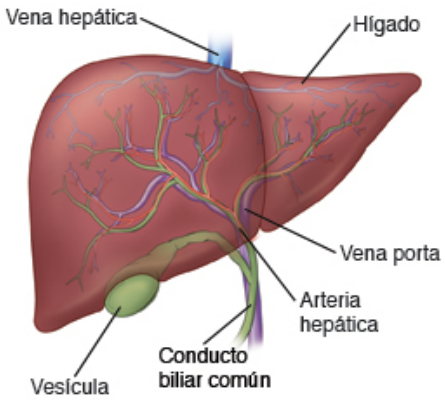
TEMA 14: METABOLISMO ESPECÍFICO DE TEJIDOS. DIVERSIDAD E INTEGRACIÓN DEL TRABAJO

⇒ HÍGADO: PAPEL METABÓLICO CLAVE

El hígado es un órgano muy versátil y central en el metabolismo. Se comporta como una especie de "centro logístico" que distribuye y transforma nutrientes según las necesidades del cuerpo.



🛢️ ¿Qué combustibles utiliza el hígado?

- **Ácidos grasos y aminoácidos**: Son sus combustibles principales.
- **Glucosa**: También puede usarla, sobre todo después de comer (estado postprandial), cuando hay más disponibilidad en sangre.

⚖️ ¿Cómo regula el hígado el nivel de glucosa en sangre?

Actúa como un **"amortiguador" o tampón de glucosa**:

- Si hay **exceso de glucosa**, la **capta y almacena**.
- Si falta glucosa, la **libera** al torrente sanguíneo.

Esto lo hace respondiendo a tres hormonas:

- **Insulina** (cuando hay glucosa alta)
- **Glucagón y adrenalina** (cuando la glucosa es baja)

💧 Produce bilis

El hígado fabrica la **bilis**, un líquido necesario para **digerir las grasas**. Esta bilis se almacena en la **vesícula biliar** y se libera en el intestino durante la digestión.

🍼 Almacén de nutrientes

El hígado guarda ciertos nutrientes importantes:

- **Vitamina D**
- **Hierro** (en forma de iones)

🔄 Función central en el metabolismo

- **Distribuye nutrientes y energía** al resto del cuerpo a través de la sangre.
- **Transforma** nutrientes según las necesidades del organismo:
- Sintetiza **lípidos** (grasas)
- Produce **glucosa** (cuando es necesaria)
- Genera **cuerpos cetónicos** (combustible alternativo cuando hay escasez de glucosa)

Es un órgano que se **adapta** a diferentes situaciones: ayuno, ejercicio, dieta rica en carbohidratos o en proteínas, etc.

🧪 Detoxificación

El hígado elimina sustancias tóxicas del cuerpo:

• Convierte el **amoniaco (tóxico)** en **urea**, que luego es eliminada por los riñones a través de la orina.
• También transforma muchos **compuestos orgánicos** para que no sean dañinos.

⚙️ **¿Cómo obtiene el hígado su energía?**

Depende del momento del día y del estado del cuerpo:
• **Después de comer (postpandrial)**: usa **glucosa**.
• En general, **prefiere los ácidos grasos** como fuente de energía.
• También **oxida α-cetoácidos**, que vienen de la degradación de aminoácidos (las piezas que forman las proteínas).

⇒ TEJIDO ADIPOSO: ALMACÉN Y REGULADOR ENERGÉTICO

El **tejido adiposo** (la grasa corporal) también cumple funciones clave en el metabolismo, no solo sirve para almacenar energía, sino que también **actúa como un órgano endocrino**, es decir, produce sustancias que afectan al funcionamiento de otros órganos.

ESTAS SON LAS FUNCIONES QUE CUMPLE:

1. Reserva de energía
• **Almacena triglicéridos**, que son moléculas de grasa.
• Cuando el cuerpo necesita energía (por ejemplo, en ayuno o ejercicio), **libera ácidos grasos** que otros órganos pueden usar como combustible.

2. Captación de glucosa
• En presencia de **insulina**, capta glucosa desde la sangre.
• Esa glucosa se puede:
  • Utilizar como energía.
  • Convertir en **glicerol** (uno de los componentes de los triglicéridos).

3. Síntesis y degradación de triglicéridos
• Después de comer: produce la **síntesis** (almacena grasa).
• En ayuno o ejercicio: realiza la **lipólisis** (rompe triglicéridos para liberar ácidos grasos).

📤 **¿Cómo libera la energía?**

Durante ayuno o esfuerzo:
  • Se activa la **lipólisis**.
• Los triglicéridos se descomponen en:
  • **Ácidos grasos libres** → van a la sangre para ser usados por otros órganos.
  • **Glicerol** → va al hígado, donde puede usarse para formar glucosa (gluconeogénesis).

🧬 **Estas son las hormonas regulan al tejido adiposo**
• **Insulina**: estimula el almacenamiento de grasa.
• **Glucagón y adrenalina**: estimulan la **lipólisis**, es decir, la liberación de grasa como fuente de energía.

🧪 **Función endocrina**

El tejido adiposo produce **adipocinas**, que son sustancias con efectos sobre el metabolismo:
  • Un ejemplo es la **leptina**, que regula el apetito y el gasto energético.
  • También se ha implicado en procesos inflamatorios y enfermedades metabólicas.

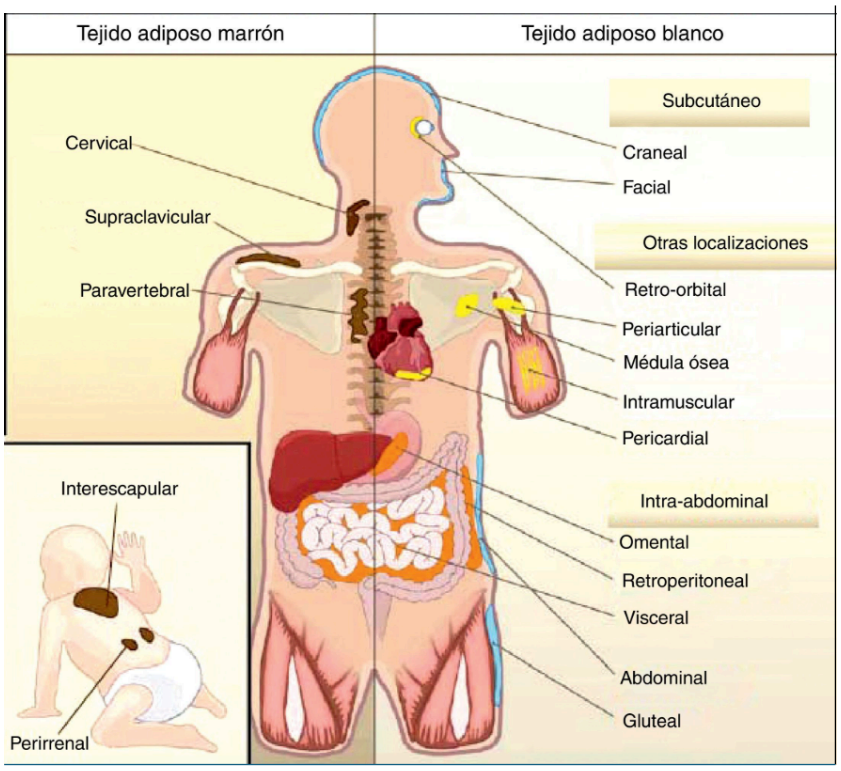
Estas son las funciones metabólicas, ahora vamos a ver **dónde se encuentra el tejido adiposo en el cuerpo** y qué tipos existen.

TEJIDO ADIPOSO: DISTRIBUCIÓN Y TIPOS

¿Dónde se encuentra el tejido adiposo?

Tiene una distribución **muy amplia** por el organismo:

- **Subcutáneo**: justo debajo de la piel.
- **Perivascular**: alrededor de **vasos sanguíneos profundos**.
- **Intrabdominal**: en la **cavidad abdominal**, especialmente alrededor de órganos (tejido adiposo visceral).



Este tejido representa aproximadamente el **15% de la masa corporal** en un hombre adulto joven (puede variar según edad, sexo, alimentación, actividad física, etc.).

¿Cómo almacena grasa?

Las **células del tejido adiposo**, llamadas **adipocitos**, almacenan grasa en forma de:

- **Triacilglicéridos (triglicéridos)**: dentro de gotas grandes en el citoplasma celular.

Estas gotas pueden **ocupar casi todo el volumen de la célula**, desplazando el núcleo a un lado.

Tipos de tejido adiposo en humanos

Existen **dos tipos principales**:

1. Tejido adiposo blanco

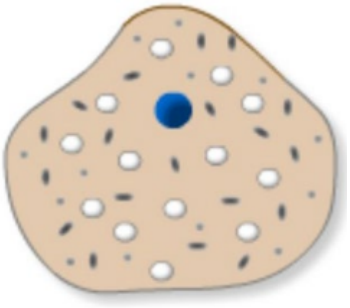
- Es el más abundante.
- Su función principal es **almacenar energía**.
- Produce adipocinas como la **leptina**.
- Su color blanco se debe a la gran cantidad de grasa que contiene.

2. Tejido adiposo marrón

- Mucho menos abundante.
- Tiene una función **termogénica**, es decir, produce **calor** en lugar de almacenar energía.
- Muy presente en **recién nacidos** y en menor cantidad en adultos.
- Contiene muchas **mitocondrias** (ricas en hierro, lo que le da el color marrón).
- Activa una proteína llamada **UCP1 (proteína desacoplante)**, que permite generar calor en vez de ATP.

Vamos a analizar más a fondo estos **dos tipos de tejido adiposo**:

TEJIDO ADIPOSO BLANCO


Adipocito marrón

Ubicación

• Se encuentra **bajo la piel** (tejido subcutáneo) y **alrededor de vasos sanguíneos profundos**.

• También está en la **cavidad abdominal**, envolviendo órganos como el intestino y recubriendo el abdomen.

Características celulares

• Formado por **adipocitos blancos**, que son **células esféricas**.

• Tienen una **sola gota lipídica muy grande** que ocupa el **90% del volumen celular**, empujando el núcleo hacia un lado.

• Son células **metabólicamente activas**, es decir, **responden rápido a las señales hormonales** (como insulina, glucagón…) y trabajan en coordinación con el **hígado y el músculo esquelético**.

Metabolismo

• Tienen **actividad glucolítica** (pueden degradar glucosa para obtener energía).

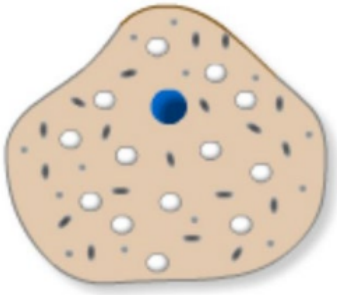
• En estado postprandial (tras una comida), consumen **glucosa**.

• Pero **prefieren los ácidos grasos** como fuente de energía habitual.

• En los adultos jóvenes, el tejido adiposo blanco representa el **15% de su masa corporal**.

• El **65% de la grasa corporal** está almacenada en forma de **triacilglicéridos** en este tipo de tejido.

TEJIDO ADIPOSO MARRÓN


Adipocito marrón

Ubicación

• Presente principalmente en:

• **Región cervical** (cuello)

• Zona **para-aórtica** (alrededor de la aorta)

• **Glándulas suprarrenales**

• En **recién nacidos**, es más abundante: se localiza en **nuca, espalda y pecho**.

• En **adultos**, aparece en **pequeños grupos** dentro del músculo esquelético.

Características celulares

• Formado por **adipocitos marrones**, que tienen forma **poligonal**.

• Contienen **muchas vesículas lipídicas pequeñas** en lugar de una sola gota.

• El citoplasma está lleno de **mitocondrias** (muchas más que en los blancos), lo que les da ese color marrón.

• Además, están **más vascularizados** (tienen más vasos sanguíneos), lo cual facilita el transporte de oxígeno y nutrientes.

Función principal: termogénesis

• Están **especializados en generar calor** (en lugar de producir ATP) gracias a la proteína **UCP1**.

• Esto es muy importante en **recién nacidos**, que no pueden temblar para calentarse.

• Almacenan **triglicéridos**, y cuando se activan, **liberan ácidos grasos y glicerol** para oxidarlos y así **producir calor**.

⇒ MÚSCULO ESQUELÉTICO



⚙ Función general

El músculo esquelético está formado por **miocitos** (o fibras musculares), que están **especializados en generar ATP rápidamente** para poder **contraerse**. Su **unidad funcional y estructural** es precisamente la **fibra muscular**.

Su metabolismo es muy particular porque está estrechamente ligado a la **actividad física** y al uso inmediato de energía, por ello, este tejido está **adaptado para realizar trabajo mecánico de forma intermitente**, desde esfuerzos muy cortos e intensos (como un *sprint*), hasta esfuerzos prolongados (como una maratón o trabajo físico largo).

🔋 Fuentes de energía

Según la situación y el tipo de actividad física, el músculo puede utilizar distintas fuentes de energía:

- **Glucosa** (almacenada en forma de **glucógeno** en el propio músculo)
- **Ácidos grasos**
- **Cuerpos cetónicos**

En resumen:

- Durante el ejercicio ligero o moderado: usa **ácidos grasos**.
- En esfuerzos intensos y rápidos: usa **glucógeno** y la **fosfocreatina**.
- En ayuno prolongado: las **proteínas musculares se degradan**, de manera que se libera **alanina**, que viaja al hígado para formar glucosa (**ciclo glucosa-alanina**).

📊 Características metabólicas

- **Síntesis de glucógeno**: almacena una pequeña cantidad (1–2% de su masa).
- **No puede exportar glucosa**: no tiene la enzima **glucosa-6-fosfatasa**.
- **No realiza gluconeogénesis**: no puede fabricar glucosa nueva a partir de otros compuestos.
- **Gran adaptabilidad**: su metabolismo cambia según el tipo de ejercicio o entrenamiento.

🔴 MÚSCULO ROJO vs ⚪ MÚSCULO BLANCO



En el músculo esquelético hay **dos tipos de fibras musculares**, con funciones y metabolismos diferentes:

🔴 Músculo rojo (de contracción lenta)

- Muy rico en **mitocondrias**.
- Genera ATP mediante **fosforilación oxidativa** (usa oxígeno).
- Este proceso es **lento pero constante**, ideal para esfuerzos prolongados.
- Está muy **vascularizado** (tiene muchos vasos sanguíneos).
- Genera **baja tensión**, pero es **muy resistente a la fatiga**.
- Usado en actividades de larga duración como caminar o correr largas distancias.

⚪ Músculo blanco (de contracción rápida)

- Tiene **menos mitocondrias** y **menos irrigación sanguínea**.
- Produce ATP muy rápido, usando:
- **Fosfocreatina**

• **Glucólisis anaerobia** (sin oxígeno)
• Se **fatiga más rápido** porque gasta el ATP a un ritmo superior al que puede reponerlo.
• Proporciona **fuerza y velocidad**, pero durante **tiempos cortos**.

🧬 **Influencia genética y entrenamiento**

Cada persona tiene una **composición genética diferente** en cuanto a la proporción de músculo rojo y blanco. Pero con **entrenamiento**, se puede mejorar el rendimiento y la **resistencia** de las fibras de contracción rápida.

⇒ FUENTES DE ENERGÍA PARA LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

El músculo esquelético **ajusta su metabolismo según la intensidad y duración de la actividad física**. Esto significa que **cambia de combustible** dependiendo de si se está en reposo, caminando o corriendo.

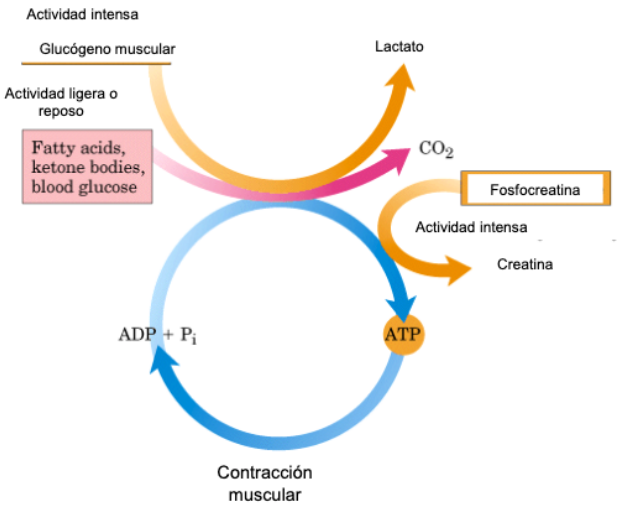
🏖️ **EN REPOSO O ACTIVIDAD LIGERA**

• **Principal fuente de energía**:
  • **Ácidos grasos (85%)**
  • También puede usar **cuerpos cetónicos**
  • Estos combustibles se oxidan para generar **acetil-CoA**, que entra en el **ciclo de Krebs** para producir **ATP**.
  • El músculo usa esta energía de forma lenta pero eficiente.

🚶 **ACTIVIDAD MODERADA**

• Se mantiene el uso de:
  • **Ácidos grasos**
  • **Cuerpos cetónicos**

• Y también empieza a usarse **glucosa** (desde la sangre o el glucógeno muscular).
• Sigue generándose acetil-CoA para entrar al ciclo de Krebs.

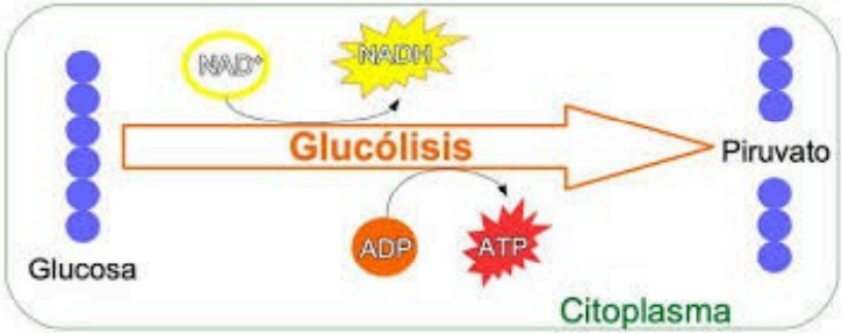


⚡ **ACTIVIDAD INTENSA / CONTRACCIÓN RÁPIDA**

• Aquí cambia completamente el panorama: el músculo necesita energía **rápida e inmediata**, para ello utiliza:

1. **Fosfocreatina**
• Es una reserva de energía de acción rápida.
• La **creatina quinasa** convierte fosfocreatina en **ATP** rápidamente.

2. **Glucógeno muscular**
• Se degrada por glucólisis, generando:
• **Piruvato** si hay oxígeno.
• **Lactato** si no hay oxígeno (glucólisis anaerobia), con ayuda de la enzima **lactato deshidrogenasa**.



3. **Glucosa de la sangre**, y en menor medida, **ácidos grasos y cuerpos cetónicos** si la actividad se alarga.
• Esta vía es menos eficiente, pero permite una **respuesta energética muy rápida**.

RESUMEN POR TIPO DE ACTIVIDAD

TIPO DE ACTIVIDAD	COMBUSTIBLES PRINCIPALES	RUTA ENERGÉTICA	OBSERVACIONES
Reposo	Ácidos grasos (85%), cuerpos cetónicos	β-oxidación + ciclo Krebs	Alta eficiencia, baja velocidad
Actividad moderada	AG + glucosa + cuerpos cetónicos	Oxidativa	Combinación eficiente
Actividad intensa (rápida)	Fosfocreatina, glucógeno, glucosa	Anaerobia + fosfocreatina	ATP rápido, pero agotamiento precoz

🚴 Veamos ahora un ejemplo del funcionamiento del metabolismo del músculo esquelético analizando un día práctico en la vida de una persona que va al gimnasio:

Supongamos que **Juan** es una persona joven y sana que:

- Desayuna a las 8:00.
- Va al trabajo en transporte público.
- A las 19:00 va al gimnasio y hace 45 minutos de entrenamiento:
- **20 minutos de cardio ligero** (cinta caminadora)
- **25 minutos de pesas** (esfuerzo intenso e intermitente)

Veamos cómo responde su **músculo esquelético** en distintas fases del día:

☀️ **Durante el día (reposo o actividad ligera)**

• Juan está **sentado o caminando tranquilamente**.
• **Combustible principal del músculo**:
→ **Ácidos grasos** (85%)
→ También algo de **cuerpos cetónicos**
• El músculo genera **ATP lentamente, pero con mucha eficiencia** usando la β-oxidación y el ciclo de Krebs.
• **¿Por qué no usa glucosa?** Porque **el cuerpo ahorra la glucosa** para órganos que la necesitan más, como el cerebro.

🚴 **19:00 – Cardio ligero (actividad moderada)**

• Juan hace **20 minutos en la cinta caminadora a ritmo constante**.
• Su músculo empieza a **mezclar combustibles**:
• **Ácidos grasos** (todavía predominantes)
• **Glucosa** (de la sangre y algo de glucógeno muscular)
• **Cuerpos cetónicos** si ha pasado mucho tiempo desde la última comida
• Aquí entra en acción la **fosforilación oxidativa**: se usa oxígeno, se produce ATP de forma sostenida.
• El músculo **no se fatiga rápidamente** porque tiene suficiente oxígeno.

🏋️ **19:20 – Pesas (actividad intensa)**

• Juan hace **ejercicios de fuerza**: sentadillas, press de banca, dominadas…
• Estos ejercicios requieren **energía inmediata**, así que el músculo usa:
• **Fosfocreatina** → Se convierte rápidamente en ATP (primeros segundos).
• **Glucógeno muscular** → Se degrada por **glucólisis anaerobia**, generando:
• **Piruvato**, que puede convertirse en **lactato** si no hay suficiente oxígeno.
• **No usa ácidos grasos** porque la β-oxidación es lenta y aquí se necesita energía ya.
• Como usa el ATP más rápido de lo que puede reponerlo, **aparece fatiga** muscular.

🔁 **Después del ejercicio**

• El músculo repone sus reservas:

  • **Recarga glucógeno** si Juan cena carbohidratos.

  • **Repara fibras musculares** (proteínas) si toma suficiente proteína.

• Aumenta el consumo de oxígeno (efecto "afterburn") para reponer fosfocreatina y eliminar el lactato acumulado.

🎯 **CONCLUSIÓN**

FASE DEL DÍA	COMBUSTIBLES USADOS	RUTA ENERGÉTICA	OBSERVACIONES
Reposo	Ácidos grasos, cuerpos cetónicos	Oxidativa (eficiente)	Uso mínimo de glucosa
Cardio ligero	AG + glucosa + CC	Fosforilación oxidativa	Equilibrio entre rendimiento y duración
Pesas (intenso)	Fosfocreatina, glucógeno	Anaerobia + rápida	ATP rápido, pero fatiga pronto

---

Vamos ahora con otro ejemplo práctico, esta vez centrado en una persona que corre una **maratón** (42 km). Este escenario es excelente para entender cómo el cuerpo cambia de combustible de forma progresiva durante un ejercicio **prolongado y de resistencia**.

🏃 **EJEMPLO PRÁCTICO: Laura corre una maratón**

Laura se ha preparado durante meses. Es domingo por la mañana y participa en una maratón. Desayunó 3 horas antes: hidratos de carbono (pan, fruta, zumo).

🕒 **Inicio de la carrera (primeros 10-15 minutos)**

• El músculo de Laura necesita energía **rápida** para el arranque.

• **Fuente principal de energía**:

  • **Glucógeno muscular**

  • Algo de **fosfocreatina** (primeros segundos)

  • Usa **glucólisis anaerobia** y luego **aerobia**.

  • Se produce algo de **lactato**, pero el cuerpo lo recicla.

🕒 **Minuto 15–40: cuerpo en ritmo de carrera**

• **Se estabiliza el esfuerzo**.

• El músculo empieza a cambiar hacia una mezcla de:

  • **Glucosa** (glucógeno muscular y de la sangre)

  • **Ácidos grasos**

  • La producción de ATP pasa a depender principalmente de la **fosforilación oxidativa**.

• Aquí es clave el **entrenamiento previo**: un músculo bien entrenado **usa más grasa** y **ahorra glucógeno**, lo que mejora el rendimiento.

🕒 **Minuto 40–90: el músculo entra en modo ahorro**

• El glucógeno muscular empieza a **disminuir**.

• Aumenta el uso de:

  • **Ácidos grasos**

  • **Glucosa hepática** (el hígado libera glucosa a la sangre)

  • El músculo sigue generando **acetil-CoA** a partir de estos combustibles → ATP.

• Si Laura ha entrenado bien, su **capacidad mitocondrial** y su **eficiencia en usar grasa** le dan ventaja.

🕒 **Después de los 90 minutos (kilómetro 25-30): riesgo de "el muro"**

• El glucógeno puede **agotar sus reservas**.
• El cuerpo depende casi exclusivamente de:
  • **Ácidos grasos**
  • **Cuerpos cetónicos** (si hay adaptación y ayuno prolongado previo)
• Este es el famoso "**muro del maratoniano**": la sensación de fatiga extrema y bajada de rendimiento cuando se termina el glucógeno.

💡 **¿Cómo evita Laura el muro?**

• Tomando geles o bebidas con **glucosa** cada 30-40 min.
• Así evita que baje demasiado el nivel de glucosa en sangre.
• Además, si ha hecho entrenamientos largos en ayunas, su cuerpo está más preparado para usar **grasa y cuerpos cetónicos**.

🧠 **Papel del cerebro**

• Aunque Laura está centrada en correr, su **cerebro** depende siempre de **glucosa**.
• Si el nivel de glucosa en sangre baja mucho, puede aparecer **mareo o desorientación**.
• Por eso el hígado también trabaja duro liberando glucosa (glucogenólisis o gluconeogénesis).

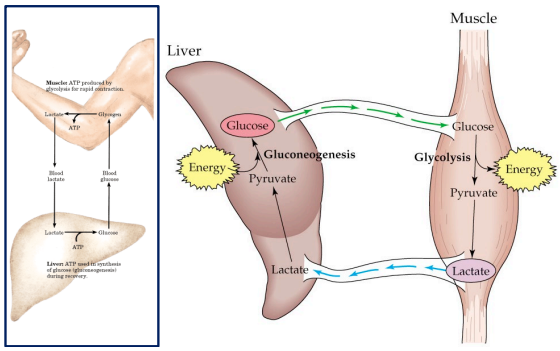
RECAPITULACIÓN METABÓLICA

FASE	COMBUSTIBLES PRINCIPALES	COMENTARIO
Inicio	Glucógeno + fosfocreatina	Alta demanda rápida
Ritmo constante	Glucosa + ácidos grasos	Equilibrio entre velocidad y duración
Largo plazo	Ácidos grasos + glucosa hepática + CC	Baja intensidad, alta eficiencia
Muro (sin glucosa)	Solo grasas y cuerpos cetónicos	Fatiga, lentitud, riesgo de hipoglucemia

---

⇒ CICLO DE CORI

📌 Este ciclo es un mecanismo que permite que el **músculo esquelético** continúe funcionando en condiciones de **esfuerzo intenso**, cuando **falta oxígeno** y el metabolismo es **anaerobio**.



🧪 **¿Qué ocurre durante el ejercicio intenso?**

1. El **músculo**:
   • Usa **glucosa** (procedente del glucógeno muscular) para generar ATP por **glucólisis anaerobia**.
   • Esto produce **piruvato**, que se convierte en **lactato**.
2. El **lactato**:
   • Se acumula en el músculo y pasa a la **sangre**.
   • Viaja hasta el **hígado**.
3. En el **hígado**:

• El lactato se convierte de nuevo en **piruvato**, y luego en **glucosa** mediante **gluconeogénesis**.
• Esta glucosa puede regresar a la sangre y volver al músculo.

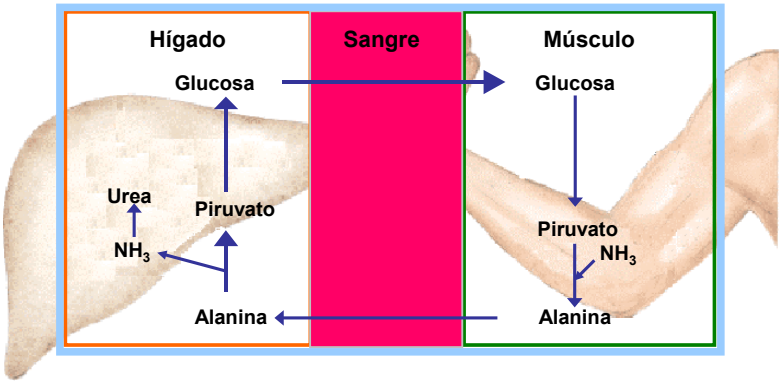
Este ciclo permite que el músculo **siga generando energía sin oxígeno**, pero a costa de un gran esfuerzo del hígado y con un **alto consumo de energía hepática**.

🔁 CICLO DE LA GLUCOSA–ALANINA

📌 Este otro ciclo ocurre especialmente durante el **ayuno prolongado** o **ejercicio sostenido**. Permite que el músculo se deshaga del **nitrógeno tóxico** de los aminoácidos y al mismo tiempo **aporte carbono al hígado** para fabricar glucosa.

🧪 ¿Cómo funciona?

1. En el **músculo**:
   • Las **proteínas** musculares se degradan en **aminoácidos**.
   • Estos aminoácidos transfieren su grupo amino (–NH_2) al **piruvato** (producto de la glucólisis), formando **alanina**.
   • La **alanina** viaja por la sangre hasta el **hígado**.



2. En el **hígado**:
   • La **alanina** se transforma en **piruvato** (aportando carbono) y libera **amoníaco (NH_3)**.
   • El piruvato se usa para hacer **glucosa** (gluconeogénesis).
   • El NH_3 se convierte en **urea** y se elimina por el riñón.
3. La **glucosa fabricada** vuelve a la sangre y puede ser reutilizada por el músculo.

¿QUÉ APORTAN ESTOS CICLOS AL MÚSCULO?

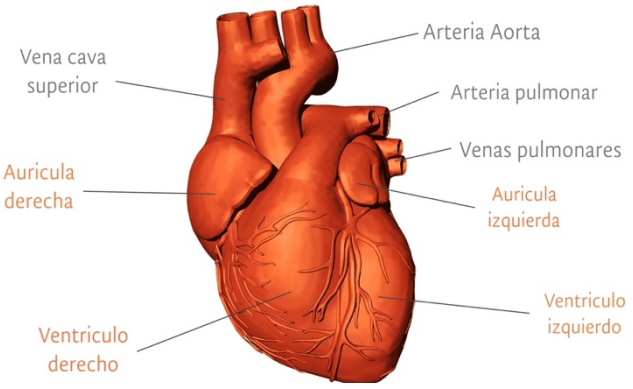
Ciclo	¿Qué permite al músculo?	¿Qué hace el hígado?
Ciclo de Cori	Seguir generando ATP sin oxígeno	Convierte lactato en glucosa (requiere ATP)
Ciclo glucosa–alanina	Eliminar nitrógeno y aportar carbono al hígado	Hace glucosa y urea a partir de alanina

---

⇒ ❤️ MÚSCULO CARDÍACO: ENERGÍA PARA LATIR SIN PARAR

⚙️ Características:

• Está en **actividad continua**: contracción y relajación constantes.
• Tiene un metabolismo **aeróbico permanente**, con **alta densidad mitocondrial**.



🛢️ Combustibles:

• **Glucosa**
• **Ácidos grasos**
  • También puede usar **cuerpos cetónicos**
• Tiene una **reserva rápida**: la **fosfocreatina**

⚠️ **En situaciones de falta de oxígeno:**
• Si hay **trombosis o aterosclerosis**, disminuye el oxígeno → **infarto de miocardio**.
• Cuando baja el oxígeno, pero no llega a infarto → **dolor torácico (angina)**.

⇒ 🩸 SANGRE: SISTEMA DE TRANSPORTE

La sangre **no produce energía**, pero es **esencial para la conexión entre órganos**. Funciona como un sistema de distribución y comunicación.

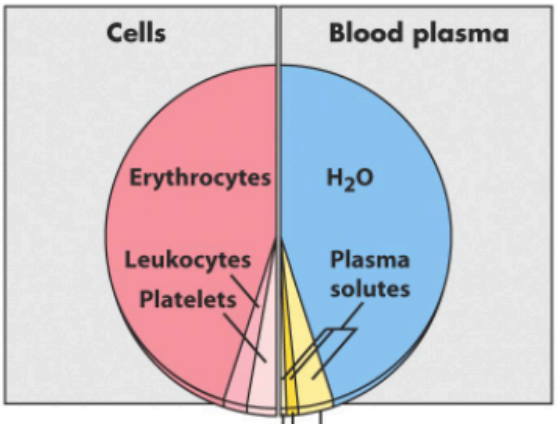
🔄 **Funciones metabólicas:**
• **Transporta nutrientes**:
→ Del intestino al hígado
→ Del hígado y tejido adiposo a otros órganos
• **Intermediaria entre tejidos**: permite que los productos de un órgano lleguen a otro.
• **Transporta oxígeno** desde los pulmones a los tejidos y **CO_2** desde los tejidos a los pulmones.
• **Lleva hormonas** desde el lugar donde se producen hasta donde actúan.
• **Retira productos de desecho** y los lleva a los riñones para su eliminación.

Ver de manera clara como es la **composición de la sangre** es una parte fundamental para comprender cómo se transportan y distribuyen sustancias en el cuerpo.

⇒ COMPOSICIÓN DE LA SANGRE

La sangre se puede **centrifugar** para separarla en dos grandes partes:

1. Células sanguíneas (parte izquierda del gráfico):
• **Eritrocitos (glóbulos rojos)**: transportan oxígeno.
• **Leucocitos (glóbulos blancos)**: defensa inmunitaria.
• **Plaquetas**: intervienen en la coagulación.



2. Plasma sanguíneo (parte derecha del gráfico):
Está compuesto en su mayoría por **agua (H_2O)**, y un **10% de solutos**. Estos solutos se dividen en:

🔷 **A. Componentes inorgánicos (10%)**
• Sales minerales y electrolitos como:
• **NaCl (sal común)**
• **Bicarbonato, fosfato**
• **Calcio ($CaCl_2$), magnesio ($MgCl_2$), potasio (KCl), sulfato (Na_2SO_4)**

Sirven para mantener el equilibrio osmótico, el pH y la actividad eléctrica de las células.

🟡 **B. Metabolitos orgánicos y productos de desecho (20%)**
• Sustancias clave del metabolismo:
• **Glucosa**
• **Aminoácidos**
• **Lactato, piruvato**
• **Cuerpos cetónicos**
• **Citrato, urea, ácido úrico**

Estas moléculas reflejan el estado metabólico del cuerpo. Algunas, como la urea y el ácido úrico, deben eliminarse por el riñón.

🟠 **C. Proteínas plasmáticas (70%)**

Incluyen:

- **Albúmina**: mantiene la presión osmótica y transporta sustancias.
- **Lipoproteínas**: transportan lípidos (VLDL, LDL, HDL).
- **Inmunoglobulinas**: defensa inmunitaria.
- **Fibrinógeno y protrombina**: coagulación.
- **Proteínas transportadoras especializadas** como **transferrina** (transporta hierro).

🧪 **Otros componentes del plasma (en pequeñas cantidades):**

- **Metabolitos**
- **Enzimas**
- **Hormonas**
- **Vitaminas**
- **Oligoelementos** (zinc, hierro, etc.)
- **Pigmentos biliares**

🧠 **Importancia clínica**

La medición de estas sustancias permite:

- Evaluar el estado nutricional, hormonal o metabólico.
- Diagnosticar enfermedades (como diabetes, insuficiencia renal, deshidratación, etc.).
- Hacer seguimientos terapéuticos.

⇒ 🧠 **CEREBRO: CENTRO DE CONTROL CON ALTA DEMANDA ENERGÉTICA**

⚡ **Características:**

- Usa **glucosa** como principal fuente de energía (120–150 g/día).
- Tiene un **metabolismo oxidativo muy activo**: consume el **20% del oxígeno del cuerpo**.
- **No almacena glucógeno**, así que depende de la **glucosa sanguínea** constantemente.
- En estado de **inanición** (ayuno muy prolongado), **usa cuerpos cetónicos** como combustible alternativo.



🧬 **Funciones metabólicas:**

- La energía se usa para mantener:
- La **comunicación entre neuronas**
- El **potencial de membrana** (movimiento de iones)
- También **recibe señales** del ambiente y del cuerpo y **envía órdenes** a otros órganos.

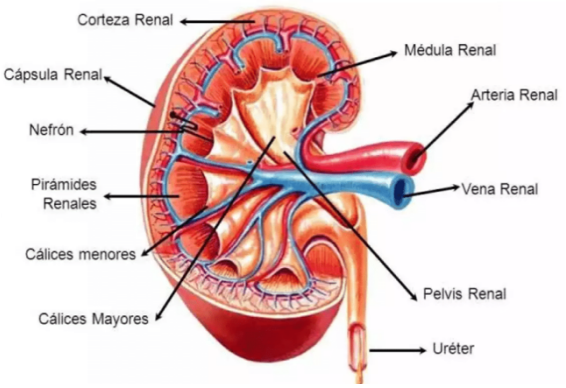
⚠️ **Situaciones críticas:**

- Si falta glucosa u oxígeno → puede ocurrir **daño cerebral irreversible**.

⇒ 🫘 **RIÑÓN: EXCRECIÓN Y REGULACIÓN**

🧪 **Funciones principales:**

- **Filtra el plasma**: unas **60 veces al día**.
- **Produce orina** → elimina productos de desecho.
- **Mantiene el pH sanguíneo**:
  - Regenerando **bicarbonato**
  - Eliminando **protones (H^+)**, especialmente en acidosis.

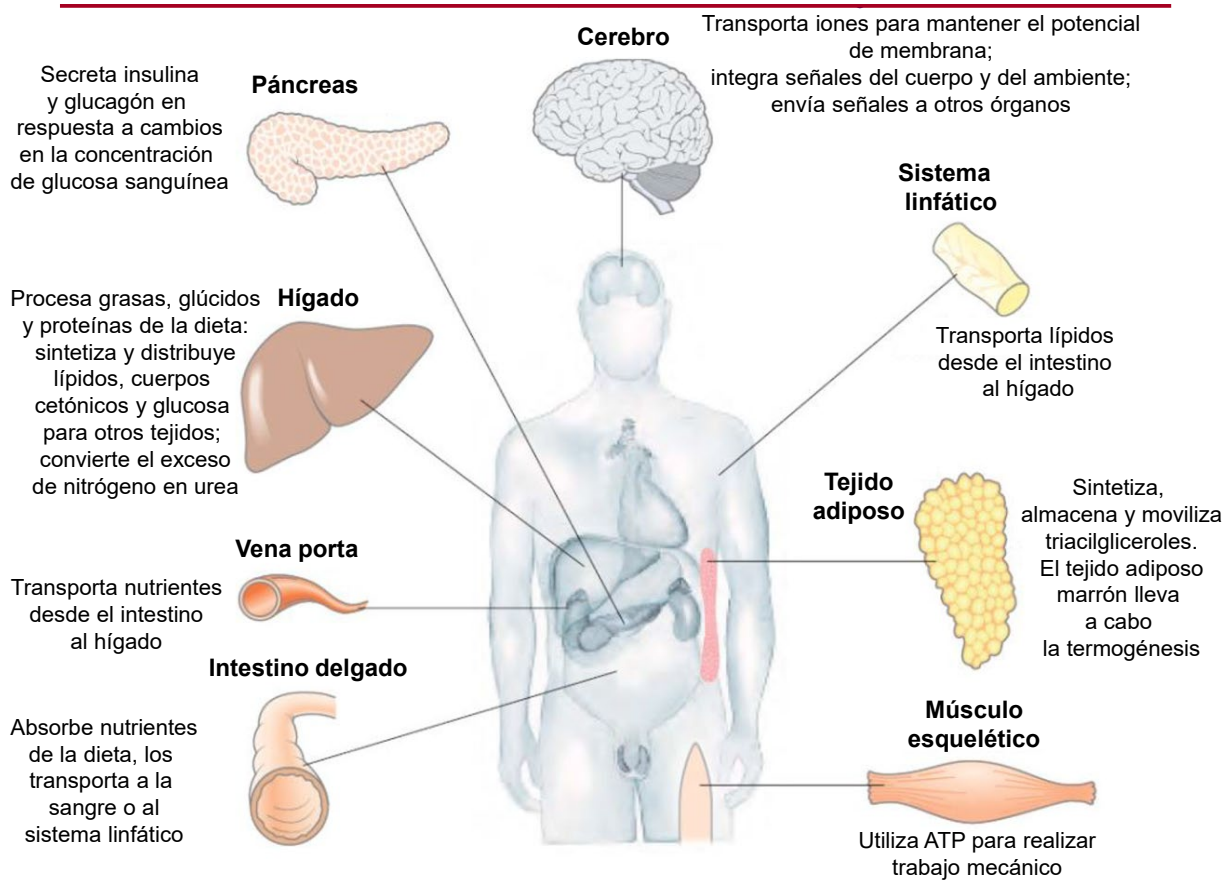


Metabolismo:

• Utiliza **glucosa, ácidos grasos y cuerpos cetónicos** como fuente de energía.
• **Consume el 10% del oxígeno corporal.**
• **En ayuno**, es un órgano **gluconeogénico importante**: puede llegar a producir hasta **la mitad de la glucosa sanguínea**.
• También produce **amoníaco** (NH_3) para ayudar a eliminar protones.

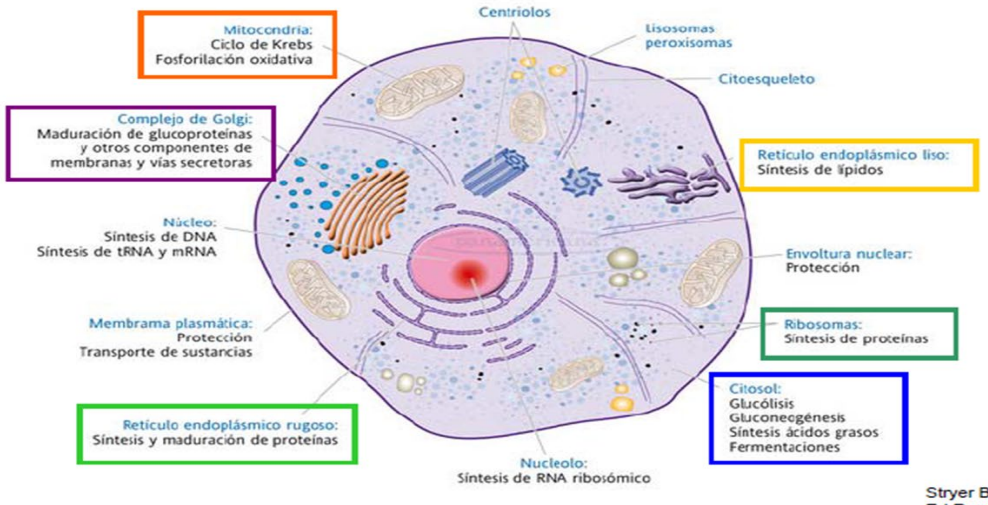
Resumen del Metabolismo Específico por Tejidos

Tejido / Órgano	Combustibles principales	Funciones metabólicas clave	Características destacadas
Hígado	Ácidos grasos, aminoácidos, glucosa (postprandial)	Regula glucemia, síntesis y distribución de nutrientes, detoxificación	Centro regulador, adapta su metabolismo
Tejido adiposo blanco	Ácidos grasos, glucosa	Almacén energético, secreción de adipocinas	Una gran gota de grasa, respuesta hormonal rápida
Tejido adiposo marrón	Ácidos grasos, triglicéridos	Termogénesis, producción de calor	Muchas mitocondrias, alta vascularización
Músculo esquelético	Glucosa, ácidos grasos, cuerpos cetónicos	Contracción, metabolismo adaptable al esfuerzo	Fibra roja (lenta) y blanca (rápida), ciclo de Cori y alanina
Cerebro	Glucosa (cuerpos cetónicos en inanición)	Consumo constante de glucosa/O2, señalización neuronal	Alto consumo de oxígeno, muy poca reserva interna
Riñón	Glucosa, ácidos grasos, cuerpos cetónicos	Excreción, regulación de pH, gluconeogénesis en ayuno	Filtra 60 veces/día, produce amoniaco en acidosis
Corazón	Ácidos grasos, glucosa, cuerpos cetónicos	Bombeo continuo, metabolismo aeróbico permanente	Alta densidad mitocondrial, vulnerable a hipoxia
Sangre	No usa combustibles (transporta)	Transporta nutrientes, gases, hormonas y desechos	Medio de comunicación metabólica entre órganos



Tejido	Principales combustibles
Hígado	Utiliza preferentemente ácidos grasos y aminoácidos y solamente utiliza glucosa en el periodo postprandial No utiliza cuerpos cetónicos Principal sitio de síntesis de ácidos grasos, triacilgliceroles y cuerpos cetónicos
Tejido adiposo	Utiliza ácidos grasos como combustible y glucosa en el periodo postprandial Recoge ácidos grasos (sintetizados en hígado) para síntesis de triacilgliceroles Necesita algo de glucosa para síntesis de triacilgliceroles
Músculo	Utiliza glucosa, ácidos grasos y, en menor medida, cuerpos cetónicos Utiliza aminoácidos producto de la degradación de proteínas Hace glucogenolisis pero no exporta glucosa a la sangre
Cerebro	Utiliza preferentemente glucosa, que oxida completamente a CO_2 Sintetiza poco glucógeno En caso de ausencia de glucosa se adapta con el tiempo a utilizar cuerpos cetónicos No puede usar ácidos grasos como combustible
Riñón	Utiliza glucosa, ácidos grasos y cuerpos cetónicos Consume bastante energía en la reabsorción de nutrientes de la orina Activo en gluconeogénesis en caso de ayunas
Intestino	El intestino delgado usa preferentemente glutamina como combustible y los colonocitos también usan ácidos grasos de cadena corta producidos por la flora bacteriana
Eritrocitos	Solamente utilizan glucosa como fuente de energía y sólo hacen glucólisis anaerobia

Localización de algunas Rutas Metabólicas en una Célula Eucariota



Stryer Bioquímica 6ª ed
Ed Reverté

En las células eucarióticas, la existencia de dieferentes compartimentos intracelulares (orgánulos) permite la distribución espacial de las rutas metabólicas entre dichos compartimentos, favoreciendo el control de los procesos metabólicos.

TEJIDO	COMBUSTIBLE ALMACENADO	COMBUSTIBLE PREFERIDO	COMBUSTIBLES EXPORTADOS
CEREBRO	Ninguno	Glucosa (O_2) Inanición: Cuerpos cetónicos	Ninguno
MÚSCULO ESQUELÉTICO (reposo)	Glucógeno	Ácidos grasos	Ninguno
MÚSCULO ESQUELÉTICO (ejercicio)	Ninguno Reserva: Creatina fosfato	Glucosa Inanición: Proteínas	Lactato Alanina
MÚSCULO CARDÍACO	Ninguno	Ácidos grasos (O_2) También: Glucosa, Lactato y cuerpos cetónicos	Ninguno
TEJIDO ADIPOSO	Triacilglicéridos (sensor de glucosa)	Ácidos grasos	Ácidos grasos Glicerol
HÍGADO	Glucógeno Triacilglicéridos (regula la [Glucosa])	Aminoácidos Glucosa Ácidos grasos	Ácidos grasos Glucosa Cuerpos cetónicos
SANGRE	Transporta: Lipoproteínas, O_2, hormonas, y productos (urea)		