

**TEMA 1. DESARROLLO Y CRECIMIENTO.**

- 1.1. Conceptos generales**
- 1.2. Los procesos de desarrollo**
- 1.3. Crecimiento**
- 1.4. Factores que influyen sobre el desarrollo y el crecimiento prenatal**
- 1.5. Factores que influyen sobre el desarrollo y el crecimiento postnatal**
- 1.6. Determinación del desarrollo. Alometría**
- 1.7. Crecimiento relativo de los tejidos corporales**
- 1.8. Precocidad en el desarrollo**

## 1.1 CONCEPTOS GENERALES.

En general, el desarrollo de un animal supone tanto un incremento de tamaño (longitud o peso) como modificaciones en su composición, estructura o capacidad. En este proceso las células crecen y se diferencian conformando estructural y funcionalmente el animal adulto capaz de perpetuar la especie.

En la producción animal interesa tanto los aspectos cuantitativos como los cualitativos del desarrollo de tejidos concretos del animal: óseo, muscular, adiposo o tejido glandular mamario. La obtención de más carne o leche y de mejor calidad por animal depende en parte del desarrollo alcanzado por estos tejidos.

Desde su formación como cigoto hasta su muerte, todo organismo animal experimenta una serie de transformaciones que, en sentido genérico, se reconocen como su proceso de **desarrollo ontogénico**.

Dichos cambios tienen una componente cuantitativa, en tanto en cuanto se producen aumentos de tamaño y peso, de todo el organismo o de algunas de sus componentes, a los que se reconoce como **crecimiento**.

Pero hay también unos aspectos cualitativos, pues el organismo sufre un proceso de maduración a lo largo del cual se van instaurando diferentes funciones (por ejemplo, la reproducción después de la pubertad), se van modificando otras (como las transformaciones anatómicas y fisiológicas que implica el cambio de alimentación láctea a sólida) o simplemente se originan cambios en la conformación y forma del cuerpo. A estos cambios cualitativos o procesos de maduración se les da el nombre de **desarrollo**.

## 1.2 LOS PROCESOS DEL DESARROLLO.

Los cambios cualitativos se producen principalmente en el periodo prenatal:

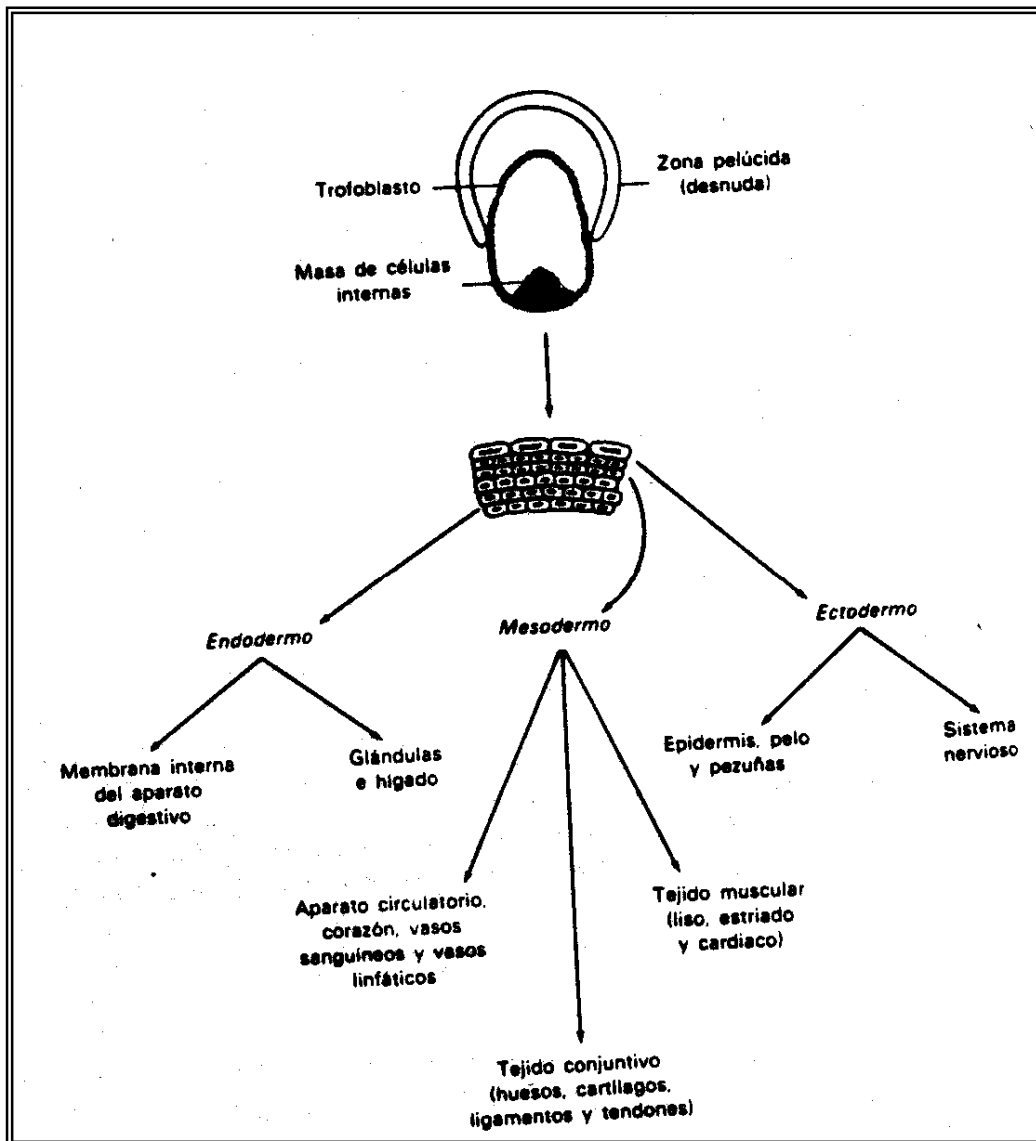
- **Diferenciación:** el embrión produce una gran diversidad de células especializadas, que incluyen las musculares, cartilagosas, epiteliales, y nerviosas.

- **Morfogénesis:** las células no permanecen aisladas sino que se organizan de forma específica para dar los diferentes órganos.

Los procesos de desarrollo incluyen:

- **Segmentación:** conjunto de divisiones celulares que a partir del cigoto y sin aumento del tamaño total, conduce a la formación de la blástula.
- **Gastrulación:** a partir de la única capa de células del blastodermo se constituye una estructura de 3 capas celulares (Figura 1.1):
  - Endodermo: membrana interna del aparato digestivo, glándulas e hígado.
  - Mesodermo: aparato circulatorio, corazón, vasos sanguíneos y linfáticos, tejido conjuntivo, tejido muscular.
  - Ectodermo: epidermis, pelo, pezuñas, sistema nervioso.
- **Organogénesis:** formación de los diversos órganos a nivel de los esbozos.
- **Crecimiento y diferenciación histológica:** las células de cada esbozo adquieren la estructura y propiedades físico-químicas que las capacitan para realizar sus funciones fisiológicas.
- **Morfogénesis:** procesos mediante los cuales se van estructurando los diferentes órganos hasta alcanzar el patrón propio de la especie en la edad adulta.

**Figura 1.1.** Cada tejido procede de una de las tres capas germinales.



### 1.3 CRECIMIENTO.

El crecimiento es el aumento de tamaño del organismo, o de cada una de sus partes, debido tanto a la síntesis intracelular de componentes citoplasmáticos y nucleares como a la síntesis de sustancias intracelulares. Así pueden describirse tres procesos:

**a. La Hiperplasia:** consiste en un aumento del número de células del tejido por multiplicación celular. Puede mantenerse a lo largo de toda la vida del

individuo en algunos tejidos mientras que en otros desaparece en un momento determinado.

**b. La Hipertrofia:** supone el incremento de tamaño de las células hasta alcanzar el requerido por las demandas funcionales.

**c. La Acreción:** se da sólo en determinados tejidos y consiste en la acumulación de sustancias en el interior de las células o en los espacios intercelulares.

El estudio de las variaciones en el formato del animal, expresado normalmente como peso, o de cualquiera de sus órganos o partes corporales, constituye el objetivo del **Crecimiento Cuantitativo**. Pero cuando se estudia el crecimiento de las diferentes partes corporales, se observa que cada una de ellas lo hace con un patrón que difiere del de las demás, lo que da lugar a cambios continuos en la conformación del animal. Esto es lo que se conoce como **Crecimiento Diferencial**.

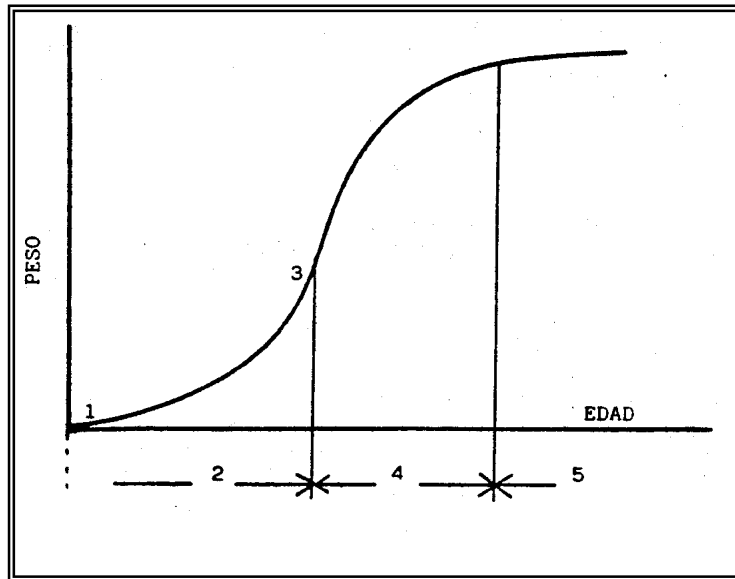
### **Crecimiento Cuantitativo.**

Pesando a un animal en crecimiento a intervalos regulares y relacionando el peso con la edad en un sistema de coordenadas, se obtiene una curva de crecimiento, normalmente con forma de S o sigmoidea, en la que se pueden apreciar 3 fases (figura 1.2):

**1. Fase de Autoaceleración:** con un aumento progresivo del crecimiento, lo que determina un aumento de la pendiente de la curva hasta llegar a un máximo, que es el punto de inflexión de la curva, y que se corresponde con la pubertad.

**2. Fase de Autoinhibición:** caracterizada por un descenso progresivo del crecimiento y de la pendiente de la curva.

**3. Fase Asintótica:** correspondiente al estado adulto, en la que es constante a largo plazo el peso o el tamaño alcanzado en la fase anterior, si bien en aquellos componentes en los que intervienen el tejido adiposo puede mantenerse un pequeño crecimiento lineal.

**Figura 1.2.** Curva tipo de crecimiento.

En los estudios de crecimiento, las variaciones de peso (o tamaño) se suelen caracterizar por unos valores deducidos a partir de la curva de crecimiento:

**a.) Velocidad absoluta de crecimiento ( $V_a$ )** es un concepto cuantitativo que representa el incremento de peso ( $W$ ) por unidad de tiempo ( $t$ ), comúnmente se denomina *velocidad de crecimiento o ganancia media diaria*:

$$V_a = \frac{dW}{dt}$$

Este parámetro tiene una limitación y es que no indica el ritmo de crecimiento, por lo que no sirve para comparar la tasa de crecimiento en dos momentos de la vida, o entre dos animales diferentes. Para obviar esta dificultad se define el siguiente parámetro.

**b.) Velocidad relativa de crecimiento ( $V_r$ )**, determinada por el cociente entre la velocidad absoluta y el peso del componente considerado. Representa la velocidad de crecimiento relativa a la masa inicial que crece.

$$Vr = \frac{dW}{dt} \times \frac{1}{W}$$

La velocidad relativa de crecimiento es mayor en las primeras fases de la vida del animal, descendiendo progresivamente después.

**c.) Grado de madurez**, o relación entre el peso de un carácter en un momento concreto ( $W_x$ ) y su peso asintótico o adulto ( $W_a$ ). El grado de madurez permite utilizar el concepto de “edad fisiológica” o edad a la que se alcanza un determinado grado de madurez, lo que posibilita la comparación entre especies (cerda de 8 meses con novillas de 16), entre razas (novillo Hereford de 14 meses con Charolés de 16) o sexo (cordera Rasa de 3 meses con cordero Rasa de 3,5).

$$GM = \frac{W_x}{W_a} \times 100$$

### **Crecimiento diferencial.**

Cada parte corporal tiene una curva de crecimiento que difiere de otras partes, lo que determina que el organismo sufra cambios continuos en su composición, que se ven reflejados en su conformación externa. Estos cambios son necesarios por razones estructurales, mecánicas y funcionales.

Al aumentar el tamaño de un animal se produce una disminución en la relación superficie/volumen que limitaría el crecimiento, al dificultar los intercambios con el medio externo, sino se produjeran cambios en la forma o estructura.

Los huesos de las extremidades deben crecer más deprisa que el resto de los componentes corporales, pues dado que su estructura interna es bastante constante, de no ser así llegaría un momento en que serían incapaces de soportar la masa corporal.

La influencia de factores funcionales sobre el crecimiento diferencial puede observarse en aquellos tramos del aparato digestivo de los herbívoros donde el establecimiento de una población bacteriana estable permite el aprovechamiento de la celulosa. El desarrollo del rumen en vacuno y ovino, o



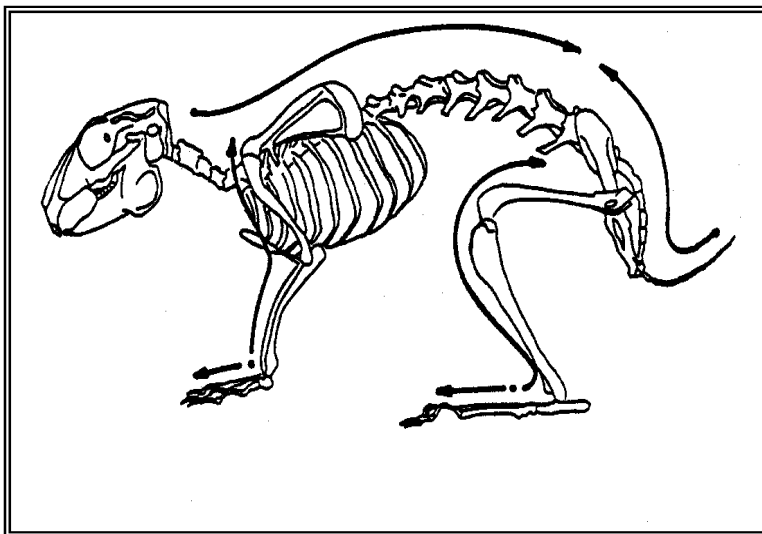
del ciego en el conejo, está retrasado en el tiempo en relación con los otros tramos y viene condicionado por el momento de iniciarse la ingestión de alimento sólido.

En los estudios de crecimiento diferencial se suele emplear el término de precocidad para comparar, según diversos criterios el crecimiento de un elemento corporal respecto a una referencia que suele ser el crecimiento del organismo en su conjunto. La asignación de un valor numérico a la precocidad de cada elemento corporal ha permitido detectar la existencia de gradientes de precocidad

La observación de cómo se distribuyen en el organismo los gradientes de precocidad, ha permitido emplear la noción de ondas de crecimiento, hablándose a nivel orgánico de dos ondas (figura 1.3):

- Una primaria que partiendo del cráneo, desciende hacia las zonas faciales de la cabeza y de allí a la región lumbar.
- Una secundaria que partiendo de la porción inferior de las extremidades, desciende hacia los dedos y asciende a lo largo de las extremidades y del tronco hasta la región lumbar, siendo ésta por tanto, la parte del cuerpo que más tardíamente alcanza su máxima velocidad de crecimiento, y en consecuencia, es la de mas tardía maduración.

**Figura 1.3.** Esquema sobre las ondas de crecimiento.



## 1.4 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO PRENATAL.

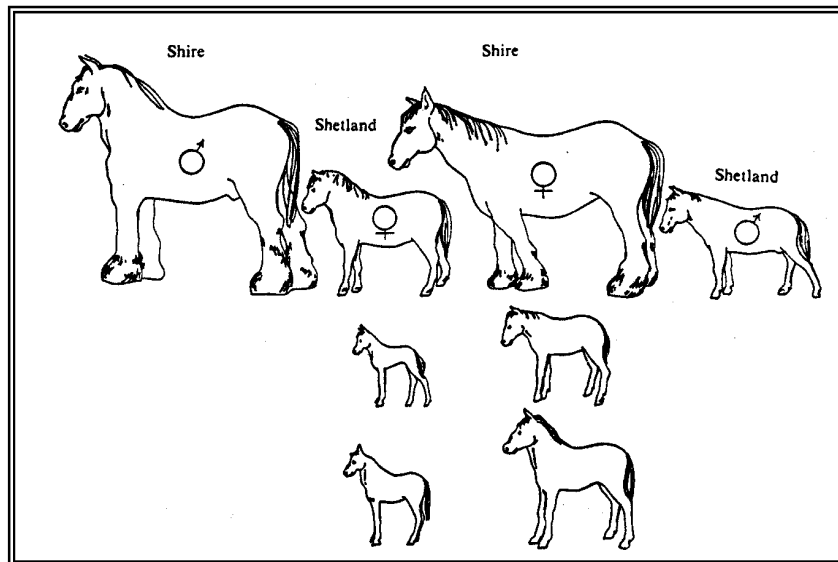
El **genotipo** del individuo determina su potencial máximo de desarrollo, la expresión de este potencial en la etapa prenatal dependerá principalmente de factores maternos de tipo nutricional o físico.

### El tamaño y la edad de la madre.

El crecimiento prenatal más rápido aparece directamente relacionado con el mayor tamaño de la madre. El tamaño del padre determina el límite superior que alcanza el recién nacido cuando la madre pertenece a una raza de formato grande, mientras que si la madre es pequeña, el peso del feto al nacer viene determinado por el tamaño de la placenta (figura 1.4).

Las madres jóvenes, que aun están en crecimiento durante su primera gestación, competirán con el feto por los nutrientes, por lo que el tamaño de estos fetos es menor que los de gestaciones posteriores. Los hijos de hembras viejas, también suelen ser de menor tamaño, posiblemente por un deficiente desarrollo de la irrigación uterina.

**Figura 1.4.** Influencia del tamaño materno sobre el crecimiento de los potros.



### Nutrición materna.

En condiciones normales la nutrición del feto es favorecida, pero en determinadas circunstancias su crecimiento es proporcional al consumo

calórico de la madre, especialmente si se producen restricciones al final de la gestación. En estos casos, la deficiente deposición de reservas de glucógeno en el hígado fetal puede incrementar la mortalidad de los recién nacidos.

### **Tamaño de la camada y posición de los fetos.**

En las especies politocas, el incremento en el tamaño de camada provoca una reducción en la tasa de crecimiento prenatal como consecuencia del menor tamaño y funcionalidad de las placentas. Esto también puede apreciarse en las especies unitocas en los casos de nacimientos múltiples, aunque en estos casos el peso conjunto de las crías supera al de los animales nacidos en un parto único.

La posición de los fetos en el interior del útero afecta a su crecimiento, los fetos situados en las zonas de menor irrigación sanguínea del útero presentan menores tasas de crecimiento, este lugar es variable entre especies.

## **1.5 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO POSTNATAL.**

El **genotipo** de un animal marca los límites del crecimiento. Las actuales líneas de animales utilizadas en las granjas de producción, vienen seleccionadas por sus mejores crecimientos e índices de conversión.

### **Hormonas.**

Cuatro glándulas endocrinas, reguladas por la hipófisis, segregan hormonas con gran influencia sobre el desarrollo y el crecimiento:

- Hormona del crecimiento: es segregada por la hipófisis, promueve directamente e indirectamente el crecimiento de los tejidos.
- Somatomedinas: son producidas por el hígado, como respuesta a la hormona del crecimiento. Actúa sobre todo el organismo y en especial sobre los huesos. Sus efectos son muy amplios siendo capaces de alterar el metabolismo de proteínas, grasas y carbohidratos.
- Hormonas tiroideas: el hipotiroidismo produce disminución del coeficiente metabólico, reducción de la ingestión de alimentos,

disminución de la glucemia y escasa retención de nitrógeno, mientras determina un aumento de la deposición de grasa.

- Hormonas sexuales: en general, los andrógenos masculinos determinan mayor crecimiento de los machos que los estrógenos femeninos de las hembras.

### **Alimentación.**

Si en un momento dado del crecimiento del animal se modifica su dieta, en cantidad o en valor nutritivo, se observan algún tiempo después sus consecuencias en forma de aceleración o retardamiento del crecimiento.

### **Factores ambientales.**

Factores tales como la temperatura, humedad y ventilación influyen en el crecimiento y desarrollo, especialmente la temperatura., habiéndose encontrado que la exposición al frío en las primeras etapas de vida tiene efectos semejantes a la restricción alimenticia. En general, la defensa contra las bajas temperaturas implica un consumo de energía que deber ser retraída del crecimiento, mientras las altas temperaturas y otras condiciones desfavorables originan una falta de apetito.

## **1.6 DETERMINACIÓN DEL DESARROLLO. ALOMETRÍA**

El desarrollo, entendido como las modificaciones de la forma, composición orgánica y función que el animal adquiere en relación a su edad, es un concepto cualitativo y se determina mediante medidas biométricas realizadas sobre el animal in vivo. Sin embargo para realizar las pautas de desarrollo de las distintas regiones, órganos y tejidos del animal, es preciso realizar el sacrificio y una disección, obteniendo así una idea más precisa de los cambios que experimenta el organismo.

El desarrollo de los distintos tejidos no está necesariamente relacionado de forma lineal con el desarrollo del organismo entero. Las proporciones de los órganos corporales varían durante la totalidad de la vida prenatal y posnatal.

La ecuación alométrica de Huxley (1932) permite realizar una descripción cuantitativa del crecimiento de una parte del organismo con respecto a otras o con respecto al organismo como un todo:

$$Y = aX^b$$

donde:

Y: peso del órgano estudiado.

a: constante

X: peso vivo

b: coeficiente de alometría

Si aplicamos una transformación logarítmica, es posible obtener una relación lineal entre el peso (Y) de una región, órgano o tejidos dados, y un peso de referencia (X):

$$\text{Log } Y = \text{Log } a + b \text{ Log } X$$

siendo Y el peso del órgano o tejido que se quiere comparar, X el peso del tejido u órgano de referencia, a es una constante y b es el coeficiente de crecimiento relativo o coeficiente de alometría.

b es la pendiente de la ecuación y relaciona el incremento relativo del órgano con el incremento relativo del criterio de referencia.

El coeficiente de alometría puede adquirir valores superiores, inferiores o iguales a la unidad y siempre teniendo como referencia un momento dado. La interpretación práctica de este coeficiente es:

. Cuando  $b=1$ , se dice que hay isometría, es decir, que el tejido u órgano se desarrolla a la misma velocidad que la variable de referencia. Presenta este tipo de alometría el músculo del cordero cuando pesan 5.1 Kg, mientras que el cordero pesa 15 Kg. y cuando el músculo pesa 10.2 Kg. y el cordero pesa 30 Kg. En ambos momentos el músculo representa el 34% del PV.

. Cuando  $b>1$ , el tejido u órgano tiene un desarrollo más rápido y se dice que existe alometría positiva. Los depósitos adiposos y los tejidos presentan alometría positiva (1.1-1.8), por lo tanto tienen un desarrollo más tardía.

. Cuando  $b < 1$ , el tejido u órgano se desarrolla a menos velocidad que la variable de referencia y se dice que hay alometría negativa. El cerebro presenta este tipo de alometría ( $b = 0.15-0.25$ ) pues se forma antes de nacer, se trata de un órgano muy precoz. El coeficiente de alometría del esqueleto es 0.75.

### 1.7 CRECIMIENTO RELATIVO DE LOS TEJIDOS CORPORALES.

Al centrar nuestro interés en los animales productores de carne, debemos fijar la atención en el crecimiento de los tejidos más importantes de la canal: muscular, adiposo u óseo, así como en sus proporciones relativas.

#### Crecimiento y desarrollo del hueso.

Todos los animales productores de carne siguen una pauta semejante en el desarrollo óseo, aunque con diferencias específicas que se hacen muy pequeñas cuando se comparan sobre la base de una edad fisiológica semejante.

Los huesos de los miembros anteriores tienen un desarrollo más precoz que los miembros posteriores, siendo los huesos del esqueleto axial los últimos en desarrollarse. Los huesos de las razas mejoradas para la producción de carne son más cortos y más gruesos que las razas no mejoradas. ello supone que las piernas de los animales de razas mejoradas son más cortas y con mayor proporción de carne.

En la tabla 1.1 se observa que a la edad del sacrificio de los animales el porcentaje de hueso en relación con las respectivas canales se sitúa en torno 1/5 del peso total de la canal, siendo especialmente favorable para el porcino.

Tabla 1.1. Contenido relativo de tejido óseo en las canales comerciales

	Vacuno	Ovino	Porcino	Conejo	Pollo
% óseo	16	19	10	27	20
Músculo/Hueso	3.7	3.0	5.9	2.1	2.4

## Desarrollo y deposición de grasa.

Durante la fase embrionaria se diferencian células adiposas blancas que, tras la aparición de la primera materia grasa en su interior, pierden la capacidad de dividirse.

Al nacer, el cuerpo del animal contiene solamente un pequeño porcentaje de lípidos (2% en el cerdo), que irá aumentando, al ir creciendo el animal, por acumulación de grasa en las células adiposas y por adición de nuevas células de este tipo. Durante el crecimiento prenatal y comienzos del postnatal la grasa se deposita en zonas específicas, a partir de las cuales se desarrolla posteriormente:

- Grasa subcutánea: se localiza bajo la piel y representa la mayor cantidad de grasa del organismo. Se deposita formando tres capas separadas por tejido conjuntivo, una externa, que se deposita en las primeras etapas de vida, aumenta poco cuando el animal crece hasta alcanzar el peso adulto en comparación con la capa media. La capa que yace directamente sobre el músculo *longissimus* se desarrolla en una fase más avanzada del desarrollo del tejido adiposo.
- Grasa renal: los riñones aparecen rodeados de grasa incluso en terneros jóvenes y aumenta intensamente su contenido al alcanzarse el peso adulto.
- Grasa intermuscular: se localiza entre los músculos y con frecuencia en las superficies musculares móviles y rellena los espacios en los puntos de unión entre músculos y huesos. Desde el nacimiento hasta el estado adulto, esta grasa tiene un crecimiento relativo mucho mayor que la subcutánea, aunque aquella representa un porcentaje mayor del total de la grasa. La aparición de estos depósitos de grasa suelen ser rechazados por el consumidor, especialmente de la carne de la espalda del cordero y del cerdo.
- Grasa intramuscular: se localiza entre y dentro de las fibras musculares y su máxima deposición relativa se alcanza en las etapas más avanzadas del proceso de crecimiento. Esta grasa es la que se

denomina “veteado” de la carne y es utilizada para valorar la sapidéz de las distintas carnes.

Cada especie sigue una pauta característica de la deposición de grasa según se desarrolla hasta alcanzar el peso adulto. Pero entre los sexos hay fuertes diferencias. En ganado vacuno y lanar, en condiciones semejantes, los machos poseen menos grasa que los animales castrados, y éstos menos que las hembras, aunque las hembras más jóvenes poseen más músculo y menos grasa que los machos castrados con pesos de mercado.

Las hormonas desempeñan un papel importante en estas diferencias: la testosterona estimula el desarrollo muscular y ejerce una acción inhibitora sobre la deposición de todos los tipos de grasa.

### **Crecimiento y desarrollo muscular.**

El músculo es un tejido sumamente diferenciado y especializado, formado por unas células multinucleadas y muy alargadas llamadas fibras musculares, que forman fascículos rodeados por tejido conjuntivo (*endomisio*), que a su vez se agrupan en haces rodeados por tejido conjuntivo (*perimisio*), varios de los cuales forman un músculo envuelto por conjuntivo (*epimisio*).

La musculatura es de origen mesodérmico y durante las últimas etapas del crecimiento embrionario y el desarrollo fetal aumenta considerablemente el número de fibras musculares presentes. Al nacer, queda genéticamente establecido el número total de fibras musculares; por consiguiente, el aumento del tamaño de los músculos es el resultado del desarrollo de las fibras musculares y no del aumento de células.

### **Relación músculo-hueso**

Esta relación aumenta rápidamente hasta que el animal alcanza el 60% del peso maduro, para luego aumentar muy lentamente hasta alcanzar el peso maduro. Esto es debido a que el crecimiento del tejido óseo es mucho menor que el del muscular.

### **Relación músculo-grasa**

Esta relación disminuye progresivamente conforme crece el animal. La tasa de crecimiento de la grasa, relativamente más rápida que la del músculo o



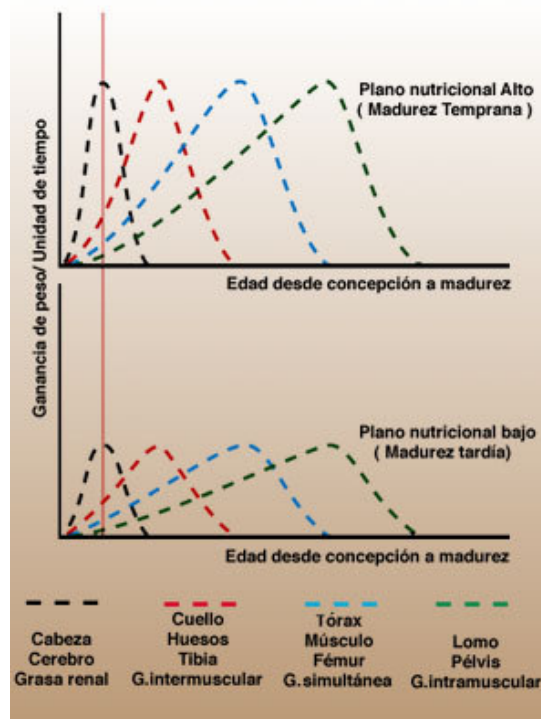
la del hueso, está reflejada en el aumento progresivo del porcentaje de grasa de la canal y en el descenso del porcentaje de músculo y hueso a medida que el animal se hace más pesado.

### **1.8 PRECOCIDAD EN EL DESARROLLO**

El estudio comparativo del crecimiento en las distintas razas se basa en el conocimiento del grado de madurez de un animal. La madurez es el estado de equilibrio anatómico alcanzado cuando un animal ha dejado de crecer. Ya se ha definido anteriormente el Grado de madurez, como la relación entre el peso de un carácter en un momento concreto ( $W_x$ ) y su peso asintótico o adulto ( $W_a$ ).

La precocidad proporciona una idea de la rapidez con que el animal alcanza dicha madurez. Es decir, un animal precoz es aquel que completa su desarrollo rápidamente presentando muy próximas entre sí las curvas de desarrollo de los distintos tejidos corporales (Figura 1.5).

Figura 1.5 Velocidad de crecimiento de las distintas regiones y tejidos del organismo según sea el animal precoz (A) o tardía (B).



El coeficiente de alometría ( $b$ ) proporciona a lo largo de la vida postnatal una idea del orden de precocidad. Los órganos que se desarrollan precozmente tendrán un valor de  $b$  menor que 1, y los de desarrollo tardío un valor de  $b$  mayor que uno en la pubertad.