cloruro de sodio o potasio producen aumentos en el consumo voluntario de agua (Forbes, 1995); de acuerdo a lo encontrado por Krista *et al.* (1961), estos niveles estarían alrededor de los 4.0 g/l de agua.

6.5. Temperatura del agua de bebida

Winchester & Morris (1956) encontraron que, cuando la temperatura ambiente es alta, el consumo de agua de bovinos, por unidad de materia seca ingerida, es mayor si el agua está a temperatura ambiente que si está más fría. Degen & Young (1984) y Stermer *et al.* (1986) demostraron que el enfriamiento del agua redujo la temperatura corporal y la mantuvo reducida por más tiempo que el agua a temperatura ambiente; el enfriamiento del agua de bebida también redujo el número de respiraciones por minuto, la temperatura de la piel y la temperatura rectal (Purwanto *et al.*, 1996); el efecto sobre estos parámetros indicadores de estrés térmico son, sin embargo, temporarios y no van más allá de las 2 horas (Stermer *et al.*, 1986). Contrariamente, en cerdos, las temperaturas ambientes altas estimulan el consumo de agua si ésta está fría (Forbes, 1995).

Con bajas temperaturas ambientales, la temperatura del agua no influye sobre la cantidad de agua consumida (Bailey *et al.*, 1962), sin embargo, si hace frío los cerdos beben más cuando el agua está más caliente que el ambiente.

6.6. Temperatura ambiente

La temperatura ambiente es uno de los factores que mayor influencia ejerce sobre el consumo voluntario de agua. McMeniman & Pepper (1982) encontraron que el 50% de la variación en el consumo de agua de bebida de ovejas en pastoreo podía ser explicado por cambios en la temperatura máxima ambiental, cuando ésta variaba entre 18°C y 37°C. Winchester & Morris (1956) demostraron que a partir de los 5°C la relación entre temperatura ambiente y consumo de agua de bovinos de origen europeo es de tipo exponencial (Fig. 8); por debajo de 5°C el consumo de agua, para un consumo de forraje dado, se mantiene relativamente constante.

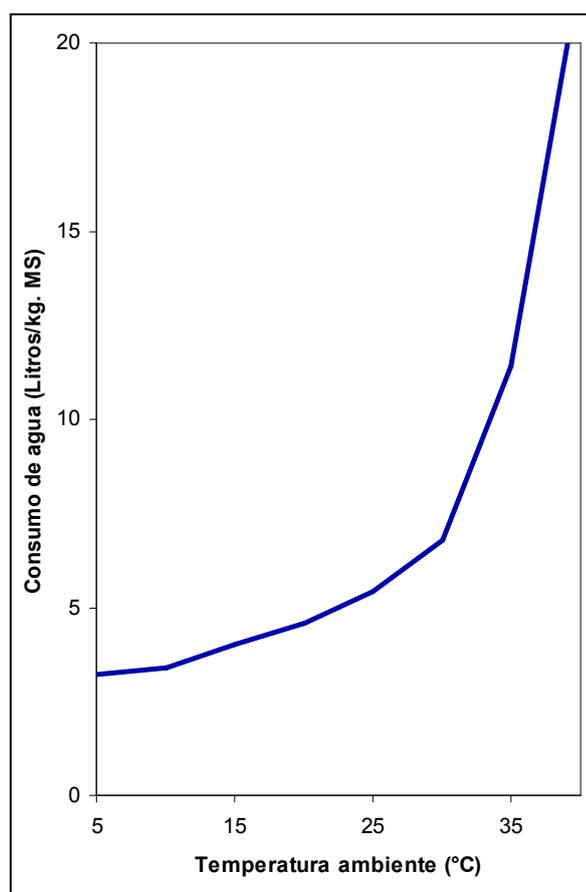


Figura 8. Consumo de agua y temperatura ambiente, para *Bos taurus*.

Forbes (1995) sugiere, sin embargo, que la relación positiva entre temperatura ambiente y consumo de agua comienza a los 0°C y que por debajo del punto de congelamiento, el consumo de agua de bovinos y también ovinos se incrementa, debido al aumento en la producción de calor y es por lo tanto, más alto que el consumo a temperaturas bajas pero superiores a 0°C.

Generalmente se considera que la temperatura ambiente y el consumo de materia seca son los factores más importantes en el consumo de agua (Stritzler, 1991); la mayor parte de los trabajos realizados coinciden en lo mismo; aquellos que no encontraron relación entre consumo de agua y temperatura ambiente trabajaron con temperaturas bajas o moderadas (Castle & Thomas, 1975; Hohenboken & Kistner, 1976; Little & Shaw, 1978).

Con altas temperaturas se produce un doble efecto, aumentando el consumo de agua y disminuyendo el de alimento; en ciertos casos el consumo de energía metabolizable cae a niveles tales que no es suficiente para cubrir los gastos energéticos derivados del mantenimiento y del aumento en las acciones de disipación del calor (Johnson, 1987b).

El aumento en el consumo de agua se debe principalmente a la necesidad del animal de disipar el calor recibido del medio ambiente; la evaporación es la principal vía de eliminación del calor (McLean, 1974) y de allí la relación entre temperatura ambiente y consumo de agua. Si los animales no disponen de suficiente agua, no pueden reponer las pérdidas evaporativas, esto hace que no puedan eliminar todo el calor recibido (Bianca, 1966) y para reducir la carga calórica, reducen el consumo de alimento y, por lo tanto, la performance animal.

En la Tabla 4, tomado de un trabajo de Winugroho *et al.* (1987), pueden verse las relaciones discutidas anteriormente. Los valores expuestos, coincidentes con los obtenidos por otros autores (Holmes *et al.*, 1980; Robinson *et al.*, 1986), muestran que sólo el agua de bebida aumenta con la temperatura ambiente, mientras que el agua incluida en el alimento y el agua metabólica se mantienen constantes. Las pérdidas por heces se reducen, las de orina aumentan moderadamente, pero se produce un aumento explosivo en las pérdidas por evaporación, coincidiendo con el aumento en el número de respiraciones por unidad de tiempo (jadeo), que es la principal vía de pérdida evaporativa en ovinos.

Tabla 4: Efecto de la temperatura ambiente sobre la dinámica del agua en ovejas.

	Temperatura ambiente (°C)		
	0	20	40
CONSUMO DE AGUA (litros/día)			
de bebida	2.62	4.81	7.28
del alimento	0.14	0.14	0.14
metabólica	0.25	0.25	0.25
AGUA EXCRETADA (litros/día)			
por heces	0.17	0.12	0.09
por orina	2.00	2.97	3.68
por evaporación	0.83	2.06	3.85
respiraciones por minuto	15.2	29.7	116.1

El aumento en la temperatura ambiente afecta, además, los hábitos de consumo de agua. Winchester & Morris (1956) observaron que con temperaturas por debajo de 27°C, el ganado bovino tiende a beber antes del mediodía y al caer la tarde, mientras que beben poco durante la noche, temprano en la mañana y después del mediodía; por encima de 32°C, los períodos en que los animales no consumen agua tienden a acortarse a 2 horas o menos aún entre dos bebidas sucesivas.

El resto de los animales domésticos se comporta de manera similar a lo discutido para bovinos y ovinos: a mayor temperatura, mayor consumo de agua. Sykes (1977), por ejemplo, encontró que el consumo de agua de pollos con temperaturas ambientales por debajo de 25°C fue de 198 g/día y que por encima de esta temperatura, el consumo se incrementó en alrededor de 10 g de agua por cada grado centígrado de aumento. En cerdos, hay un aumento en la relación consumo de agua a consumo de materia seca, entre 20° C y 30° C, de 2.7 a 4.3 kg. kg⁻¹ (Close *et al.*, 1971). Por encima de los 25°C, se debe más a un menor consumo de materia seca que a un aumento en el consumo de agua (Brooks & Carpenter, 1990).

6.7. Velocidad del viento

Existe muy poca información sobre el efecto de este factor sobre el consumo de agua, probablemente debido a que la velocidad del viento puede variar muchas veces, incluso dentro del mismo día, y por lo tanto es muy difícil medir su efecto a campo. Webster (1974) concluye que cuando la temperatura se encuentra por debajo de la temperatura de la piel del animal, el viento tiene

un efecto de enfriamiento, y cuando está por encima, el viento contribuye al estrés por calor. Interpretar este concepto en términos de consumo de agua resulta difícil. Winchester & Morris (1956) encontraron que velocidades del viento de hasta 14.5 km/h no influyen sobre el consumo de agua de los rumiantes, mientras que otros autores (A.R.C., 1980) hallaron que aumentando la velocidad del viento hasta valores extremadamente altos sólo resultó en un consumo de agua levemente inferior cuando vacas de razas europeas fueron mantenidas a temperaturas ambientes entre 10°C y 27°C y no encontraron efecto alguno cuando la temperatura ambiente fue de 35°C.

6.8. Humedad ambiente

La eficiencia de la pérdida evaporativa de calor depende del grado de presión de vapor entre las superficies evaporativas del animal (piel y membranas mucosas del tracto respiratorio) y el aire en contacto con ellas (Webster, 1974). La humedad relativa ambiente controla, por lo tanto, la pérdida de calor por evaporación (Folk, 1974) y es el principal factor de estrés por calor en climas cálidos húmedos (Finch, 1986).

Cuando la temperatura es moderada (menor a 24°C), diferencias en humedad relativa tienen poco efecto sobre el consumo de agua. Con temperaturas por encima de 24°C, la frecuencia de consumo es mayor, pero el consumo total de agua es menor con alta humedad que con bajos porcentajes de humedad ambiente; esto parece deberse en parte a un menor consumo de alimento y en parte a una menor vaporización a altos niveles de humedad relativa ambiente (Winchester & Morris, 1956; A.R.C., 1980).

6.9. Sombra

Tanto los bovinos como los ovinos buscan sombra durante las horas de mayor calor en verano. La falta de sombra puede afectar la performance productiva de los animales: Morgan *et al.* (1972) encontraron valores reducidos en la performance reproductiva de ovejas cuando no se les dio acceso a sombra, y Mitlohner *et al.* (2001), trabajando con vaquillonas en engorde a corral, encontraron que la provisión de sombra produjo un aumento en el consumo de materia seca y la ganancia diaria de peso; los animales con sombra alcanzaron el peso de faena 20 días antes que los que carecían de sombra.

Hoffman & Self (1972) estudiaron el efecto de la sombra sobre el consumo de agua en novillos Hereford y Aberdeen Angus y encontraron los resultados que se muestran en la Tabla 5. Los valores obtenidos muestran que el consumo de agua es distinto en invierno y en verano. Dentro de cada estación, el efecto de la sombra sobre el consumo de agua no fue significativo en invierno pero sí en verano, cuando los novillos sin sombra bebieron 2.6 litros/día más que los provistos de sombra.

Tabla 5. Efecto de la sombra y la estación del año sobre el consumo de agua (en litros.día⁻¹) de novillos Aberdeen Angus y Hereford.

	Verano		Invierno	
	Sombra	Sin sombra	Sombra	Sin sombra
Consumo de agua	30.0	32.6	19.2	18.8

El efecto de la sombra, sin embargo, no es igual para todos los animales. Johnson (1987a) demostró, trabajando con ovinos, que mientras algunos animales buscan sombra, otros (siempre los mismos) permanecen al sol. Probablemente estos últimos tengan mecanismos termorregulatorios más eficientes o toleren temperaturas corporales más altas que aquellos que deben refugiarse en la sombra.

Por otra parte, la sombra sobre el agua de bebida provoca la combinación de al menos dos factores simultáneamente, ya que por un lado, disminuye la temperatura del agua y por el otro, disminuye la velocidad de evaporación del agua de la bebida (Webster & Day, 1993) y por lo tanto disminuye también la velocidad con que puede aumentar la concentración de sales.

7. Conclusiones

Vivimos en el “planeta del agua” (Randall *et al.*, 2002). Sin embargo, 97% del total es agua de mar, y 2.2% se encuentra congelada en glaciares o los polos, dejando sólo 0.8% disponible en superficie o subsuelo (Fraser *et al.*, 1990). Sólo una muy pequeña parte de esta última es utilizada por los animales, pero sin su existencia, tampoco la vida tal como la conocemos podría existir. Sin embargo, se dice que el agua es el “nutriente olvidado” (Brooks & Carpenter, 1990), debido a que ha recibido menos atención que cualquier otro nutriente.

Todos los animales tienen un requerimiento específico por agua, y se asume habitualmente que el animal consume tanto agua como necesita para cubrir sus requerimientos (Forbes, 1995). El agua requerida es aportada por aquella que el animal consume voluntariamente, aquella presente en el alimento y el agua formada en el cuerpo como resultado de diversos procesos de oxidación (A.R.C., 1980).

Si bien bajo algunas circunstancias (Nicholson, 1987), la restricción de agua produce efectos menores sobre la productividad de los animales domésticos, en la generalidad de los casos su restricción genera grandes perjuicios productivos, por lo tanto, debe recomendarse la provisión ilimitada de agua de bebida durante las 24 horas del día.

Murphy *et al.* (1983) examinaron la relación existente entre consumo de agua y una serie de variables, mediante ecuaciones de regresión, y demostraron que a medida que se incorporan variables, aumenta el coeficiente de correlación. Esto da una clara idea sobre la imposibilidad de considerar cada factor por separado debido a que el consumo de agua es la suma de todos los factores (conocidos y desconocidos) que influyen sobre él.

8. Agradecimientos

Los autores desean agradecer la colaboración del Dr. Ricardo L. Sager por sus inestimables aportes a la redacción de este capítulo.

9. Bibliografía

- Adolph, E.F. 1949. Quantitative relations in the physiological constitutions of mammals. *Science* 109:579-585.
- A.F.R.C. (Agricultural and Food Research Council). 1993. Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, Inglaterra. 159 p.

- Alexander, G. 1974. Heat loss from sheep. *In: Heat loss from animal and man.* J.L. Montheith & L.E. Mount (eds). Butterworths, Londres, Inglaterra. pp. 173-203.
- Amakiri, S.F. & E. Heath. 1992. La adaptación ambiental. *In: Anatomía y fisiología del ganado.* E. Heath & S. Olusanya (eds). Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 96-101.
- Amakiri S.F. & R. Mordi. 1975. The rate of cutaneous evaporation in some tropical and temperate breeds of cattle in Nigeria. *Anim. Prod.* 20:63-68.
- Anderson, D.M., & S.C. Stothers. 1978. Effects of saline water high in sulfates, chlorides and nitrates on the performance of young weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 47:900-907.
- Arnold, G.W. & M.L. Dudzinski. 1978. *Ethology of free-ranging domestic animals.* Elsevier. Amsterdam, Holanda. 198 p.
- A.R.C. (Agricultural Research Council). 1980. *The nutrient requirements of ruminant livestock.* Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough, Inglaterra. 351 p.
- Bailey, M. 1990. The water requirements of poultry. *In: Recent advances in animal nutrition.* W. Haresign & D.J.A. Cole (eds). Butterworths, Inglaterra. pp. 161-176.
- Bailey, C.B., R. Hironaka & S.B. Slen. 1962. Effects of the temperature of the environment and the drinking water on the temperature and water intake of sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 42:1-8.
- Ballantyne, E.E. 1957. Drinking waters toxic for livestock. *Can. J. Comp. Med.* 21:254-257.
- Barber, J., P.H. Brooks & J.L. Carpenter. 1989. The effects of water delivery on the voluntary food intake, water use and performance of early weaned pigs from 3 to 6 weeks of age. *In: J.M. Forbes, M.A. Varley & T.L.J. Lawrence (eds). The Voluntary Food Intake of Pigs.* Occasional publication of the Br. Soc. Anim. Prod. pp. 103-104.
- Barber, J., P.H. Brooks & J.L. Carpenter. 1991. The effect of four levels of food on the water intake and water to food ratio of growing pigs. *Anim. Prod.* 52:602-608.
- Bass, J.M. 1982. A note on the effects of various diets on the drinking behaviour of wether sheep. *Anim. Prod.* 35: 293-294.
- Bavera, G.A. 2001. *Manual de aguas y aguadas para el ganado.* Edición del autor. Río Cuarto, Córdoba. 387 p.
- Beckett, J.L. & J.W. Oltjen. 1993. Estimation of the water requirement for beef production in the United States. *J. Anim. Sci.* 71: 818-826.
- Bell, F.R. & J. Sly. 1983. The olfactory detection of sodium and lithium salts by sodium deficient cattle. *Physiol. Behav.* 31:307-313.
- Bianca, W. 1966. Heat tolerance in dehydrated steers. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 66:57-60.
- Blaxter, K.L. 1964. *Metabolismo energético de los rumiantes.* Editorial Acribia. Zaragoza, España. 314 p.
- Bligh, J. & K.G. Johnson. 1973. Glossary of terms for thermal physiology. *J. Appl. Physiol.* 35:941-961.
- Bohra, H.C. & P.K. Ghosh. 1977. Effect of restricted water intake during summer on the digestibility of cell wall constituents, nitrogen retention and water excretion in Marwari sheep. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 89:605-608.

- Brooks, P.H. & J.L. Carpenter. 1990. The water requirement of growing-finishing pigs. Theoretical and practical considerations. *In: Recent advances in animal nutrition*. W. Haresign & D.J.A. Cole (eds). Butterworths, Inglaterra. pp. 115-136.
- Cairnie, A.G. & H.C. Castro. 1984. Pastoreo de verdeos invernales sin disponibilidad de agua de bebida. Informativo de Tecnología Agropecuaria para la Región Pampeana Semiárida, EEA Anguil, INTA. 82:10-11.
- Calder, F.W., J.W.G. Nicholson & H.M. Cunningham. 1964. Water restriction for sheep on pasture and rate of consumption with other feeds. *Can. J. Anim. Sci.* 44: 266-271.
- Carrique, C.S. 1975. Contaminación del agua por desagües industriales. *Ciencia e Invest.* 31:233-236.
- Casagrande, H. & R.L. Sager. 2000a. Efecto de la composición salina del agua de bebida sobre la evolución del peso vivo en bovinos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 20 (Supl. 1):86.
- Casagrande, H. & R.L. Sager. 2000b. Efecto de la composición salina del agua de bebida sobre el consumo y digestibilidad de forrajes. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 20 (Supl. 1):87.
- Castle, M.E. & T.P. Thomas. 1975. The water intake of British Frisian cows on rations containing various forages. *Anim. Prod.* 20:181-189.
- Cerana, L.A. 1975. Aguas salinas para bebida animal. *Ciencia e Invest.* 31:221-232.
- Church, D.C. 1993. *El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición*. Editoria Acribia. Zaragoza, España. 652 p.
- Close, W.H., L.E. Mount & I.B. Start. 1971. The influence of environmental temperature and plane of nutrition on heat losses from groups of growing pigs. *Anim. Prod.* 13:285-294.
- Colditz, P.J. & R.C. Kellaway. 1972. The effect of diet and heat estrés on feed intake, growth and nitrogen metabolism in Friesian, F1 Brahman x Friesian, and Brahman heifers. *Aust. J. Agric. Res.* 23:717-725.
- Cole, N. 1995. Influence of a three-day feed and water deprivation period on gut fill, tissue weights, and tissue composition in mature wethers. *J. Anim. Sci.* 73: 2548-2557.
- Cooper, P.H. & C. Tyler. 1959. Some effects of bran and cellulose on the water relationships in the digesta and faeces of pigs. I. The effects of including bran and two forms of cellulose in otherwise normal rations. *J. Agric. Sci.* 52:332-339.
- Davis, R.H., O.E.M. Hassann & A.H. Sykes. 1973. Energy utilization in the laying hen in relation to ambient temperature. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 81:173 -177.
- Degen, A.A. & B.A. Young. 1984. Effects of ingestion of warm, cold and frozen water on heat balance in cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 64:73-80.
- Digesti, R.D. & H.J. Weeth. 1973. Effects of sulfate water on cattle. *J. Anim. Sci.* 36:1204.
- Embry, L.B., M.A. Hoelscher, R.C. Wahlstrom, C.W. Carlson, L. Krista, W.R. Brosz, G.F. Gastler & O.E. Olson. 1959. Salinity and livestock water quality. South Dakota State Coll., Bull. 481, South Dakota, U.S.A. 12 p.
- Ferri, C.M. & N.P. Stritzler. 1993. Efecto del contenido de materia seca del verdeo de centeno sobre la digestibilidad *in vivo* y el consumo voluntario en ovinos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 13:127-131.
- Ferri, C.M., N.P. Stritzler & J.H. Pagella. 2001. Efecto del agregado de agua sobre el consumo y la digestibilidad aparente en dos especies forrajeras. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 21 (Supl. 1):175-176.

- Finch, V.A. 1985. Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds. *Aust. J. Agric. Res.* 36:497-508.
- Finch, V.A. 1986. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.* 62:531-542.
- Fluharty, F.L., S.C. Loerch & B.A. Dehority. 1996. Effects of feed and water deprivation on ruminal characteristics and microbial population of newly weaned and feed-lot-adapted calves. *J. Anim. Sci.* 74:465-474.
- Folk, G.E. 1974. Adaptation and heat loss: The past thirty years. *In: Heat loss from animal and man.* J.L. Montheith & L.E. Mount (eds). Butterworths. Londres, Inglaterra. pp. 119-146.
- Forbes, J.M. 1995. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. C.A.B. International, Wallingford, Inglaterra. 532 p.
- Forbes, J.M., C.L. Johnson & D.A. Jackson. 1991. The drinking behaviour of lactating cows offered silage *ad lib*. *Proc. Nutr. Soc.* 50: 97A.
- Frank, C.L. 1988. Diet selection by a heteromyid rodent. Role of net metabolic water production. *Ecology* 69:1943-1951.
- Fraser, D., J.F. Patience, P.A. Phillips & J.M. McLeese. 1990. Water for piglets and lactating sows: Quantity, quality and quandaries. *In: Recent advances in animal nutrition.* W. Haresign & D.J.A. Cole (eds). Butterworths. Inglaterra, pp.137-160.
- Gary, L.A., G.W. Sherritt & E.B. Hale. 1970. Behaviour of Charolais cattle on pasture. *J. Anim. Sci.* 30:203-206.
- Gottardo, F., S. Mattiello, G. Cozzi, E. Canali, E. Scanziani, L. Ravarotto, V. Ferrante, M. Verga & I. Andrighetto. 2002. The provision of drinking water to veal calves for welfare purposes. *J. Anim. Sci.* 80:2362-2372.
- Grout, A.S., D.M. Veira, D.M. Weary, M.A.G. von Keyserlingk & D. Fraser. 2006. Differential effects of sodium and magnesium sulfate on water consumption by beef cattle. *J. Anim. Sci.* 84:1252-1258.
- Hamilton, J. A. & M.E.D. Webster. 1987. Food intake, water intake, urine output, growth rate and wool growth of lambs accustomed to high or low intake of sodium chloride. *Aust. J. Agric. Res.* 38:187-194.
- Hardy, R.N. 1972. Temperature and animal life. E. Arnold Publishers, Londres, Inglaterra. 60 p.
- Harper, G.S., T.J. King, B.D. Hill, C.M.L. Harper & R.A. Hunter. 1997. Effect of coal mine pit water on the productivity of cattle. II. Effect of increasing concentrations of pit water on feed intake and health. *Aust. J. Agric. Res.* 48:155-164.
- Hey, E.N. 1974. Physiological control over body temperature. *In: Heat Loss from animal and man.* J.L. Montheith & L.E. Mount (eds). Butterworths. Londres, Inglaterra. pp. 77-95.
- Hoffman, M.P. & H.L. Self. 1972. Factors affecting water consumption by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 35: 871-876.
- Hohenboken, W. & T.P. Kistner. 1976. Summer water consumption body temperature and respiration rate in lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 56:739-744.
- Holmes, C.W., C.T. King & P.E.L. Sauwa. 1980. Effects of exposure to a hot environment on Friesian and Brahman x Friesian cattle, with some measurements of the effects of exposure to radiant heat. *Anim. Prod.* 30:1-11.

- Ingram, D.L. 1974. Heat loss and its control in pigs. *In: Heat loss from animal and man.* J.L. Montheith & L.E. Mount (eds.). Butterworths. Londres, Inglaterra. pp. 233-254.
- Jarrige, R. 1988. Ingestion et digestion des aliments. *In: Alimentation des bovins, ovins et caprins.* R. Jarrige (ed). INRA Editions. Francia. pp. 29-56.
- Johnson, H.D. 1987a. Bioclimates and livestock. *In: World animal science B5: Bioclimatology and the adaptation of livestock.* H.D. Johnson (ed). Elsevier. Holanda. pp. 3-16.
- Johnson, K.G. 1987b. Shading behaviour of sheep: preliminary studies of its relation to thermoregulation, feed and water intakes, and metabolic rate. *Aust. J. Agric. Res.* 38:587-596.
- Jones, G.B., B.J. Potter & C.S.W. Reid. 1970. The effect of saline water ingestion on water turnover rates and tritiated water space in sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 21:927-932.
- Juge, O.N. 1975. Contaminación del agua por desagües cloacales. *Ciencia e Invest.* 31:239-253.
- Kellerup, S.U., J.E. Parker & G.H. Arscott. 1965. Effect of restricted water consumption on broiler chickens. *Poultry Sci.* 44:78-83.
- Krista, L.M., C.W. Carlson & O.E. Olson. 1961. Some effects of saline waters on chicks, laying hens, poults and ducklings. *Poult. Sci.* 40:938-944.
- Liebbrandt, V.D., L.J. Johnston, G.C. Shurson, J.D. Crenshaw, G.W. Libal & R.D. Arthur. 2001. Effect of nipple drinker water flow rate and season on performance of lactating swine. *J. Anim. Sci.* 79:2770-2775.
- Little, W. & S.R. Shaw. 1978. A note on the individuality of the intake of drinking water by dairy cows. *Anim. Prod.* 26:225-227.
- Little, W., B.F. Sansom, R. Manston & W.M. Allen. 1976. Effect of restricting water intake of dairy cows upon their milk yield, body weight and blood composition. *Anim. Prod.* 22:329-339.
- Loneragan, G.H., J.J. Wagner, D.H. Gould, F.B. Garry & M.A. Thoren. 2001. Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 79:2941-2948.
- Lynch, J.J., G.D. Brown, P.F. May & J.B. Donnelly. 1972. The effect of withholding drinking water on wool growth and lamb production of grazing Merino sheep in a temperate climate. *Aust. J. Agric. Res.* 23:659-668.
- MacFarlane, W.V. & B. Howard. 1970. Water in the physiological ecology of ruminants. *In: Physiology of digestion and metabolism in the ruminant.* A.T. Phillipson (ed). Oriel Press. Aberdeen, Escocia. pp. 362-374.
- MacFarlane, W.V. & B. Howard. 1972. Comparative water and energy economy of wild and domestic mammals. *Symp. Zool. Soc. London* 31:261-296.
- MacFarlane, W.V., B. Howard & R.J.H. Morris. 1966. Water metabolism of Merino sheep shorn during summer. *Aust. J. Agric. Res.* 17:219-225.
- MacFarlane, W.V., B. Howard & B.D. Siebert. 1967. Water metabolism of Merino and Border Leicester sheep grazing saltbush. *Aust. J. Agric. Res.* 18:947-958.
- Mader, T.L. & M.S. Davis. 2004. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: Feed and water intake. *J. Anim. Sci.* 82: 3077-3087.

- McGregor, B.A. 1986. Water intake of grazing Angora wether goats and Merino wether sheep. *Aust. J. Exp. Agric.* 26:639-642.
- McLean, J.A. 1974. Loss of heat by evaporation. *In: Heat loss from animal and man.* J.L. Montheith & L.E. Mount (eds). Butterworths. Londres, Inglaterra. pp. 19-31.
- McMeniman, N.P. & P.M. Pepper. 1982. The influence of environmental temperature and rainfall on the water intake of sheep consuming mulga (*Acacia aneuria*). *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 14:443-446.
- Meyer, U., M. Everunghoff, D. Gädeken & G. Flachowsky. 2004. Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 90:117-121.
- Michell, A.R. 1978. Relationships between individual differences in salt appetite of sheep and their plasma electrolyte status. *Physiol. Behav.* 17:215-219.
- Mitlohner, F.M., J.L.Morrow, J.W. Dailey, S.C. Wilson, M.L. Galyean, M.F. Miller & J.J. McGlone. 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79:2327-2335.
- Morgan, P.D., G.W. Arnold & C.A.P. Boundy. 1972. The behaviour of ewes and their new born lambs in a hot climate. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 9:371-375.
- Murphy, M.R., C.L. Davis & G.C. McCoy. 1983. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 66:35-38.
- N.A.S. (National Academy of Sciences). 1974. Nutrients and toxic substances in water for livestock and poultry. N.A.S., U.S.A. 95 p.
- Nelson, D.L. & M.M. Cox. 2004. *Lehninger Principles of Biochemistry*, 4th. Ed. W.H. Freeman & Co. Nueva York, U.S.A. 1100 p.
- Nicholson, M.J. 1987. The effect of drinking frequency on some aspects of the productivity of zebu cattle. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 108:119-128.
- N.R.C. (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th ed. National Academy Press. Washington DC, U.S.A. 408 p.
- Olusanya, S. & M.J. Isoun. 1992. Los líquidos del cuerpo y el sistema urinario. *In: Anatomía y fisiología del ganado.* E. Heath & S. Olusanya (eds.). Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 65-73.
- Paquay, R., R. De Baere & A. Lousse. 1970. Statistical research on the fate of water in the adult cow. I. Dry cows. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 74:423-432.
- Patterson, D.W., R.C. Wahlstrom, G.W. Libal & O.E. Olson. 1979. Effects of sulphate in water on swine reproduction and young pig performance. *J. Anim. Sci.* 49:664-667.
- Peirce, A.W. 1963. Studies on salt tolerance of sheep. V. The tolerance of sheep for mixtures of sodium chloride, sodium carbonate and sodium bicarbonate in the drinking water. *Aust. J. Agric. Res.* 14:815-823.
- Potter, B.J. 1963. The effect of saline water on kidney tubular function and electrolyte excretion in sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 14:518-528.
- Purwanto, B.P., M. Harada & S. Yamamoto. 1996. Effect of drinking-water temperature on heat balance and thermoregulatory responses in dairy heifers. *Aust. J. Agric. Res.* 47:505-512.
- Randall, D., W. Burggren & K. French. 2002. *Fisiología animal. Mecanismos y adaptaciones.* Mc Graw - Hill - Interamericana. Madrid, España. 795 p.

- Richards, S.A. 1974. Aspects of physical thermoregulation in the fowl. *In: Heat loss from animal and man*. J.L. Montheith & L.E. Mount (eds). Butterworths. Londres, Inglaterra. pp. 255-275.
- Robelin, J. 1982. Estimation of body composition by dilution techniques in nutrition experiments. *In: In vivo estimation of body composition in beef*. B. Bech Andersen (ed). 524 Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg. Copenhagen, Dinamarca. pp. 107-117.
- Robinson, J.B., D.R. Ames & G.A. Milliken. 1986. Heat production of cattle acclimated to cold, thermoneutrality and heat when exposed to thermoneutrality and heat stress. *J. Anim. Sci.* 62:1434-1440.
- Roubicek, C.B. 1972. Metabolismo del agua. *In: Desarrollo y nutrición animal*. E.S.E. Hafez & I.A. Dyer (eds). Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 361-379.
- Sager, R.L. 1997. Salinidad del agua de bebida en relación al consumo de agua y heno de alfalfa (*Medicago sativa*). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17 (Supl.1):23.
- Sager, R.L. & H. Casagrande. 1998. Efecto de la salinidad del agua de bebida sobre el consumo y digestibilidad de pasto llorón (*Eragrostis curvula*) y alfalfa (*Medicago sativa*). *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* 13:69-75.
- Saul, G.R. & P.C. Flinn. 1985. Effects of saline drinking water on growth and water and feed intakes of weaner heifers. *Aust. J. Exp. Agric.* 25: 734-738.
- Schmidt-Nielsen, K. 1972. *How animals work*. Cambridge Univ. Press. Cambridge, Inglaterra. 114 p.
- Schmidt-Nielsen, K. 1979. *Desert animals. Physiological problems of heat and water*. Oxford Univ. Press. Oxford, Inglaterra. 277 p.
- Schmidt-Nielsen, K. 1984. *Fisiología animal. Adaptación y medio ambiente*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 499 p.
- Sekine, J. & Y. Asahida. 1987. A note on the effect of the dry-matter concentration in forages on water consumption of yearling steers. *Anim. Prod.* 45:527-529.
- Seynaeve, M., R. De Wilde, G. Janssens & B. De Smet. 1996. The influence of dietary salt level on water consumption, farrowing, and reproductive performance of lactating sows. *J. Anim. Sci.* 74:1047-1055.
- Shaw, M.I., A.D. Beaulieu & J.F. Patience. 2006. Effect of diet composition on water consumption in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84:3123-3132.
- Siebert, B.D. 1975. *Function, regulation and comparative use of water in vertebrates*. C.S.I.R.O. Queensland, Australia. 29 p.
- Siebert, B.D. & W.V. MacFarlane. 1969. Body water content and water turnover of tropical *Bos taurus*, *Bos indicus*, *Bibos banteng*, and *Bos bubalus bubalis*. *Aust. J. Agric. Res.* 20:613-622.
- Silankove, N. 1989. Interrelationship between water, food and digestible energy intake in desert and temperate goats. *Appetite* 12:163-170.
- Springell, P.H. 1968. Water content and water turnover in beef cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 19:129-144.
- Squires, V.R. & A.D. Wilson. 1971. Distance between food and water supply and its effect on drinking frequency, and food and water intake of Merino and Border Leicester sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 22:283-290.

- Stermer, R.A., C.F. Brasington, C.E. Coppock, J.K. Lanham & K.Z. Milam. 1986. Effect of drinking water temperature on heat stress of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69: 546-551
- Stritzler, N.P. 1991. Factores que afectan el consumo de agua de bebida de animales domésticos. *Rev. Fac. Agron. (UNLPam.)* 6:39-72.
- Stritzler, N.P. & L. Saluzzi. 1983. Efecto del nivel de sulfatos en el agua de bebida sobre novillos en crecimiento. *Prod. Anim.* 10:163-170.
- Stritzler, N.P., C.M. Rabotnikof & J.H. Pagella. 2007. Guía de Trabajos Prácticos de Nutrición Animal. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. 150 p.
- Sykes, A.H. 1977. Nutrition-environment interactions in poultry. *In: Nutrition and the climatic environment.* W. Haresign, H. Swan & D. Lewis (eds). Butterworths. Londres, Inglaterra. pp. 17-31.
- Van Kampen, M. 1983. Effect of water: food intake ratios in laying hens on food metabolisable energy. *Br. Poultry Sci.* 24:169-172.
- Van Es, A.J.H. 1982. Potential use of *in vivo* techniques in nutrition and growth studies. *In: In vivo estimation of body composition in beef.* B. Bech Andersen (ed.). 524 Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Copenhagen, Dinamarca. pp. 99-106.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutrition Ecology of the Ruminant.* 2nd ed. Cornell Univ. Press. Ithaca, New York, USA.
- Wahlstrom, R.C., A.R. Taylor & R.W. Seerley. 1970. Effects of lysine in the drinking water of growing swine. *J. Anim. Sci.* 30:368-373.
- Webster, A.J.F. 1974. Heat loss from cattle with particular emphasis on the effect of cold. *In: Heat loss from animal and man.* J.L. Montheith & L.E. Mount (eds). Butterworths. Londres, Inglaterra. pp. 205-231.
- Webster, A.J.F. 1976. The influence of the climatic environment on metabolism in cattle. *In: Principles of cattle production.* H. Swan & W.H. Broster (eds), Butterworths. Londres, Inglaterra. pp. 103-127.
- Webster, A.J.F. 1983. Nutrition and the thermal environment. *In: Nutritional physiology of farm animals.* J.A.F. Rook & P.C. Thomas (eds). Longman. Inglaterra. pp. 639-669.
- Webster, I.T. & C.R.B. Day. 1993. The impacts of shade on evaporation rates and temperatures in stock watering troughs. *Aust. J. Agric. Res.* 44:287-298.
- Weeth, H.J. & L.H. Haverland. 1961. Tolerance of growing cattle for drinking water containing sodium chloride. *J. Anim. Sci.* 20: 518.
- Weeth, H.J. & J.E. Hunter. 1971. Drinking of sulphate waters by cattle. *J. Anim. Sci.* 32:277-281.
- Weeth, H.J. & A.L. Lesperance. 1965. Renal function of cattle under various water and salt loads. *J. Anim. Sci.* 24:441-447.
- Weeth, H.J., D.S. Sawhney & A.L. Lesperance. 1967. Changes in body fluids, excreta and kidney function of cattle deprived of water. *J. Anim. Sci.* 26:418-423.
- Weeth, H.J., A.L. Lesperance & V.R. Bohman. 1968. Intermittent saline watering of growing beef heifers. *J. Anim. Sci.* 27:739-744.
- Wilson, A.D. 1970. Water economy and food intake of sheep when watered intermittently. *Aust. J. Agric. Res.* 21:273-281.

- Wilson, G.F. 1978. Effect of water content of Tama ryegrass on voluntary intake of sheep. *N. Z. J. Exp. Agric.* 6:53-54.
- Winchester, C.F. & M.J. Morris. 1956. Water intake of cattle. *J. Anim. Sci.* 15:722-740.
- Winugroho, M., V.A. Walker & B.A. Young. 1987. Energy and water kinetics in sheep acclimated to 0°, 20° and 40°. 66th Annual Feeder's day report, Univ. of Alberta, Canadá. Special Issue 91-92.
- Wright, S.J. & B.L. Ashton. 1978. The water consumption of sheep and beef cattle on Northern Eyre Peninsula. *Agric. Rec.* 5:9-12.
- Wright, D.E., N.R. Towers & D.P. Sinclair. 1978. Intake of zinc sulphate in drinking water by grazing beef cattle. *N. Z. J. Agric. Res.* 21:215.
- Yousef, M.K. 1987. Principles of bioclimatology. *In: World animal science B5: Bioclimatology and the adaptation of livestock.* H.D. Johnson (ed). Elsevier. Holanda. pp. 17-29.