

OXIGENOTERAPIA HIPERBÁRICA Y ONCOLOGÍA VETERINARIA



¿Está contraindicada la OHB en pacientes con cáncer?

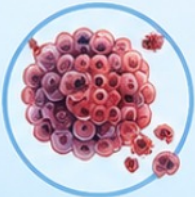
Preocupación histórica:



1 El aumento del oxígeno podría estimular la proliferación celular.



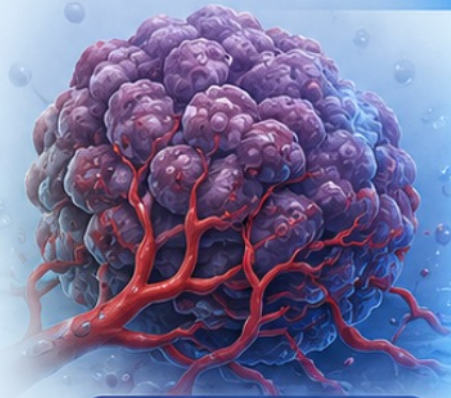
2 La OHB podría favorecer la angiogénesis y alimentar al tumor.



3 Podría aumentar el crecimiento tumoral y las metástasis.

HIPÓXICO

Ambiente tumoral con poco oxígeno



- ↑ HIF-1 α
- ↑ VEGF
- ↑ Angiogénesis
- ↑ Glucólisis anaerobia
- ↑ Acidosis

NORMÓXICO

Mejor oxigenación con OHB



- ↓ HIF-1 α
- ↓ VEGF
- ↓ Angiogénesis
- ↓ Glucólisis anaerobia
- ↓ Acidosis
- ↑ Reparación tisular
- ↑ Respuesta inmune



La evidencia actual NO ha demostrado estos efectos.

¿QUÉ DICE LA EVIDENCIA ACTUAL?



La OHB **NO** incrementa la tasa de crecimiento tumoral.



NO aumenta recurrencia ni metástasis.



El cáncer activo **NO** es una contraindicación absoluta.



La indicación debe individualizarse según tumor, estadio y objetivo terapéutico.

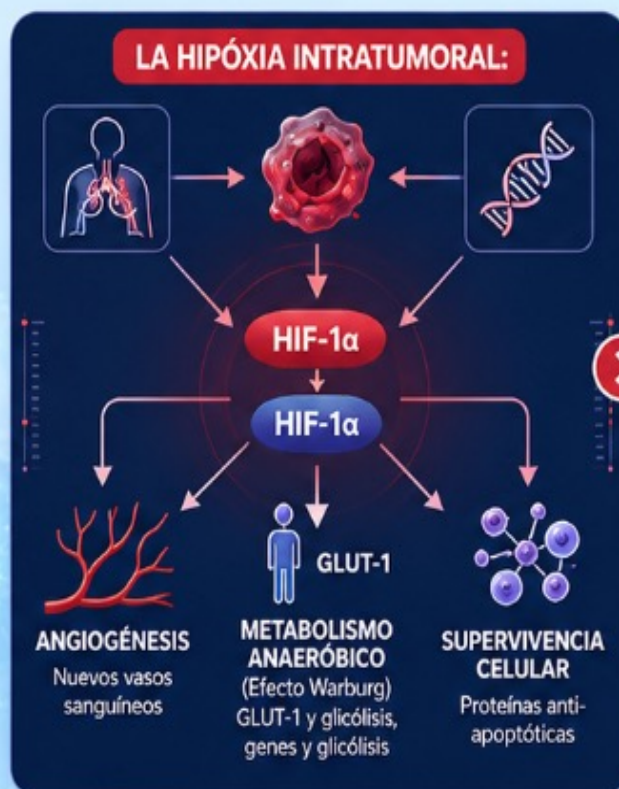


LA EVIDENCIA ACTUAL CONFIRMA QUE LA OHB ES SEGURA Y BENEFICIOSA EN PACIENTES ONCOLÓGICOS.



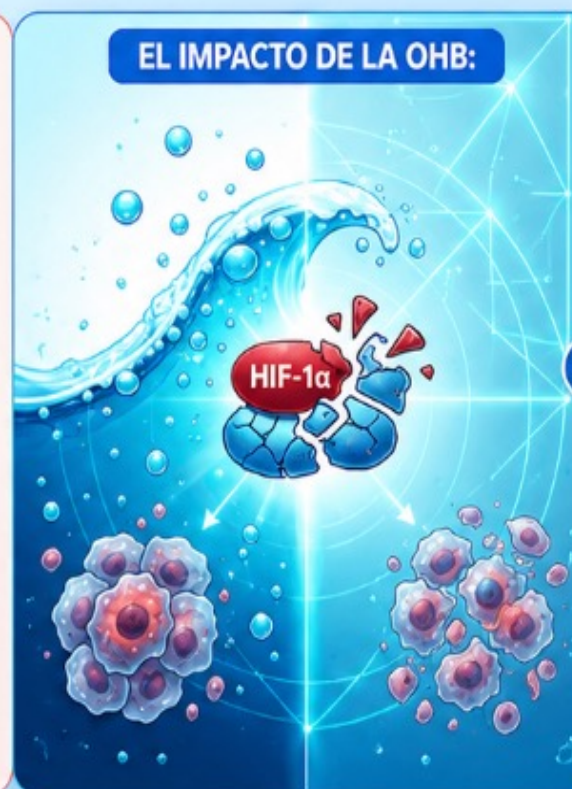
La Paradoja Tumoral: ¿El oxígeno alimenta al cáncer?

⚠ EL MITO: El aumento de oxígeno estimula la proliferación celular y favorece la angiogénesis, alimentando el tumor.



Es el principal estímulo para la resistencia (Efecto Warburg) y evasión inmune.

La hipoxia estabiliza el HIF-1α, lo que activa genes proangiogénicos (VEGF), transportadores de glucosa (GLUT-1) y supervivencia celular.



La **hiperoxia** inhibe esta vía.

Aumenta el **estrés oxidativo** específicamente en células tumorales (que carecen de defensas antioxidantes normales), frenando su desarrollo y volviéndolas radiosensibles.

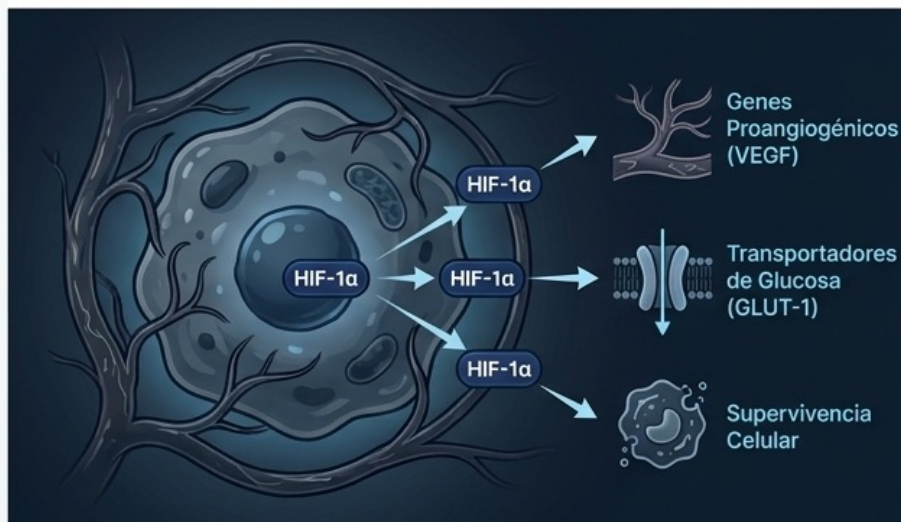


La evidencia actual demuestra que la OHB **NO** incrementa la tasa de crecimiento tumoral, recurrencia ni metástasis.



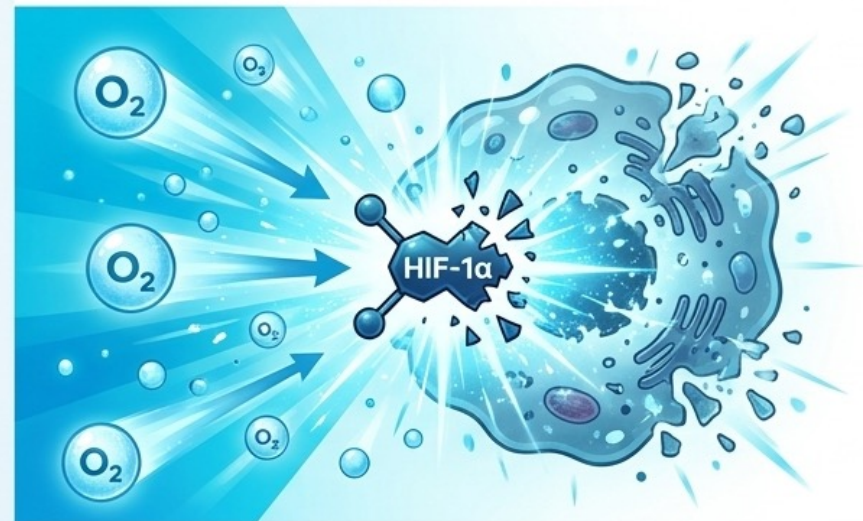
La Paradoja Tumoral: Por qué el oxígeno no alimenta al cáncer

El Problema: Hipoxia Intratumoral



Es el principal estímulo para la resistencia (Efecto Warburg) y evasión inmune. La hipoxia estabiliza el HIF-1 α , activando genes proangiogénicos (VEGF), transportadores de glucosa (GLUT-1) y supervivencia celular.

La Solución: El Impacto de la OHB



La hiperoxia inhibe esta vía de supervivencia. Aumenta el estrés oxidativo específicamente en las células tumorales (que carecen de las defensas antioxidantes normales), frenando su desarrollo y volviéndolas radiosensibles.

OHB Y ONCOLOGÍA VETERINARIA – GUÍA PRÁCTICA

SITUACIÓN ONCOLÓGICA	¿OHB?	FUNDAMENTO CLÍNICO	OBSERVACIONES	RECOMENDACIÓN
CÁNCER ACTIVO SIN HERIDA, SIN NECROSIS, SIN INFECCIÓN	PRECAUCIÓN	No está contraindicada, pero debe tener objetivo clínico claro.	No usar de rutina sin un beneficio esperado definido.	Evaluar caso individualmente según estadio, pronóstico y objetivo terapéutico.
POSTQUIRÚRGICO ONCOLÓGICO COMPLICADO	SÍ	Mejora oxigenación tisular, cicatrización y control de infección.	Disminuye edema, necrosis tisular y riesgo de dehiscencia.	Muy recomendado como terapia coadyuvante.
NECROSIS O LESIÓN POR RADIOTERAPIA	SÍ	Mejora oxigenación, reduce fibrosis, favorece angiogénesis controlada y reparación tisular.	Indicación clásica de OHB en medicina humana y veterinaria.	Altamente recomendado.
HERIDAS TUMORALES INFECTADAS O DEHISCENTES	SÍ	Aumenta tensión tisular de O ₂ , mejora función leucocitaria, disminuye carga bacteriana y acelera reparación.	Reduce mal olor, exudado y mejora calidad de vida.	Muy recomendado.
TUMORES MUY AGRESIVOS O METASTÁSICOS AVANZADOS	EVALUAR CASO	No por contraindicación absoluta, sino por pronóstico y beneficio real esperado.	Considerar estado general, pronóstico y objetivos paliativos.	Uso individualizado según beneficio clínico.
DURANTE QUIMIOTERAPIA	DEPENDENDE	Revisar droga usada; especial cautela con bleomicina y fármacos neumotóxicos.	Algunos quimioterápicos pueden aumentar toxicidad pulmonar.	Consultar con oncólogo veterinario y revisar esquema de medicación.
TUMORES HIPÓXICOS	POTENCIALMENTE ÚTIL	La hipoxia tumoral favorece HIF-1 α , angiogénesis, invasión y resistencia terapéutica. OHB puede mejorar oxigenación tisular.	Puede aumentar sensibilidad a radioterapia y ciertos quimioterápicos.	Puede ser útil como terapia coadyuvante.
PACIENTE ONCOLÓGICO CON ANEMIA O HIPOXIA TISULAR	PUEDE AYUDAR	Aumenta oxígeno disuelto en plasma, mejora función celular y tejido hipóxico.	No reemplaza tratar la causa primaria (anemia, enfermedad subyacente).	Útil como soporte complementario.

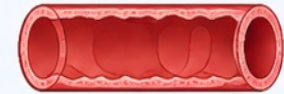
ANGIOGÉNESIS TUMORAL vs ANGIOGÉNESIS INDUCIDA POR OHB

Diferencias clave en su origen, mecanismos, características y efectos

ASPECTO	ANGIOGÉNESIS TUMORAL	ANGIOGÉNESIS INDUCIDA POR OHB
DEFINICIÓN	Formación de nuevos vasos sanguíneos dentro y alrededor del tumor para sostener su crecimiento y diseminación.	Formación de nuevos vasos sanguíneos funcionales en tejidos sanos como respuesta a la hiperoxia; proceso controlado y fisiológico.
ESTÍMULO PRINCIPAL	Hipoxia crónica intratumoral → estabilización de HIF-1α → activación de genes proangiogénicos.	Hiperoxia intermitente (OHB) → ↓ HIF-1α (en exceso) y ↑ factores reparativos y angiogénicos fisiológicos.
MEDIADORES CLAVE	↑ VEGF, PDGF, FGF, TGF-β, Angiopoyetinas, MMPs, IL-8, HIF-1α, etc.	VEGF en niveles fisiológicos, FGF-2, PDGF-BB, Angiopoyetina-1, eNOS, SDF-1α, HGF, etc.
CARACTERÍSTICAS DE LOS VASOS	Vasos anormales, desorganizados, tortuosos, dilatados, con paredes delgadas y permeables. Flujo sanguíneo irregular e ineficiente.	Vasos nuevos maduros, organizados, con paredes normales, menor permeabilidad y flujo adecuado.
FUNCIÓN PRINCIPAL	Aportar oxígeno y nutrientes al tumor y permitir su crecimiento, invasión y metástasis.	Mejorar la oxigenación tisular, favorecer la reparación, la cicatrización y la recuperación funcional.
EFFECTO SOBRE EL TEJIDO	Favorece la progresión tumoral, la invasión, la resistencia a terapias y la formación de metástasis.	Promueve regeneración, reduce inflamación, mejora la función tisular y la resistencia a infecciones.
ESTABILIDAD VASCULAR	Inestables y altamente permeables. Fugas, edema y presión intersticial elevada.	Estables, maduros, con buena cobertura perivascular y baja permeabilidad.
ROL EN EL CÁNCER	Promueve el crecimiento tumoral y se asocia a mal pronóstico.	No promueve el crecimiento tumoral; puede mejorar la respuesta a tratamientos (radioterapia, cirugía).
IMPLICACIONES CLÍNICAS	Objetivo terapéutico en oncología (antiangiogénicos: anti-VEGF, inhibidores de tirosina quinasa, etc.).	Útil en medicina regenerativa, heridas crónicas, necrosis por radioterapia, isquemia y como coadyuvante en oncología.



- Caótica
- Desorganizada
- Irregular
- Permeable
- Disfuncional



- Organizada
- Estructurada
- Regular
- Estable
- Funcional

COMPARACIÓN VISUAL Y FUNCIONAL

ANGIOGÉNESIS TUMORAL (PATOLÓGICA)

Hipoxia intratumoral
↑ HIF-1α



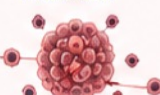
↑ VEGF y otros factores proangiogénicos



Vasos nuevos anormales y permeables



Tumor crece, invade y metastatiza



ANGIOGÉNESIS INDUCIDA POR OHB (FISIOLÓGICA)

OHB (hiperoxia intermitente)



Activación de factores reparativos y angiogénicos fisiológicos



Vasos nuevos maduros y funcionales



Mejor oxigenación, reparación tisular y recuperación





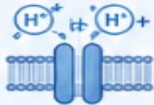





EN RESUMEN

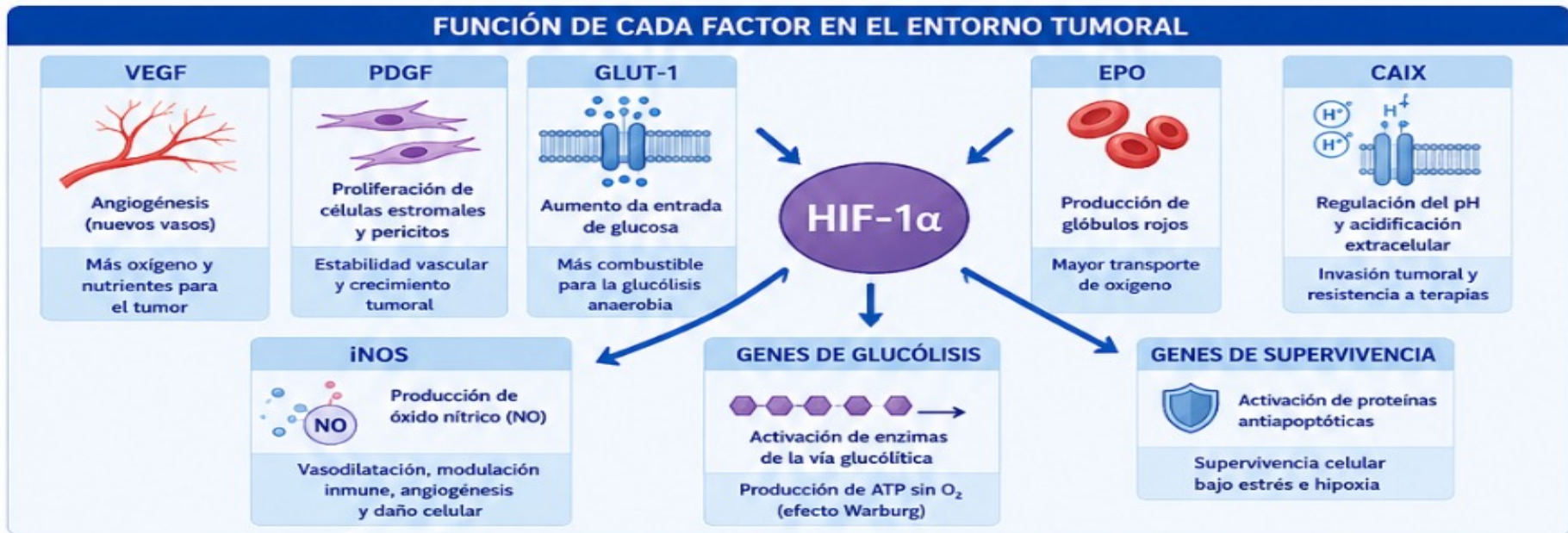
La angiogénesis tumoral es un proceso patológico, desorganizado y pro-tumoral, impulsado por la hipoxia y mediadores como VEGF en exceso.

La angiogénesis inducida por OHB es un proceso fisiológico, controlado y reparativo, que genera vasos maduros y funcionales para mejorar la oxigenación y la regeneración tisular.

FACTORES INDUCIDOS POR HIPÓXIA (HIF-1 α) Y SU FUNCIÓN

FACTOR	NOMBRE COMPLETO	¿QUÉ ES?	FUNCIÓN PRINCIPAL	EFECTO EN LA CÉLULA / TEJIDO	IMPORTANCIA EN ONCOLOGÍA
VEGF	Vascular Endothelial Growth Factor	Factor de crecimiento endotelial vascular.	Estimula la formación de nuevos vasos sanguíneos (angiogénesis).	 Aumenta el aporte de oxígeno y nutrientes al tejido.	Los tumores lo usan para crear su propia red de vasos y crecer.
PDGF	Platelet-Derived Growth Factor	Factor de crecimiento derivado de plaquetas.	Estimula proliferación, quimiotaxis y supervivencia de células del estroma (fibroblastos, pericitos).	 Estabiliza vasos sanguíneos y favorece reparación tisular.	Favorece el crecimiento tumoral, el estroma desmoplásico y la resistencia a terapias.
GLUT-1	Glucose Transporter 1	Transportador de glucosa inducible por hipoxia.	Aumenta la entrada de glucosa a la célula.	 Proporciona sustrato para la glucólisis anaerobia.	Permite al tumor sobrevivir en hipoxia (efecto Warburg).
EPO	Erythropoietin	Hormona eritropoyética producida principalmente en el riñón.	Estimula la producción de glóbulos rojos (eritropoyesis).	 Aumenta la capacidad de transporte de oxígeno.	Puede favorecer la supervivencia tumoral y la resistencia a tratamientos.
CAIX	Carbonic Anhydrase IX	Enzima de la familia anhidrasa carbónica.	Regula el pH intracelular y extracelular en ambientes hipóxicos (acidificación).	 Mantiene el pH intracelular óptimo y acidifica el entorno extracelular.	Facilita la invasión tumoral y la resistencia a quimio y radioterapia.
iNOS	Inducible Nitric Oxide Synthase	Enzima que produce óxido nítrico (NO) en respuesta a hipoxia e inflamación.	Produce grandes cantidades de óxido nítrico.	 Vasodilatación, modulación inmune y daño celular controlado.	Puede favorecer crecimiento, invasión y angiogénesis, pero también activar inmunidad antitumoral.
GENES DE GLUCÓLISIS	Conjunto de genes metabólicos.	Enzimas clave de la vía glucolítica.	Aumentan la conversión de glucosa en lactato (glucólisis anaerobia).	 Genera ATP en ausencia de oxígeno.	Sostienen el metabolismo tumoral en hipoxia (efecto Warburg).
GENES DE SUPERVIVENCIA	Conjunto de genes antiapoptóticos.	Proteínas que inhiben la muerte celular.	Favorecen la supervivencia celular bajo condiciones adversas.	 Protegen a la célula del daño y la apoptosis.	Permiten que las células tumorales sobrevivan a terapias y estrés ambiental.

FUNCIÓN DE CADA FACTOR EN EL ENTORNO TUMORAL



EN RESUMEN

La hipoxia activa HIF-1 α , que induce la expresión de múltiples factores que permiten al tumor: generar nuevos vasos, obtener energía sin oxígeno, regular el pH, evitar la muerte celular y resistir a los tratamientos.

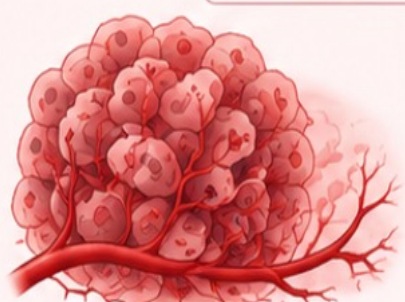
pH ÁCIDO TUMORAL vs pH NEUTRO (NORMO pH) GENERADO POR OHB

El microambiente tumoral cambia con la oxigenación hiperbárica

pH ÁCIDO TUMORAL

Microambiente hipóxico

pH 6,2 – 6,9
(ácido)



- ↑ Hipoxia
- ↑ HIF-1α
- ↑ Glucólisis anaerobia
- ↑ Lactato
- ↑ H⁺ (protones)
- ↓ Oxigenación

METABOLISMO PREDOMINANTE: ANAEROBIO

Glucosa → Piruvato → $\xrightarrow{\text{LDH-A}}$ Lactato + H⁺
(acidificación)

EFFECTOS DEL pH ÁCIDO EN EL TUMOR

- Favorece la invasión y metástasis
- Estimula la angiogénesis anormal
- Inhibe la respuesta inmune (↓ linfocitos T, NK)
- Aumenta la resistencia a quimio y radioterapia
- Favorece la degradación de la matriz extracelular

VASOS TUMORALES

- Tortuosos
- Desorganizados
- Permeabilidad elevada
- Flujo irregular

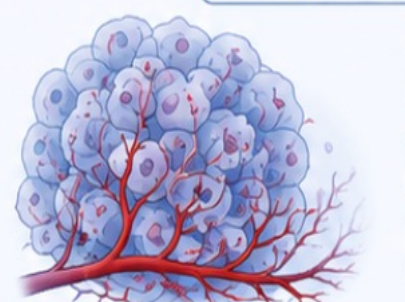


- ✓ ↑ Oxigenación tisular
- ✓ ↓ Hipoxia
- ✓ ↓ HIF-1α
- ✓ ↓ Glucólisis anaerobia
- ✓ ↓ Lactato
- ✓ ↓ H⁺ (protones)
- ✓ pH se normaliza (7,35 – 7,45)

pH NEUTRO (NORMO pH) CON OHB


Microambiente oxigenado

pH 7,35 – 7,45
(fisiológico)



- ↓ Hipoxia
- ↓ HIF-1α
- ↓ Glucólisis anaerobia
- ↓ Lactato
- ↓ H⁺ (protones)
- ↑ Oxigenación

METABOLISMO PREDOMINANTE: AEROBIO

Glucosa → Piruvato →  → CO₂ + H₂O + ATP
(energía eficiente)

EFFECTOS DEL pH NEUTRO (NORMO pH)

- Disminuye la invasión y metástasis
- Reduce la angiogénesis patológica
- Mejora la respuesta inmune
- Aumenta la sensibilidad a quimio y radioterapia
- Favorece la reparación tisular

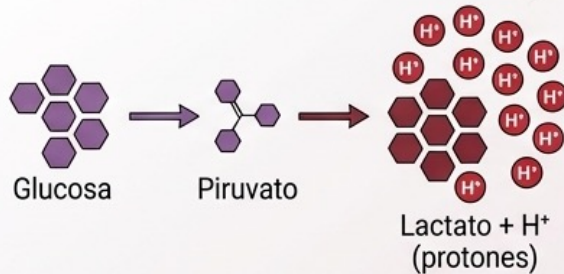
VASOS MÁS MADUROS Y FUNCIONALES

- Organizados
- Menor permeabilidad
- Flujo eficiente
- Mejor oxigenación tisular

Transformación del Microambiente: Reversión del pH



Microambiente Hipóxico:
pH 6.2 – 6.9 (Ácido)



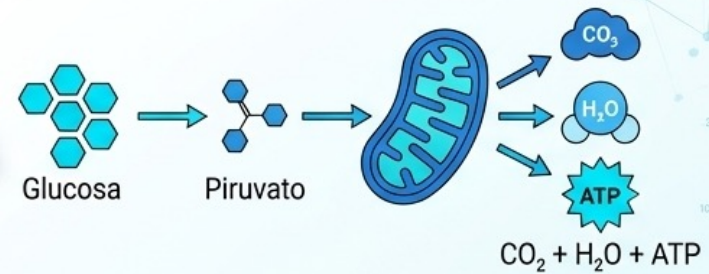
Metabolismo: Anaerobio.
Glucosa → Piruvato → Lactato + H⁺ (protones).

Efecto:

Inhibe linfocitos T y NK.
Aumenta resistencia a quimio/radioterapia.
Favorece degradación de matriz extracelular.



Microambiente Oxigenado:
pH 7.35 – 7.45 (Fisiológico)



Metabolismo: Aerobio.
Glucosa → Piruvato → CO₂ + H₂O + ATP.

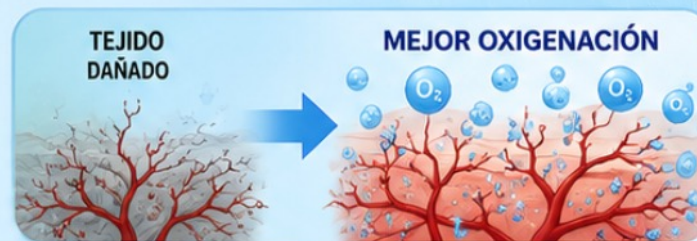
Efecto:

Disminuye invasión.
Mejora respuesta inmune.
Aumenta la sensibilidad a terapias convencionales.
Normaliza el tejido.

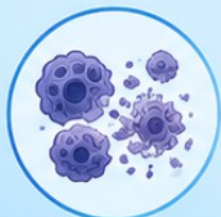
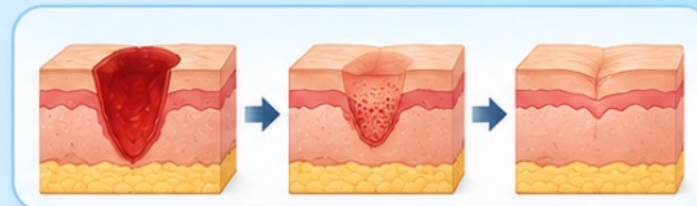
BENEFICIOS POTENCIALES DE LA OHB EN ONCOLOGÍA



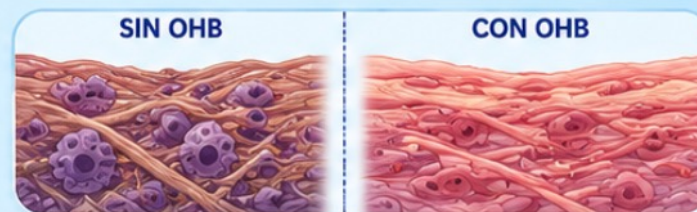
Mejora la oxigenación de tejidos dañados por radioterapia.



Favorece la cicatrización.



Disminuye necrosis y fibrosis post-radiación.



Puede aumentar la sensibilidad a radio y quimioterapia.



La Oxigenoterapia Hiperbárica (OHB) puede ser un gran aliado en el tratamiento oncológico, mejorando la calidad de vida y potenciando los resultados terapéuticos.



APLICACIONES EN MEDICINA VETERINARIA



HERIDAS QUIRÚRGICAS COMPLEJAS

Mejora la oxigenación, favorece la cicatrización y reduce el riesgo de complicaciones.



NECROSIS TISULAR

Favorece la regeneración de tejidos y disminuye el área de necrosis.



OSTEORRADIONECROSIS

Estimula la formación de nuevo tejido óseo y mejora la vascularización.



INFECCIONES SECUNDARIAS

Aumenta la actividad de los leucocitos y la acción de los antibióticos. Disminuye la carga bacteriana.



PACIENTES DEBILITADOS O CON HIPOXIA TISULAR

Mejora la oxigenación global, la función celular, la recuperación y la calidad de vida.



¿CUÁNDO UTILIZARLA CON PRECAUCIÓN?



1

TUMORES MUY VASCULARIZADOS

El aumento de oxígeno podría estimular temporalmente la angiogénesis tumoral.



2

CRECIMIENTO EXTREMADAMENTE RÁPIDO

En tumores de proliferación muy acelerada, la OHB podría no ser beneficiosa.



3

ENFERMEDAD METASTÁSICA AVANZADA

En casos de metástasis extensas, la OHB puede no modificar el pronóstico global.



4

AUSENCIA DE OBJETIVO TERAPÉUTICO CLARO

Si no hay una meta terapéutica definida, el beneficio de la OHB es incierto.



CONTRAINDICACIONES DE LA OHB



CONTRAINDICACIÓN ABSOLUTA



• Neumotórax no tratado

La OHB puede expandir el aire en la cavidad pleural y provocar un neumotórax a tensión, potencialmente mortal.



CONTRAINDICACIONES RELATIVAS



• Epilepsia no controlada

El aumento de oxígeno puede disminuir el umbral convulsivo.



• Enfermedad pulmonar bullosa

Riesgo de ruptura de bullas y desarrollo de neumotórax.



• Fiebre elevada

Puede aumentar el riesgo de efectos adversos.



• Algunos quimioterápicos (ej. bleomicina)

Riesgo aumentado de toxicidad pulmonar.



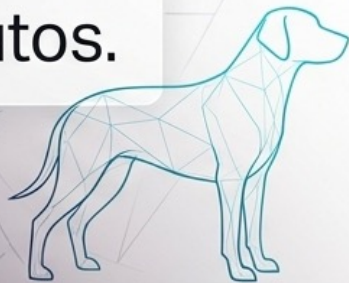
La evaluación clínica individual y la relación riesgo-beneficio son fundamentales para determinar la indicación de la OHB.



La Escala Veterinaria: Evidencia en 2,792 Sesiones

Protocolo Estándar:

2 ATA por
45 minutos.



2,792
Total de Sesiones
Total de Sesiones



Población:

542 Perros (94.1%)

24 Gatos (4.2%)

10 Exóticos (1.7%)

El estudio clínico veterinario más grande hasta la fecha confirma que las propiedades antiedema, antiinflamatorias y neuroprotectoras de la hiperoxia son transespecie, validando los modelos moleculares humanos a escala poblacional animal.

CONCLUSIONES FINALES



La OHB **NO** acelera el crecimiento tumoral.



La OHB **NO** aumenta las metástasis.



El cáncer activo **NO** es una contraindicación absoluta.



La indicación debe individualizarse.



OHB = Oxigenación + Reparación tisular + Calidad de vida



La Oxigenoterapia Hiperbárica es una herramienta segura y eficaz que mejora la oxigenación, acelera la reparación tisular y potencia el bienestar y la calidad de vida.



TRABAJOS QUE AVALAN LA SEGURIDAD DE LA OHB EN PACIENTES ONCOLÓGICOS



AUTOR	AÑO	REVISTA	CONCLUSIÓN PRINCIPAL
Moen I., Stuhr LEB	2012	<i>Targeted Oncology</i>	La OHB es segura en pacientes con neoplasias y no estimula el crecimiento tumoral ni la recurrencia.
Feldmeier JJ	2003	<i>Undersea & Hyperbaric Medicine</i>	No existe evidencia de que la OHB promueva el crecimiento tumoral o las metástasis.
Bennett MH et al.	2018	<i>Cochrane Database</i>	La OHB puede mejorar el control tumoral y no incrementa la recurrencia.
Canarslan Demir K et al.	2025	<i>Medicina</i>	La OHB presenta un efecto neutro o incluso inhibidor sobre el crecimiento tumoral y las metástasis.
Woo M et al.	2025	<i>Oncology / PMC</i>	Excelente perfil de seguridad hematológica en pacientes oncológicos sometidos a OHB.



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

La Oxigenoterapia Hiperbárica (OHB)
es ciencia, innovación y bienestar.

Más oxígeno, más vida, más esperanza.



Mejora la
oxigenación
de los tejidos.



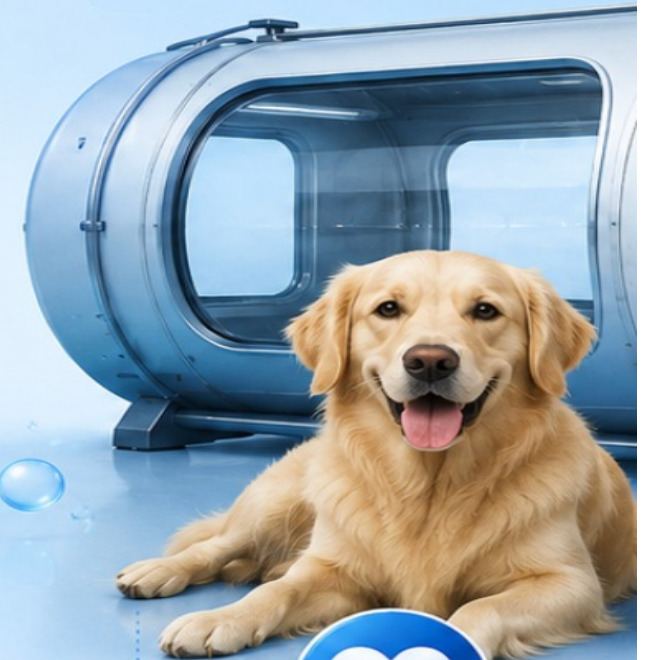
Reduce la
hipoxia y sus
efectos



Restaura el balance
redox y mejora la
respuesta a tratamientos



Mejora la calidad
de vida y el bienestar
general del paciente.



E-mail:
doctorbruzzone@gmail.com



WhatsApp:
+54 9 11 5823 0872