



# IV CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

## APORTES DEL ANÁLISIS METABOLÓMICO A NUESTRO ENTENDIMIENTO DE LOS PROCESOS DE MADURACIÓN DE CARNE

GUILLERMO MOYNA

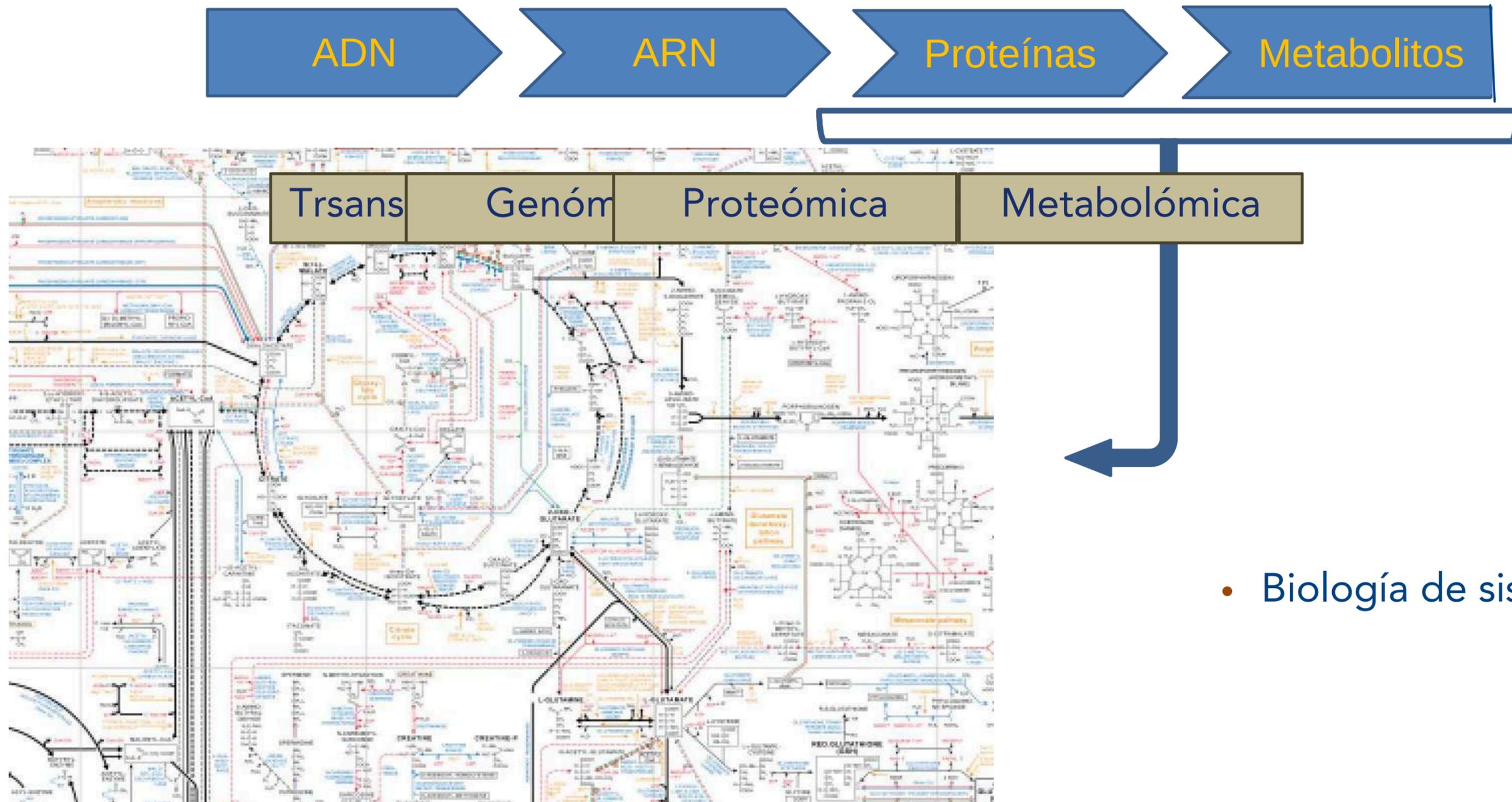
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA DEL LITORAL (DQL), CENUR LITORAL NORTE, UDELAR

Organiza:



# ¿Qué es la metabolómica?

- Es el estudio sistemático de las huellas químicas que resultan de los procesos celulares de un organismo.



# ¿Qué es la metabolómica?

---

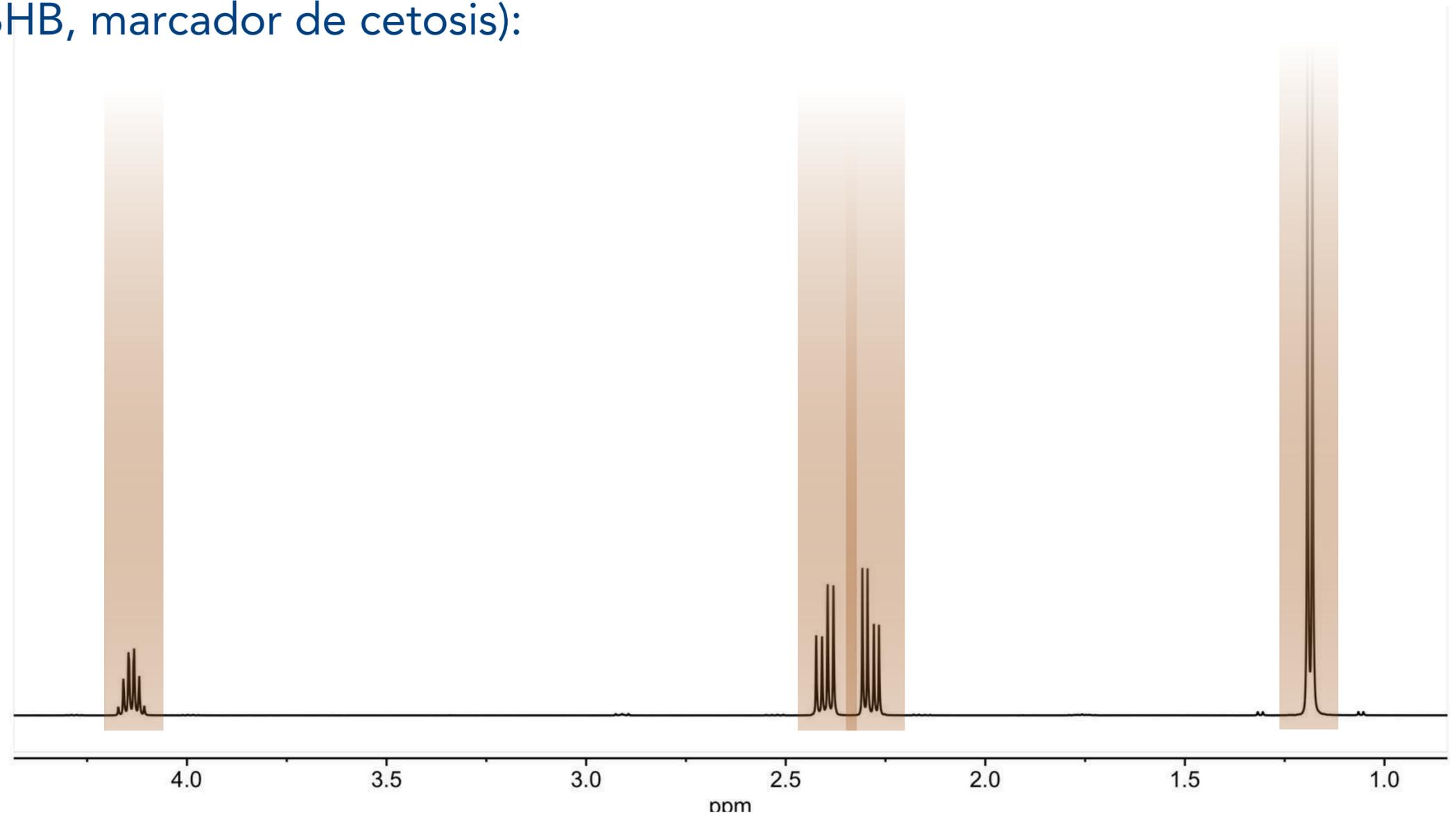
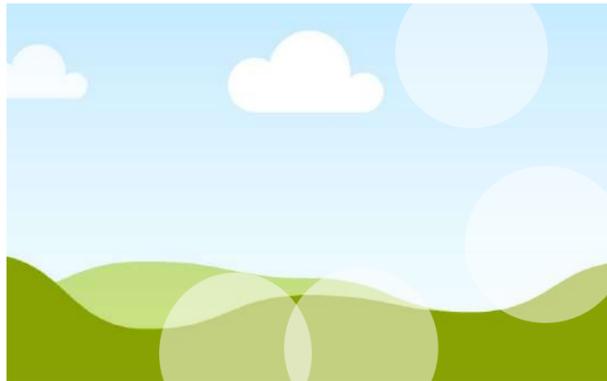


- En principio se pueden evaluar diferencias en niveles de muchos metabolitos simultáneamente entre casos y controles (i.e., “sanos” y “enfermos”).
- El concepto fue introducido en 1995 por Jeremy Nicholson. Se logró identificar diabetes en base a espectros de resonancia magnética nuclear (RMN) de suero.
- Podemos enfocarnos en una clase de metabolitos (metabolómica **dirigida**) o no prestar atención a ningún grupo de metabolitos en particular (metabolómica **no-dirigida**). Muchas técnicas analíticas, pero se utilizan principalmente espectrometría de masas (MS) y RMN.
  - **MS**: Se basa en la separación de metabolitos por su masa. Equipos de alta resolución (masas exactas), o MS/MS, acoplados a cromatografía UHPLC. Requiere preparación de muestra, niveles de detección son de < mmol. Se adapta a estudios dirigidos (i.e., pesquisa neonatal del BPS).
  - **RMN**: Menos sensible (mmol), pero casi no requiere de preparación de muestras. Un espectro aporta datos de “todos” los metabolitos en la muestra, y por lo tanto se adapta a estudios no-dirigidos.

# Resonancia magnética nuclear (RMN)



- Se basa en los mismos principios que la RMI. Lo realmente útil es que núcleos de hidrógeno ("protones",  $^1\text{H}$ ) en distintos entornos químicos ("lugares") de una molécula resuenan en regiones características de un espectro de emisión/absorción...
- Para el ácido b-hidroxibutírico (BHB, marcador de cetosis):

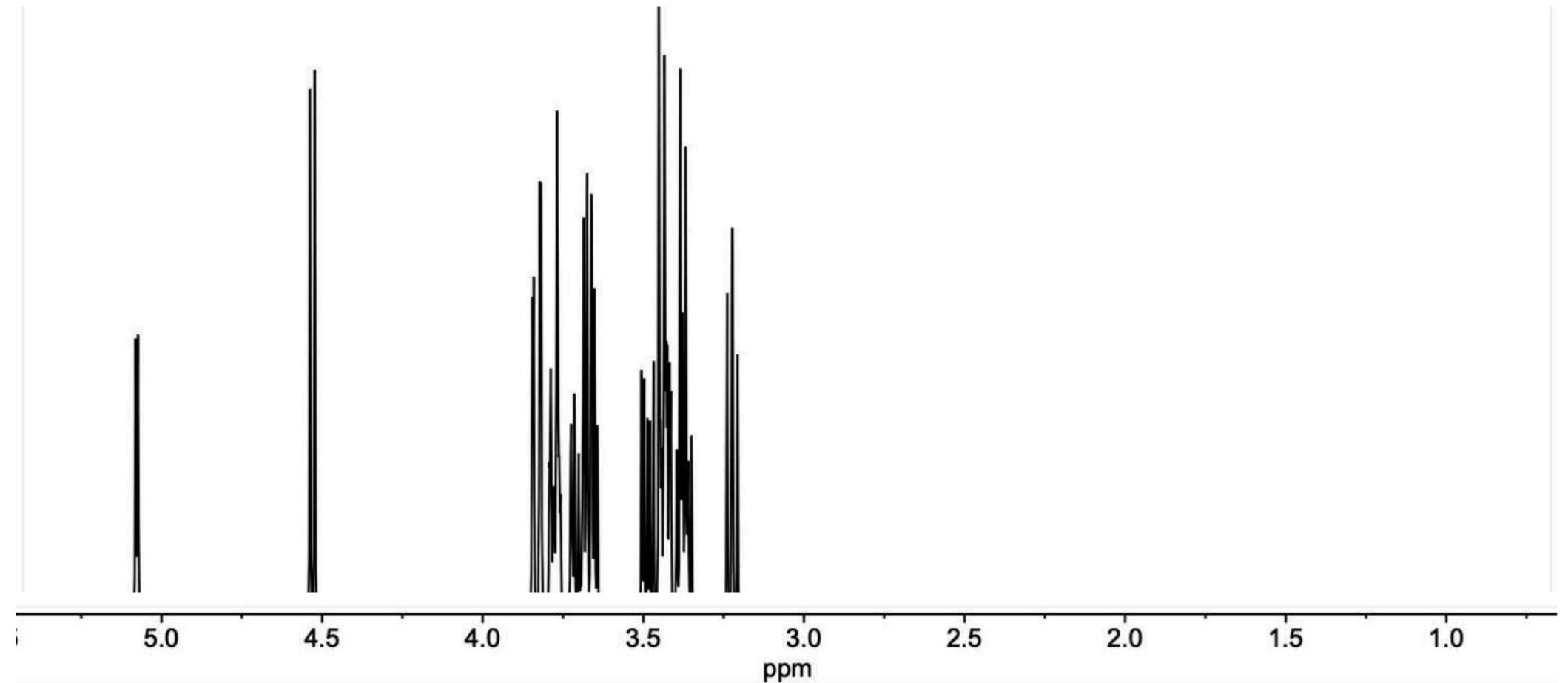


# RMN de fluidos y extractos biológicos



- En un fluido fisiológico hay muchos metabolitos (i.e., moléculas) distintos, y todas tienen sus señales características:

- Glucosa:

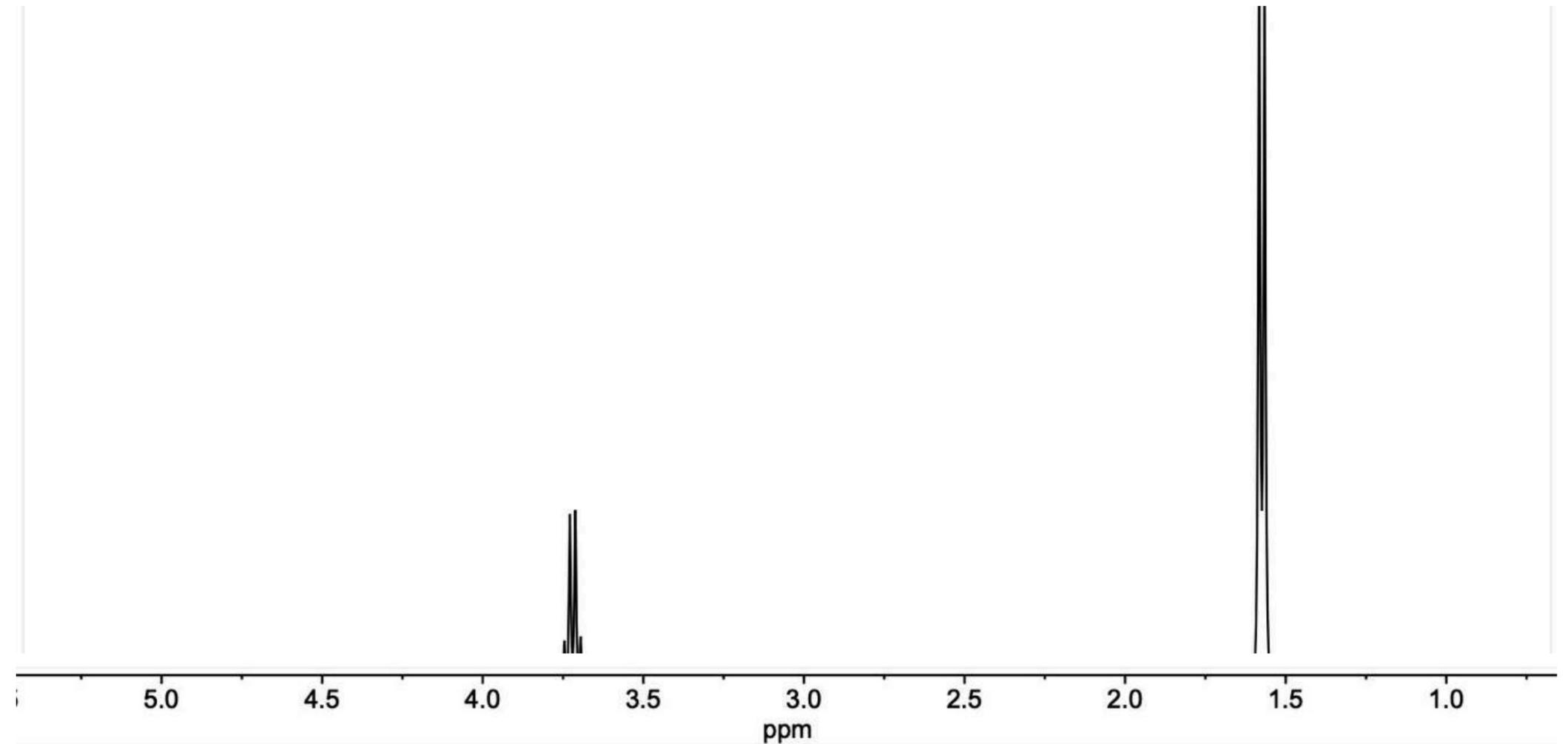
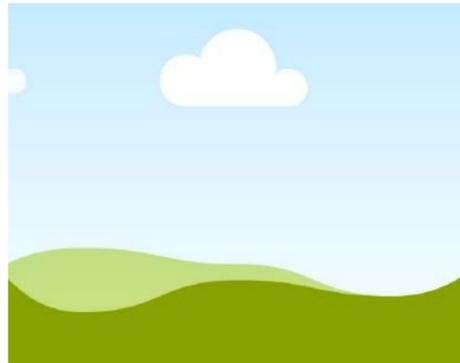


# RMN de fluidos y extractos biológicos



- En un fluido fisiológico hay muchos metabolitos (i.e., moléculas) distintos, y todas tienen sus señales características:

- Alanina:

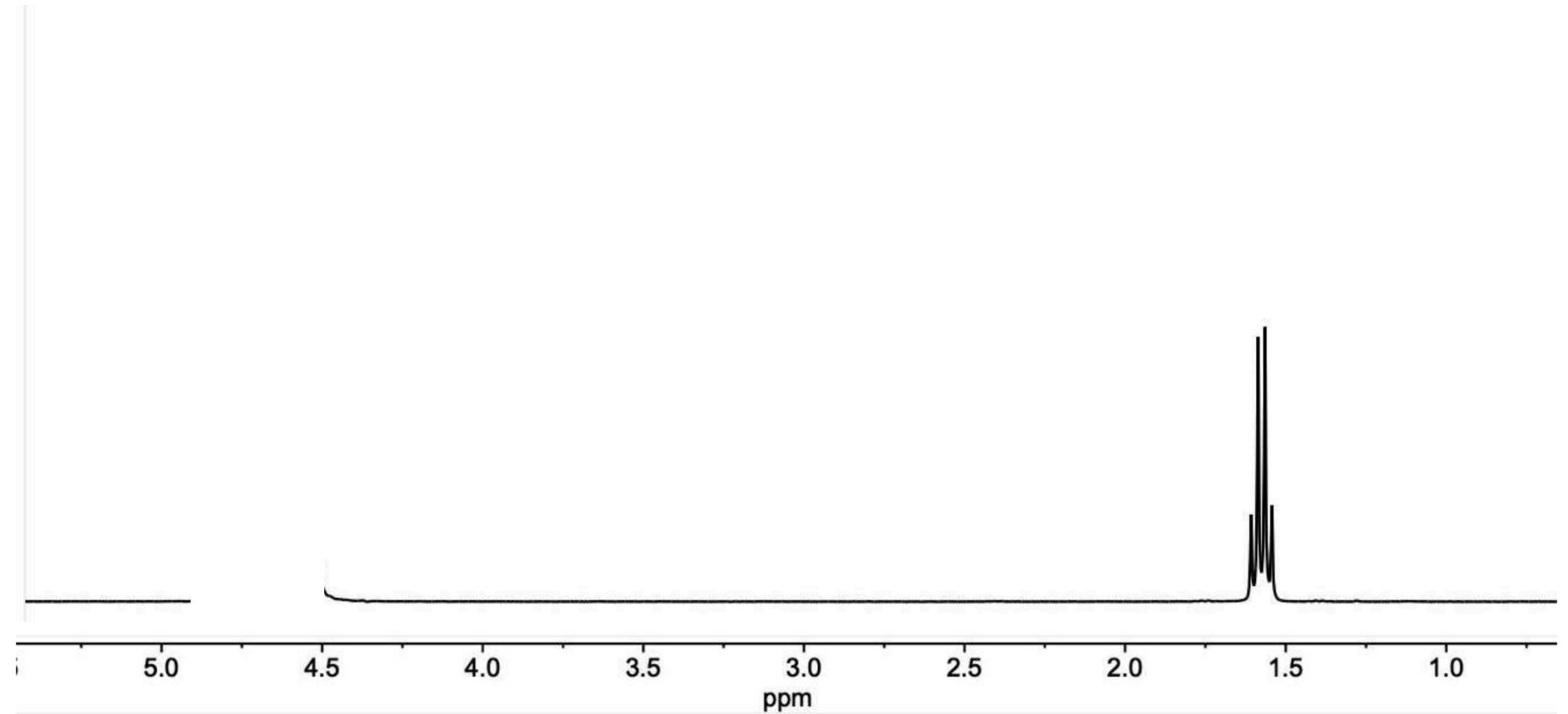


# RMN de fluidos y extractos biológicos



- En un fluido fisiológico hay muchos metabolitos (i.e., moléculas) distintos, y todas tienen sus señales características:

- Propionato  
:

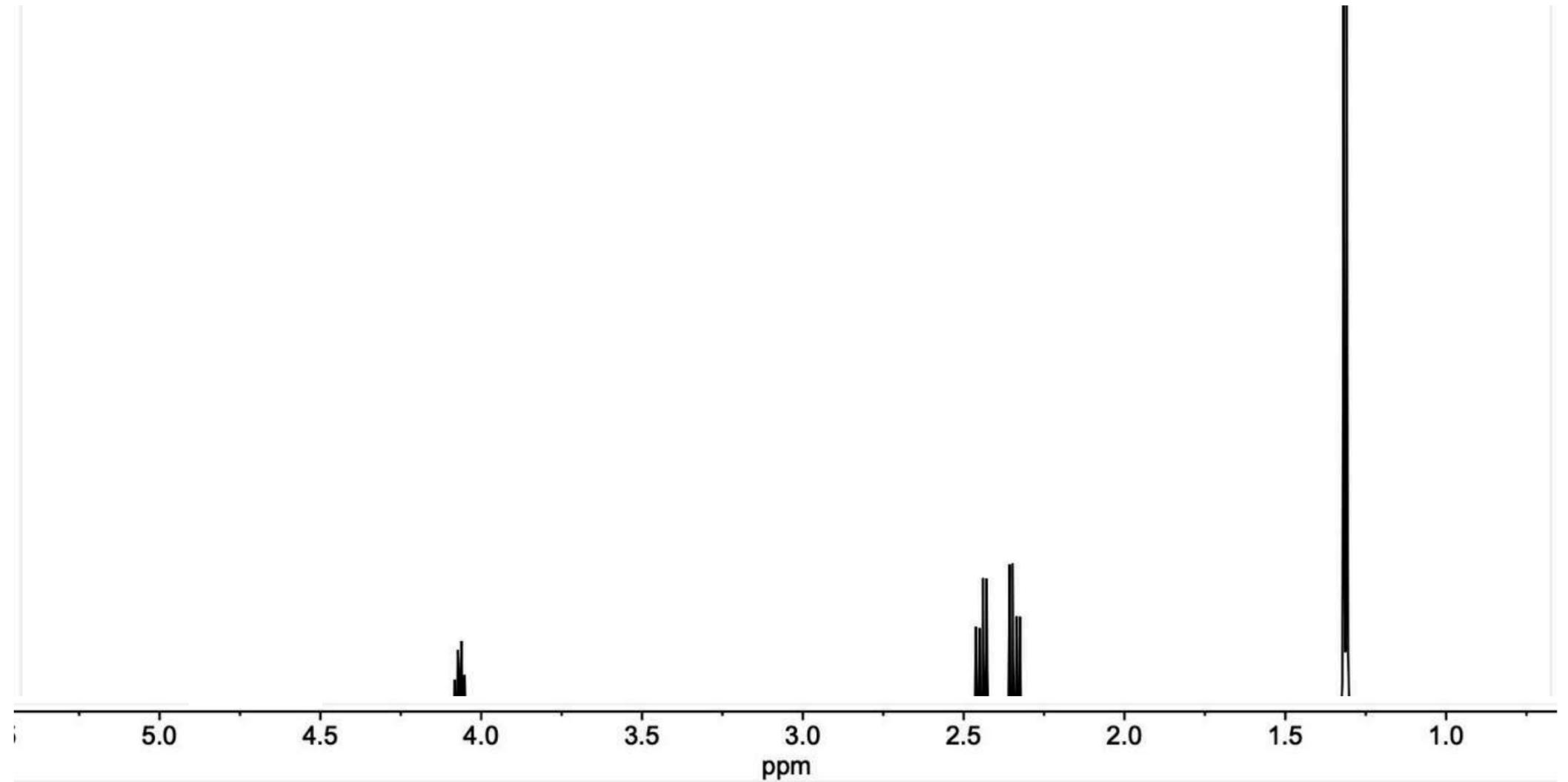


# RMN de fluidos y extractos biológicos



- En un fluido fisiológico hay muchos metabolitos (i.e., moléculas) distintos, y todas tienen sus señales características:

- BHB:



# RMN de fluidos y extractos biológicos

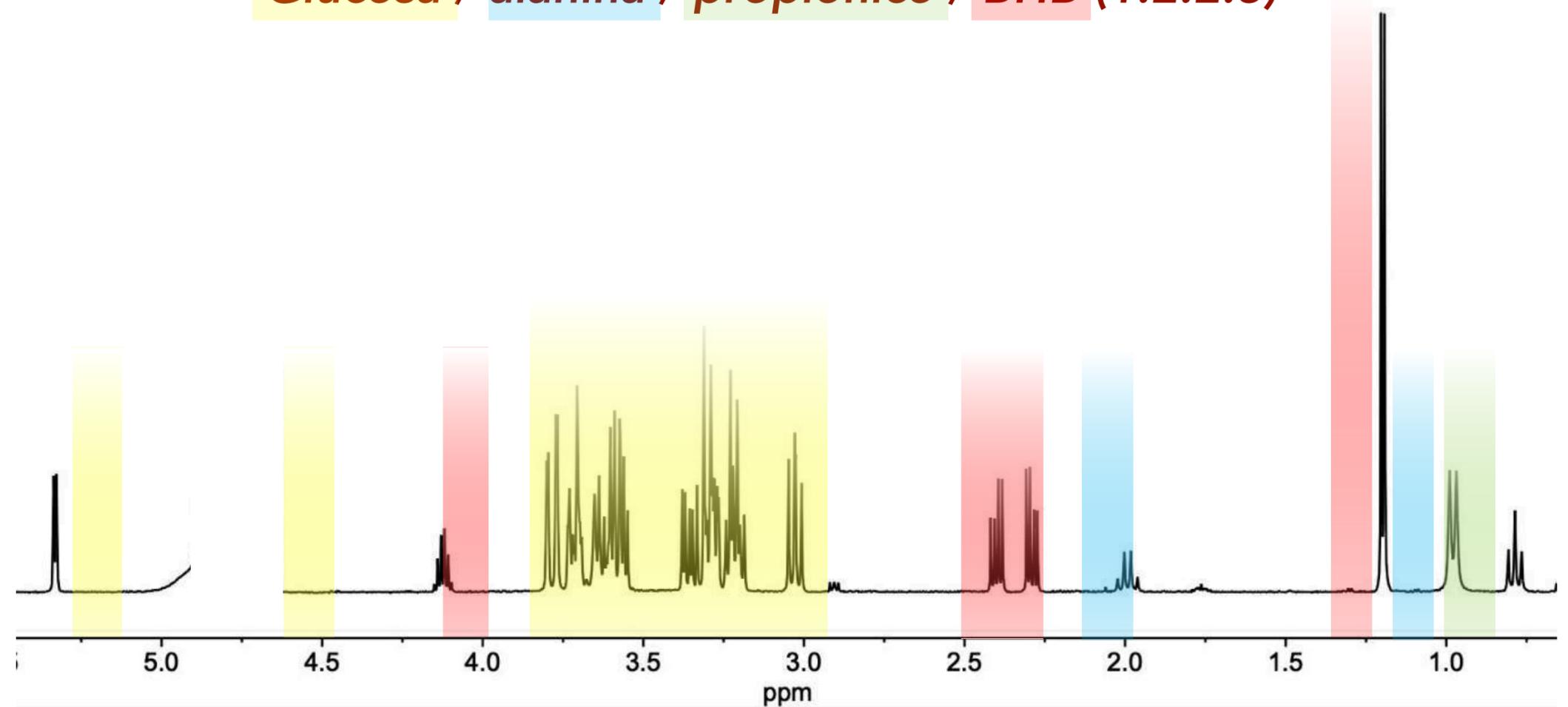


- En un fluido fisiológico hay muchos metabolitos (i.e., moléculas) distintos, y todas tienen sus señales características:

- Todo junto se empieza a complicar:

- En suero podemos detectar unos 100 metabolitos, y en orina otros tantos...

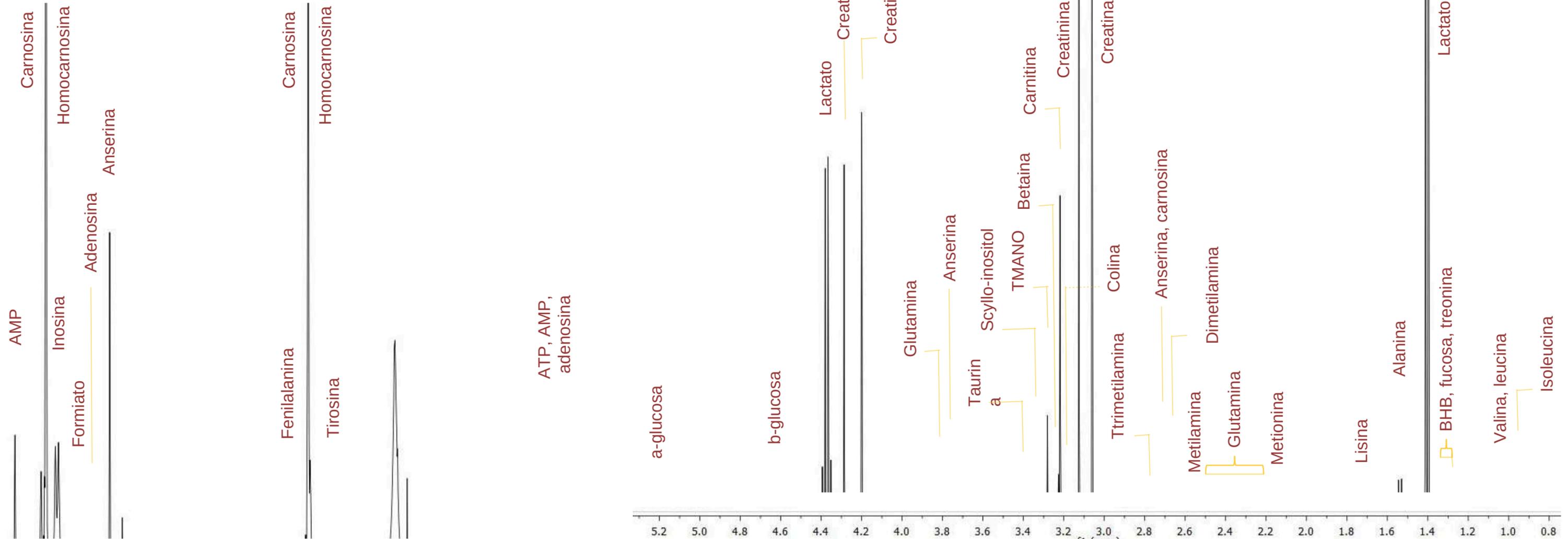
**Glucosa / alanina / propiónico / BHB (1:2:2:3)**



# RMN de fluidos y extractos biológicos



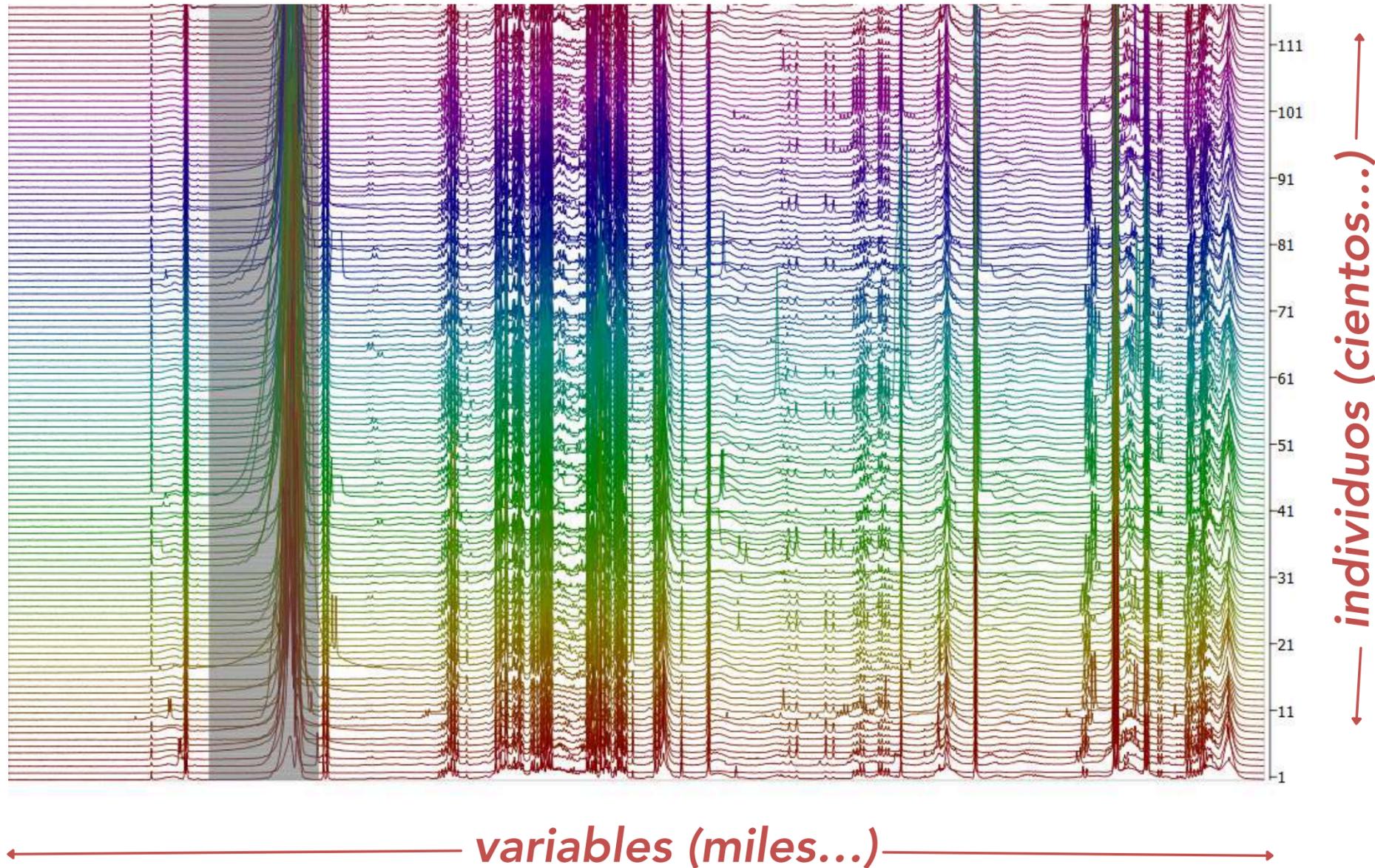
- Extracto acuoso de *longissimus lumborum* (*T. bovis*):



- En extractos de carne identificamos unos 30 metabolitos...

# Análisis metabolómico

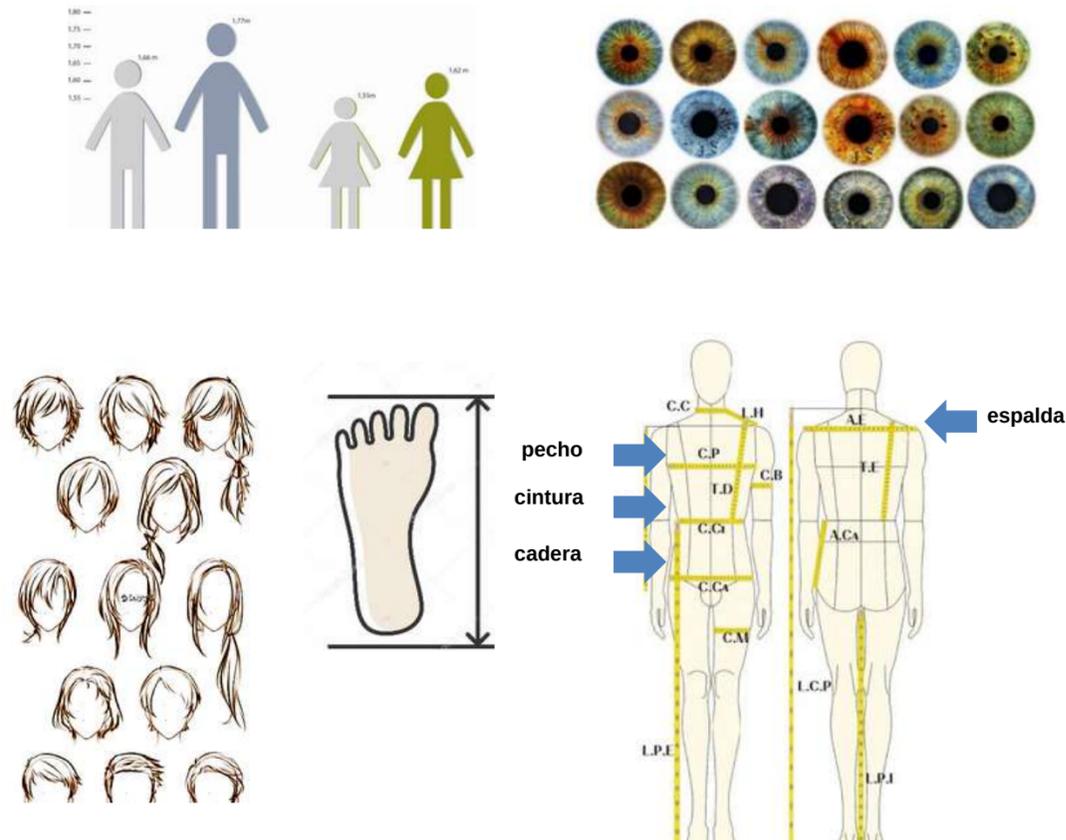
- Se pone interesante cuando obtenemos datos para todos los individuos de una cohorte:



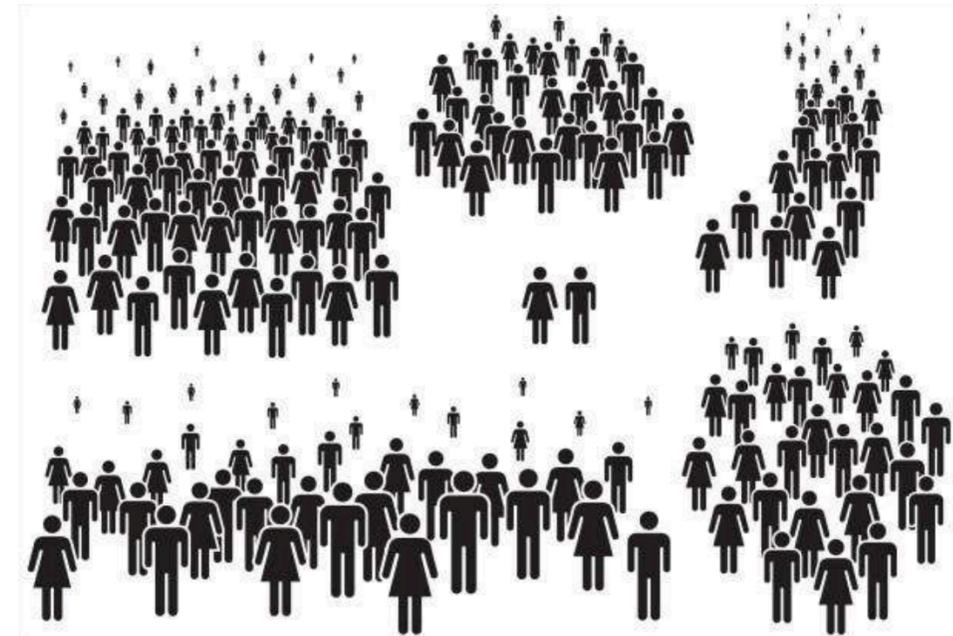
- Matrices ..estadística ... análisis multivariado (MVDA)

# Análisis multivariado (MVDA)

- ¿Como puedo diferenciar entre grupos con MVDA?



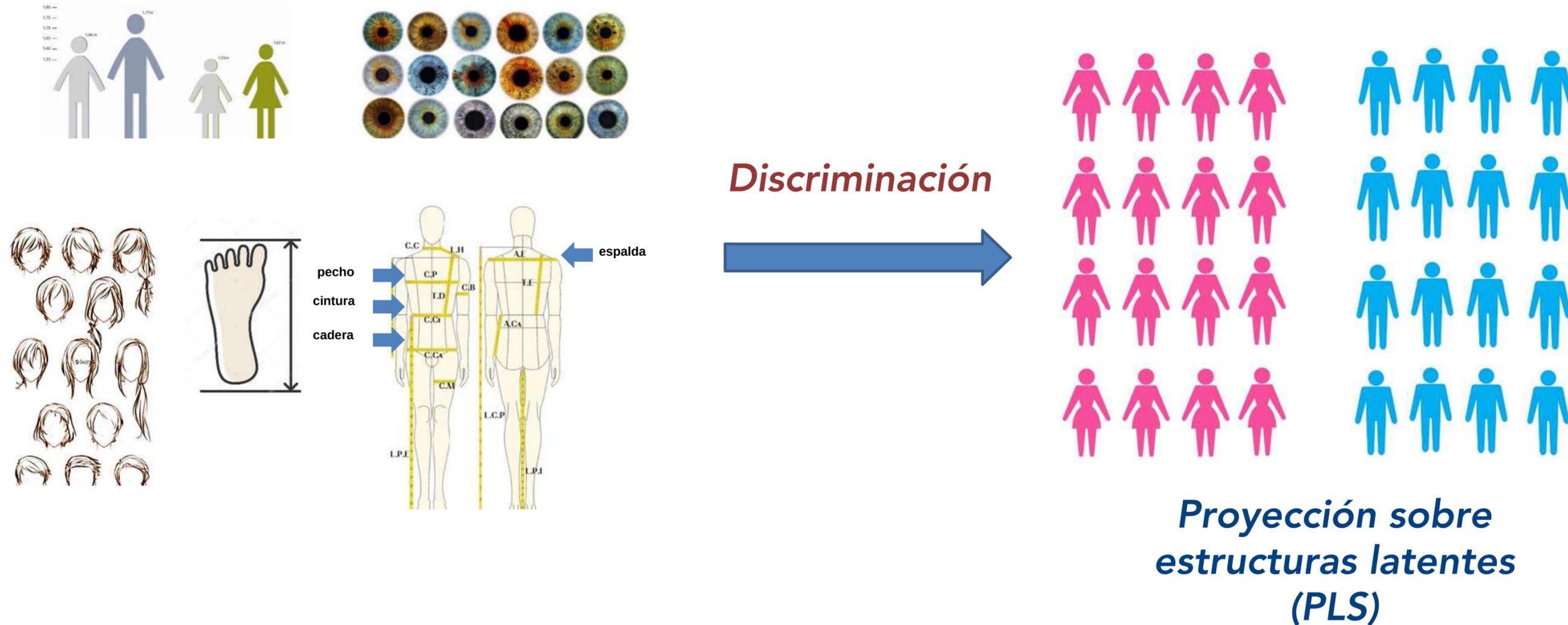
*Agrupamiento*



*Análisis de  
componentes principales  
(PCA)*

# Análisis multivariado (MVDA)

- ¿Cómo puedo diferenciar entre grupos con MVDA?



- ¿Y cómo aplicamos todo esto al curado de carne?

# Aplicación a estudio de maduración de carne

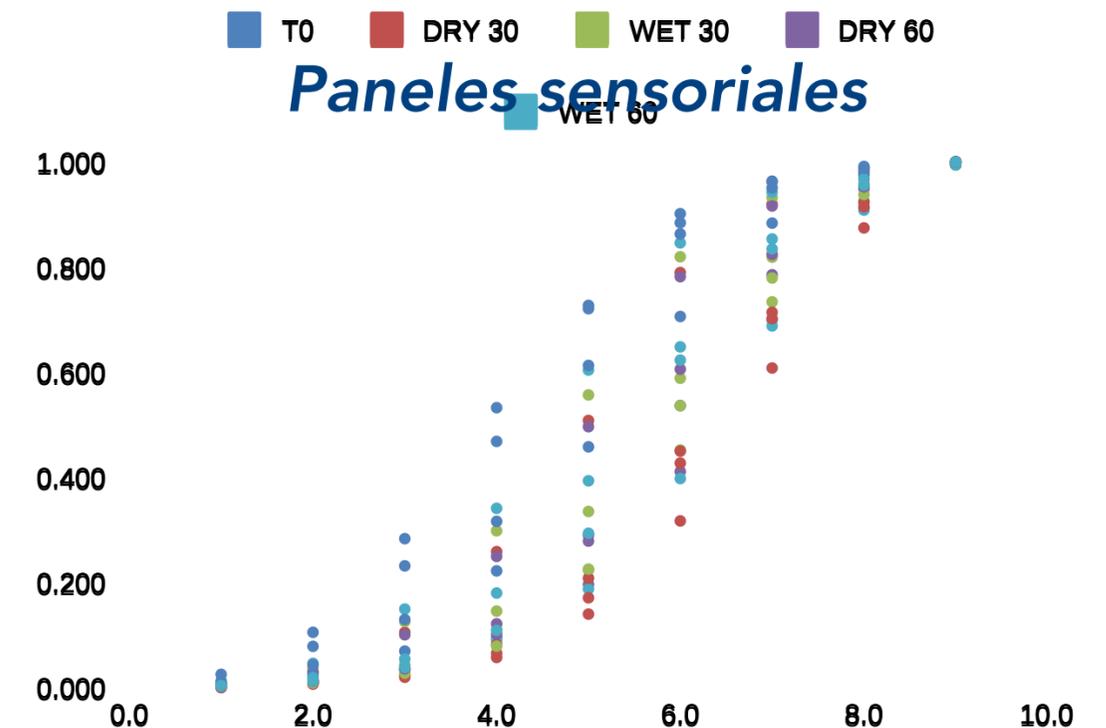


- La maduración de carne es un proceso complejo y de suma importancia para asegurar características organolépticas deseadas por consumidores. En general, la degradación de tejidos lleva a aumentos de ternura y jugosidad y desarrollo de sabor.

- La maduración húmeda (**wet aging**) es la más común. Empacada a vacío a  $\sim 1$  °C. Conserva humedad.



- En la maduración seca (**dry aging**) la carne está expuesta en atmosfera controlada a  $\sim 1$  °C. Potencia el sabor.  
Mercado nicho.



**Dry aging a 30 días**



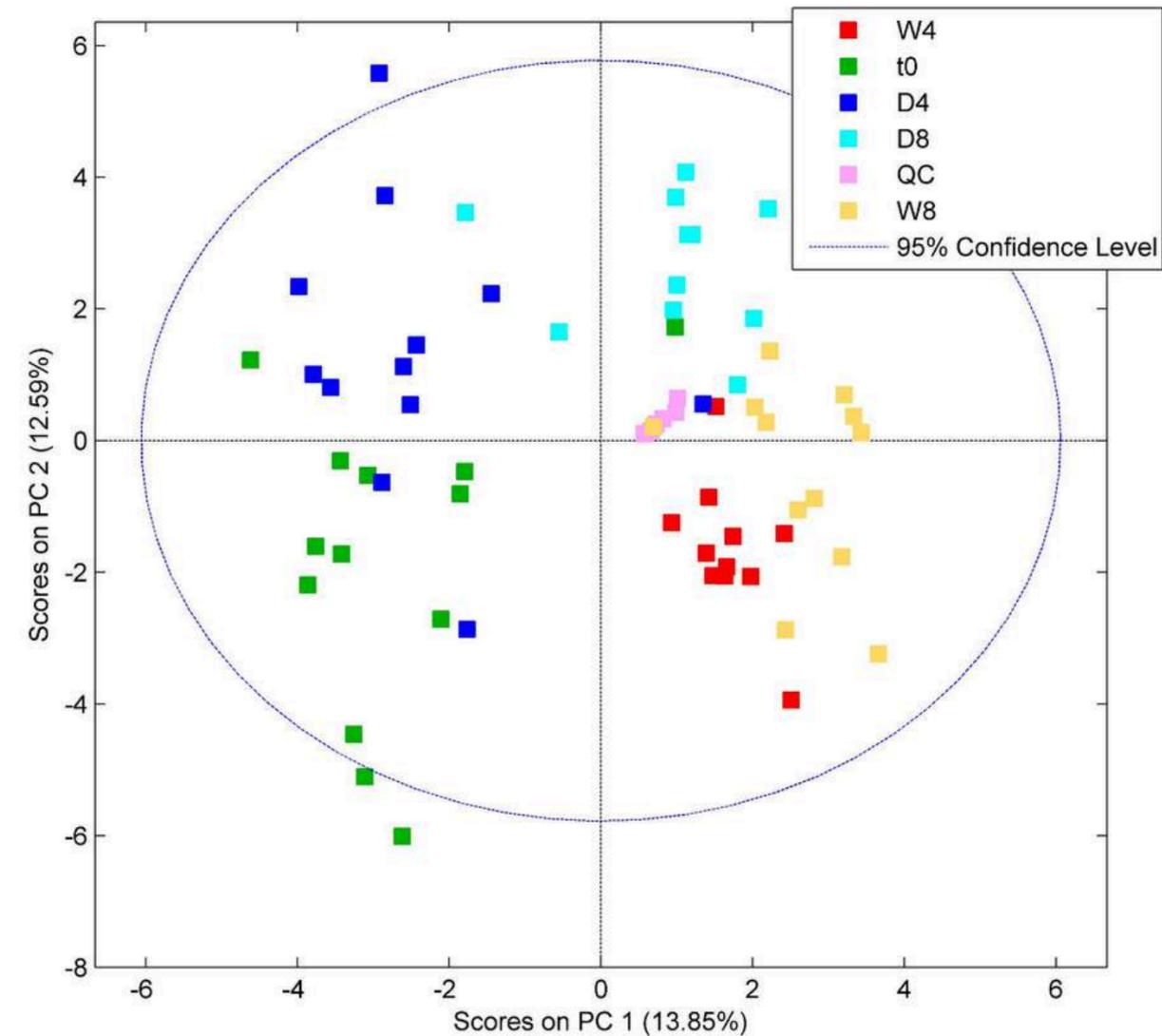
# Aplicación a estudio de maduración de carne



- El estudio involucró 23 vacas Hereford de dos años (~500 Kg) en pastoreo. Un total de 100

muestras de *I. lumbrorum* divididas en cinco grupos:

- **T0**: Carne sin maduración
  - **W4**: Maduración húmeda de 30 días
  - **D4**: Maduración seca de 30 días
  - **W8**: Maduración húmeda de 60 días
  - **D8**: Maduración seca de 60 días
- Se generaron extractos acuosos de las distintas muestras y se obtuvieron espectros  $^1\text{H}$  RMN.
  - Un PCA con esos datos muestra que los cinco grupos se diferencian sin problemas.

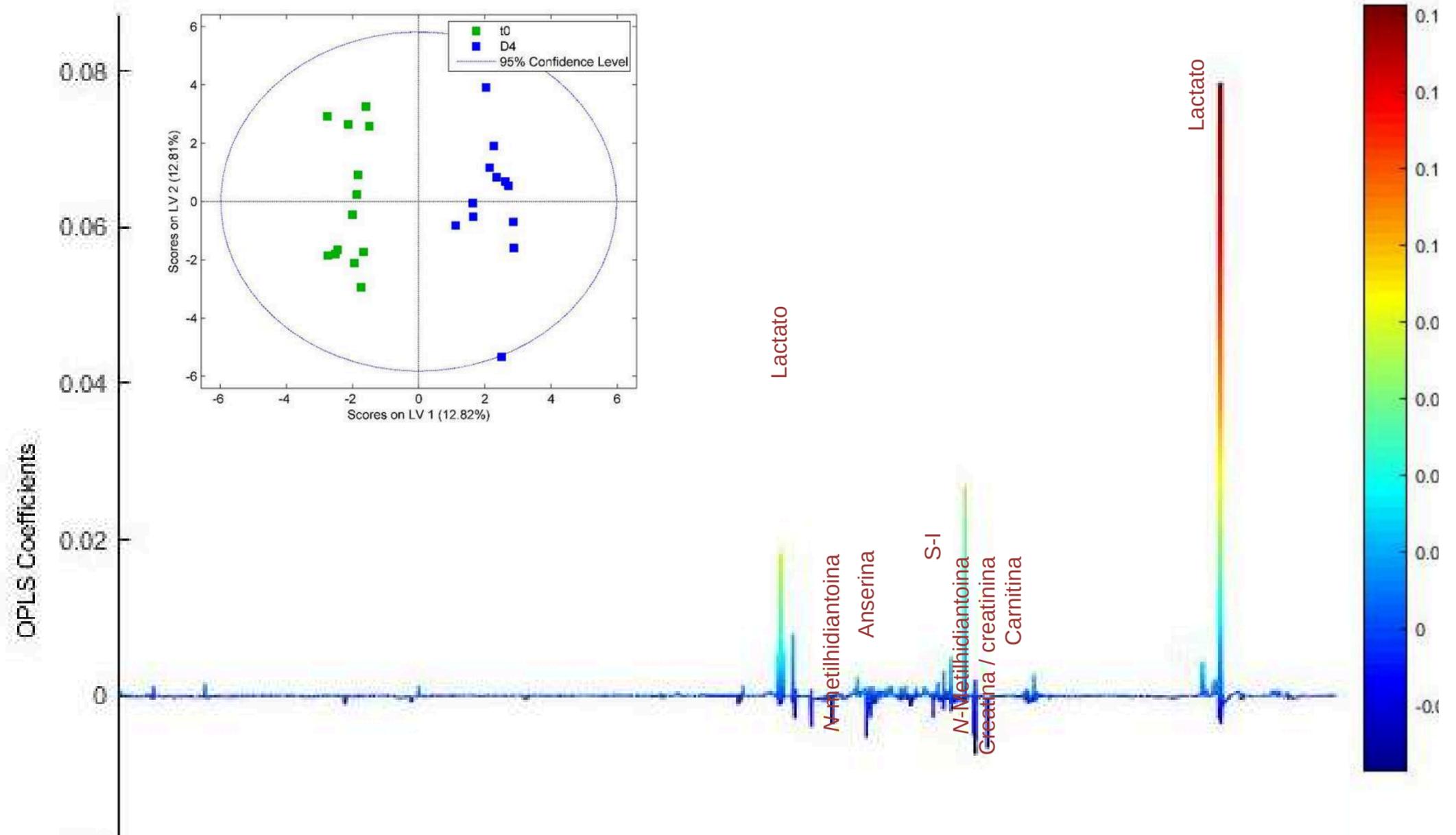


# Aplicación a estudio de maduración de carne



- ¿Qué diferencia los diferentes estrategias y tiempos de maduración a nivel molecular?
- Utilizamos comparaciones entre los distintos grupos por medio de análisis PLS discriminante ortogonal (OPLS-DA).

- Comparando *dry-aging* (D4 y D8) contra TO:



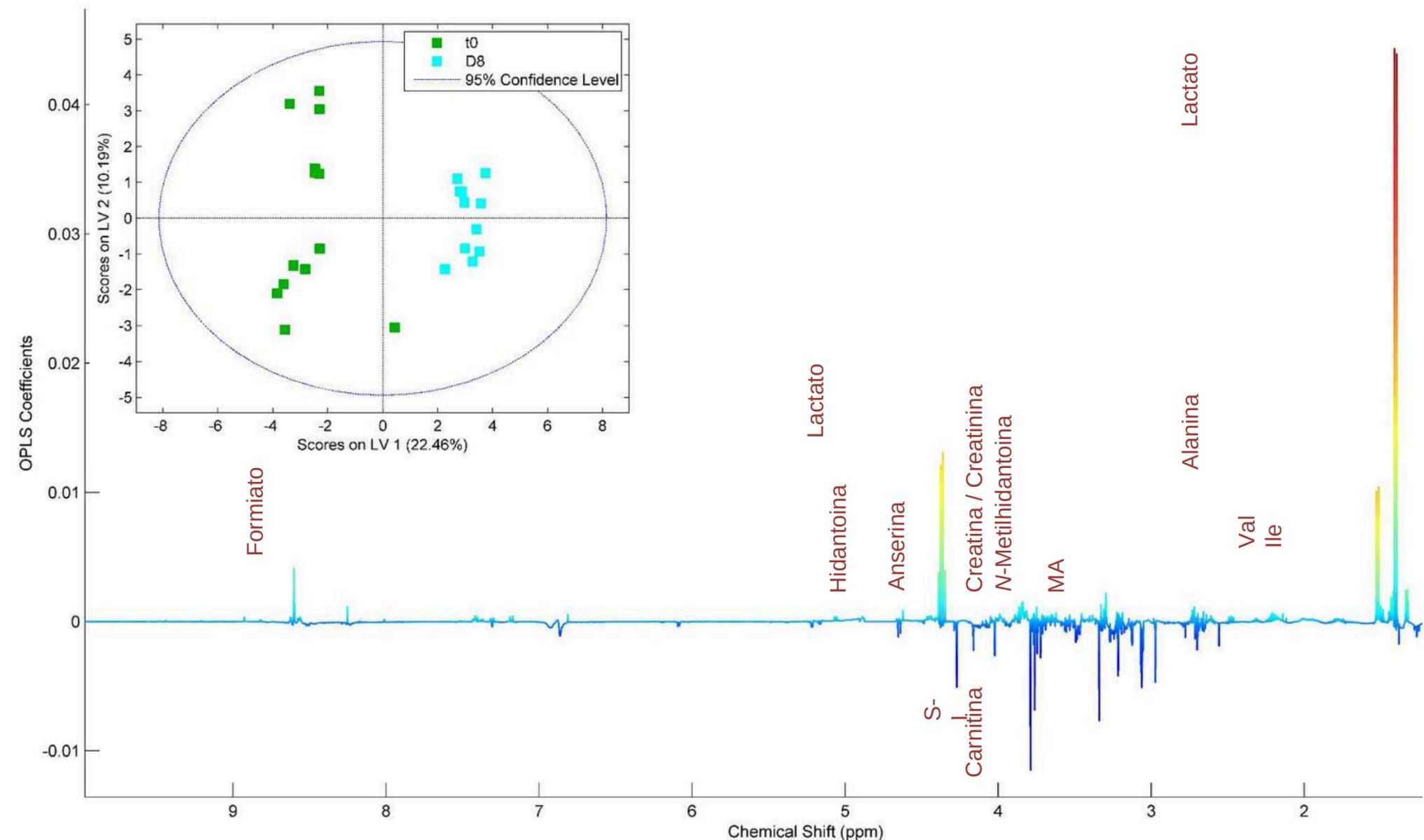
# Aplicación a estudio de maduración de carne



- ¿Qué diferencia los diferentes estrategias y tiempos de maduración a nivel molecular?
- Utilizamos comparaciones entre los distintos grupos por medio de análisis PLS discriminante ortogonal (OPLS-DA).

- Comparando *dry-aging* (D4 y D8) contra TO:

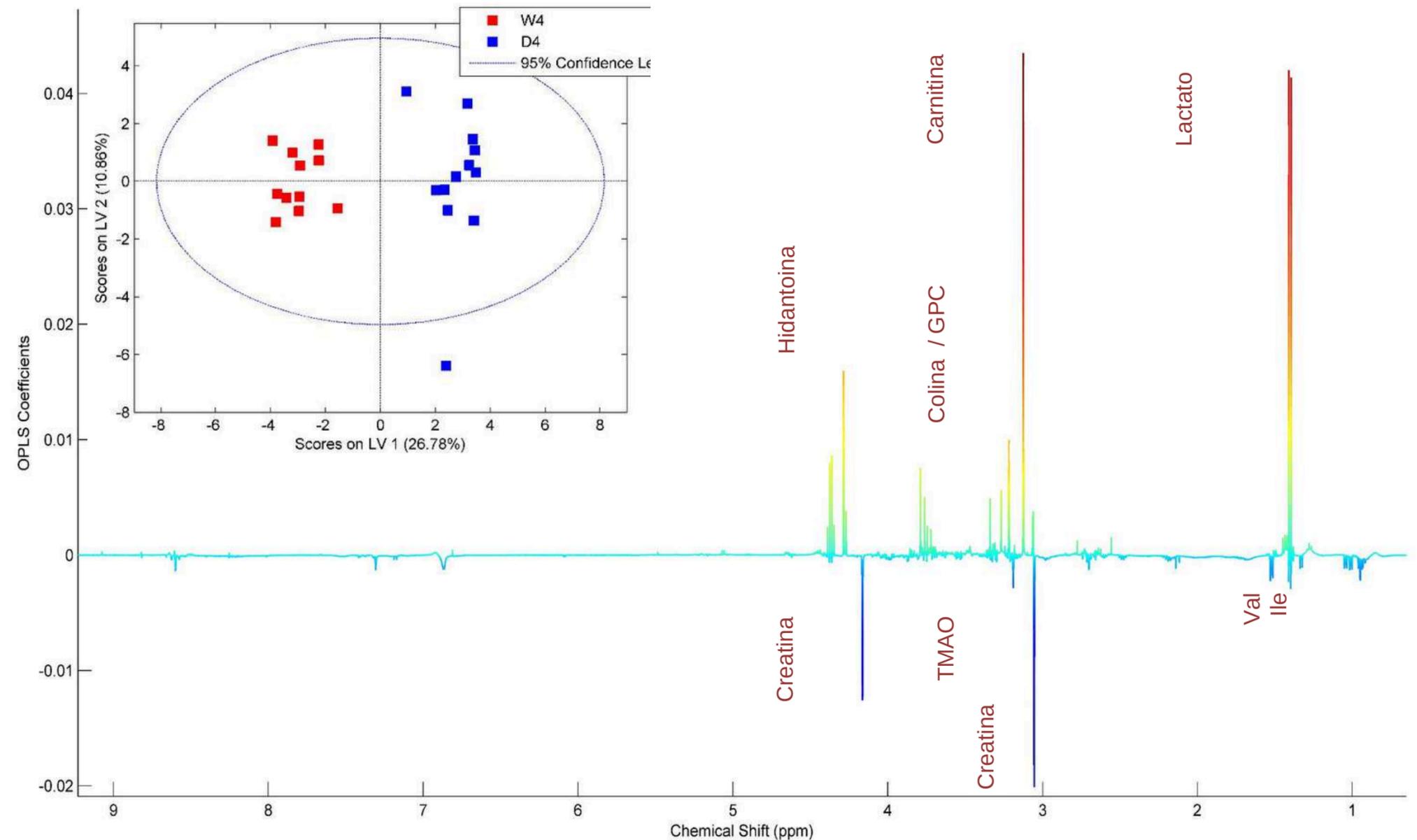
- Menos AAs y productos de catabolismo protéico y mayor nivel de lactato en *dry-aging*.



# Aplicación a estudio de maduración de carne



- ¿Qué diferencia los diferentes estrategias y tiempos de maduración a nivel molecular?
- Utilizamos comparaciones entre los distintos grupos por medio de análisis PLS discriminante ortogonal (OPLS-DA).
- Comparando *dry-aging* contra *wet-aging*:



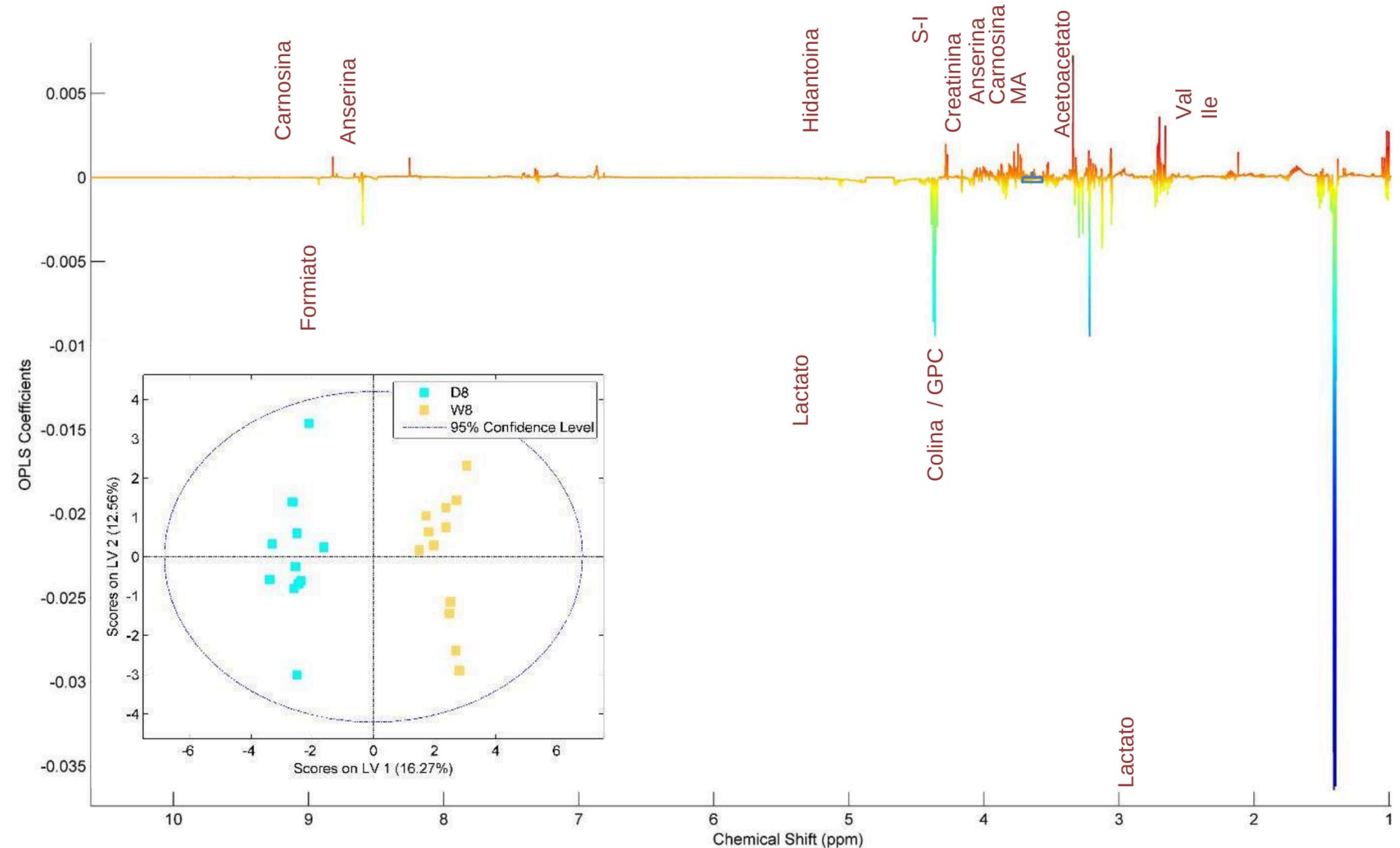
# Aplicación a estudio de maduración de carne



- ¿Qué diferencia los diferentes estrategias y tiempos de maduración a nivel molecular?
- Utilizamos comparaciones entre los distintos grupos por medio de análisis PLS discriminante ortogonal (OPLS-DA).

- Comparando *dry-aging* contra *wet-aging*:

- Menor concentración de aminos de cadena corta y más lactato para *dry-aging*.



# Conclusiones y perspectivas



- Independientemente de la estrategia de curado, a tiempos largos se evidencia la mayor degradación de tejido muscular (catabolismo protéico).
- Los niveles de lactato, un potenciador de sabor, son mayores respecto a la carne fresca, e independientemente del tiempo son mayores en madurado en seco.
- Al tiempo de mayor aceptabilidad (30 días), el curado en seco tiene comparativamente niveles más bajos de aminas de cadena corta y aminoácidos libres, los cuales tienen efectos negativos sobre el sabor.
- Si bien los niveles de dipéptidos imidazólicos se encuentran elevados en carne **dry-aged** a 30 días, no se encontraron relaciones claras entre estos ni otros metabolitos vinculados con el sabor **umami**.



# Conclusiones y perspectivas



- Trabajando en la correlación entre dipéptidos, incluyendo anserina y carnosina, y otros metabolitos relacionados con el sabor *umami*, y estrategias de curado para ganado alimentado a pastoreo.
- Determinación de efectos de dieta y suplementos sobre perfiles metabólicos.
- Otras líneas en el área del análisis metabólico en desarrollo en el DQL:

## Salud humana

- Diagnóstico mínimamente invasivo de endometriosis
- Diagnóstico y seguimiento de hepatopatías
- Calidad de glóbulos rojos según condiciones de conservación

## Salud animal

- Efectos de estrés biótico y abiótico en granjas de esturiones
- Obesidad y cancer en perros y otros animales pequeños
- Manejo en producción/reproducción de ganado lechero

## Fito Agro

- Selección de variedades resistentes (citrus/fresas/soja...)
- Caracterización de variedades de *C. sativa* medicinal

# Agradecimientos



Andrés López  
Lucía Bergalli  
Diego Llona  
Victoria Gómez  
Gabriel Anderson

DQL/UdelaR

FVet/Udelar

Rafael Delpiazzo  
Alberto Casal  
Rosina Sánchez  
Graciana Mendina  
Irene Kalpokas

Silvana Abbate  
Lucía Meneses  
Ivana Cardoso

FAgro/UdelaR

FCien/UdelaR

Andrés Vives  
Tania García

Santiago Fernández  
Ignacio Miguez  
Valentina Croce

FQ/UdelaR

CBION (Arg)

Pablo Hoijemberg

UCM (Esp)

José Luis Izquierdo



# V Latin American Metabolic Profiling Society Meeting (V LAMPS)



- Y para aprender mucho más de lo que se puede hacer con análisis metabólico...

**V LAMPS**  
5<sup>TH</sup> LATIN AMERICAN METABOLIC  
PROFILING SOCIETY MEETING

**MONTEVIDEO  
URUGUAY**

**OCT 30<sup>TH</sup> - NOV 1<sup>ST</sup>**

**THE TOPICS:**

- Health & nutrition
- Natural product screening & identification
- Experimental design & data acquisition
- Software & data analysis
- Metabolite identification

The poster features a stylized sun and mountain graphic on the left, a location pin icon, a calendar icon, and a globe icon. A QR code is located at the bottom right of the poster.



- Torre ANTEL y Espacio Polivalente de la Escuela de Nutrición
- 5 talleres pre-congreso
- 14 conferencistas internacionales, charlas cortas, y sesiones de pósters