



# **ISUOG Entrenamiento Básico**

## **Principios del Ultrasonido Doppler**

# Objetivos del aprendizaje

- Al finalizar esta sesión usted será capaz de comprender los principios de:
- Efecto Doppler
- Viraje o cambio de frecuencia Doppler
- Onda de Doppler pulsado
- Flujo Doppler color
- Doppler de Poder (de Potencia o de Energía)
- Índices
- Seguridad

# Preguntas clave

1. Cómo se relacionan el efecto Doppler y las velocidades de flujo?
2. Por qué es importante el ángulo de insonación?
3. Por qué utilizamos índices tales como el índice de pulsatilidad (IP)?
- 4.Cuál es la aplicación ultrasonográfica que produce la mayor energía?
5. Es seguro el uso de Doppler en el primer trimestre?

# Principio Doppler

Christian Johann Doppler  
Físico Austríaco  
(1803 - 1853)



# Efecto Doppler

Es un efecto que se encuentra en todo tipo de ondas cuando la fuente y el receptor están en movimiento relativo uno del otro

# Desplazamiento Doppler

Es el cambio que se produce en la frecuencia emitida por un reflector en movimiento



# Principios del Ultrasonido Doppler



Auto detenido en relación con el observador

La persona es «golpeada» por un número constante de ondas por unidad de tiempo

El auto se mueve en dirección al observador

La persona es «golpeada» cada vez por un número mayor de ondas por unidad de tiempo

El auto se aleja del observador

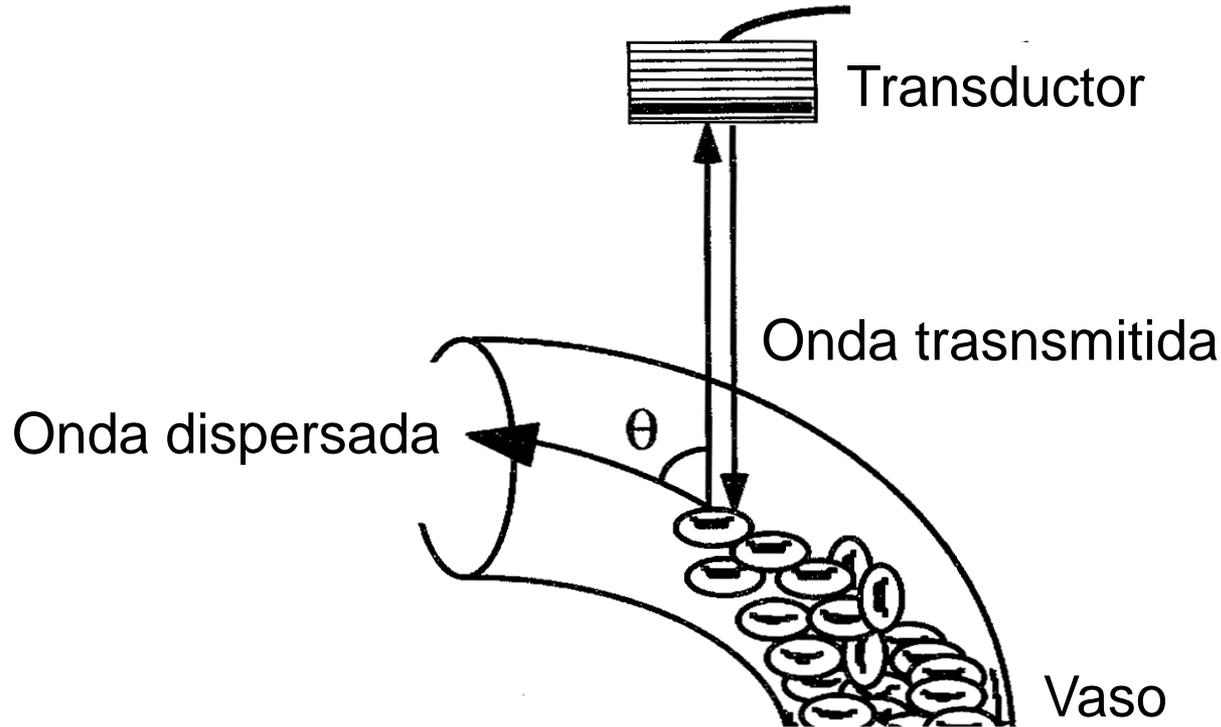
La persona es «golpeada» cada vez por menos ondas por unidad de tiempo



# ¿Qué hizo famoso a Christian Doppler?

- “El cambio en la frecuencia entre las ondas de sonido emitidas y retornadas es proporcional a la velocidad del reflector en movimiento”
- El cambio en la frecuencia se llama viraje Doppler
- Un sonido Doppler de tono elevado se traduce en alta velocidad

# Medición de la velocidad de la sangre



Abuhamed, A. Ultrasound in Obstetrics and Gynecology: A Practical Approach (1st ed), 2014.

# Ecuación Doppler

$$\Delta_f = \frac{2 \times f_o}{v} V \cos \alpha$$

$\Delta_f$  : Cambio o Delta de frecuencia

$f_o$  : Frecuencia del sonido transmitido(1-3 mHz)

$v$  : Velocidad del sonido dentro del medio(1540 m/s)

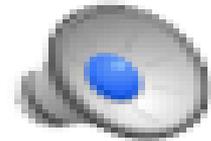
$V$  : Velocidad de la fuente reflectante(1-250 m/s)

$\alpha$  : Ángulo entre la onda de ultrasonido y la dirección en la que se mueve la superficie reflectante

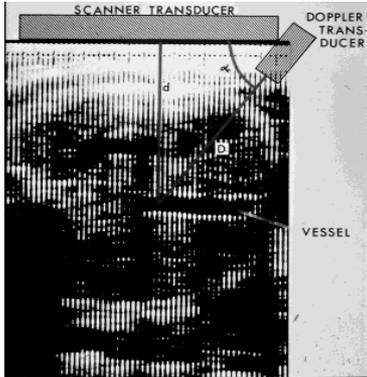
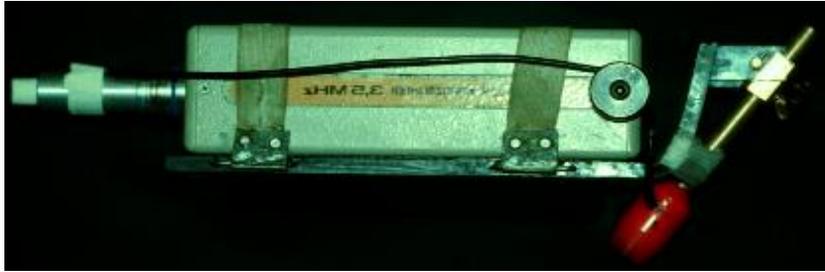
$\Delta_f$  es proporcional a la velocidad del reflector en movimiento



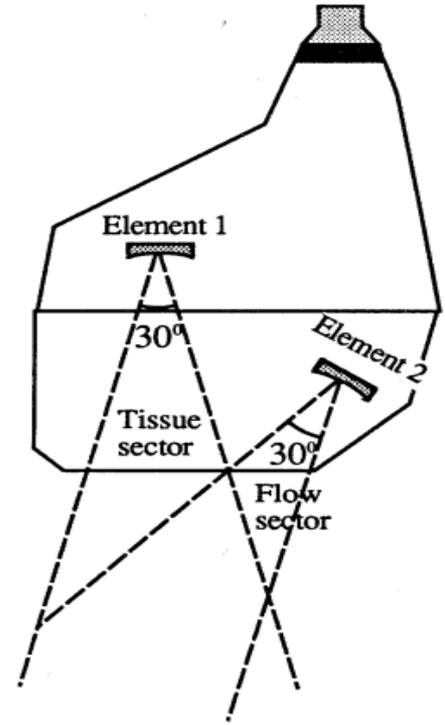
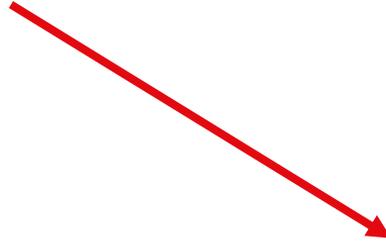
Usted puede escuchar el efecto Doppler



# Transductor Duplex



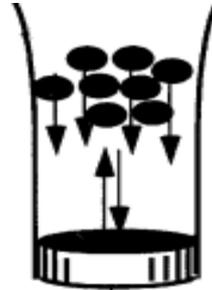
Insonación de la vena umbilical en un ángulo fijo (1979)



Eik-Nes et al. BMJ, 1980 .

# Procesamiento de la señal Doppler

Dispersores en movimiento



Produce cambios en la frecuencia

Transductor

Convierte el sonido en energía

Amplificador



Demodulador



Determina la dirección del flujo

Procesador espectral



Organiza las frecuencias

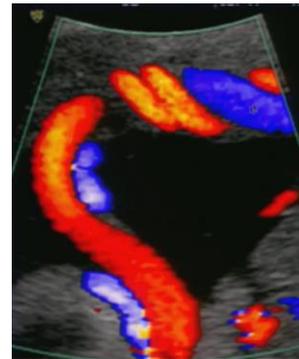
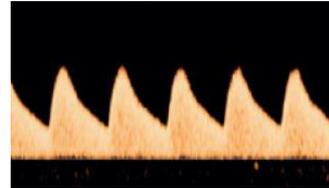
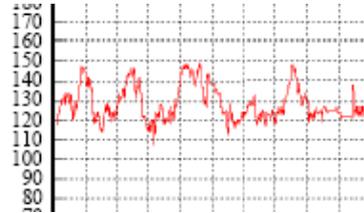
Pantalla de video



Muestra las formas de las ondas

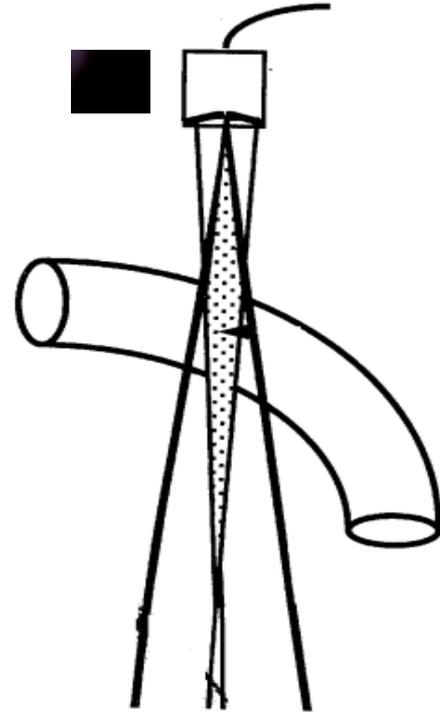
# Técnicas Doppler básicas

- Onda Doppler continua
- Onda Doppler Pulsada
- Mapeo de flujo color



# Doppler de onda continua

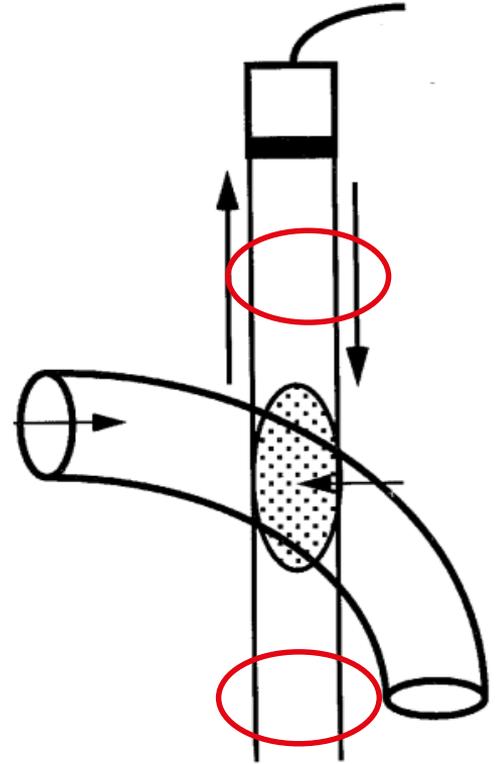
- Dos transductores
- Emiten y reciben constantemente
- Cardiotocografía (CTG)



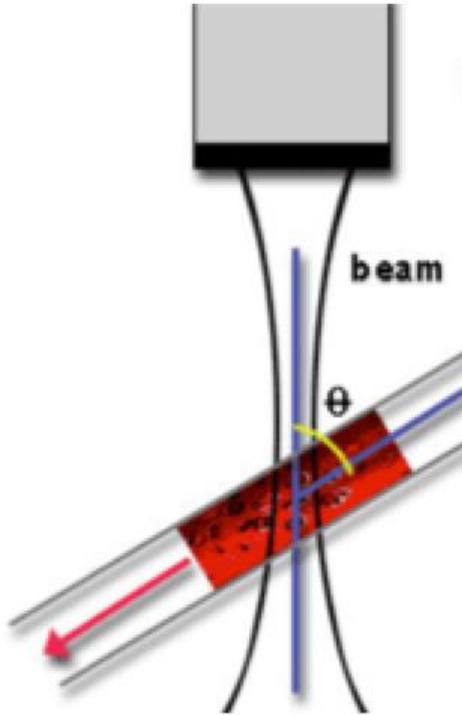
Abuhamad, A. Ultrasound in Obstetrics and Gynecology: A Practical Approach (1st ed), 2014.

# Doppler de onda pulsada (PW)

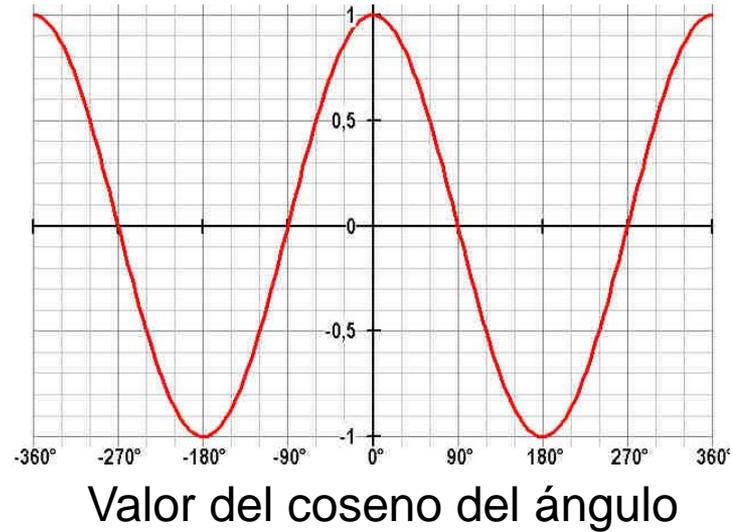
- Un transductor
- Envía un pulso
- Se cierra la puerta
- Después de un tiempo se abre la puerta
- La puerta permanece abierta brevemente
- Se cierra la puerta



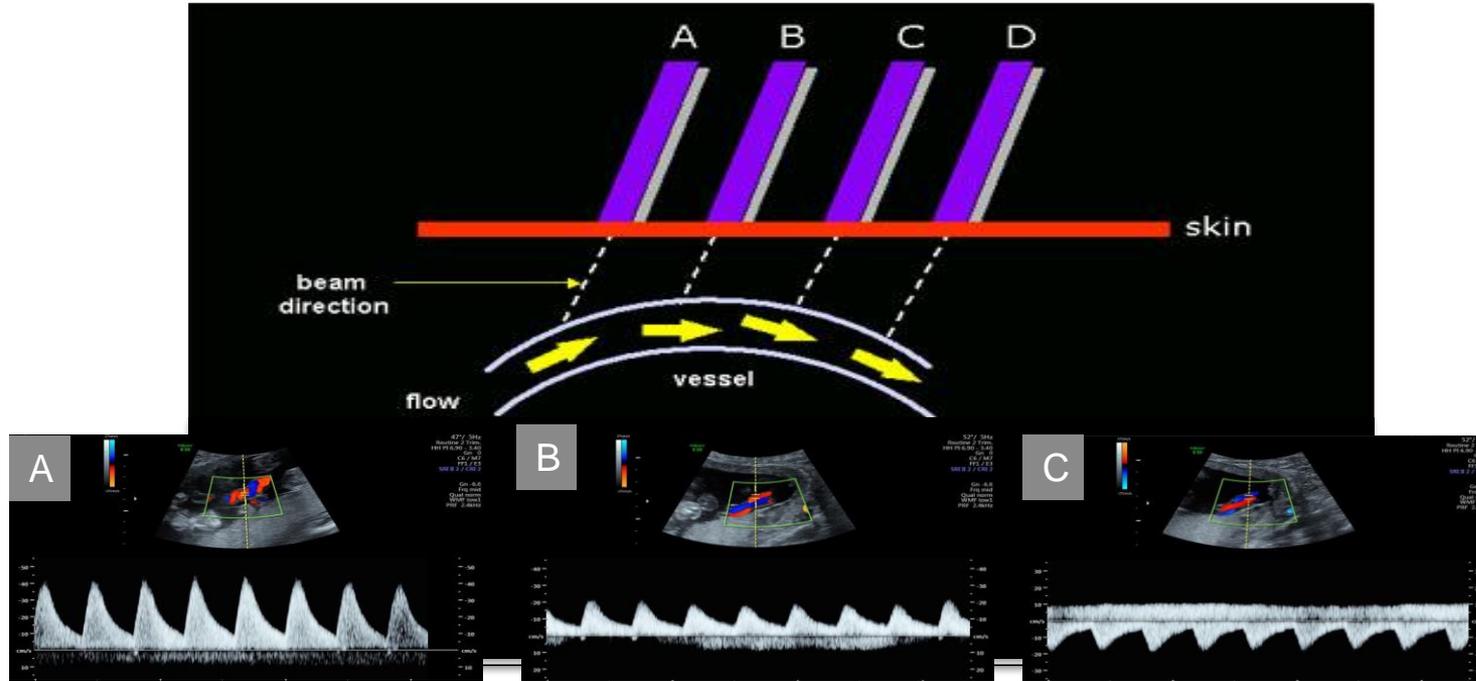
# Ángulo de insonación



La velocidad es dependiente del ángulo de insonación ( coseno del ángulo)

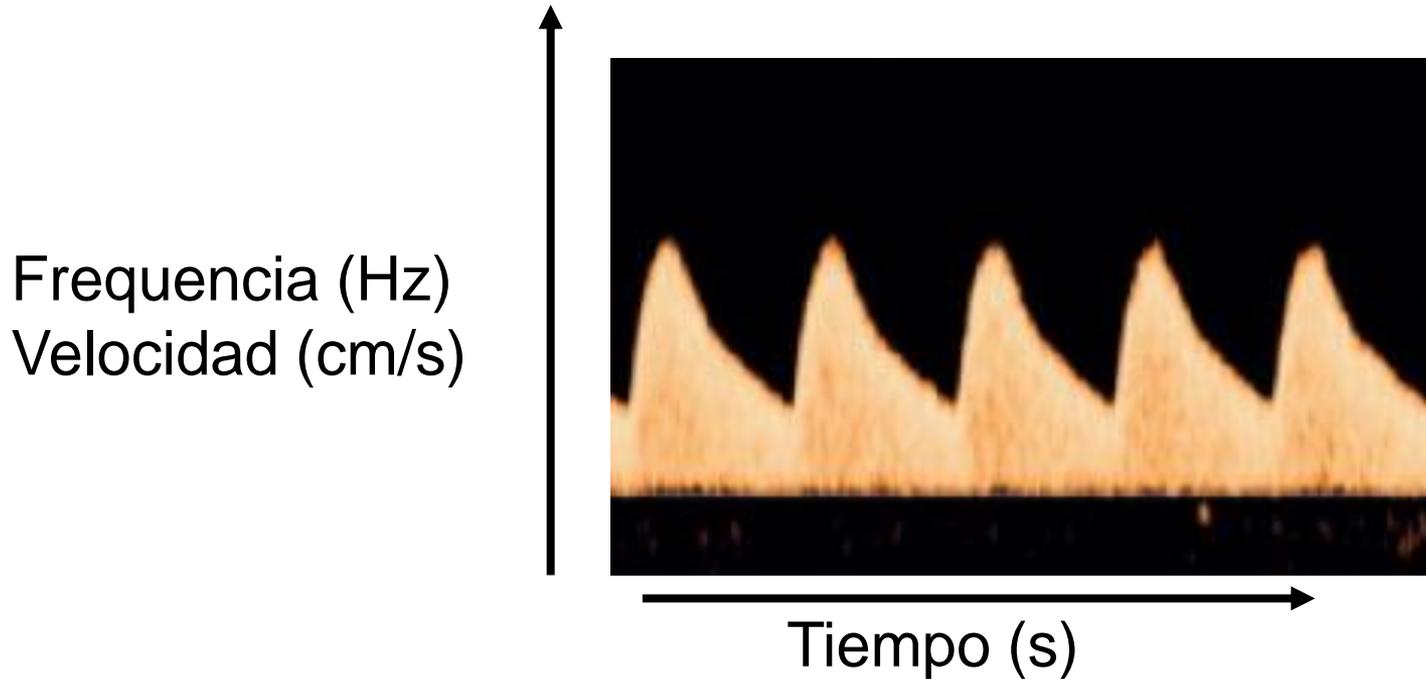


# Dirección del flujo y frecuencia

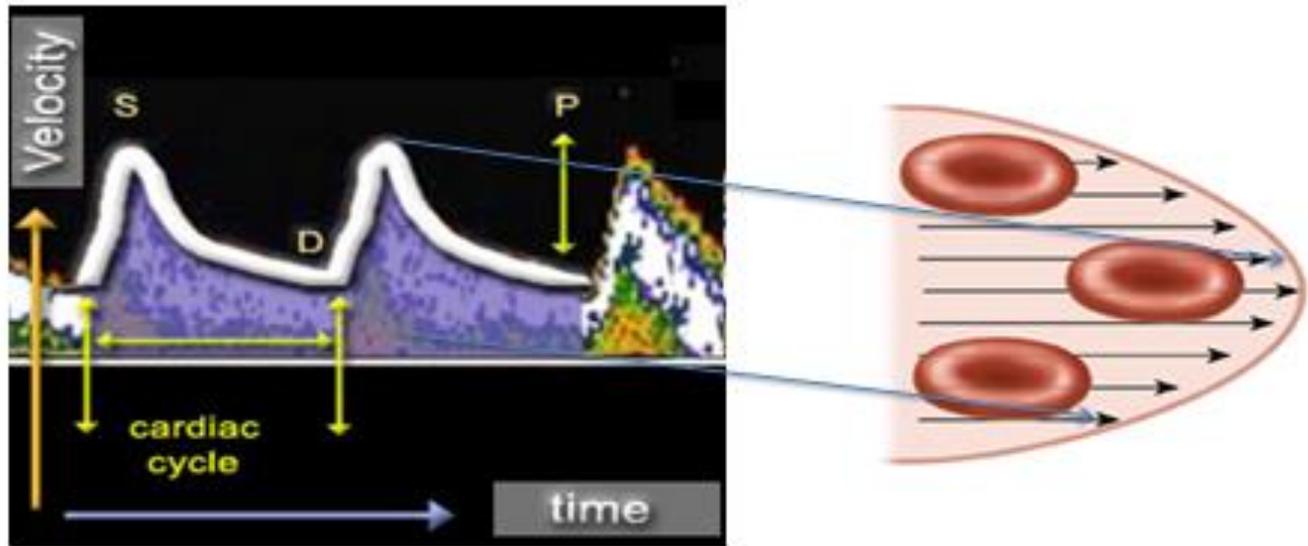


La altura del espectro Doppler cambia de acuerdo al **ángulo de insonación** (compare A con B y C) y la dirección de flujo (compare A y B con C)

# Espectro de frecuencia

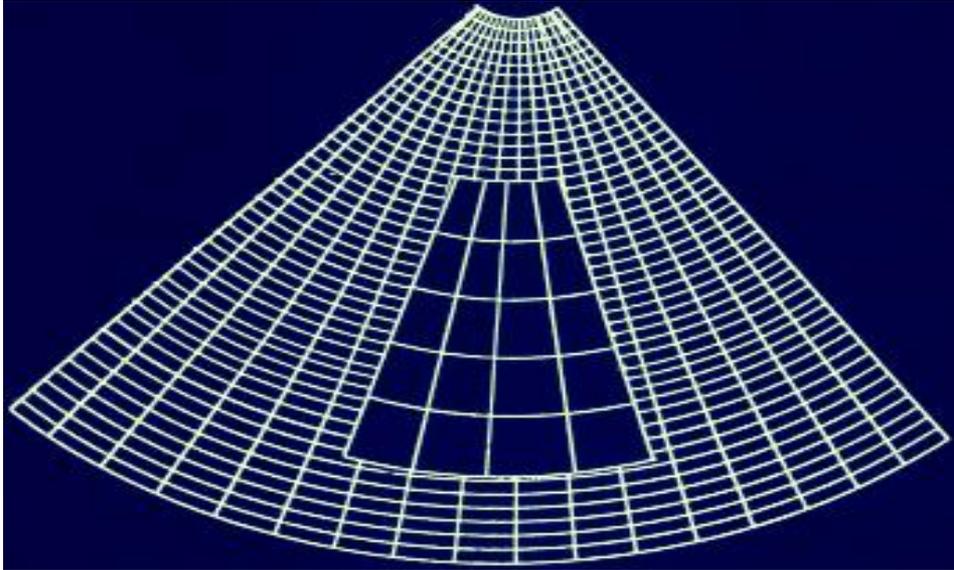


# Efecto Doppler y velocidad del espectro

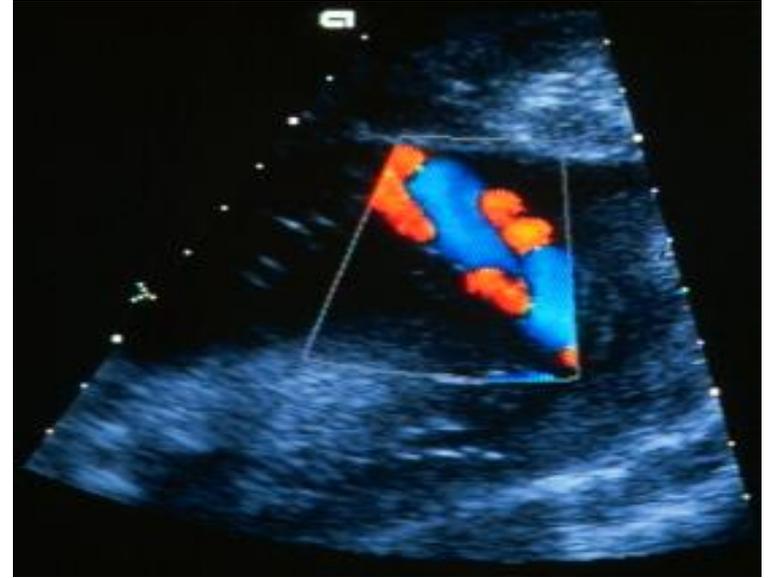


- Forma de la onda de velocidad de flujo = espectro de velocidades dentro del vaso
- Impulso máximo = son los globulos rojos más rapidos, que van por el centro de la luz del vaso

# Principio básico del mapeo de flujo a color (MFC)



Área con múltiples volúmenes de muestra

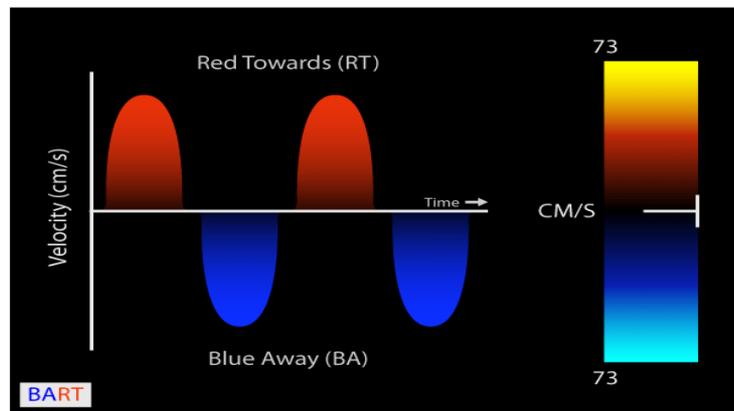
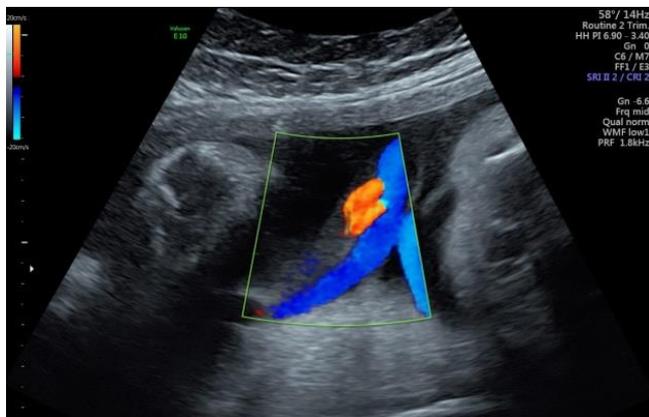


Misma área codificada a color

# Doppler Color

Principio:

- Traducción de la información Doppler pulsado a pixeles de diferentes colores, los cuales se localizan sobre la imagen 2D
- *Flujo en dirección al transductor: Rojo*
- *Flujo en dirección opuesta al transductor: Azul*



# Doppler de Poder

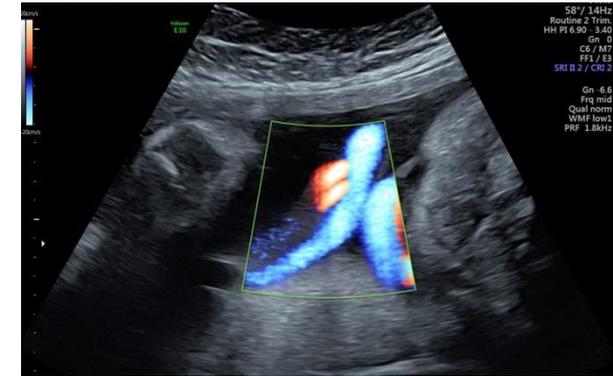
Doppler de Poder:

- No despliega información de velocidad
- Despliega la amplitud de los ecos de Doppler que retornan
- Tiene menor dependencia del ángulo de insonación



Doppler de Poder Direccional

- Los equipos modernos incorporan flujo direccional en el modo Doppler de Poder



# Codificación a color

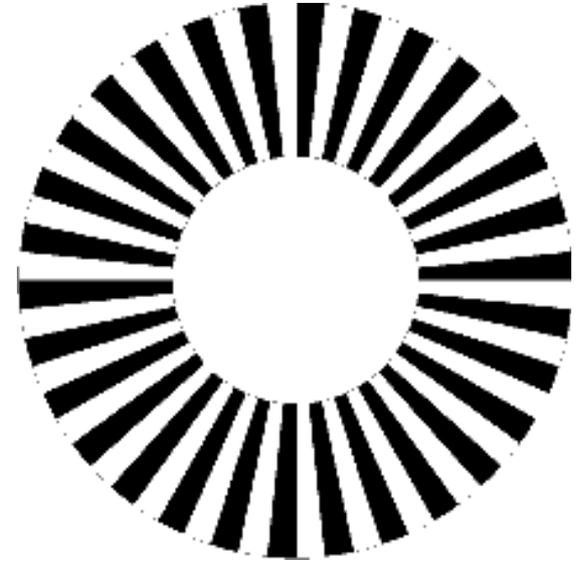
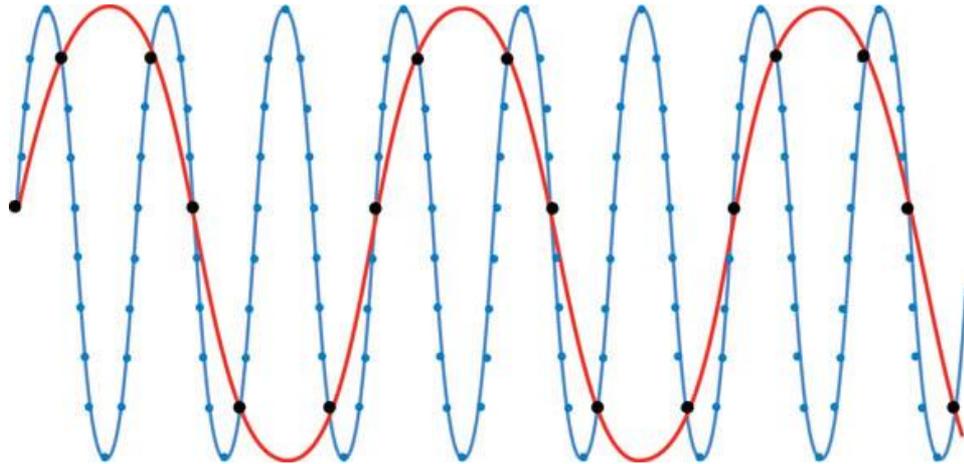
- Las velocidades que se alejan del transductor se representan con **sombras de azul**
- Las velocidades que se acercan al transductor se representan con **sombras de rojo**
- El «aliasing» se representa con **sombras de azul brillante o amarillo brillante**

# Controles Doppler

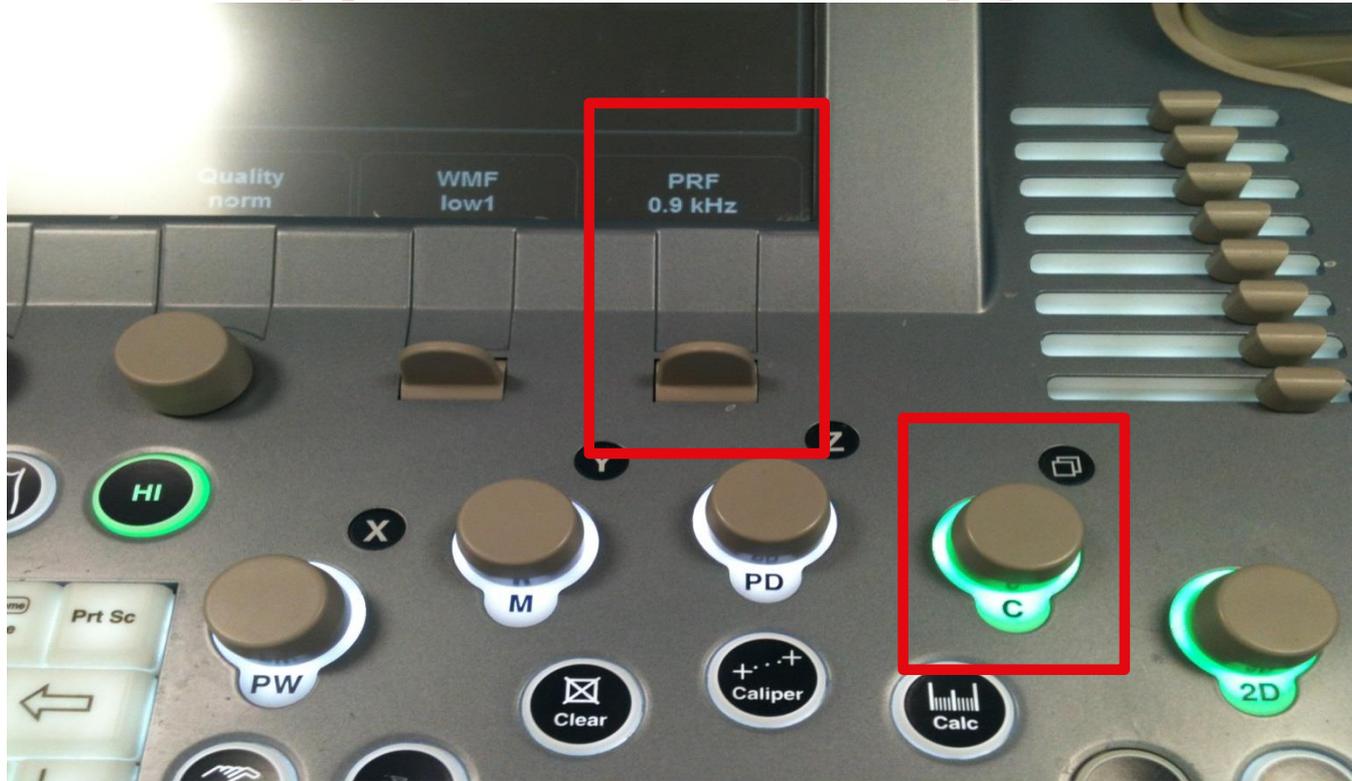
- Ventana de amplitud de la muestra (volumen de muestra)
- Frecuencia de repetición de pulsos (PRF)
- Línea basal
- Velocidad de barrido
- Filtro de paso (min)



# Frecuencia de Repetición de Pulsos(PRF)

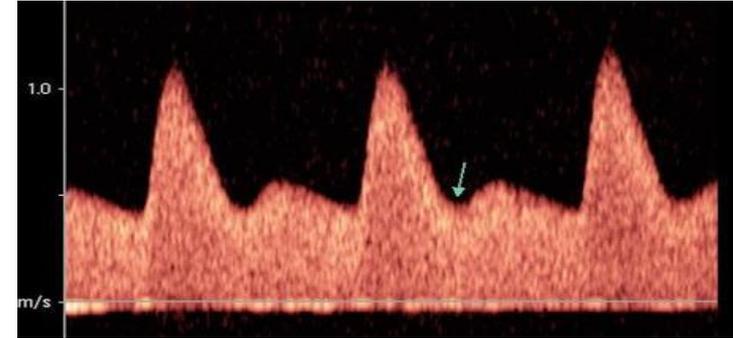
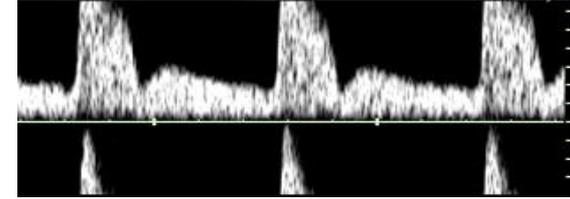
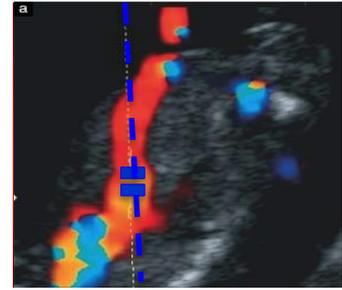


# Uso de Doppler color o Doppler de Poder



# Controles Doppler

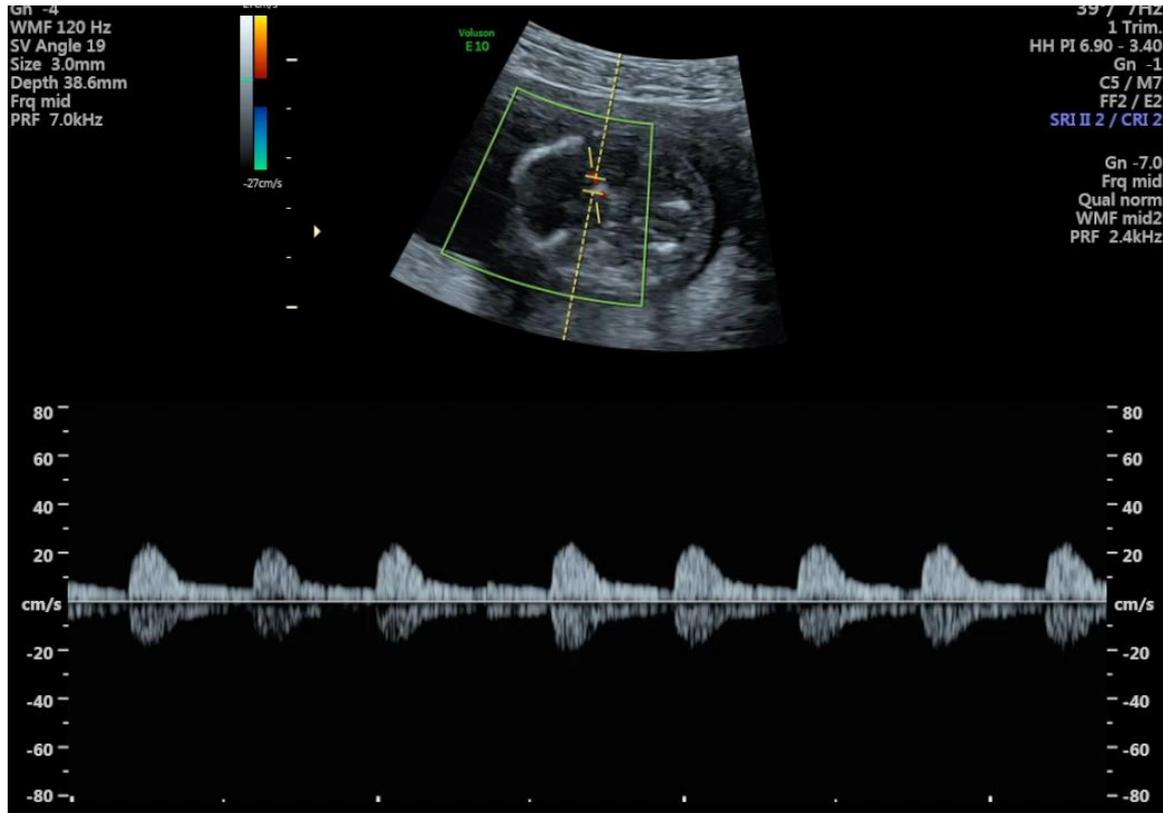
- Ajustar la ventana muestral para cubrir el vaso y evitar interferencias de vasos adyacentes
- Aumentar la PRF para corregir el aliasing (2 x velocidad máxima)
- O, modificar la línea de base



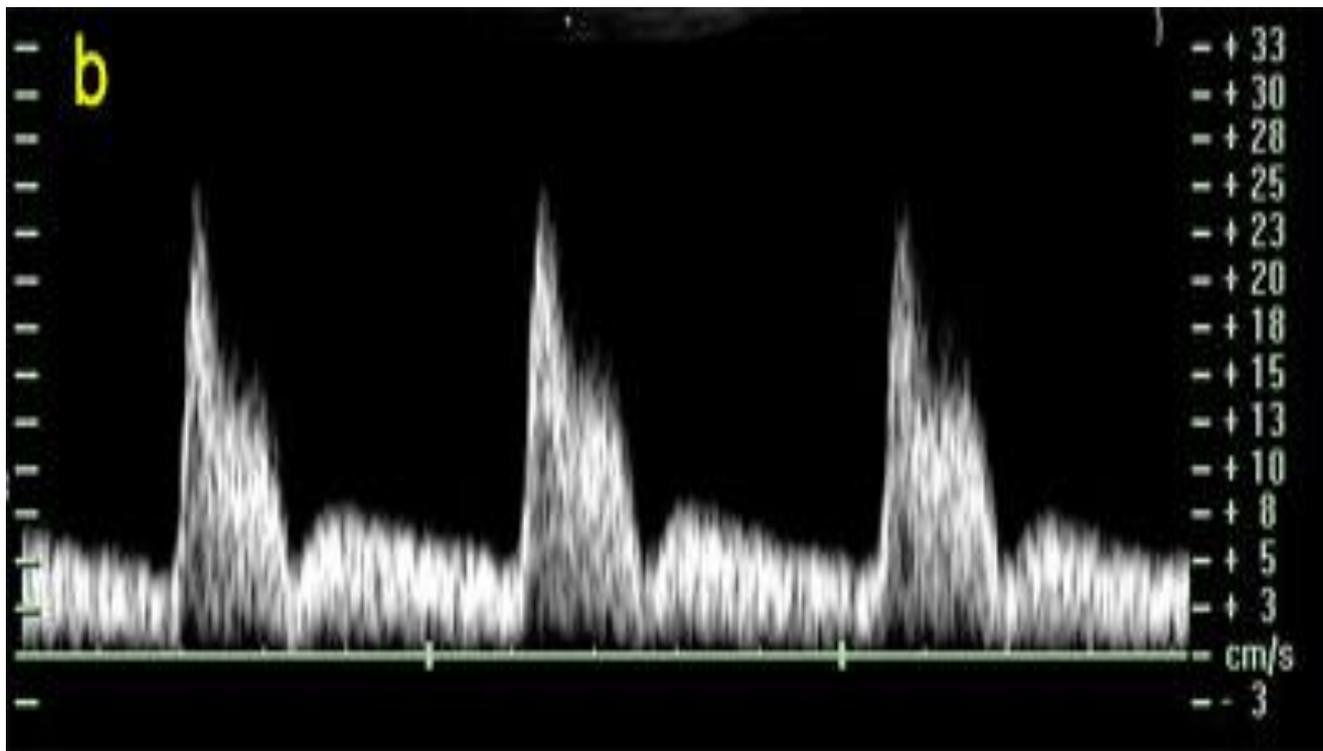
# “Aliasing”

- Cuando los pulsos son transmitidos a una frecuencia de muestreo determinada ( PRF), la frecuencia Doppler máxima (  $f_d$ ) que puede ser medida sin ambigüedad es la mitad del PRF
- Cuando al combinar la velocidad de la sangre y el ángulo de insonación se obtiene una  $f_d$  resultante mayor que la mitad del PRF se presenta una ambigüedad en la señal Doppler, ambigüedad llamada ALIASING.
- Para medir velocidades altas (arteriales), aumente PRF
- Para medir velocidades bajas (venosas), disminuya PRF

# Ejemplo de “aliasing”



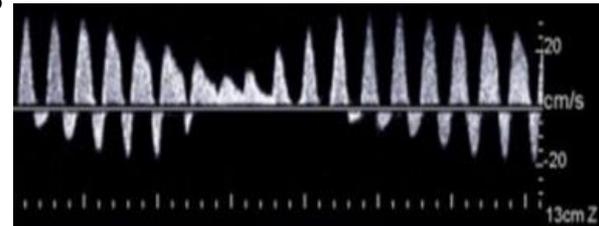
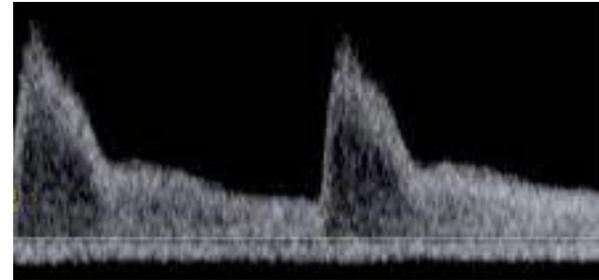
# Para corregirlo: aumente PRF y ajuste de la linea basal



# Velocidad de barrido

El control de velocidad de barrido horizontal modifica la velocidad en la que el Doppler espectral del eje X es desplegado en el monitor.

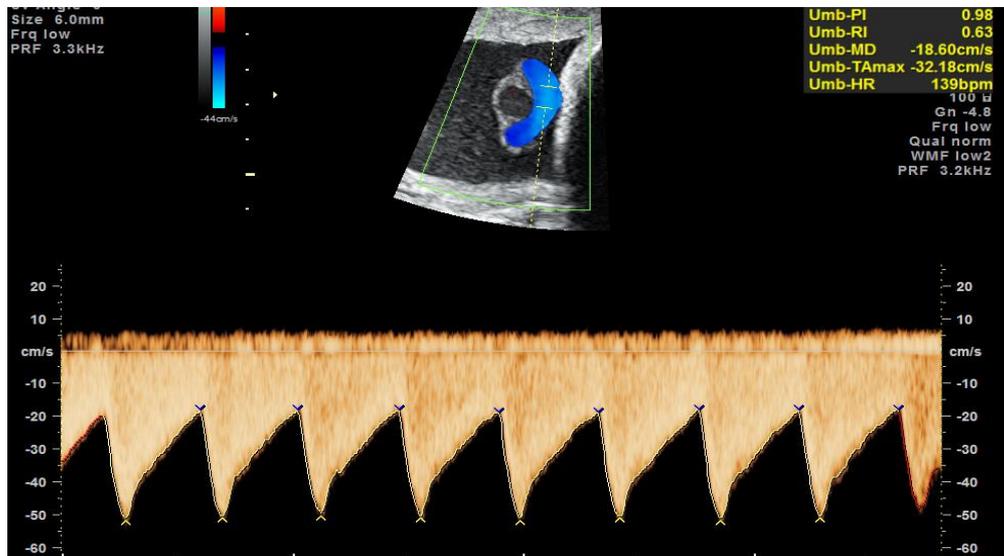
- A mayor velocidad de barrido se presentan menos ondas pero se presentan estas con mayor calidad y detalle que facilitan ver por ejemplo escotaduras diastólicas (“notch”) de las arterias uterinas.
- A una menor velocidad de barrido se presentan más ondas, lo que puede ser de utilidad para observar patologías asociadas a flujo variable tales como las anastomosis vasculares en gemelos monocoriales con síndrome de transfusión de gemelo a gemelo.



# Velocidad de barrido y PRF incorrectos

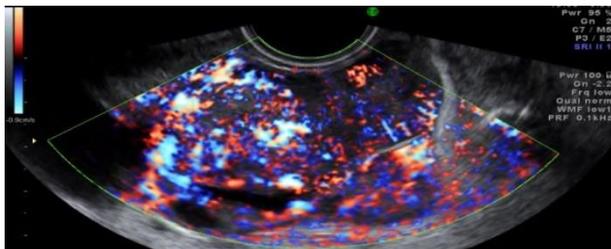


# Velocidad de barrido, PRF – correctos para arteria umbilical

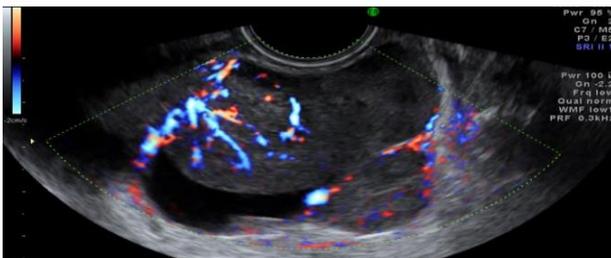


# Uso de la Frecuencia de repetición de pulsos(PRF)

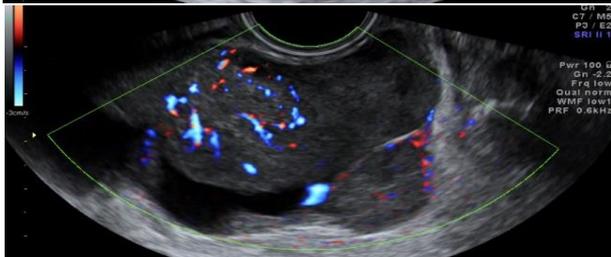
0.1



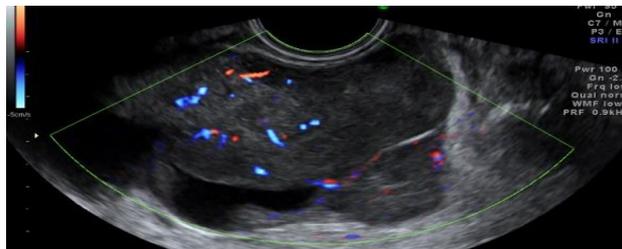
0.3



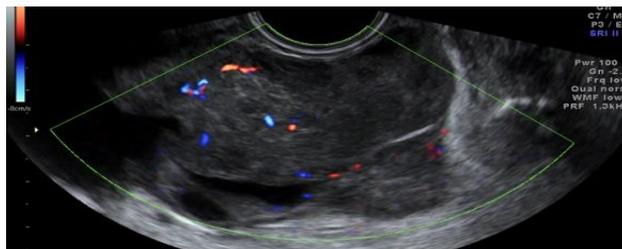
0.6



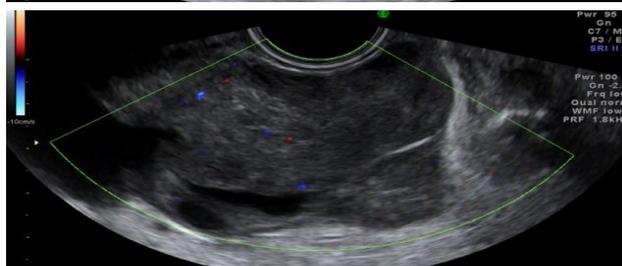
0.9



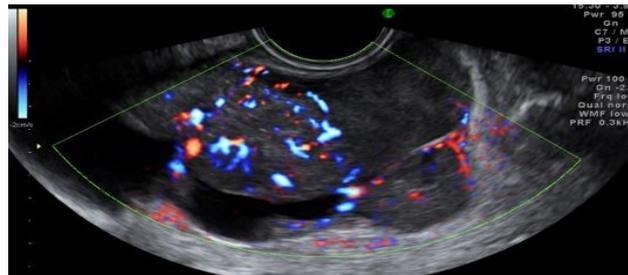
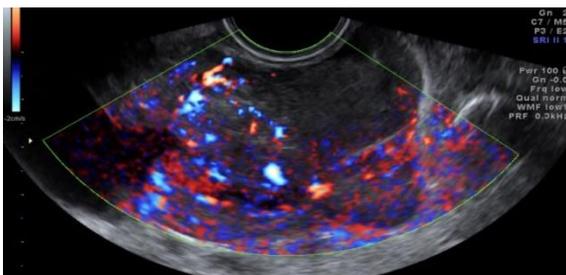
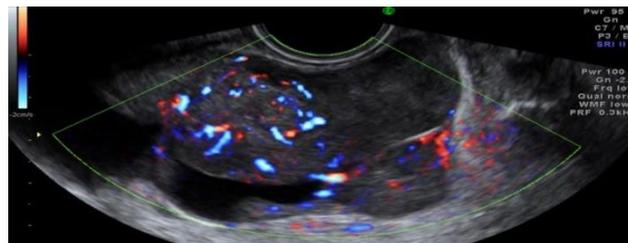
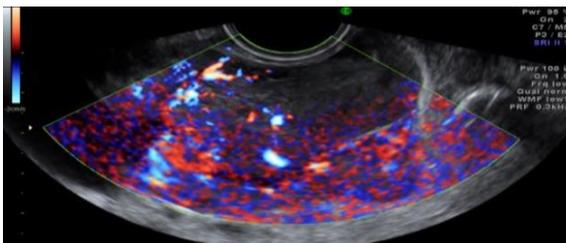
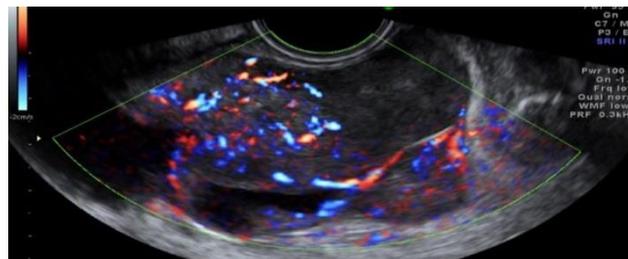
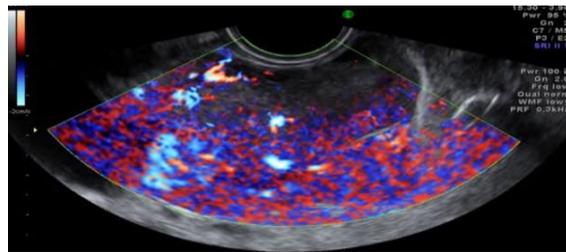
1.3



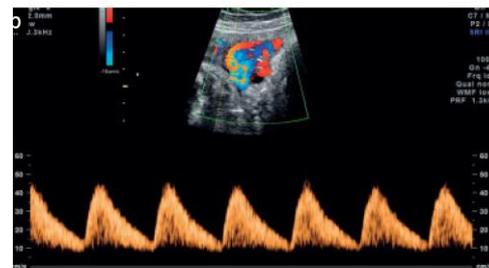
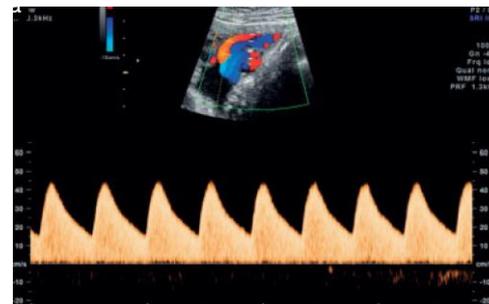
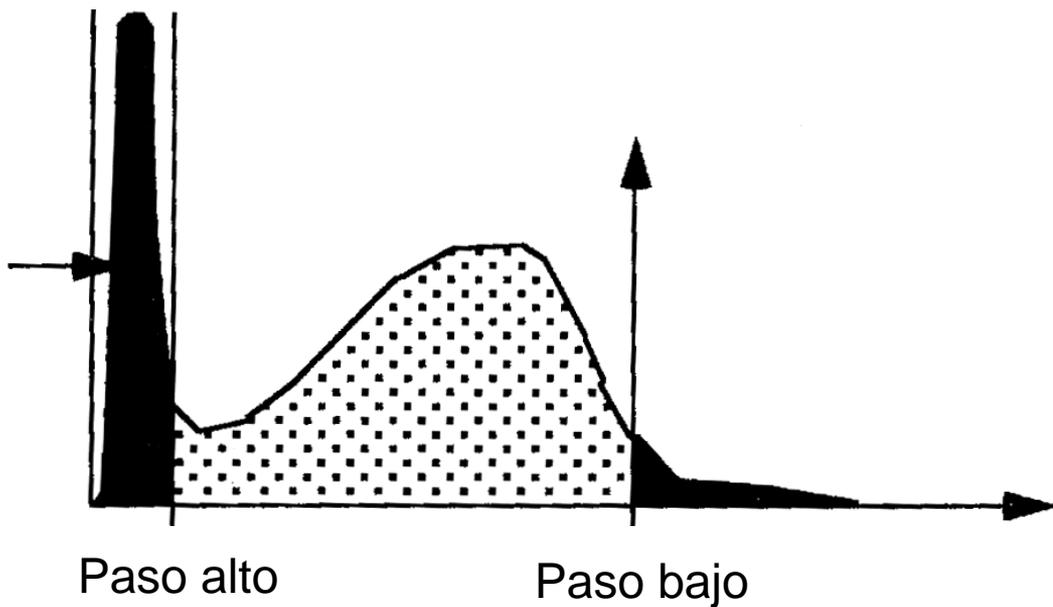
1.8



# PRF fija a 0.3, menor ganancia...

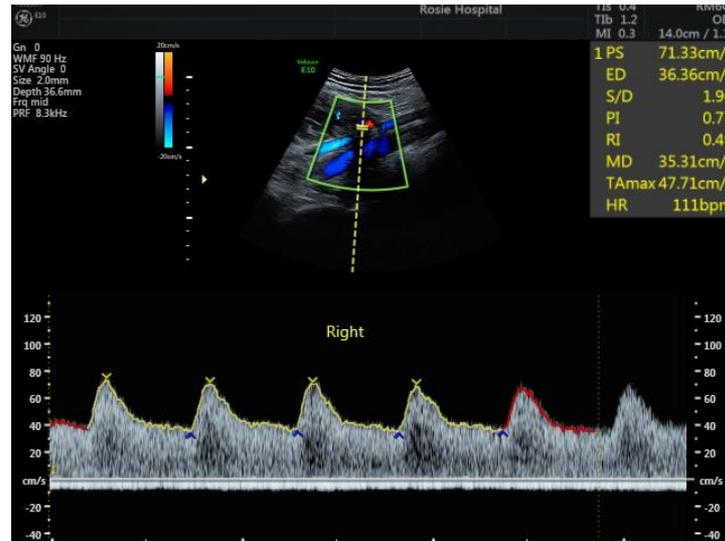
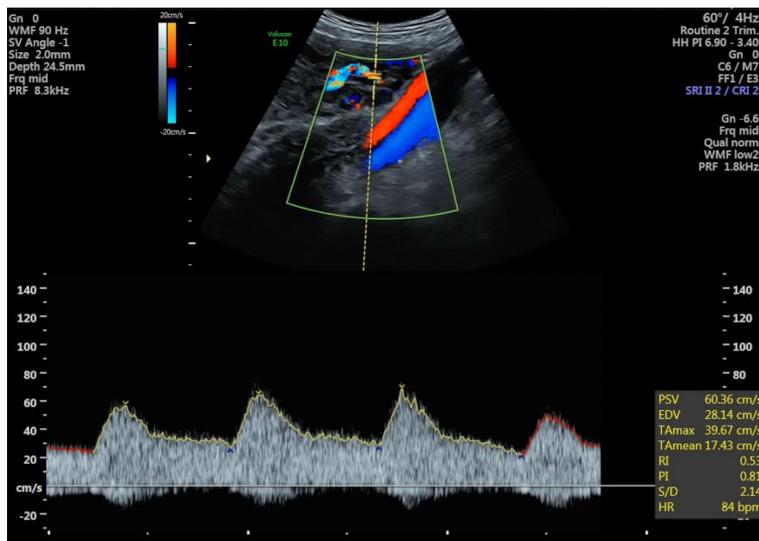


# Filtro de paso alto/bajo



# Importancia de un espectro Doppler nítido

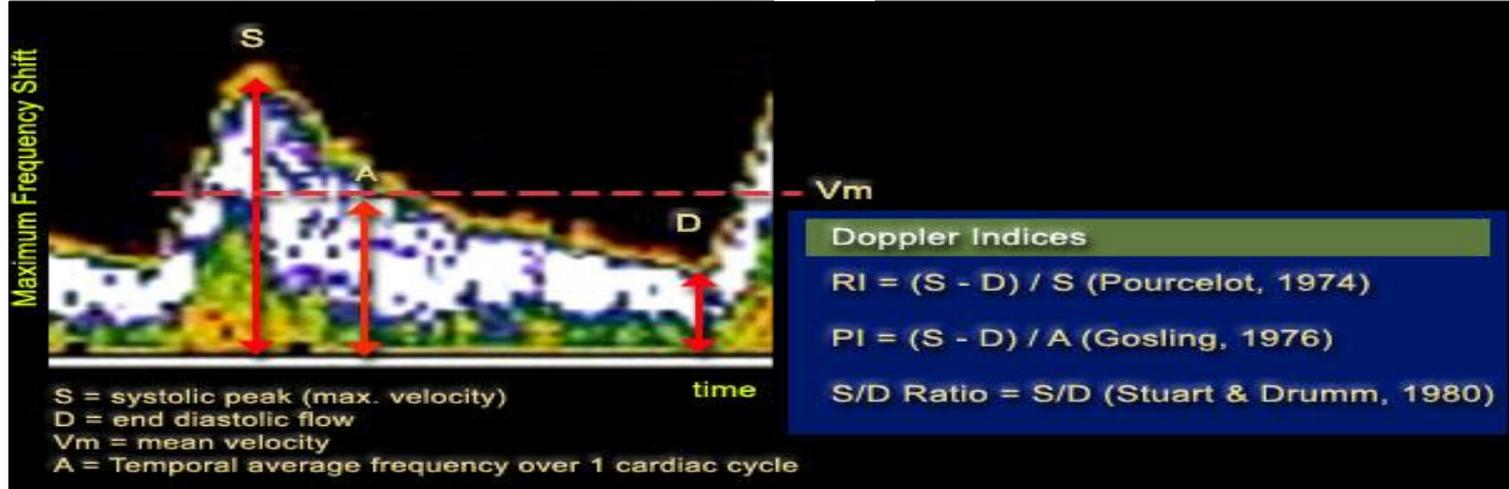
- Con la modalidad de medición automática se previene un cálculo erróneo del Índice de pulsatilidad (IP)
- Las mediciones automáticas solo son aceptables cuando el espectro es nítido y el trazo es homogéneo



# Cuáles medidas usar??

Índices independientes del ángulo

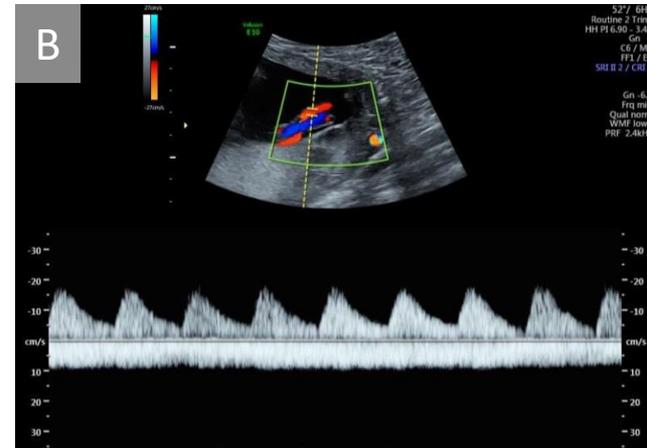
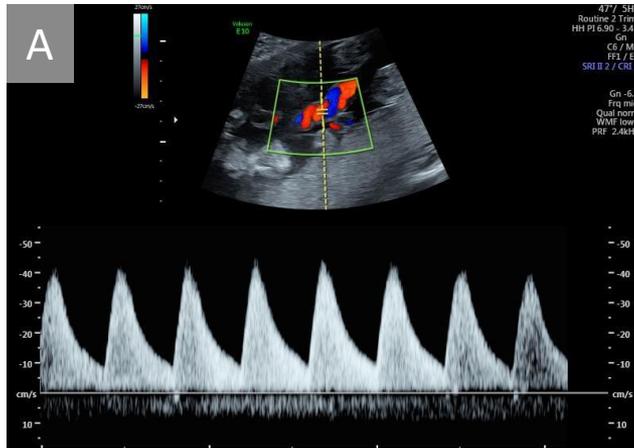
Ángulo < 90 grados



Preferir el Índice de Pulsatilidad (IP)

# Ángulo de insonación

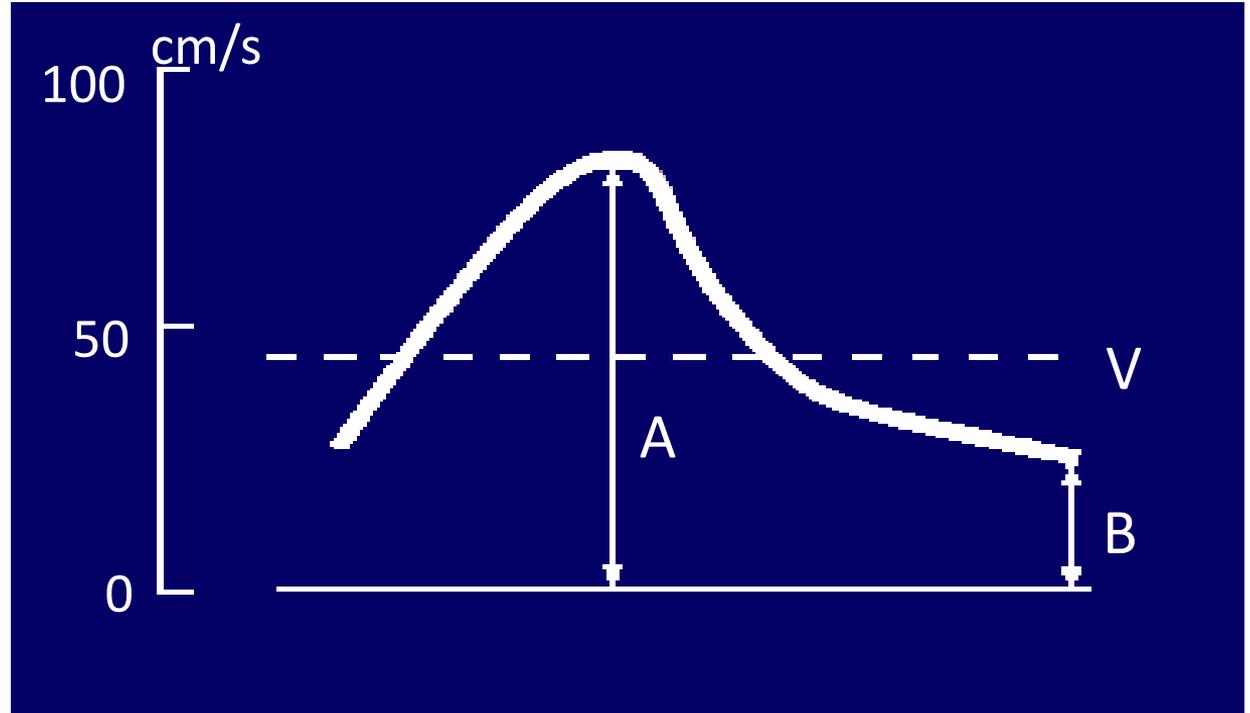
- El Índice de pulsatilidad (IP) es ángulo independiente
- Las dimensiones del trazo espectral varían con el ángulo de insonación (coseno  $\theta$ )
- El coseno de  $90^\circ = 0$ , en consecuencia no se detecta flujo cuando el vaso a medir se encuentra a  $90^\circ$  del haz de insonación



- Mientras el ángulo es más cercano a la vertical(A), mayor es el trazo
- En (B) se observa lo opuesto mientras mas cercano a la horizontal, menor el trazo

# Índice de pulsatilidad= IP

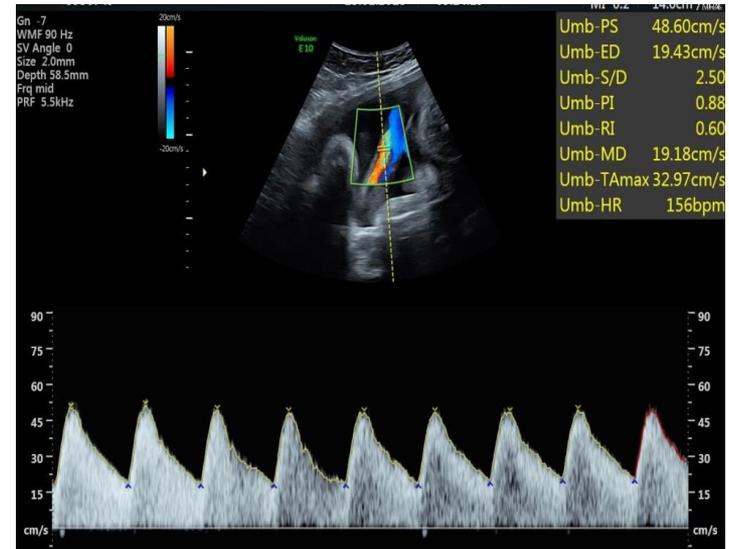
$$IP = \frac{A - B}{V}$$



# Qué refleja el IP?

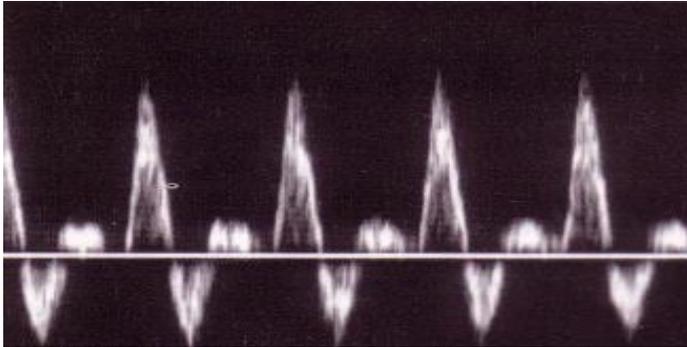
La relación entre la presión y el flujo en el vaso estudiado dependen de:

- Distancia del corazón
- Resistencia periférica
- Elasticidad de la pared del vaso
- Viscosidad de la sangre

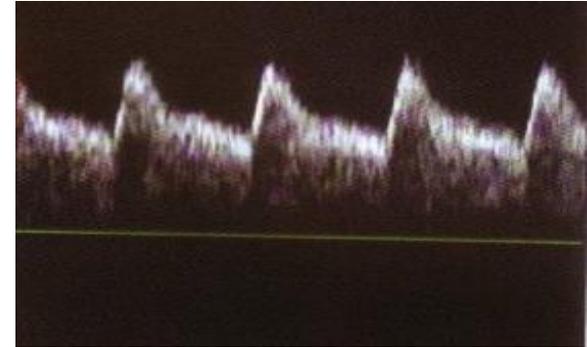


# Pulsatilidad → resistencia al avance del flujo

## Arteria femoral

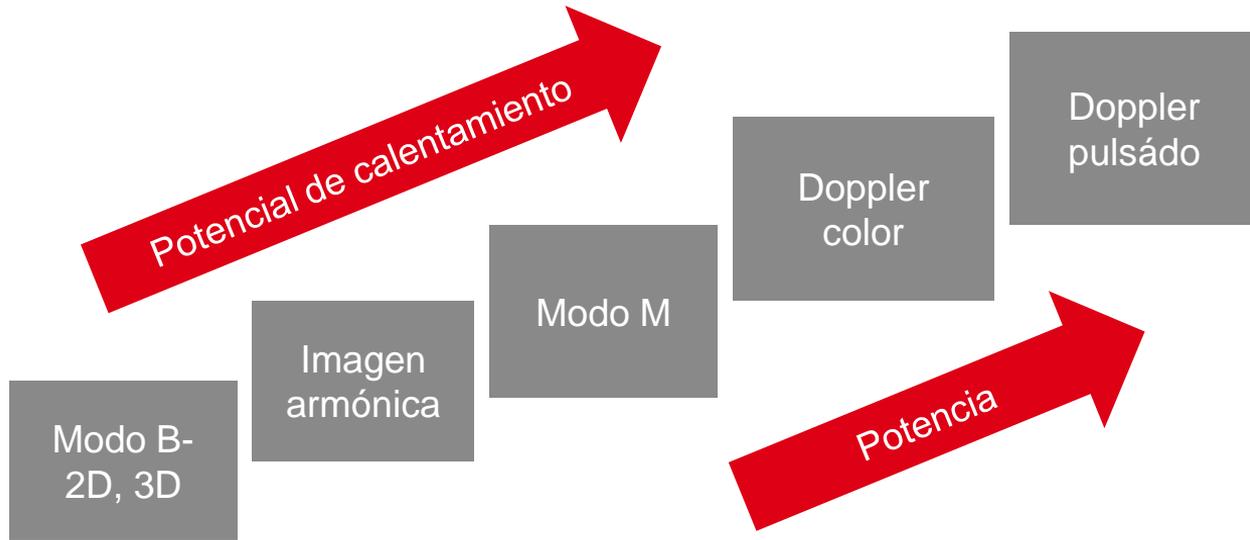


**Reposo:** Alta Resistencia periférica



**Ejercicio:** Baja Resistencia periférica

# Consideraciones de seguridad- niveles de poder



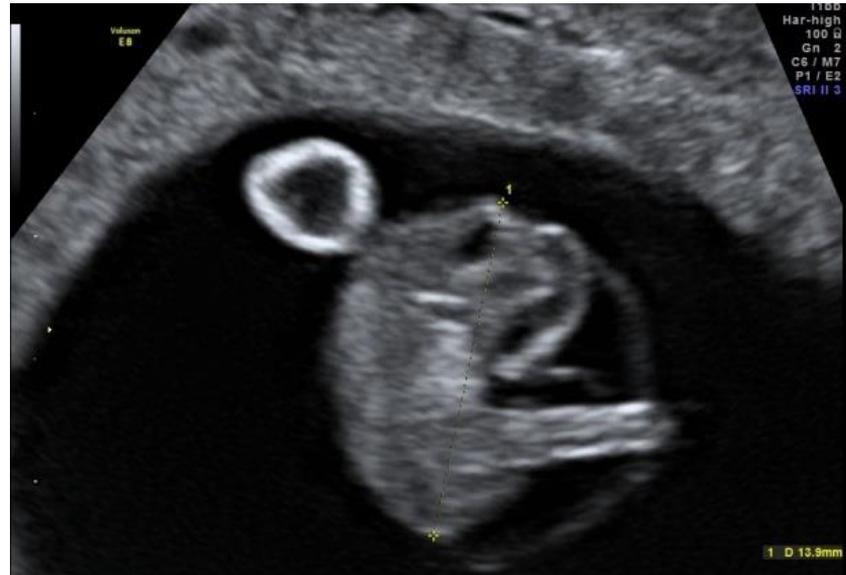
# Declaración de ISUOG

## La seguridad del ultrasonido Doppler en la valoración fetal de las semanas 11+0 a 13+6

- El ultrasonido Doppler Pulsado (Espectral, Power, Color) no se debería emplear rutinariamente
- El ultrasonido Doppler pulsado puede emplearse por indicaciones clínicas como por ejemplo refinar el cálculo de riesgo de trisomías
- Cuando se utilice ultrasonido Doppler, el Índice Térmico (IT) empleado debería ser  $\leq 1$  y el tiempo de exposición menor a 5-10 minutos y nunca mayor a 60 minutos (principio de ALARA)

# Ultrasonido embrionario?

No use  
Doppler!



# Puntos clave

1. El efecto Doppler se encuentra en ondas donde la fuente y el receptor están en movimiento relativo uno del otro.
2. El Doppler de onda pulsada y el flujo Doppler color son las técnicas más frecuentemente usadas
3. Las técnicas Doppler hacen posible la valoración no invasiva de la hemodinámica fetal
4. Abstengase de usar Doppler en el primer trimestre, a menos que tenga una clara indicación clínica



ISUOG Basic Training by **ISUOG** is licensed under a **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License**.

Based on a work at **<https://www.isuog.org/education/basic-training.html>**.

Permissions beyond the scope of this license may be available at **<https://www.isuog.org/>**

**ISUOG Basic Training** traducida al español por **Jorge Hernán Gutiérrez-Marín**;  
revisada por **Jorge E Tolosa**  
2da Revisión por **Edgardo C. Pianigiani**