

# Nutrición y Dietética en Colectivos Específicos

## Parte II. Nutrición y Dietética en el Deporte

### Tema 8. Producción de energía durante el ejercicio

**Dra. M. Arroyo Izaga**

Dpto. Farmacia y Ciencias de los Alimentos. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)



Fotografía de Håkan Dahlström  
(publicada en Fotopedia con licencia )  
<http://es.fotopedia.com/items/flickr-252549185>



Fotografía de C-Serpents  
(publicada en Flickr con licencia )  
<http://www.fotopedia.com/items/flickr-935634264>

---

# ÍNDICE

1. Sistemas energéticos que se utilizan para la contracción muscular
  2. Fuentes de energía durante el ejercicio
  3. Efectos de la duración e intensidad del ejercicio sobre la utilización metabólica de los depósitos energéticos
  4. Fatiga: mecanismos de aparición y prevención
-

# Sistemas energéticos

- Ejercicio: ↑ demanda energética.
- Intensidad del ejercicio → Sist. de energía.  
(ritmo o velocidad)

## POTENCIA



- 100 m
- Máxima velocidad
- Mínimo tiempo
- Gasto E:
  - gran potencia



- Elevado ritmo de producción de ATP

Fotografía de José Goulão

(publicada en Fotopedia con licencia  BY-NC)

<http://es.fotopedia.com/items/josegoulao-sdTOVo3g6Bo>

## RESISTENCIA



- Largas distancias
- Gasto E:
  - baja potencia
  - resistencia



- Ritmo inferior de producción de ATP
- Producción durante más tiempo

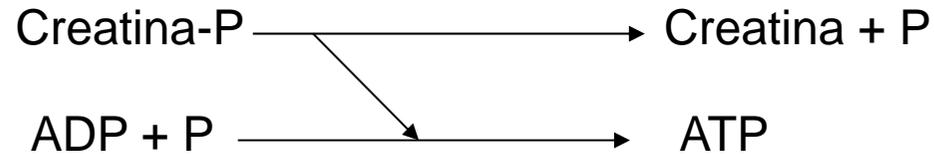
Fotografía de William Murphy

(publicada en Fotopedia con licencia  BY-SA)

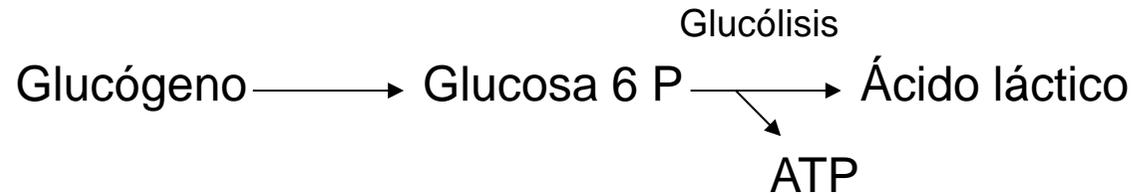
<http://fr.fotopedia.com/items/flickr-4046616959>

# Producción de energía

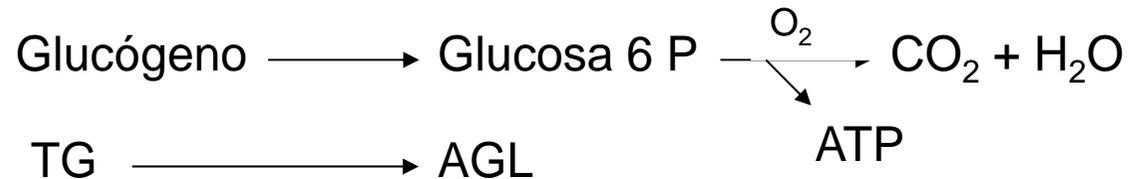
ATP-CP



Glucolítico  
anaeróbico



Oxidativo  
aeróbico



*Adaptación de González J et al. Nutrición en el deporte. Ayudas ergogénicas y dopaje.  
Díaz de Santos, 2006; 148.*

- Duración, intensidad y tipo de activ. física

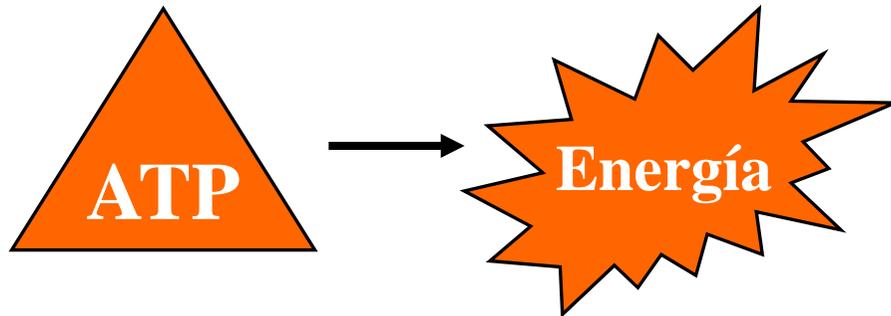
# Características de los sistemas de energía

	ATP-PC	Glucólisis anaeróbica	Aeróbico	
Fuente de energía Principal	ATP, fosfocreatina	Hidratos de carbono	Hidratos de carbono	Grasa
Nivel de Intensidad	Máximo	Alto	Inferior	Mínimo
Ritmo de producción de ATP	Máximo	Alto	Inferior	Mínimo
Producción de Potencia	Máxima	Alta	Inferior	Mínima
Capacidad para la producción de ATP total	Mínima	Baja	Alta	Máxima
Capacidad de Resistencia	Mínima	Baja	Alta	Máxima
Necesidad de Oxígeno	No	No	Sí	Sí
Anaeróbico/ aeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico	Aeróbico	Aeróbico
Deporte característico	100 m lisos	400-800 m	Carrera de 5000 m (5 km)	Largas distancia
Factor tiempo	1-10 segundos	10-120 segundos	≥ 5 min.	Horas

Adaptación de Williams MH. Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. Editorial Paidotribo. Barcelona, 2002.

---

# ATP



- ❑ *Moneda energética* de la célula.
  - ❑ Cantidades limitadas:  $\approx 84$  g o 4 - 6 mmol/kg.
  - ❑ Energía para algunos segundos de ejercicio (baja rentabilidad energética).
-

# Sistema ATP-CP

- Gran potencia.
- Limitado debido a la [CP] en músculos.



Fotografía de Tim Wang  
(publicada en Fotopedia con licencia  BY-SA)  
<http://simple.fotopedia.com/items/flickr-3995288756>



Fotografía de StarObs  
(publicada en Flickr con licencia  BY-NC-SA)  
<http://www.fotopedia.com/items/flickr-4811540814>

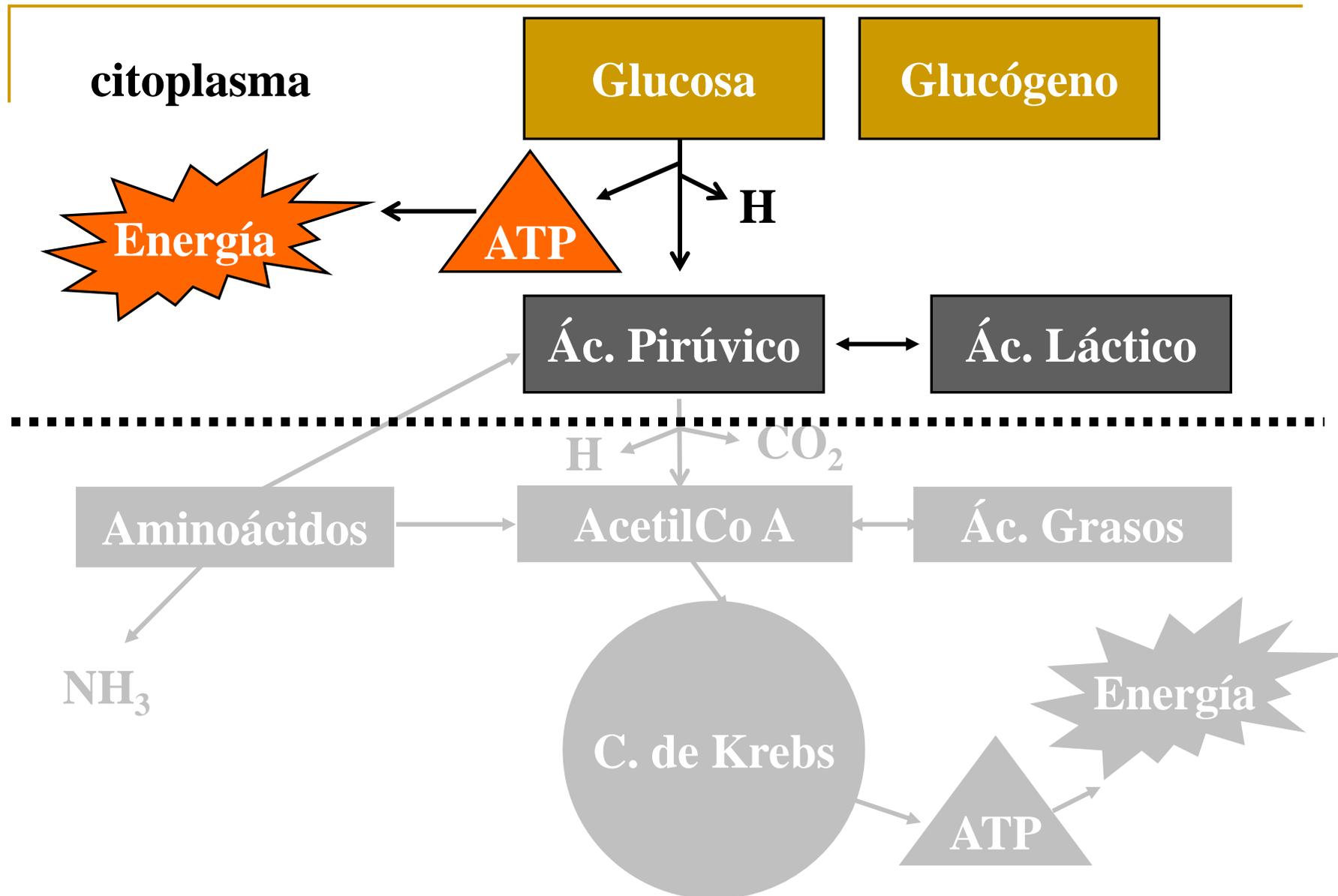
Esfuerzo máximo durante 5-8"

> 8" → fuente adicional de energía

# Características de los sistemas de energía

	ATP-PC	Glucólisis anaeróbica	Aeróbico	
Fuente de energía Principal	ATP, fosfocreatina	Hidratos de carbono	Hidratos de carbono	Grasa
Nivel de Intensidad	Máximo	Alto	Inferior	Mínimo
Ritmo de producción de ATP	Máximo	Alto	Inferior	Mínimo
Producción de Potencia	Máxima	Alta	Inferior	Mínima
Capacidad para la producción de ATP total	Mínima	Baja	Alta	Máxima
Capacidad de Resistencia	Mínima	Baja	Alta	Máxima
Necesidad de Oxígeno	No	No	Sí	Sí
Anaeróbico/ aeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico	Aeróbico	Aeróbico
Deporte característico	100 m lisos	400-800 m	Carrera de 5000 m (5 km)	Largas distancia
Factor tiempo	1-10 segundos	10-120 segundos	≥ 5 min.	Horas

Adaptación de Williams MH. Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. Editorial Paidotribo. Barcelona, 2002.



ATP, trifosfato de adenosina; CoA, coenzima A

# Glucolisis anaeróbica

- Cantidad de ATP relativamente pequeña (eficiencia del 30%).
- Durante un esfuerzo máximo de 60-120".

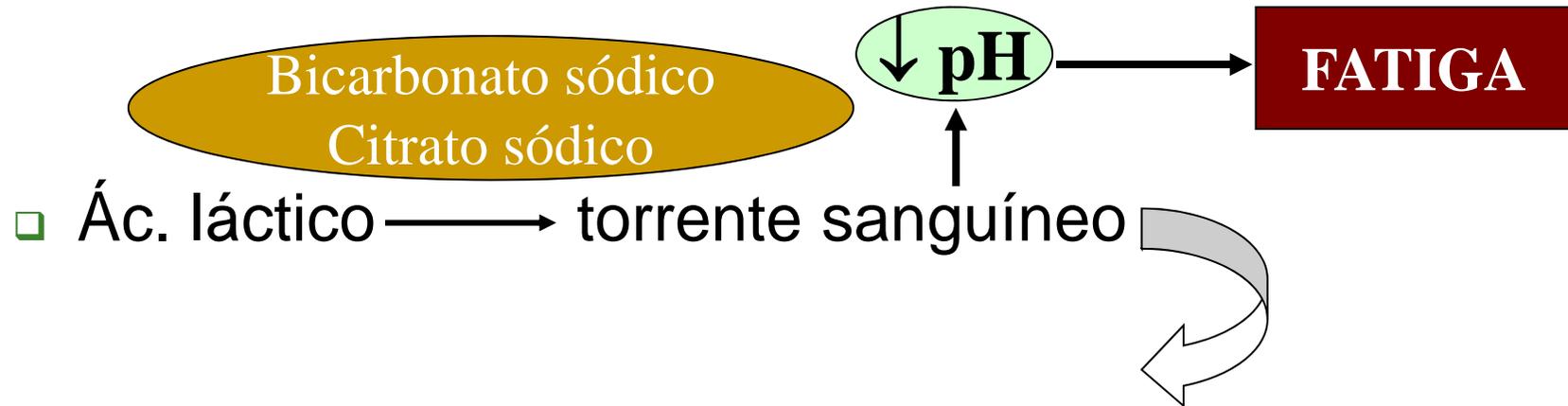
Energía



Fotografía de Marcus Revertgat  
(publicada en Fotopedia con licencia )

<http://es.fotopedia.com/items/100c5f32-5854-41e8-90f5-d68f9b739ab8>

# Ácido láctico y fatiga



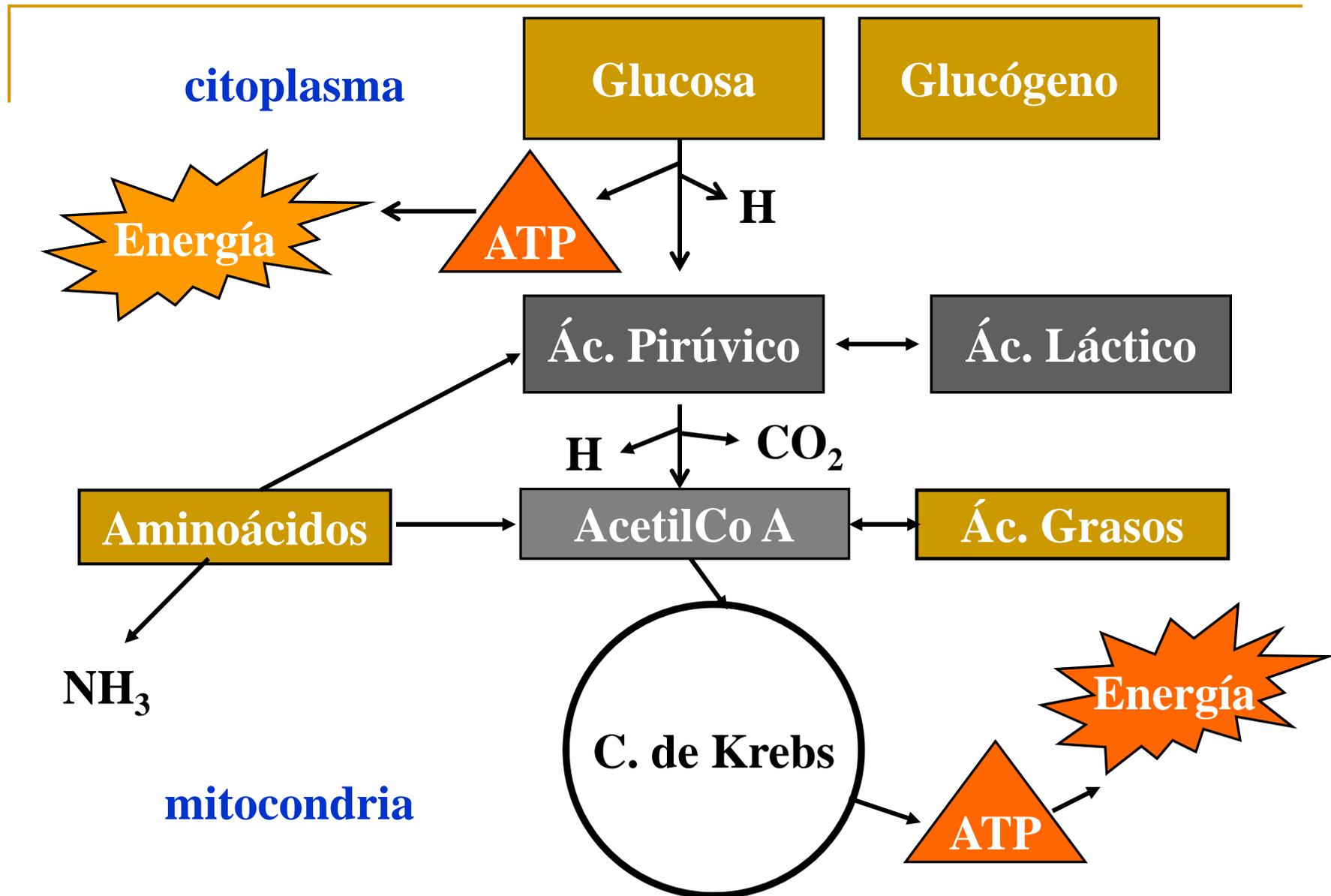
- Cambio en el pH intracelular: acidosis metabólica
  - impidiendo el intercambio de iones,
  - desequilibrios electrolíticos.

- Afectación de las propiedades contráctiles del músculo y a la generación de energía,
- Pérdida de coordinación inter e intramuscular.

# Características de los sistemas de energía

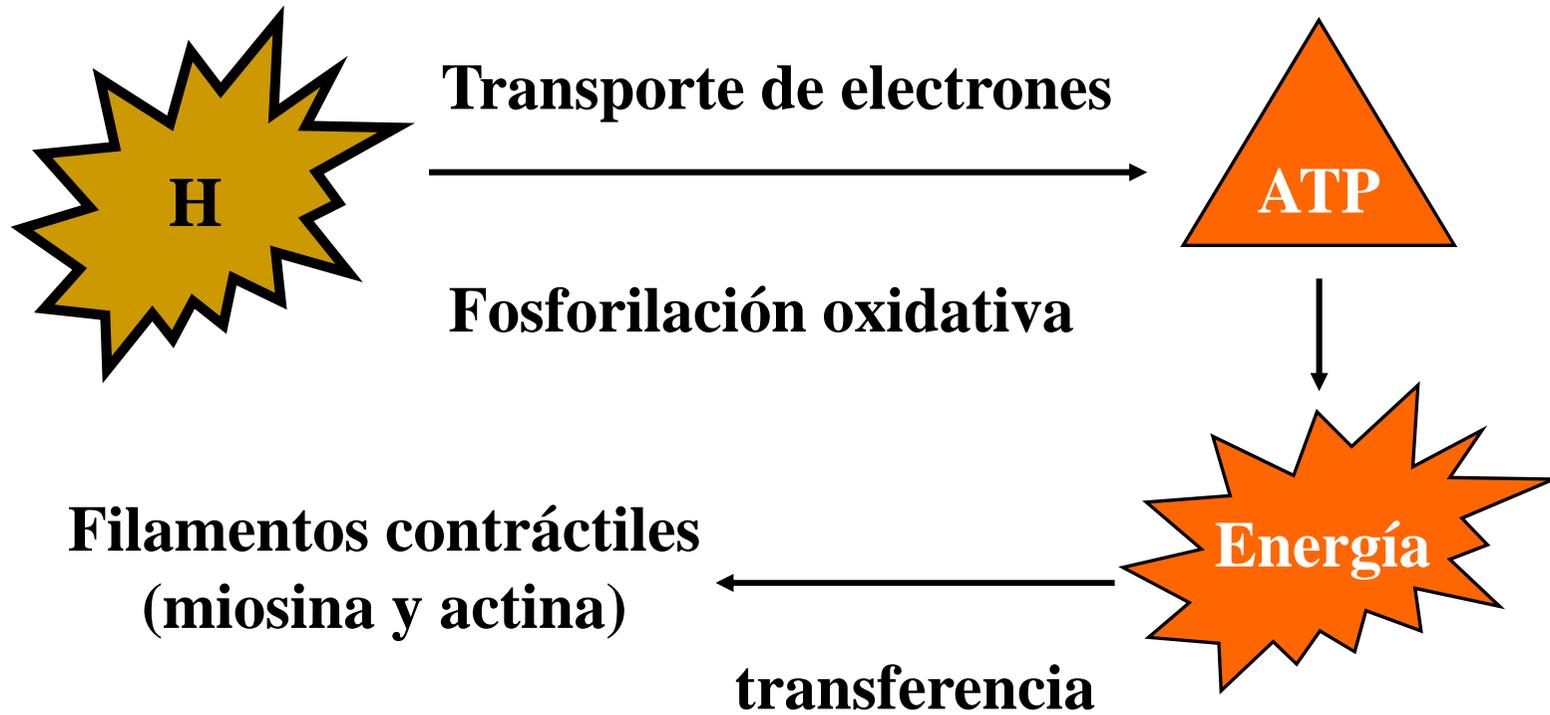
	ATP-PC	Glucolisis anaeróbica	Aeróbico	
Fuente de energía Principal	ATP, fosfocreatina	Hidratos de carbono	Hidratos de carbono	Grasa
Nivel de Intensidad	Máximo	Alto	Inferior	Mínimo
Ritmo de producción de ATP	Máximo	Alto	Inferior	Mínimo
Producción de Potencia	Máxima	Alta	Inferior	Mínima
Capacidad para la producción de ATP total	Mínima	Baja	Alta	Máxima
Capacidad de Resistencia	Mínima	Baja	Alta	Máxima
Necesidad de Oxígeno	No	No	Sí	Sí
Anaeróbico/ aeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico	Aeróbico	Aeróbico
Deporte característico	100 m lisos	400-800 m	Carrera de 5000 m (5 km)	Largas distancia
Factor tiempo	1-10 segundos	10-120 segundos	≥ 5 min.	Horas

Adaptación de Williams MH. Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. Editorial Paidotribo. Barcelona, 2002.



ATP, trifosfato de adenosina; CoA, coenzima A

# Sistema aeróbico



# Sistema aeróbico

- **Alta rentabilidad energética**

- **Limitado por:**

- disponibilidad de sustrato,
- aporte de  $O_2$ ,
- disponibilidad de coenzimas.

**Nivel de  
condición física**

↑ intensidad y/o duración de un ejercicio →  
capacidad del sistema cardiovascular para aportar  $O_2$   
se vuelve un factor limitante

---

# ÍNDICE

1. Sistemas energéticos que se utilizan para la contracción muscular

2. Fuentes de energía durante el ejercicio

3. Efectos de la duración e intensidad del ejercicio sobre la utilización metabólica de los depósitos energéticos

4. Fatiga: mecanismos de aparición y prevención

---

# Características de los sistemas de energía

	ATP-PC	Glucolisis anaeróbica	Aeróbico	
Fuente de energía Principal	ATP, fosfocreatina	Hidratos de carbono	Hidratos de carbono	Grasa
Nivel de Intensidad	Máximo	Glucógeno muscular	Glucógeno muscular, hepático, glucosa sanguínea	TG muscular
Ritmo de producción de ATP	Máximo	Alto	Inferior	Mínimo
Producción de Potencia	Máxima	Alta	Inferior	Mínima
Capacidad para la producción de ATP total	Mínima	Baja	Alta	Máxima
Capacidad de Resistencia	Mínima	Baja	Alta	Máxima
Necesidad de Oxígeno	No	No	Sí	Sí
Anaeróbico/ aeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico	Aeróbico	Aeróbico
Deporte característico	100 m lisos	400-800 m	Carrera de 5000 m (5 km)	Largas distancia
Factor tiempo	1-10 segundos	10-120 segundos	≥ 5 min.	Horas

Adaptación de Williams MH. Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. Editorial Paidotribo. Barcelona, 2002.

---

# Fuentes de energía durante el ejercicio

- ❑ Condición física
  - ❑ Dieta
  - ❑ Intensidad
  - ❑ Duración
-

---

# Fuentes de energía durante el ejercicio

## ■ Condición física:

- Sistema cardiovascular → aporte de  $O_2$
  - ↑ nº de mitocondrias,
  - ↑ niveles de enzimas del sistema aeróbico
- } ↑ metabolismo de ácidos grasos

## ■ Dieta:

- Grasa corporal: ejercicios prolongados.
- Dietas ricas en grasas:
  - Enfermedades cardiovasculares
  - Menores reservas de glucógeno

↓  
Menor resistencia y capacidad física

---

---

# Fuentes de energía durante el ejercicio

- ❑ Condición física
- ❑ Dieta
- ❑ Intensidad
- ❑ Duración



---

# ÍNDICE

1. Sistemas energéticos que se utilizan para la contracción muscular
  2. Fuentes de energía durante el ejercicio
  3. Efectos de la duración e intensidad del ejercicio sobre la utilización metabólica de los depósitos energéticos
  4. Fatiga: mecanismos de aparición y prevención
-

---

# Efectos de la intensidad del ejercicio



Tipo de combustible

- Clasificación del ejercicio:
    - a) de gran intensidad
    - b) de intensidad moderada
    - c) de intensidad moderada-baja
-

# Ejercicios de gran intensidad

- ❑ Vía anaeróbica (el cuerpo no puede extraer suficiente  $O_2$ ).
- ❑ Glucógeno  $\rightarrow$  glucosa (anaerobiosis)  $\rightarrow$

Energía

RIESGO: agotamiento del glucógeno muscular antes de concluir el evento.



Fotografía de HalfCrazyGirl

(publicada en Flickr con licencia  BY-NC-ND)

<http://www.fotopedia.com/items/flickr-361162497>

Accesos intermitentes de movimientos de gran intensidad y ejercicios de carrera



Fotografía de Angela Radulescu

(publicada en Flickr con licencia  BY-NC-SA)

<http://es.fotopedia.com/items/flickr-3031567234>

# Ejercicios de intensidad moderada

- ~ 50%  $E_{\text{total}}$  ← degradación anaeróbica del glucógeno muscular.
- ~ 50%  $E_{\text{total}}$  ← degradación aeróbica de glucosa y ácidos grasos sanguíneos.



Fotografía de Chris Willis  
(publicada en Fotopedia con licencia )

<http://www.fotopedia.com/items/flickr-4493696552>

---

# Ejercicios de intensidad moderada-baja

- Mayor utilización de ácidos grasos para producir energía.

Ácidos grasos no pueden suministrar ATP durante ejercicios de gran intensidad:

- la grasa no puede degradarse rápidamente,
  - la grasa proporciona menos energía / L de O<sub>2</sub> consumido.
-

---

# Efectos de la duración del ejercicio

- > duración: > contribución de las grasas  
> dependencia metab. aeróbico
- Ultra-resistencia (>6 h) → 60-70% de la energía total



Fotografía de Romain Vignes

(publicada en Fotopedia con licencia  BY-NC-SA)

<http://www.fotopedia.com/items/flickr-6053415641>

---

**Triatlón ironman**  
3900 m de natación,  
180 km de ciclismo y  
42 km de carrera a pie

---

# ÍNDICE

1. Sistemas energéticos que se utilizan para la contracción muscular
  2. Fuentes de energía durante el ejercicio
  3. Efectos de la duración e intensidad del ejercicio sobre la utilización metabólica de los depósitos energéticos
  4. Fatiga: mecanismos de aparición y prevención
-

---

# Causas de fatiga

- Psicológica (depresión mental)
- Fisiológica
- Incapacidad para continuar realizando un ejercicio al nivel de intensidad deseado.



- Mec. de defensa  Prevenir lesiones irreversibles



# ¿Cómo retrasar la aparición de fatiga?

- Correcto entrenamiento (fisiológico, psicológico y biomecánico).
- Alimentación adecuada.



Fotografía de William Murphy  
(publicada en Fotopedia con licencia  BY-SA)  
<http://fr.fotopedia.com/items/flickr-4046616959>

## Posibles causas de fatiga:

- Agotamiento del glucógeno muscular
- Hipoglucemia
- Deshidratación
- Hiponatremia

---

# ¿Cómo retrasar la aparición de fatiga?

- Ejercicio aeróbico moderado-fuerte:
    - CH (fuente principal de energía).
  - Posibles causas de fatiga:
    - Disminución de los niveles de glucemia
    - Reducción del volumen sanguíneo debido a deshidratación
    - Reducción del efecto refrigerante (hipertermina) debido a deshidratación
-

---

# ¿Cómo retrasar la aparición de fatiga?

- Ejercicio de alta intensidad
    - 1-2 min.
  - Posibles causas de fatiga:
    - Aumento de los iones hidrógeno por producción excesiva de ácido láctico.
-

# ¿Cómo retrasar la aparición de fatiga?

- Ejercicio de alta intensidad
  - 5-10''
- Posibles causas de fatiga:
  - Disminución de los niveles de fosfocreatina.



Fotografía de Jean-Max Reymon  
(publicada en Fotopedia con licencia  BY-NC-SA)  
<http://www.fotopedia.com/items/jmax-ER10hcagr60>

# Ayudas ergogénicas nutricionales que pueden influir en el retraso de la fatiga

- **Aporte de sustratos energéticos:**
  - Carbohidratos: sustrato energético para la glucólisis aeróbica.
  - Creatina: sustrato para la formación de fosfocreatina.
- **Mejora de las vías metabólicas que generan energía:**
  - Vitaminas B: las coenzimas de la glucólisis aeróbica y anaeróbica.
  - Carnitina: sustrato enzimático que facilita el metabolismo de las grasas.
- **Aumento de la función cardiovascular-respiratoria:**
  - Hierro: sustrato para la formación de Hb y transporte de O<sub>2</sub>.
  - Glicerol: sustrato para aumentar el volumen sanguíneo.
- **Aumento del tamaño o del número de las células que generan energía:**
  - Arginina y ornitina: aa que estimulan la producción de la hormona del crecimiento.
  - Cromo: mejora la actividad de la insulina.

*Adaptación de Williams MH. Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. Editorial Paidotribo. Barcelona, 2002.*

---

# Ayudas ergogénicas nutricionales que pueden influir en el retraso de la fatiga

- **Atenuar la fatiga asociada a los productos intermedios del metabolismo:**
  - Sales de aspartato: aminoácido que mitigan la producción de amoníaco.
  - Bicarbonato sódico: efecto tampón que reduce los efectos del ácido láctico.
- **Prevención del catabolismo de las células que generan energía:**
  - Antioxidantes: previenen la oxidación de las membranas celulares.
  - HMB (hidroximetilbutirato): producto intermedio del metabolismo de los aa que previenen la degradación de las proteínas.
- **Mejora de la función psicológica:**
  - Aminoácidos de cadena ramificada: aminoácidos que modifican favorablemente la producción de neurotransmisores.
  - Colina: sustrato para la formación de acetilcolina.

*Adaptación de Williams MH. Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. Editorial Paidotribo. Barcelona, 2002.*

---

---

# ÍNDICE

1. Sistemas energéticos que se utilizan para la contracción muscular
  2. Fuentes de energía durante el ejercicio
  3. Efectos de la duración e intensidad del ejercicio sobre la utilización metabólica de los depósitos energéticos
  4. Fatiga: mecanismos de aparición y prevención
-

---

## Tema 8. Producción de energía durante el ejercicio

### CONCEPTOS CLAVE

- Los sist. energéticos del ATP-PC y del ácido láctico se utilizan principalmente en ejercicios rápidos y de fuerza.
  - El sistema aeróbico se utiliza principalmente en ejercicios de resistencia.
  - Las grasas son el combustible principal cuando se realiza ejercicio moderado, mientras que los carbohidratos lo son cuando aumenta la intensidad del ejercicio.
  - Un programa de entrenamiento completo y una alimentación adecuada son factores muy importantes para prevenir la fatiga durante el ejercicio.
-