

# Efecto de la edad sobre la secreción pancreática exocrina en cabritos lactantes

Effect of age on pancreatic exocrine secretion of the preruminant milk-fed goat

NARANJO, J. A.; MAÑAS, M.; YAGO, M. D.; VALVERDE, A.  
y MARTÍNEZ DE VICTORIA, E.

Departamento de Fisiología. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada. 18071 Granada.

## RESUMEN

Hemos estudiado en cabritos lactantes de 7-28 días de edad, de raza "granadina", el efecto de la edad sobre la secreción pancreática exocrina. A los animales se les implantó unas cánulas reentrantes que permitían la toma de muestras de jugo pancreático. Las muestras se empezaron a recoger una hora antes de la comida y se continuó durante las ocho horas siguientes, midiéndose el flujo y la composición mineral y orgánica del jugo segregado.

Nuestros resultados ponen de manifiesto cambios en los distintos componentes, que se hacen más marcados en los animales de 4 semanas, probablemente como consecuencia de las transformaciones que se producen en la fisiología digestiva y en la dieta en esta etapa.

**Palabras clave:** Secreción pancreática, flujo, lipasa, amilasa, quimiotripsina, cabrito

## ABSTRACT

The effects of age on exocrine pancreatic secretion were studied in "granadina" breed suckling goats, aged 7-28 days, and chronically catheterized with reentrant cannulas. Pancreatic juice was collected one hour before meal intake up to the eight postprandial hour, and pancreatic flow rate, bicarbonate and chloride secretion, total protein and enzyme activities were subsequently assessed.

Our results showed differences among the pancreatic secretion either in resting condition or after meal intake, at different ages. These changes are marked in the fourth week of life, a phenomenon which may indicate maturation in preparation for the imminent change in the animal's diet.

**Key words:** Pancreatic secretion, flow rate, lipase, amylase, chymotrypsin, kids.

Recibido: 15-4-1996.

Aceptado: 7-5-1996.

BIBLID [0004-2927(1996) 37:3; 525-538]

## INTRODUCCIÓN

Son numerosos los estudios acerca de la influencia de la edad sobre el desarrollo de la función del páncreas exocrino en ternero y oveja. En general, en ellos se pone de manifiesto que tanto el peso del páncreas (Guilloteau *et al.*, 1983; Aliev *et al.*, 1984) como el volumen de jugo pancreático segregado (Ternouth *et al.*, 1976; Guilloteau *et al.*, 1983; Gusakov y Kuryska, 1985) aumentan con la edad del animal. Estudios realizados por Thivend *et al.* (1980) en distintas especies de prerrumiantes, indican que el neonato no tiene aún totalmente desarrollado el sistema de enzimas digestivas. Así, en el momento del nacimiento, la actividad de dichas enzimas es baja, si bien tanto la concentración de proteína total como la de los distintos enzimas pancreáticos aumentan posteriormente, conforme lo hace la edad del animal (Ternouth *et al.*, 1976; Davicco *et al.*, 1979; Guilloteau y Toullec, 1983; Gusakov y Kuryska, 1985).

No obstante, entre la bibliografía consultada no se han encontrado estudios similares realizados en cabras. Así, el objetivo de este trabajo ha sido conocer en esta especie la relación existente entre la edad y el desarrollo del páncreas exocrino, centrándonos fundamentalmente en lo que se refiere al volumen y la composición del jugo pancreático secretado, tanto en condiciones basales como en respuesta a la ingestión de leche.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para el desarrollo de nuestro estudio fueron empleados un total de 15 cabritos lactantes de raza "granadina". Después de dos días tomando los colostros, los animales eran separados de la madre y alojados en jaulas especiales en una habitación termorregulada a  $24 \pm 2$  C, siendo a partir de este momento alimentados con leche de cabra, mediante biberón y en dos tomas diarias.

Una vez los animales se hubieron adaptado a esta nueva situación, se efectuó la implantación quirúrgica de tres cánulas en el conducto biliar común, con el fin de obtener muestras de jugo pancreático, y de acuerdo con la técnica desarrollada en nuestro laboratorio (Naranjo *et al.*, 1986). Concretamente, tras un ayuno de 24 horas se inducía la anestesia con pentobarbital sódico (20 mg/Kg de peso corporal), administrado a través de un catéter colocado en la vena yugular. Posteriormente se procedió a la intubación endotraqueal, mediante visión laringoscópica, utilizando un tubo Rush conectado a un sistema abierto de respiración, manteniendo la anestesia gracias al suministro de una mezcla de oxígeno, protóxido de nitrógeno y halotano. Tras la parotomía costal-paradorsal derecha, se localizó el conducto pancreato-



biliar común, insertándose 3 catéteres de silastic: catéter A, insertado por encima de la entrada del conducto pancreático y dirigido hacia el hígado, sin sobrepasar el conducto cístico; catéter B, también en dirección al hígado pero por debajo de la entrada del conducto pancreático; catéter C, dirigido hacia el duodeno y de modo que se preservaba el funcionamiento normal del esfínter de Oddi. Los catéteres se exteriorizaban a través de la pared abdominal derecha, conectándose entre sí en "Y" para permitir el libre paso de ambas secreciones a duodeno. Esta intervención quirúrgica se llevó a cabo a los 4-5 días de edad en un grupo de animales (Grupo A, n=5), a los 12-13 días de edad en otro grupo (Grupo B, n=5) y a los 20-21 días de edad en un tercer grupo (Grupo C, n=5). En todos los casos los experimentos se iniciaban a las 48 horas de la implantación de las cánulas, lo que nos permitió estudiar la evolución de la función secretora del páncreas exocrino con la edad: 2.<sup>a</sup>, 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup> semana desde el nacimiento (Grupos A, B y C, respectivamente).

Con respecto al desarrollo de los experimentos, las muestras de jugo pancreático eran recogidas durante un periodo de tiempo que comprendía desde 1 hora antes de la ingestión de alimento (secreción basal) hasta 8 horas después de la misma, no realizándose otro experimento en el mismo animal hasta pasadas 48 horas.

El jugo pancreático se recogió en viales de polietileno, determinándose gravimétricamente el volumen secretado y asumiendo una densidad igual a 1 para el jugo (Hoffman, 1963). De las muestras así obtenidas, se separaron alícuotas que se almacenaron a -20 C hasta su posterior análisis; el resto del jugo pancreático secretado se reingresó a duodeno, excepto una pequeña porción que se utilizó para la determinación inmediata de bicarbonato. Por su parte, la bilis fluía libremente a duodeno para evitar la interrupción de la circulación enterohepática de sales biliares.

La concentración de bicarbonato en el jugo pancreático fue determinada por titración a pH 7.0 con NaOH 0.01 N, de acuerdo con la técnica descrita por Debas y Yamagishi (1978), y expresada en mEq/l.

La concentración de cloruro se determinó mediante una volumetría potenciométrica con nitrato de plata 0.01 N. Los resultados se expresan en mEq/l.

Para medir la concentración de proteína total en nuestras muestras, la técnica utilizada fue la de Lowry *et al.* (1951), expresándose los resultados en mg/ml.

La actividad quimiotrópica fue medida, previa activación del zimógeno con tripsina, utilizando acetil-tirosina etil ester (ATEE) como sustrato, siendo su hidrólisis estimada por titración a pH constante (7.90) con NaOH 0.1 N (Reboud *et al.*, 1962).

La determinación de la actividad lipásica se realizó igualmente por titración

biliar común, insertándose 3 catéteres de silastic: catéter A, insertado encima de la entrada del conducto pancreático y dirigido hacia el hígado sobrepasar el conducto cístico; catéter B, también en dirección al hígado por debajo de la entrada del conducto pancreático; catéter C, dirigido hacia el duodeno y de modo que se preservaba el funcionamiento normal del esfínter de Oddi. Los catéteres se exteriorizaban a través de la pared abdominal derecha, conectándose entre sí en "Y" para permitir el libre paso de ambas secreciones a duodeno. Esta intervención quirúrgica se llevó a cabo a los 4-5 días de edad en un grupo de animales (Grupo A, n=5), a los 12-15 días de edad en otro grupo (Grupo B, n=5) y a los 20-21 días de edad en un tercer grupo (Grupo C, n=5). En todos los casos los experimentos se iniciaron a las 48 horas de la implantación de las cánulas, lo que nos permitió estudiar la evolución de la función secretora del páncreas exocrino con la edad: a las 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup> semana desde el nacimiento (Grupos A, B y C, respectivamente).

Con respecto al desarrollo de los experimentos, las muestras de jugo pancreático eran recogidas durante un periodo de tiempo que comprendía desde 1 hora antes de la ingestión de alimento (secreción basal) hasta 8 horas después de la misma, no realizándose otro experimento en el mismo animal hasta pasadas 48 horas.

El jugo pancreático se recogió en viales de polietileno, determinándose gravimétricamente el volumen secretado y asumiendo una densidad igual a la del agua para el jugo (Hoffman, 1963). De las muestras así obtenidas, se separaron alícuotas que se almacenaron a -20 C hasta su posterior análisis; el resto del jugo pancreático secretado se reingresó a duodeno, excepto una pequeña porción que se utilizó para la determinación inmediata de bicarbonato. Por otra parte, la bilis fluía libremente a duodeno para evitar la interrupción de la circulación enterohepática de sales biliares.

La concentración de bicarbonato en el jugo pancreático fue determinada por titulación a pH 7.0 con NaOH 0.01 N, de acuerdo con la técnica descrita por Debas y Yamagishi (1978), y expresada en mEq/l.

La concentración de cloruro se determinó mediante una volumetría potenciométrica con nitrato de plata 0.01 N. Los resultados se expresaron en mEq/l.

Para medir la concentración de proteína total en nuestras muestras se utilizó la técnica utilizada por Lowry *et al.* (1951), expresándose los resultados en mg/ml.

La actividad quimiotrópica fue medida, previa activación del zimógeno con tripsina, utilizando acetil-tirosina etil ester (ATEE) como sustrato, siendo su hidrólisis estimada por titulación a pH constante (7.90) con NaOH 0.01 N (Reboud *et al.*, 1962).

La determinación de la actividad lipásica se realizó igualmente por titra-



a pH constante (8.5) y 27 C, sobre un sustrato de trioleína emulsificada, según describen Rathelot *et al.* (1975).

Los resultados se expresan como media aritmética  $\pm$  error estándar de la media ( $X \pm EEM$ ). Para el tratamiento estadístico de los datos se empleó un paquete estadístico para ordenador personal (SPSSPC). Se realizó un análisis de la varianza para la comparación, dentro de cada grupo, entre los valores basales y postprandiales (procedimiento ONEWAY). La comparación entre las distintas edades se hizo mediante el test del la t-student (T-TEST). Las correlaciones se realizaron utilizando los procedimientos CORRELATION y PLOT, calculando el coeficiente r. Las diferencias se consideraron significativas para valores de  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

### 1.—FLUJO Y ELECTROLITOS

En ausencia de estímulos, el flujo de jugo pancreático durante la 2.<sup>a</sup>, 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup> semanas de vida de los animales alcanzó valores medios de  $22.2 \pm 4.10$ ,  $27.8 \pm 3.25$  y  $31.6 \pm 2.66$  il/min respectivamente (Tabla 1), observándose una correlación lineal positiva estadísticamente significativa con la edad ( $p < 0.001$ ;  $y = 0.76 x + 12.47$ ;  $r = 0.63$ ).

Las concentraciones de bicarbonato y cloruro del jugo pancreático segregado en condiciones basales no experimentaron cambios a las distintas edades estudiadas por nosotros (Tabla 1).

Tras la alimentación, el patrón de secreción pancreática, en lo que se refiere a la respuesta en volumen, es cualitativamente similar en los tres grupos de edad estudiados, de modo que los mayores valores de flujo pancreático se alcanzan en la primera hora postprandial, manteniéndose elevados sobre los basales a lo largo de las 8 horas de duración del periodo experimental (Figura 1). No obstante, podemos encontrar algunas diferencias entre los grupos si analizamos la respuesta desde un punto de vista cuantitativo. Así, en los cabritos de 2 semanas, el aumento postprandial en la secreción de fluido no llega a alcanzar significación estadística con respecto al valor que este parámetro muestra en condiciones de reposo. Por el contrario, en los animales de 3 semanas, la ingestión de leche provoca un aumento marcado y significativo ( $p < 0.05$ ) en el flujo pancreático, que se mantiene significativamente elevado sobre los niveles de reposo hasta la octava hora postprandial. Por su parte, en el grupo de 4 semanas de edad, la respuesta es similar a la anterior sólo hasta la segunda hora tras la alimentación, produciéndose a continuación un descenso paulatino hasta acercarse a los valores basales (Figura 1).

La concentración de bicarbonato en el jugo pancreático segregado en

Tabla 1.—Secreción pancreática en condiciones de reposo en animales de 2, 3 y 4 semanas de edad (Grupos A, B y C, respectivamente).

	<i>Grupo A</i>	<i>Grupo B</i>	<i>Grupo C</i>
Flujo ( $\mu\text{l}/\text{min}$ )	22.2 $\pm$ 4.10	27.8 $\pm$ 3.25	31.6 $\pm$ 2.66
Bicarbonato (mEq/l)	25.2 $\pm$ 0.34	24.8 $\pm$ 0.33	25.4 $\pm$ 0.40
Cloruro (mEq/l)	161 $\pm$ 2.4	165 $\pm$ 1.7	164 $\pm$ 1.8
Proteína total (mg./ml)	15.0 $\pm$ 1.89	12.0 $\pm$ 1.41	17.0 $\pm$ 0.94 (*)
Proteína total (mg./min)	0.29 $\pm$ 0.05	0.33 $\pm$ 0.05	0.53 $\pm$ 0.04 (#)
Actividad enzimática (U/ml)			
Amilasa	0.07 $\pm$ 0.007	0.05 $\pm$ 0.005	0.10 $\pm$ 0.007 (#)
Lipasa	0.19 $\pm$ 0.029	0.19 $\pm$ 0.015	0.26 $\pm$ 0.018 (*)
Quimiotripsina	7.6 $\pm$ 0.97	9.7 $\pm$ 0.8	8.0 $\pm$ 1.22
Producción enzimática (U/min)			
Amilasa	2.2 $\pm$ 0.53	1.4 $\pm$ 0.16	3.6 $\pm$ 0.29 (*)
Lipasa	0.04 $\pm$ 0.01	0.05 $\pm$ 0.01	0.08 $\pm$ 0.01 (+)
Quimiotripsina	1.9 $\pm$ 0.54	2.8 $\pm$ 0.68	2.7 $\pm$ 0.62

Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ): (\*) de Grupo C vs B; (#) de Grupo C vs A y B; (+) de Grupo C vs A.

respuesta a la comida muestra un perfil similar al del flujo, aunque en este caso, los valores se mantienen significativamente elevados ( $p < 0.05$ ) en todos los grupos experimentales hasta el final del periodo estudiado (Figura 2).

El comportamiento del anión cloruro es inverso al descrito para el bicarbonato produciéndose, independientemente de la edad del animal una disminución significativa a partir de la primera media hora postprandial y tendiendo a acercarse a concentraciones cercanas a las de reposo al final del experimento (Figura 2).

## 2.—COMPONENTES ORGANICOS

En condiciones basales, el contenido en proteína total en los cabritos de 2, 3 y 4 semanas fue de  $15 \pm 1.89$ ,  $12 \pm 1.41$  y  $17 \pm 0.94$  mg/ml respectivamente, alcanzándose valores significativamente mayores ( $p < 0.05$ ) en los animales de 4 semanas con respecto a los de 3 semanas de edad (Tabla 1).

Por su parte, la secreción de las distintas enzimas en condiciones siguen con la edad una evolución diferente en función de la enzima considerada. Así, la secreción de quimiotripsina prácticamente no se modifica durante toda la etapa de lactación (Tabla 1). Por el contrario, se puede apreciar la existencia



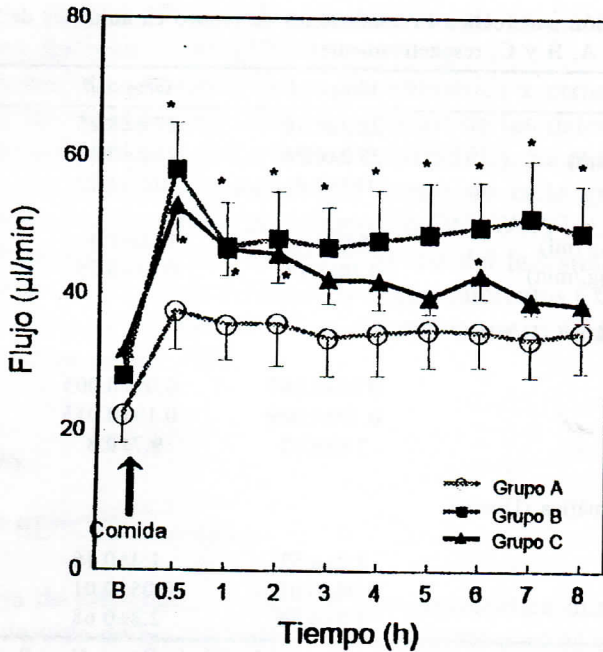


Figura 1.—Flujo de jugo pancreático en condiciones de reposo y en respuesta a la comida a las tres edades estudiadas ( $X \pm EEM$ ). Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ):  
 (\*) Con respecto a basal.

de un incremento estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) en la cuarta semana de vida para las actividades de amilasa y lipasa (Tabla 1).

Tras la alimentación, la concentración de proteínas en el jugo pancreático secretado no experimenta ninguna variación a lo largo de las 8 horas experimentales, en ninguna de las edades consideradas, sin existir en ningún caso diferencias significativas con respecto a las basales correspondientes. En el periodo postprandial se observa el mismo comportamiento descrito en situación de reposo, apareciendo los mayores valores en los cabritos de 4 semanas (Figura 2).

En lo que se refiere a la actividad de los distintos enzimas, considerándolas como producciones, se podría decir de una forma general que el patrón de respuesta es el clásico y, además, similar para las tres enzimas analizadas y los tres grupos de edad ensayados (Figura 3). Así, en todos los casos encontramos un marcado incremento en los primeros 30 ó 60 minutos postprandiales, que suele ser significativo con respecto al basal correspondiente, descendiendo a continuación pero permaneciendo siempre por encima de los valores de reposo.

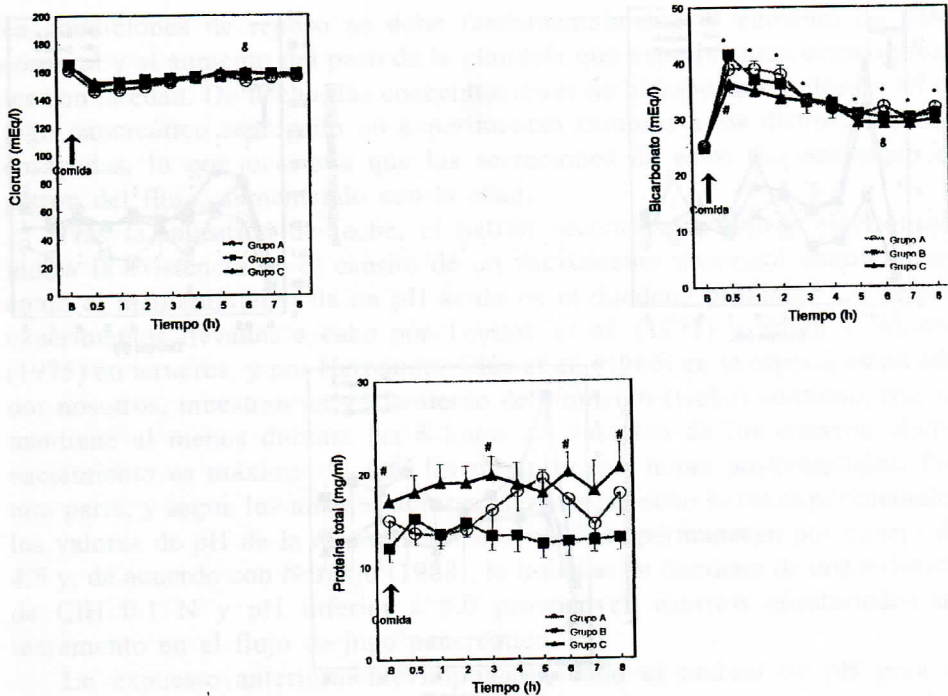


Figura 2.—Concentraciones de cloruro, bicarbonato y proteína total en el jugo pancreático segregado en reposo y en respuesta a la comida, a las tres edades estudiadas ( $\bar{X} \pm \text{EEM}$ ). Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ):

(\*) Con respecto a basal

(&) de Grupo C vs A

(#) de Grupo C vs B

Por otro lado, la evolución temporal de las distintas producciones enzimáticas en respuesta a la comida presenta en algunos casos diferencias según la edad de los animales. En el caso de la producción de quimiotripsina, encontramos que esta es similar en las tres edades estudiadas, sin que existan entre ellas diferencias significativas (Figura 3). Sin embargo, en lo referente a la producción de lipasa en respuesta a la alimentación, nuestros resultados ponen de manifiesto un incremento de la misma con la edad, alcanzándose los valores más altos en los animales de 4 semanas (Figura 3). Por último, las producciones de amilasa presentan en los tres grupos un marcado incremento en la primera media hora postprandial; a continuación se produce un descenso apreciable en la primera hora tras la comida, manteniéndose en estos valores, aunque con ligeras oscilaciones, hasta el final del periodo experimental (Figura 3).



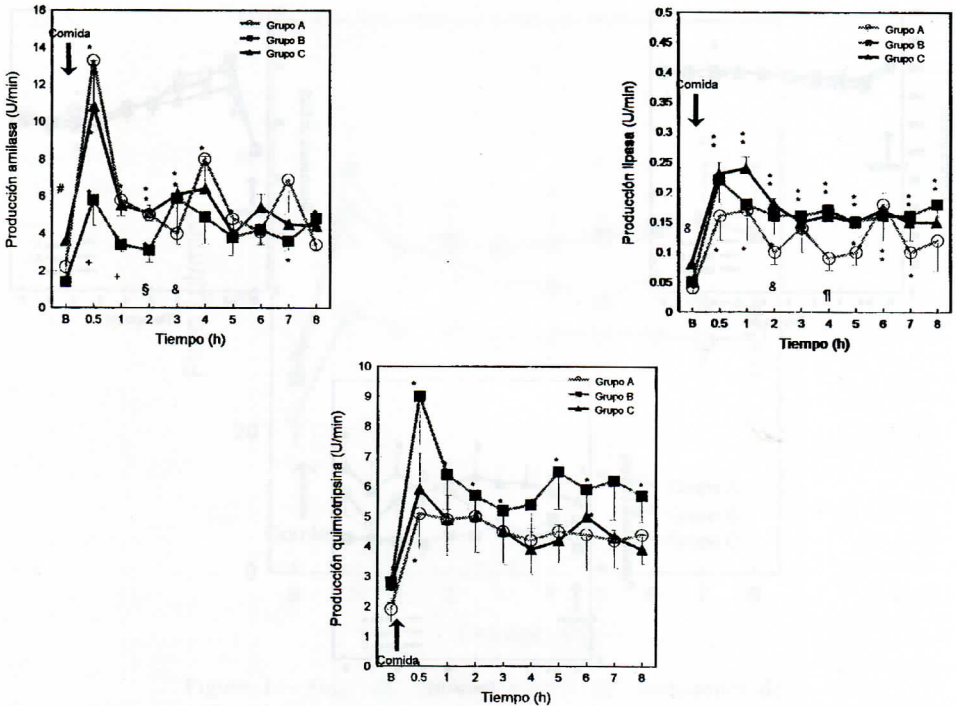


Figura 3.—Producción enzimática de amilasa, lipasa y quimi tripsina en el jugo pancreático segregado en reposo y en respuesta a la comida ( $X \pm EEM$ ). Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ):

- (\*) Con respecto a basal
- (&) de Grupo C vs A
- (¶) de Grupo A vs B y C
- (#) de Grupo C vs B
- (+) de Grupo B vs A
- (§) de Grupo B vs A y C

## DISCUSION

### 1.—FLUJO Y ELECTROLITOS

Bajo nuestras condiciones experimentales, y en ausencia de estímulos, el flujo de jugo pancreático aumenta con la edad de los animales, existiendo una correlación lineal positiva entre estos dos parámetros. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ternouth *et al.* (1976), Busakov y Kuryska (1985) en terneros y por Guilloteau *et al.* (1983) en corderos. La existencia igualmente de una correlación lineal positiva estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ;  $r = 0.79$ ) entre peso y edad, y entre edad y peso del páncreas ( $p < 0.001$ ;  $r = 0.72$ ) nos lleva a sugerir que el incremento del flujo observado

en condiciones de reposo se debe fundamentalmente al aumento de peso corporal y al aumento del peso de la glándula que experimentan estos animales con la edad. De hecho, las concentraciones de bicarbonato y cloruro en el jugo pancreático segregado no experimentan cambios a las distintas edades ensayadas, lo que ocasiona que las secreciones de estos aniones sigan el patrón del flujo, aumentando con la edad.

Tras la ingestión de leche, el patrón secretor, en flujo y electrolitos, indica la existencia en el cabrito de un vaciamiento abomasal continuo, así como el mantenimiento de un pH ácido en el duodeno proximal. De hecho, experimentos llevados a cabo por Toullec *et al.* (1971) y Smith y Sissons (1975) en terneros, y por Hernández Clúa *et al.* (1988) en la especie estudiada por nosotros, muestran un vaciamiento del alimento (leche) continuo, que se mantiene al menos durante las 8 horas de duración de los ensayos; dicho vaciamiento es máximo durante las tres primeras horas postprandiales. Por otra parte, y según los mismos autores, durante las ocho horas experimentales los valores de pH de la digesta abomasal vaciada permanecen por debajo de 4.5 y, de acuerdo con Naranjo (1988), la infusión en duodeno de una solución de ClH 0.1 N y pH inferior a 5.0 provoca en cabritos anestesiados un incremento en el flujo de jugo pancreático.

Lo expuesto anteriormente implicaría, dado el umbral de pH para la liberación de la secretina, una liberación de esta hormona que se mantendría durante todo el periodo postprandial estudiado por nosotros; además, el contenido en bicarbonato y cloruro en el jugo pancreático secretado apoya la existencia de un efecto secretínico. En efecto, la administración endovenosa de secretina a cabritos anestesiados provoca un incremento en el flujo de jugo pancreático, que además posee unas características similares, en cuanto al contenido en electrolitos, al que se produce en animales conscientes en respuesta a la comida. No obstante, no podemos desechar la posible intervención de la CCK en la respuesta observada ya que, de acuerdo con Davicco *et al.* (1979) y Guilloteau *et al.* (1986), en terneros y tras la ingestión de leche se producen elevaciones en los niveles plasmáticos de dicha hormona, al menos durante las cuatro primeras horas postprandiales. De hecho, Hernández Clúa *et al.* (1988) observan en cabritos que el vaciamiento abomasal de grasa y proteínas lácteas es máximo en estas primeras horas postprandiales. Además, la administración endovenosa de CCK produce, en cabritos anestesiados, un incremento del flujo de jugo pancreático (Naranjo, 1988). En este sentido, el mantenimiento de la concentración de proteínas en el jugo segregado durante todo el periodo postprandial y, por consiguiente, el incremento de su secreción, apoyan la participación de esta hormona gastrointestinal en la respuesta en flujo producida.

En cuanto a las diferencias observadas en la respuesta del páncreas exocrino en las distintas edades estudiadas, son semejantes a las encontradas



por Ternouth y Buttle (1973) en terneros durante etapas de lactancia similares a las consideradas por nosotros. En general, pensamos que la escasa respuesta obtenida en animales de dos semanas de vida se podría deber, por una parte, a una falta de maduración de los mecanismos secretores de la glándula y, por otra, a una respuesta disminuida a los estímulos secretores inducidos por la ingestión de alimento. De acuerdo con esta explicación, los trabajos realizados por Auricchio et al. (1965) en niños y por Thivend *et al.* (1980) en prerrumiantes, indican que en los primeros días de vida las funciones digestivas, en general, no han alcanzado un completo desarrollo. Por otra parte, los niveles plasmáticos de algunas hormonas gastrointestinales se elevan progresivamente en terneros durante las primeras semanas de vida (Le Huerou-Luron *et al.*, 1992). Las diferentes respuestas secretoras que podemos apreciar entre los animales de 3 y 4 semanas podrían atribuirse a modificaciones en el patrón de vaciamiento abomasal como consecuencia del desarrollo progresivo de los preestómagos y, por tanto, de la importancia relativa que van adquiriendo las distintas cavidades.

## 2.—COMPONENTES ORGANICOS

Se han descrito diferencias entre monogástricos y jóvenes rumiantes en cuanto a los niveles de enzimas proteolíticas en el momento del nacimiento; dichos niveles son bajos en monogástricos (Robberecht *et al.*, 1971, Lebas *et al.*, 1971, Corring *et al.*, 1978) y elevados en los prerrumiantes (Sauvant, 1971), no modificándose en estos últimos de forma apreciable durante la lactancia. Por tanto, en este sentido, el cabrito se comporta de forma semejante a otras especies de rumiantes durante la etapa de lactancia. Las diferencias observadas con respecto a los animales monogástricos podrían atribuirse, en parte, a la existencia en estos de una proteólisis intracelular en los primeros días postnatales (Hahn y Koldovsky, 1966), proceso que no ha sido descrito en jóvenes rumiantes.

En todas las especies estudiadas, monogástricos y rumiantes, los niveles de enzimas amilolíticas en la secreción pancreática son muy bajos durante toda la etapa de la lactancia, probablemente debido a la ausencia de almidones en la dieta habitual (leche). No obstante, se observa un ligero incremento durante las últimas etapas de la misma, lo que constituiría un proceso de maduración ante el inminente cambio en el tipo de alimento (Ulbrish *et al.*, 1981; Guilloteau *et al.*, 1983; Owsley *et al.*, 1986). En nuestro caso, los cabritos mantienen niveles muy bajos de la enzima hasta la semana previa a la etapa de transición. Estos cambios podemos atribuirlos a las modificaciones drásticas que en este momento se producen en la fisiología digestiva así como a los citados cambios en el tipo de dieta (Owsley *et al.*, 1986; Le-Huerou-Luron *et al.*, 1992).

La actividad lipolítica es sensiblemente inferior a la actividad proteolítica en todas las especies estudiadas, es decir, monogástricos (Lebas *et al.*, 1971; Corring *et al.*, 1978) y ruminantes (Roy y Stobo, 1975; Ulbrish *et al.*, 1981). Esto es lógico si pensamos en la importancia de la lipasa salival (Ternouth *et al.*, 1974; Edward-Webb y Thompson, 1978; Widdowson, 1984) durante este periodo. Sin embargo, de acuerdo con los estudios de Sauvart (1971) en terneros, la lipasa salival disminuye rápidamente hasta alcanzar niveles mínimos en la cuarta semana de vida. Este hecho podría explicar el aumento en la actividad lipásica encontrado por nosotros en el jugo pancreático segregado por cabritos desde la segunda a la cuarta semana postnatal y, a su vez, estaría de acuerdo con la hipótesis apuntada por Gooden y Lascelles (1973) en el sentido de que la lipasa salival se hace poco a poco subsidiaria de la lipasa pancreática conforme el animal se desarrolla. No obstante, a pesar de esta elevación, los niveles de la enzima son bajos si los comparamos con los del animal adulto.

En cuanto a la secreción de las diferentes enzimas, e independientemente de la edad, no debe de extrañarnos que el aumento producido en respuesta a la comida se mantenga durante todo el periodo experimental, ya que, como hemos mencionado, el vaciamiento abomasal es continuo y se mantiene, al menos durante las 8 horas experimentales (Hernández Clúa *et al.*, 1988), por lo que durante todo el ensayo están presentes los estímulos secretores que afectan al componente hidroelectrolítico y orgánico del jugo pancreático segregado.

Por otro lado, en nuestras condiciones experimentales, las producciones de amilasa, lipasa y quimi tripsina tienen un comportamiento diferente con la edad. Así, los resultados de producción de lipasa en respuesta a la comida ponen de manifiesto un incremento de la misma con la edad, probablemente debido a lo indicado anteriormente de que la lipasa salival se hace poco a poco subsidiaria de la lipasa pancreática conforme el animal se desarrolla. En cambio, las producciones postprandiales de quimi tripsina son similares a las tres edades ensayadas, al igual que ocurriría en condiciones basales. Por último, la producción de amilasa en respuesta a la comida sigue siendo baja, como consecuencia de la falta de almidones en la dieta habitual. Es conocido que la amilasa sí incrementa con el destete del animal. Esta etapa supone el paso gradual desde una dieta rica en lípidos y pobre en carbohidratos a una dieta baja en grasa y rica en carbohidratos. Además, también cambia el carbohidrato ingerido, pasando de la lactosa de la leche a los almidones. Es muy probable que estos almidones de la dieta induzcan la amilasa pancreática vía estimulación de la secreción de insulina y aumento de los niveles de esta hormona en plasma (Brannon, 1990).



## BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALIEV, A. A. & GAGARINA, N. A. (1984). "Secretory function of the pancreas in calves during early postnatal ontogenesis". *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*. **4**, 11-16.
- (2) AURICCHIO, S.; RUBINO, A. and MÜRSET, G. (1965). "Intestinal glycosidase activities in the human embryo, fetus and newborn". *Pediatrics* **35**, 944-954.
- (3) BRANNON, P. M. (1990). "Adaptation of the exocrine pancreas to diet". *Annual Review of Nutrition* **10**, 85-105.
- (4) CORRING, T.; AUMATRE, A. L. and Durand, G. (1978). "Development of digestive enzymes in the piglet from birth to eighth weeks. I. Pancreas and pancreatic enzymes". *Nutrition and Metabolism*. **22**, 231-243.
- (5) DAVICCO, M. J.; LEFAIVRE, J. and BARLET, J. P. (1979). "Influence of bovine pancreatic polypeptide on pancreatic exocrine secretion in young calves". *Annales de Biologie Animal Biochimie et Biophysique*. **19**, 843-848.
- (6) DEBAS, H. T. & YAMASGISHI, T. (1978). "Evidence for pyloropancreatic reflex for pancreatic exocrine secretion". *American Journal of Physiology* **234**, E468-E471.
- (7) EDWARDS-WEBB, J. D. & THOMPSON, S. Y. (1978). "Studies on lipid digestion in the preruminant calf. 3. The action of salivary lipase on milk fat in the abomasum". *British Journal of Nutrition* **40**, 125-131.
- (8) GOODEN, J. M. & LASCELLES, A. K. (1973). "Relative importance of pancreatic lipase and pregastric esterase to lipid absorption in calves 1-2 weeks of age". *Australian Journal of Biological Science* **26**, 625-633.
- (9) GUILLOTEAU, P. & TOULLEC, R. (1983). "Circadian changes in the abomasal secretions of preruminant calf". *Reproduction, Nutrition et Developement*. **23**, 967-977.
- (10) GUILLOTEAU, P.; CORRING, T.; GARNOT, P.; MARTIN, P.; TOULLEC, R. and DURAND, G. (1983). "Effects of age and weaning on enzymes activities of abomasum and pancreas of the lamb". *Journal of Dairy Science*. **66**, 2373-2385.
- (11) GUILLOTEAU, P.; CORRING, T.; CHAYVIALLE, J. A.; BERNARD, C.; SISSONS, J. W. and TOULLEC, R. (1986). "Effect of soya protein on digestive enzymes, gut hormones and anti-soya antibody plasma levels in the preruminant calf". *Reproduction, Nutrition and Development*. **26**, 717-728.
- (12) GUSAKOV, V. K. & KURYSHKA, I. P. (1985). "Secretory function of the pancreas in calves". *Sel'skagaspadarchykh Navuk*. **3**, 92-94.
- (13) HAHN, P. & KOLDOWSKY, O. (1966). "Utilization of nutrients during postnatal development". In: International Series of Monographies in the pure and applied Biology. Zoology division. vol. 33. Pergamon Press. Oxford.
- (14) HERNANDEZ-CLUA, O. D.; MAÑAS, M.; MARTINEZ DE VICTORIA, E.; VALVERDE, A. and NARANJO, J.A. (1988a). "Abomasal emptying in lactating goats. I. influence of diet on the flow and pH of the abomasal digesta". *Archivos de Zootecnia* **37**, 243-249.
- (15) HOFFMAN, G. (1967). "Les animaux de laboratoire" Paris:Vigot
- (16) Le HUEROU-LURON, I.; GUILLOTEAU, P.; WICKER-PLANQUART, C.; CHAYVIALLE, J.; BURTON, J.; MOUATS, A.; TOULLEC, R. and PUIGSERVER, A. (1992). "Gastric and pancreatic enzyme activities and their relationship with some regulatory peptides during postnatal development and weaning in calves". *Journal of Nutrition* **122**, 1434-1445.
- (17) LEBAS, F.; CORRING, T. and COURTOT, D. (1971). "Equipement enzymatique du pancreas exocrine chez le lapin. Mise en place et evolution de la naissance au sevrage. Relation avec la composition du regime alimentaire". *Annales de Biologie Animal Biochimie et Biophysique*. **11**, 399-413.