



ULTRASONOGRAFÍA AVANZADA EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA LESIÓN CEREBRAL EN ICTUS: INFARTO VS HEMORRAGIA

ÓSCAR MARTÍNEZ-GRAULLERA¹, JAVIER POZO NOVOA², LUIS ELVIRA SEGURA¹

ALBERTO IBAÑEZ RODRIGUEZ¹, ÓSCAR MARTÍNEZ-GRAULLERA¹, MARIELA TALAVERA MUÑOZ¹, LUIS ELVIRA SEGURA¹, RUSLAN SAHPORIN¹, CARMEN DURÁN GÓMEZ¹, MONTEERRAT PARRILLA ROMERO¹, ANA BARAHONA RODA¹, REBECA GALLEGU-RUIZ², MARÍA ALONSO DE LECIÑANA², MARÍA GUTIÉRREZ-FERNÁNDEZ², JORGE RODRÍGUEZ-PARDO², CARLOS HERVÁS TESTAL², FERNANDO LASO-GARCÍA³, IVAN GARCÍA SUÁREZ⁴

¹ ITEFI (CSIC), MADRID, ESPAÑA

² IDIPAZ (HOSPITAL UNIVERSITARIO LA PAZ – UAM), MADRID, ESPAÑA

³ TREAT, LINC (IDIS), SANTIAGO DE COMPOSTELA, ESPAÑA

⁴ SERVICIO DE URGENCIAS, HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN AGUSTÍN, AVILÉS, ESPAÑA

Poyecto HIRUS-Brain

High resolution multimodal ultrasound imaging in cerebrovascular diseases. A preclinical approach towards new translational applications.

Convocatoria *Proyectos Generación de Conocimiento 2022*. PID2022-138013OB-I00

- Nace de la necesidad de conseguir una diferenciación rápida entre infarto cerebral y hemorragia intracerebral para dirigir la acción terapéutica de forma eficaz.
- Aunque la TC y la RM siguen siendo el estándar diagnóstico, la ultrasonografía ofrece ventaja como técnica rápida, repetible y a pie de cama.
- En un ámbito preclínico, la ultrasonografía también puede aportar una tecnología más barata y accesible a los grupos de investigación que la TC y la RM.
- La ultrasonografía transcraneal se enfrenta a una dificultad importante por la imposibilidad, a día de hoy, de obtener una imagen de calidad a través del cráneo.

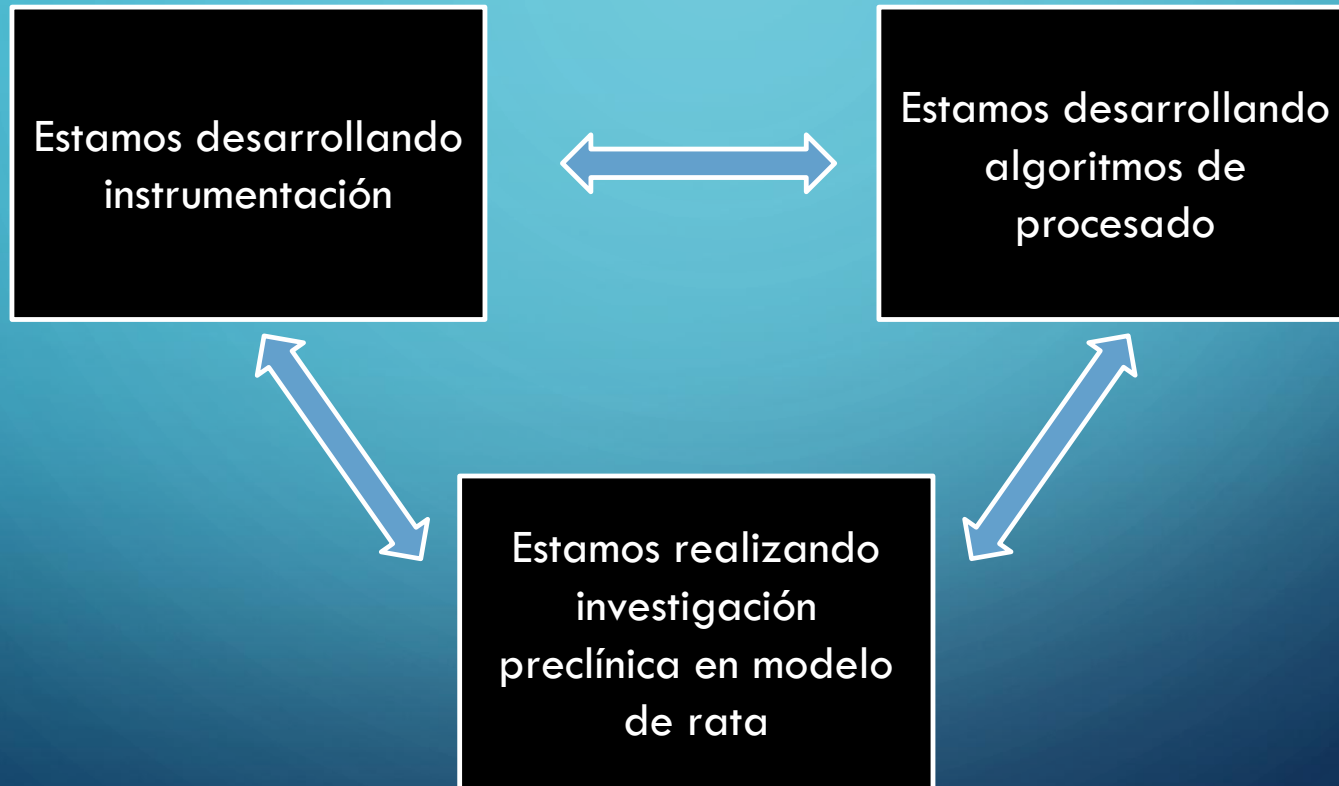
¿Qué entendemos por ultrasonografía transcraneal avanzada?

- Tecnología abierta capaz de implementar nuevas estrategias de emisión-recepción que permitan:
 - Mejorar la relación señal-ruido de los sistemas ecográficos convencionales
 - Aplicar procesamiento encaminados a caracterizar tejidos o aplicar técnicas de microscopía por localización ultrasónica.
- Tecnología capaz de ser aplicada a casos prácticos en un ámbito preclínico, proporcionando imágenes de ultrasonidos de calidad y biomarcadores de interés para casos de ictus isquémico y hemorrágico.



**DESARROLLO DE NUESTRA PROPIA TECNOLOGÍA
DE IMAGEN POR ULTRASONIDOS**

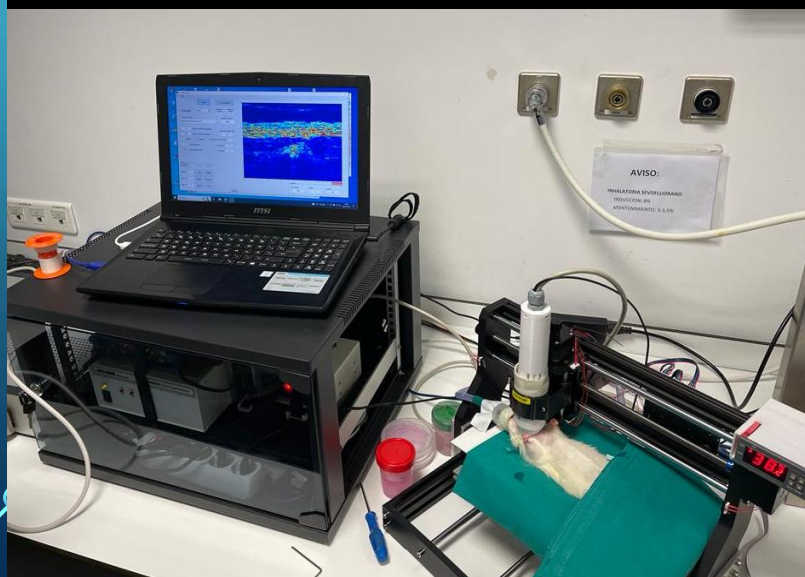
¿Qué pasos estamos dando?



HIRUS-Brain: Instrumentación

- Hemos desarrollado una plataforma de imagen ultrasónica de alta frecuencia para investigación preclínica: caracterización del ictus isquémico y la hemorragia

Equipo de imagen monocanal por barrido mecánico: 20MHz y 50MHz



Equipo de imagen multicanal SITA II, con arrays 10MHz y 18MHz



HIRUS-Brain: Instrumentación

Equipo de imagen monocanal por barrido mecánico: 20MHz y 50MHz



Imagen de gran calidad



Permite probar con flexibilidad estrategias de emisión-recepción con diferentes tipos de señales.



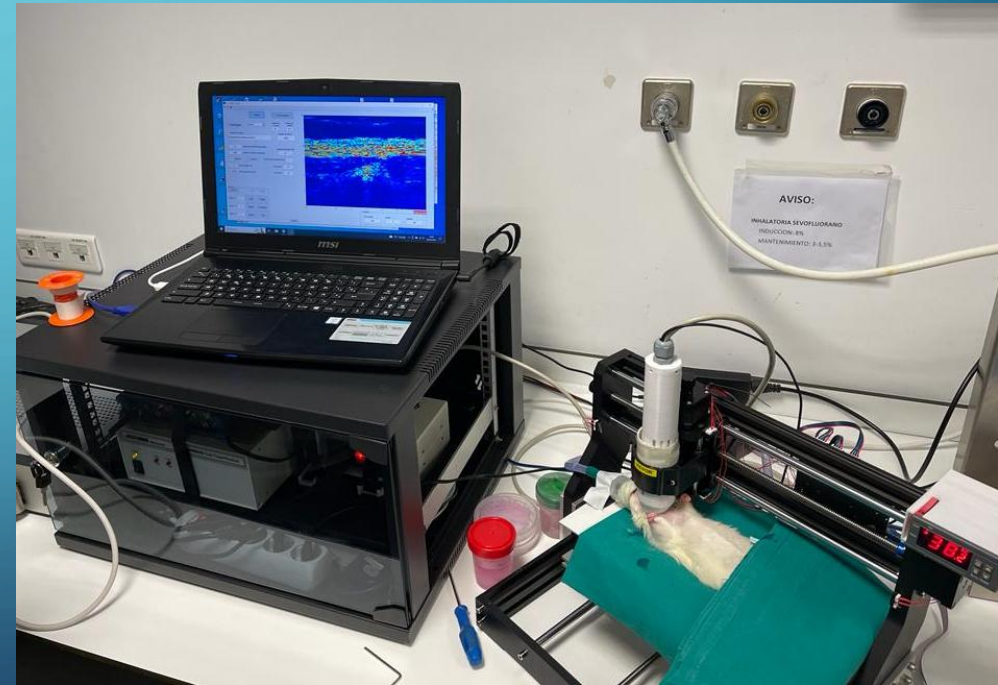
Lo hemos montado enteramente nosotros y podemos modificarlo, programarlo, etc.



Es lento



Complejo su uso *in-vivo*



HIRUS-Brain: Instrumentación

Equipo de imagen multicanal con arrays 10MHz y 18MHz



Nos permite implementar distintos algoritmos de imagen: ultra-rápida, TFM, etc.



Adecuado para aplicación *in-vivo*



Tanto el equipo como los arrays tienen un coste relativamente elevado.

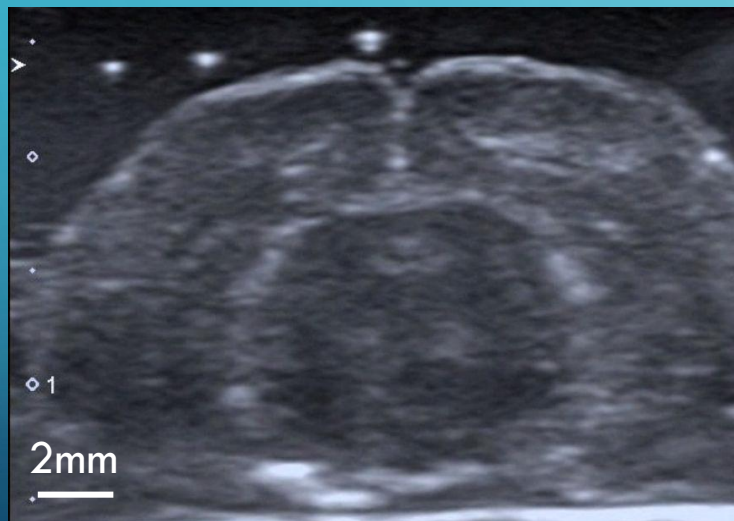


Es un equipo en depuración de una spin-off del CSIC, que tiene ciertas restricciones de disponibilidad de tiempo de desarrollo.

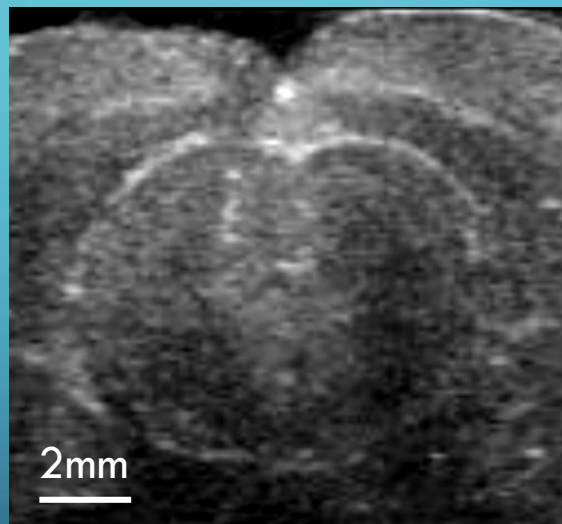


HIRUS-Brain: Instrumentación

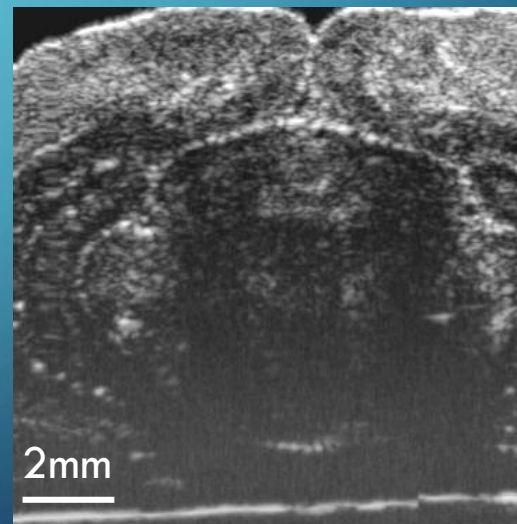
Comparativa en modo B-scan: cerebro de rata *ex vivo*



Ecografía convencional:
Xario 200G Canon con
array de 13MHz



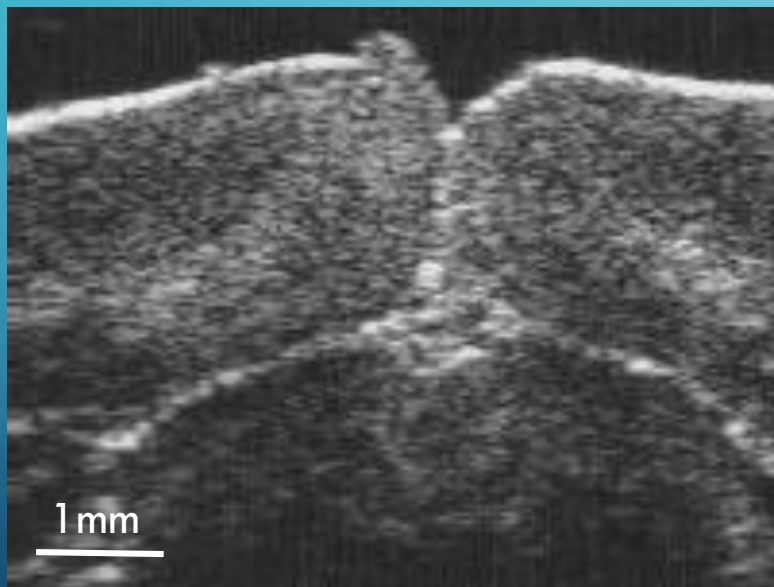
Sitau II con array de
Vernon de 18MHz



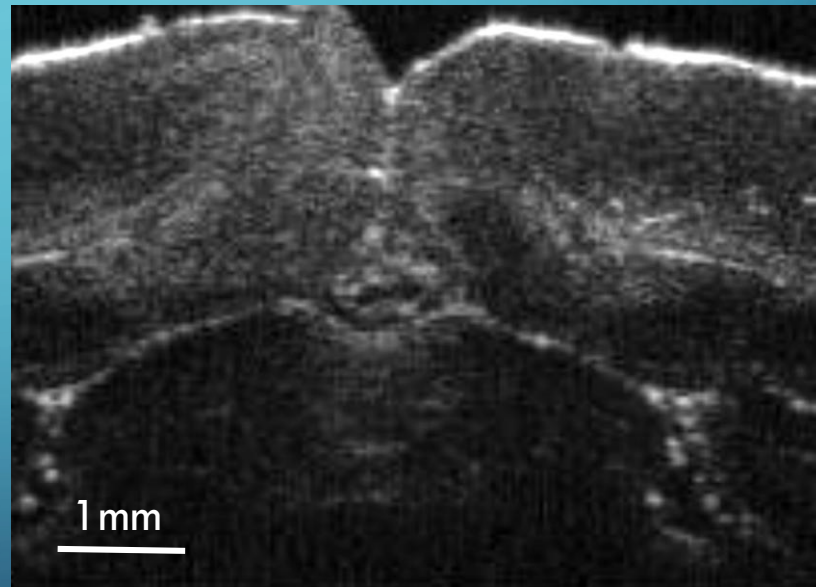
Sistema monocanal de
barrido con transductor
de Imasonic de 20MHz

HIRUS-Brain: Instrumentación

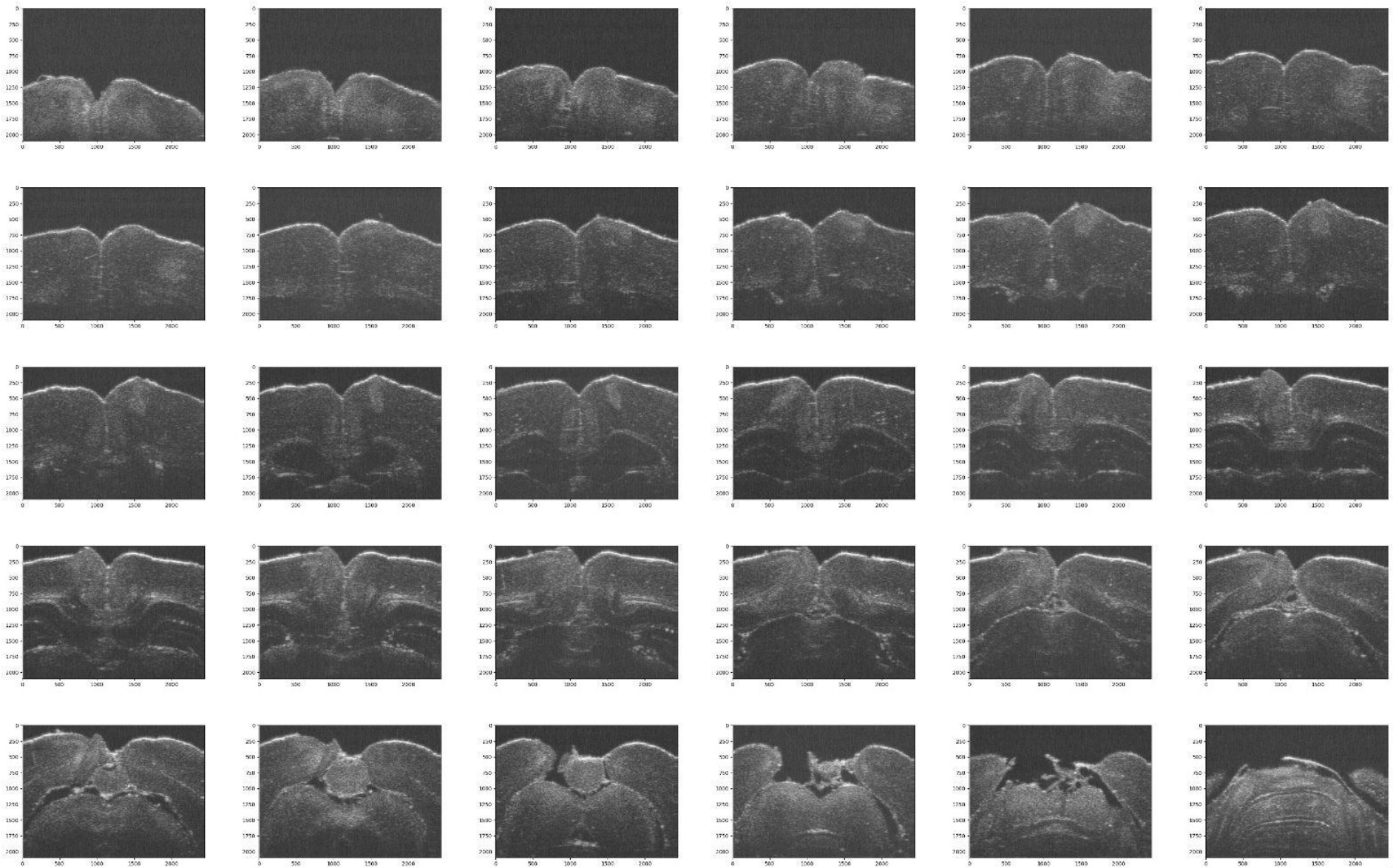
Comparativa en modo B-scan: cerebro de rata *ex vivo*



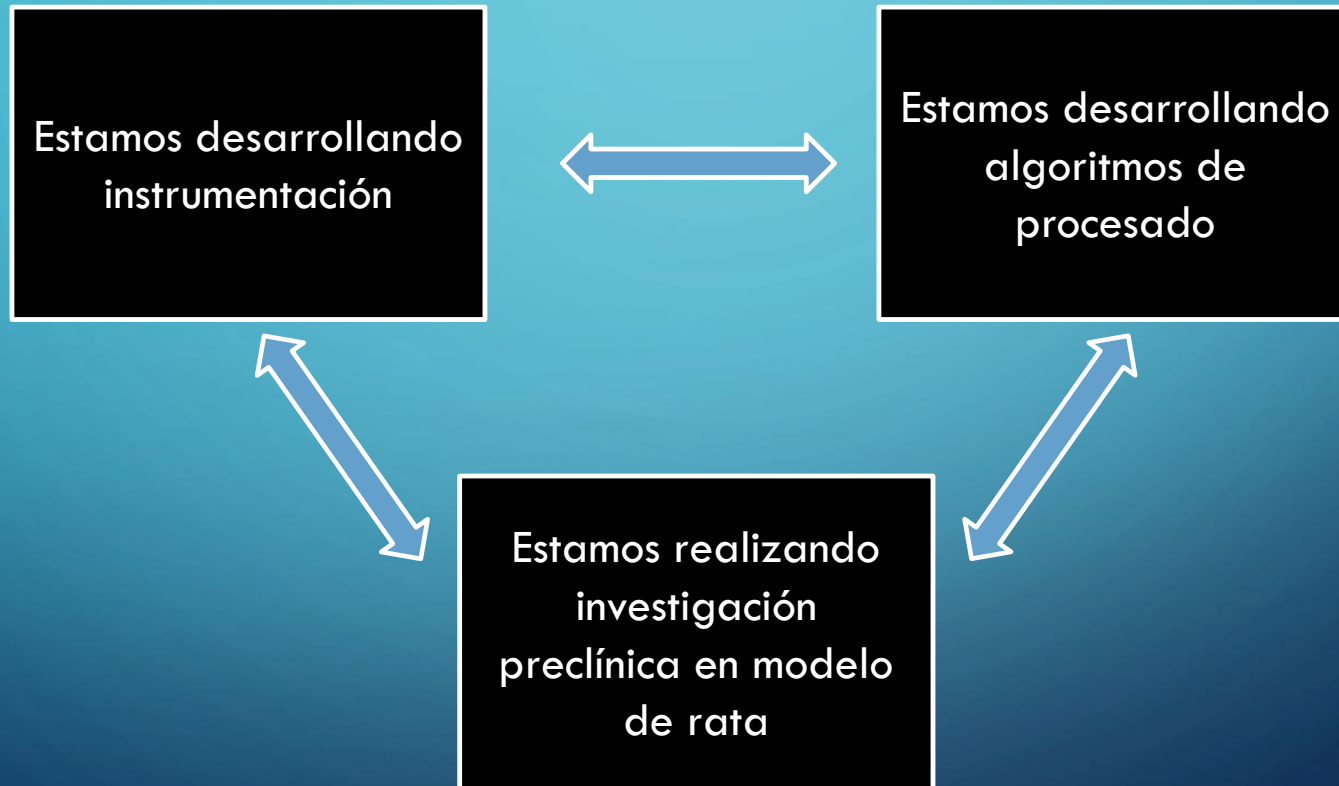
Sistema monocanal de
barrido con transductor
de Imasonic de 20MHz



Sistema monocanal de
barrido con transductor
de S-Sharp de 50MHz

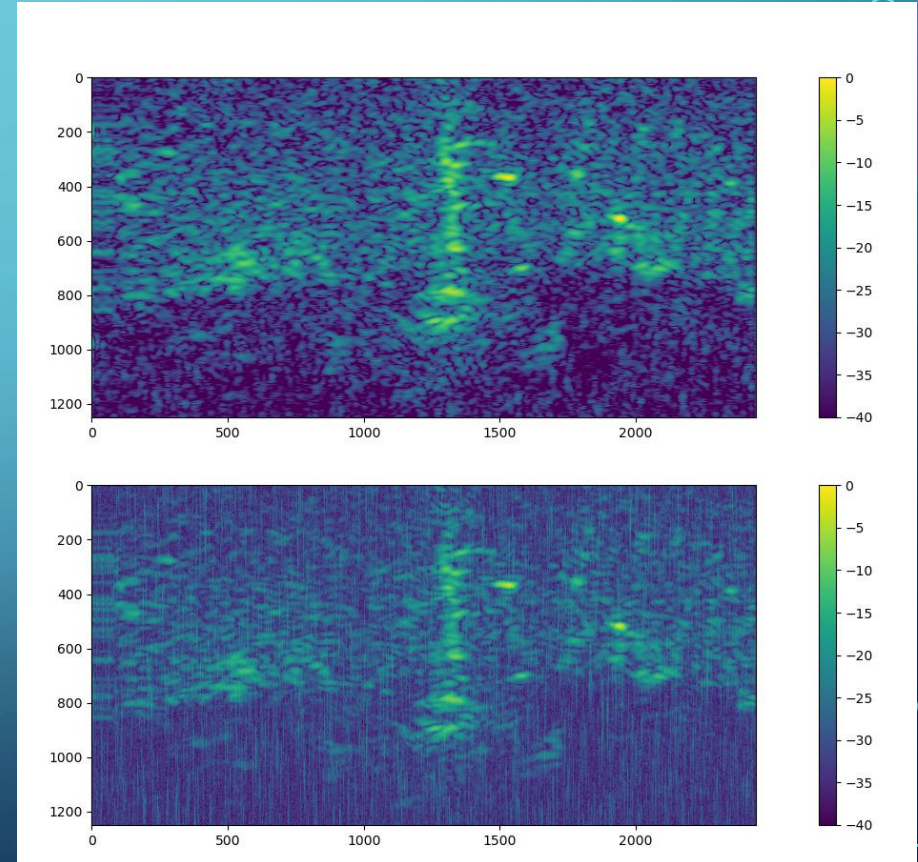


¿Qué pasos estamos dando?



HIRUS-Brain: Algoritmos

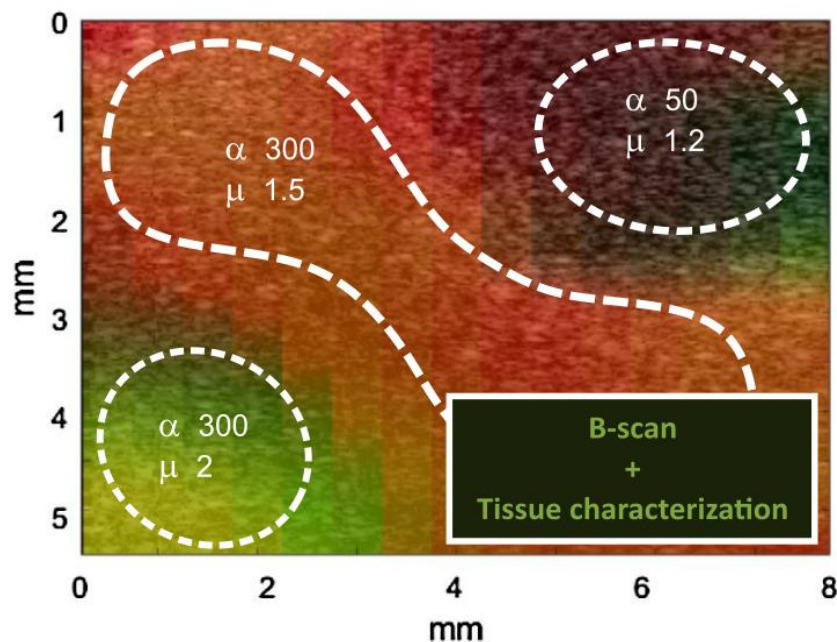
- Algoritmos de imagen sintética: más procesamiento y más calidad.
- Algoritmos de caracterización de tejidos.
- Algoritmos de imagen ultra-rápida por emisión en onda plana.
- Algoritmos de microscopía por localización ultrasónica.



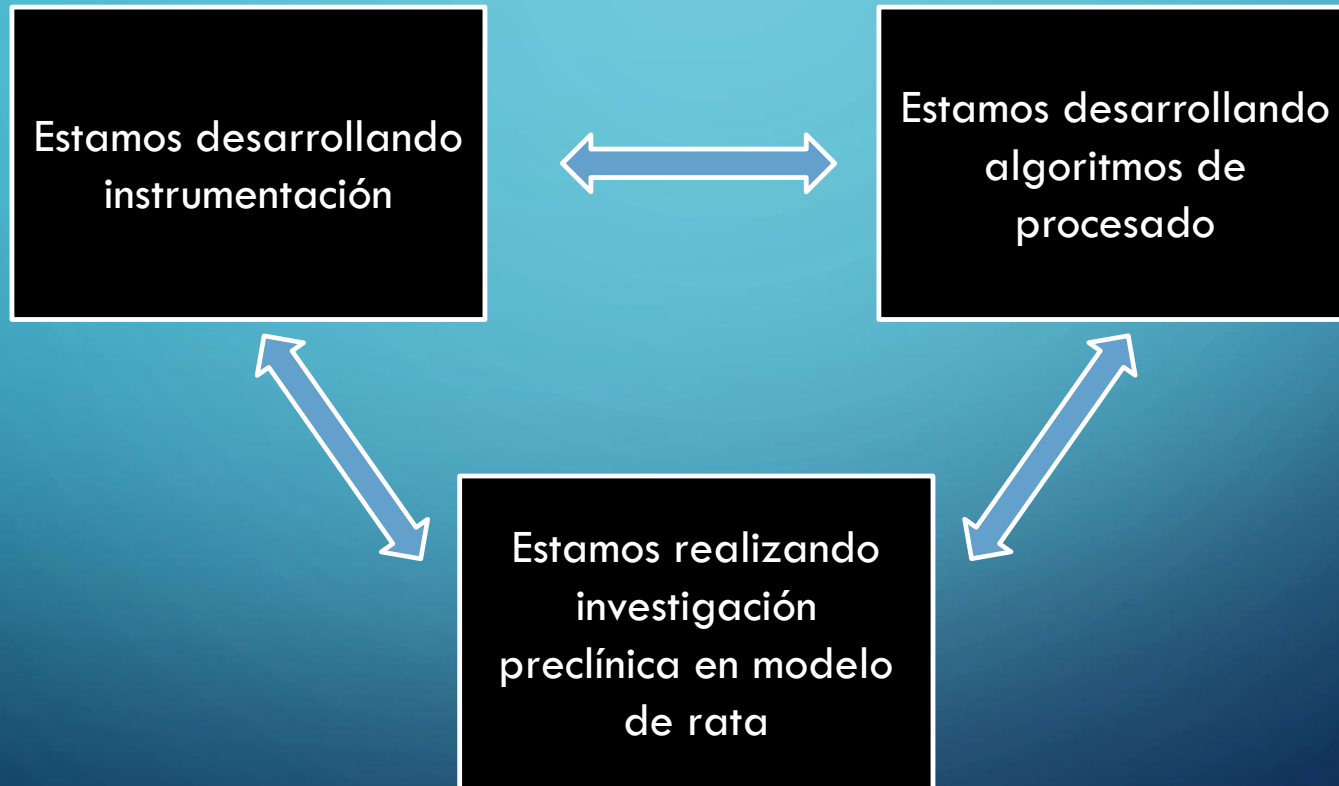
HIRUS-Brain: Algoritmos

- Algoritmos de imagen sintética: más procesamiento y más calidad.
- Algoritmos de caracterización de tejidos.
- Algoritmos de imagen ultra-rápida por emisión en onda plana.
- Algoritmos de microscopía por localización ultrasónica.

Imagen de caracterización superpuesta al b-scan en un símil de tejido biológico.



¿Qué pasos estamos dando?



HIRUS-Brain: Experimentación preclínica

- Estudio *ex-vivo*:

1. Caracterización ecográfica de ictus isquémico y hemorrágico en cerebros *ex-vivo* (buscamos las mejores condiciones posibles, sin cráneo).
2. Estudio del efecto del cráneo sobre la imagen. Lo haremos con cráneos *ex-vivo* de rata y símiles sintéticos de tejido cerebral. Propuestas de estrategias de mejora de la imagen.

- Estudio *in-vivo*:

3. Caracterización *in-vivo* de ictus isquémico y hemorrágico.
4. Estudios longitudinales, identificación de zonas de penumbra, etc.

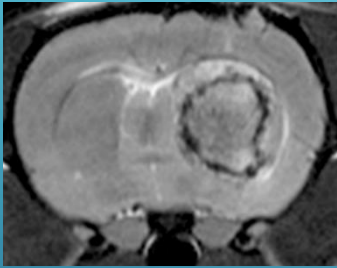
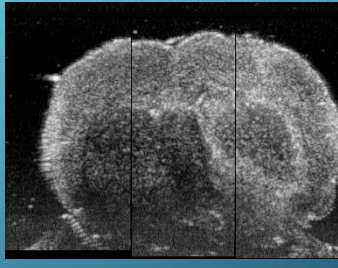
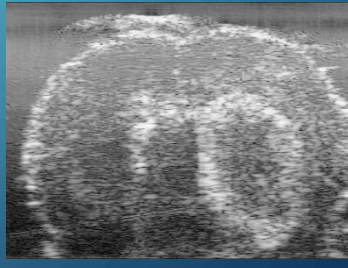
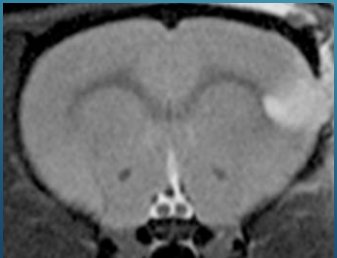
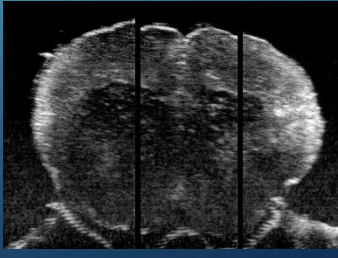
HIRUS-Brain: Experimentación preclínica

1. Averiguar qué imagen proporciona la ecografía en las mejores condiciones posibles (sin cráneo).

- 1.1. Imágenes preliminares isquemia vs. hemorragia (*Enero 2026*).

- 1.2. Estudio *ex-vivo*. (*Junio 2026*)

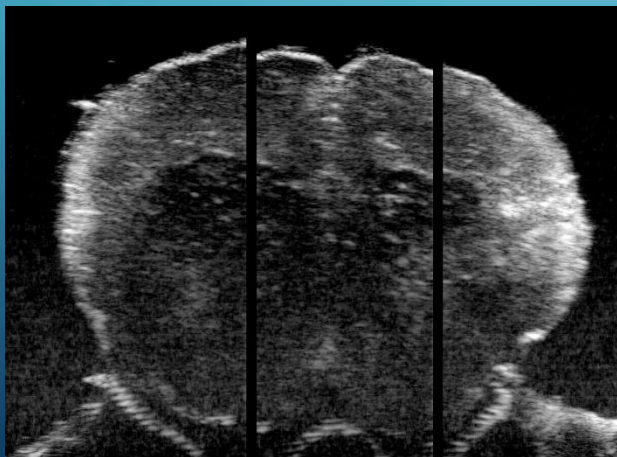
Isquemia vs. Hemorragia

	MRI	Ecografía convencional Xario 200G	Sistema monocanal de barrido	Sitau II (arrays)
Hemorragia				
Isquemia				

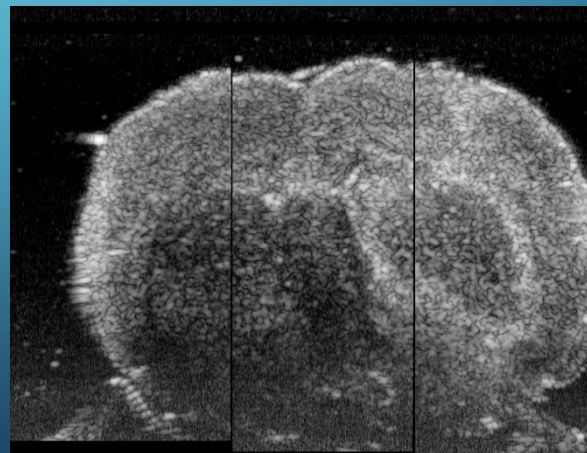
HIRUS-Brain: Experimentación preclínica

1. Averiguar qué imagen proporciona la ecografía en las mejores condiciones posibles (sin cráneo).

1.1. Imágenes preliminares isquemia vs. Hemorragia (Enero 2026).



Isquemia



Hemorragia

HIRUS-Brain: Experimentación preclínica

1. Averiguar qué imagen proporciona la ecografía en las mejores condiciones posibles (sin cráneo).

- 1.1. Imágenes preliminares isquemia vs. hemorragia (*Enero 2026*).

- 1.2. Estudio *ex-vivo*. (*Junio 2026*)

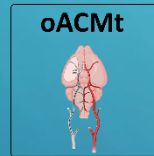
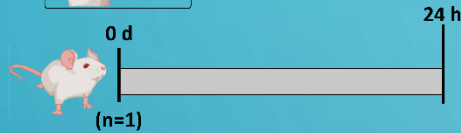
1.2. Estudio *ex-vivo* (junio 2026)

Estudio de validación

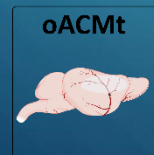
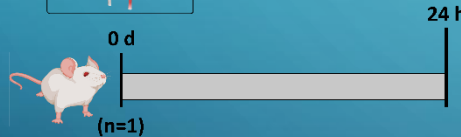
Ratas ♂ SD (N=3)



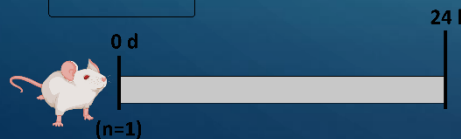
Estudios de imagen e histología



Estudios de imagen e histología



Estudios de imagen e histología



Estudios de imagen e histología

Resonancia magnética T2

B-scan
13MHz Xario
200G Canon

Monocanal
20MHz

Monocanal
50MHz

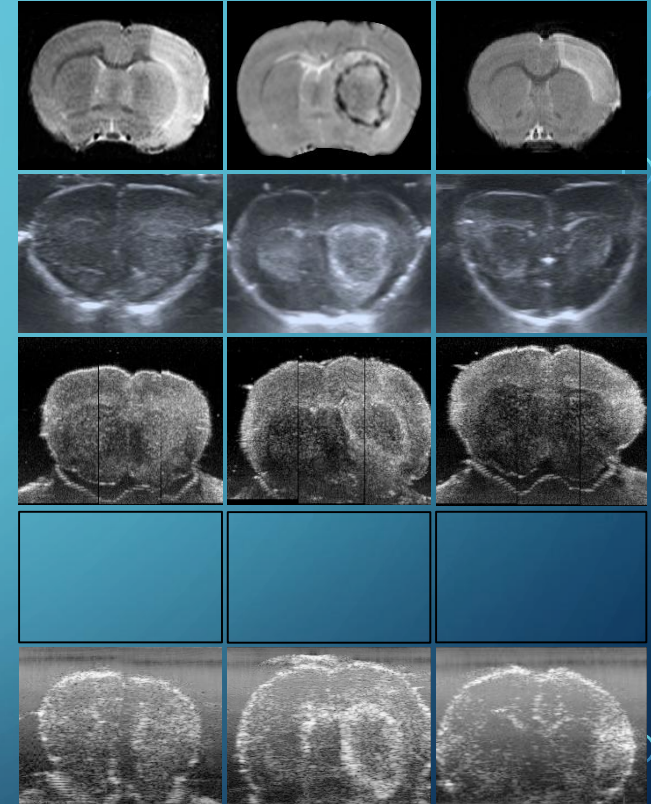
Arrays
15MHz

TTC

oACMt

HIC

oACMp



1.2. Estudio *ex-vivo* (junio 2026)

Estudio longitudinal

Ratas ♂ SD (N=12)



Estudios de imagen
e histología



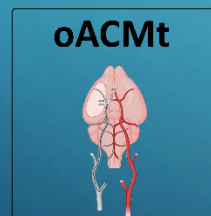
0 d
(N=6)

24 h
(n=3)

7d
(n=3)

Estudios de imagen
e histología

Estudios de
imagen e
histología



Estudios de imagen
e histología



0 d
(N=6)

24 h
(n=3)

7d
(n=3)

Estudios de imagen
e histología

Resonancia
magnética
T2

B-scan
13MHz Xario
200G Canon

Monocanal
20MHz

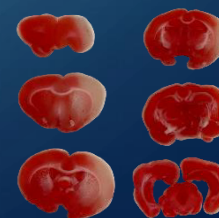
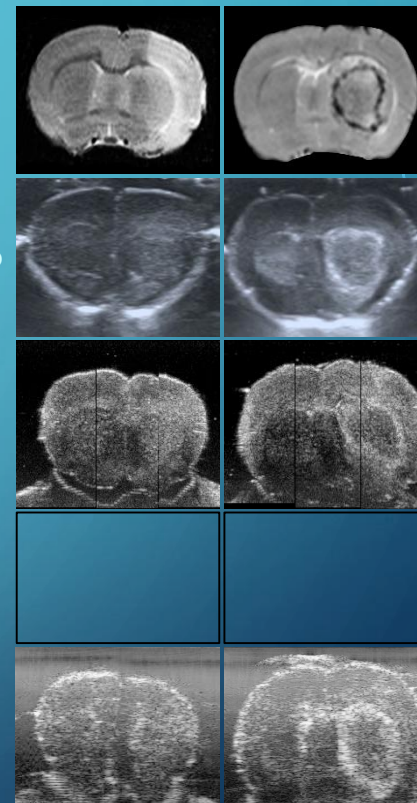
Monocanal
50MHz

Arrays
15MHz

TTC

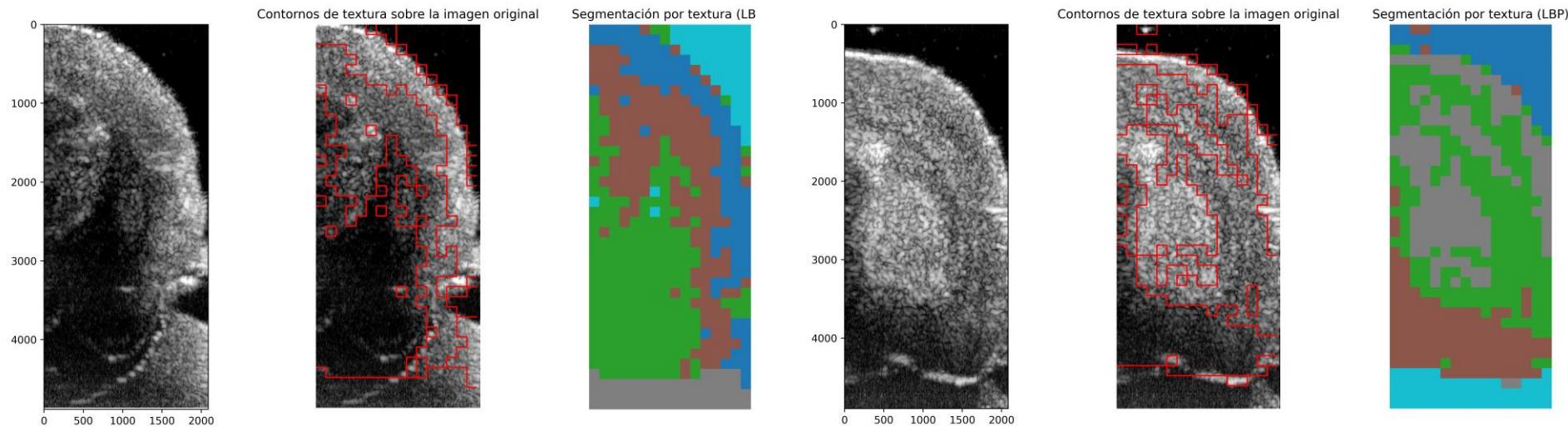
oACMt

HIC



HIRUS-Brain: Experimentación preclínica

- Búsqueda de características morfológicas cuantificables.
Comenzando...



The background is a gradient of blue, transitioning from a lighter shade at the top to a darker shade at the bottom. It is decorated with abstract circuit-like patterns consisting of thin white lines and small white circles, primarily located along the left and right edges.

¡MUCHAS GRACIAS!

HIRUS-Brain: Experimentación preclínica

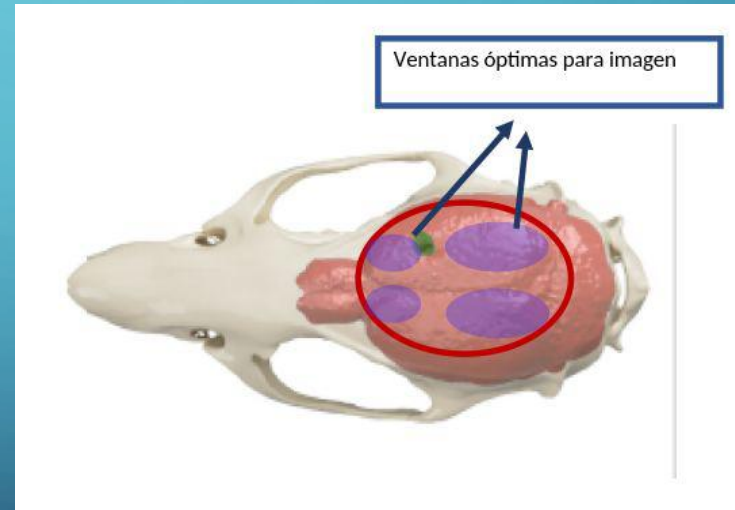
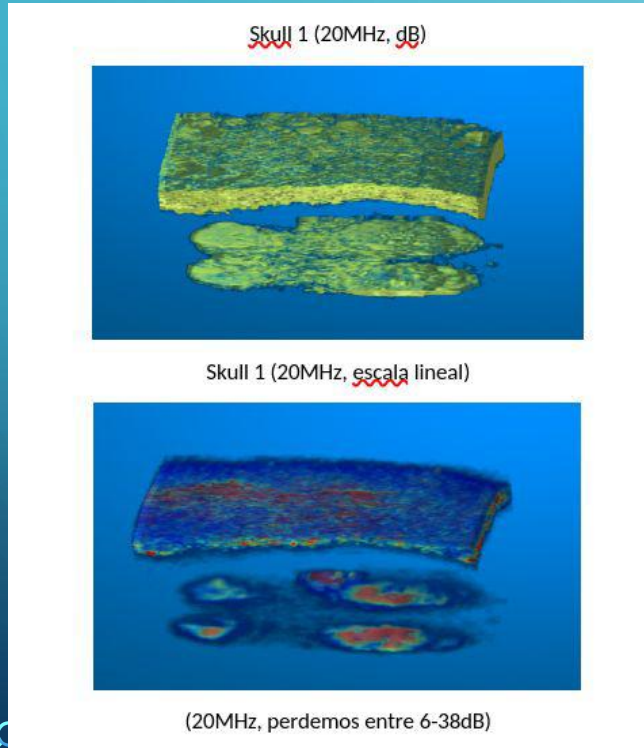
2. Estudio del efecto del cráneo sobre la imagen. Lo haremos con cráneos *ex-vivo* de rata y símiles sintéticos de tejido cerebral. Propuestas de estrategias de mejora de la imagen.

- 2.1. Grado de transparencia del cráneo. Uso de EDTA para su mejora.

- 2.2. Desarrollo de un nuevo púlsar para emitir códigos (mejora de la relación señal-ruido).

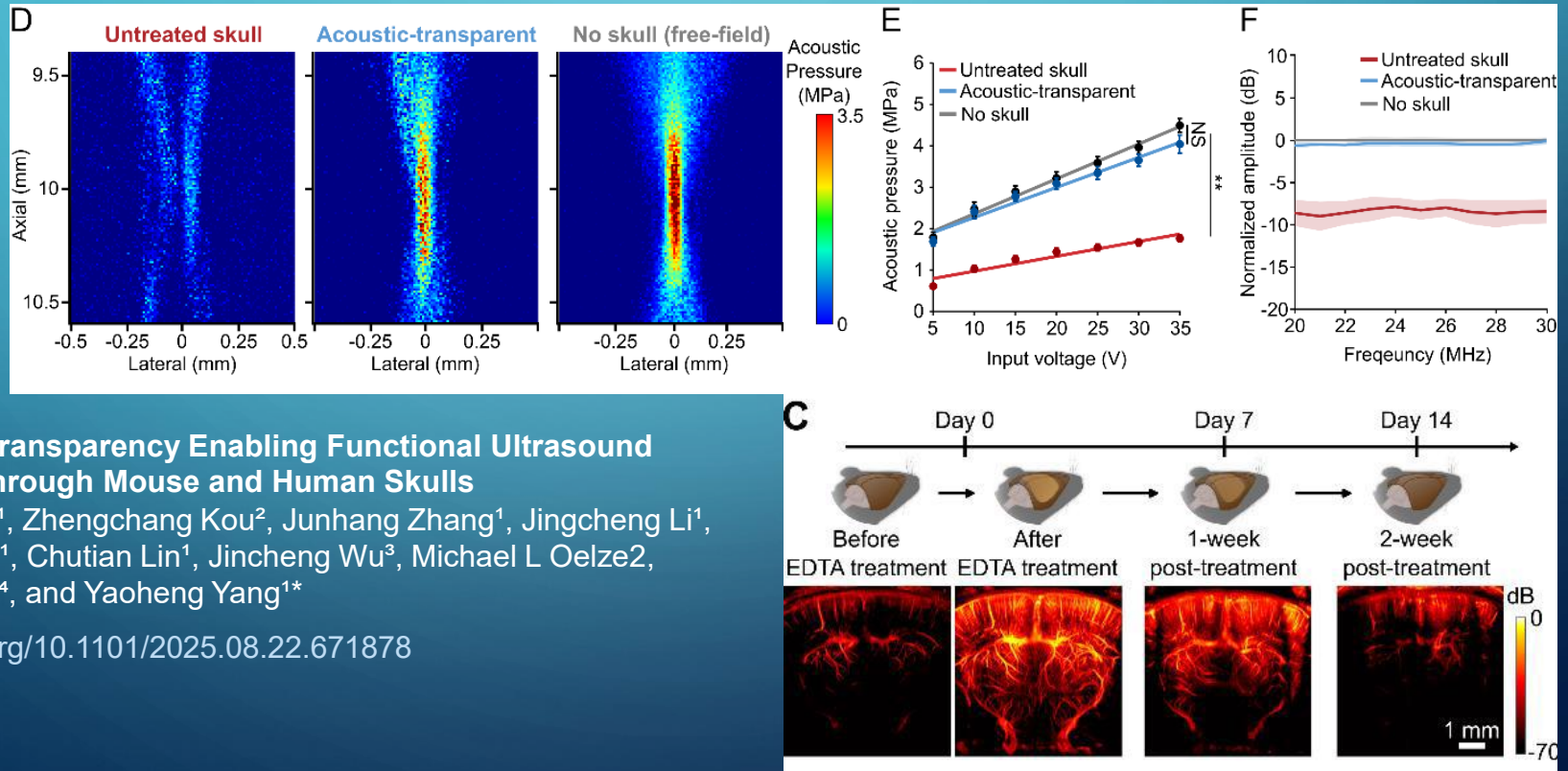
HIRUS-Brain: Experimentación preclínica

- 2.1. Grado de transparencia del cráneo. Uso de EDTA para su mejora.



HIRUS-Brain: Experimentación preclínica

- 2.1. Grado de transparencia del cráneo. Uso de EDTA para su mejora.



Acoustic Transparency Enabling Functional Ultrasound Imaging Through Mouse and Human Skulls

Zikai Wang¹, Zhengchang Kou², Junhang Zhang¹, Jingcheng Li¹,
Chen Gong¹, Chutian Lin¹, Jincheng Wu³, Michael L Oelze²,
Qifa Zhou^{1,4}, and Yaoheng Yang^{1*}

<https://doi.org/10.1101/2025.08.22.671878>