

Electroquimioterapia en gatos: aplicaciones clínicas y perspectivas en oncología felina

Juan José Vega Guerrero

LV, Acreditado en Medicina Felina AVEPA.
Certificado OCV en pequeños animales disciplina
Medicina Felina
Hospital Felino Madrid

Palabras clave:

Electroquimioterapia, oncología felina, carcinoma de células escamosas, bleomicina, cisplatino, terapia combinada.

Resumen

La electroquimioterapia (EQT) se ha consolidado como una herramienta terapéutica eficaz dentro de la oncología veterinaria felina. Basada en la combinación de fármacos citotóxicos de baja permeabilidad, como la bleomicina o el cisplatino, con pulsos eléctricos controlados que facilitan su entrada celular, esta técnica permite una destrucción tumoral altamente selectiva con escasos efectos adversos sistémicos. En gatos, la EQT ha demostrado tasas de respuesta superiores al 80% en carcinomas de células escamosas, y resultados prometedores en sarcomas asociados al punto de inyección y tumores epiteliales como los carcinomas basales. Este artículo revisa los fundamentos biológicos de la técnica, los protocolos clínicos más empleados, su eficacia en diferentes neoplasias felinas y las perspectivas de futuro. La evidencia disponible señala a la EQT como una opción segura, accesible y mínimamente invasiva para tumores no resecables o recurrentes.

Abstract

Electrochemotherapy (ECT) has emerged as a valuable therapeutic option in feline oncology. By combining cytotoxic agents of low membrane permeability, such as bleomycin or cisplatin, with controlled electric pulses that facilitate their intracellular uptake, ECT enables highly selective tumor destruction with minimal systemic adverse effects. In cats, ECT has shown response rates exceeding 80% in squamous cell carcinoma, as well as promising results in injection-site sarcomas and epithelial tumors such as basal cell carcinomas. This review summarizes the biological basis of the technique, commonly used clinical protocols, efficacy in different feline neoplasms, and future perspectives. Current evidence supports ECT as a safe, accessible, and minimally invasive option for non-resectable or recurrent tumors.

Introducción

La oncología veterinaria ha experimentado un notable desarrollo en las dos últimas décadas, favorecido por el avance de las técnicas diagnósticas y la búsqueda de tratamientos menos invasivos y más selectivos. En este contexto, la **electroquimioterapia (EQT)** se ha consolidado como una herramienta terapéutica eficaz para el control local de distintos tipos de neoplasias cutáneas en animales de compañía, especialmente en el gato doméstico (*Felis catus*), especie particularmente susceptible a ciertos tumores epiteliales malignos¹.

El principio fundamental de la electroquimioterapia radica en el fenómeno de la **electroporación reversible**, por el cual la aplicación de pulsos eléctricos breves y controlados provoca la formación transitoria de poros en la membrana celular. Este proceso permite el ingreso de fármacos hidrofílicos, como la bleomicina o el cisplatino, que normalmente presentan una penetración limitada en ausencia del estímulo eléctrico^{1,2}. El resultado es una acumulación intracelular mucho mayor del agente citotóxico, con una destrucción selectiva de las células tumorales (células que han sido electroporadas) y un mínimo daño en los tejidos circundantes.

En medicina veterinaria, la EQT comenzó a emplearse en los años noventa como una técnica experimental, demostrando inicialmente una alta eficacia en tumores cutáneos de perros, gatos y caballos¹. Posteriormente, los estudios clínicos confirmaron su utilidad en felinos con carcinomas de células escamosas (CCE), una de las neoplasias más frecuentes y agresivas en esta especie. Estos carcinoma epidérmicos representan entre el 10 y el 15% de los tumores cutáneos felinos y hasta el 60% de los tumores orales, afectando con mayor frecuencia zonas despigmentadas expuestas a radiación ultravioleta, como el plano nasal, los pabellones auriculares y los párpados².

Los tratamientos convencionales como la cirugía, la crioterapia, la radioterapia o la quimioterapia sistémica, pueden ofrecer buenos resultados en etapas iniciales, pero presentan limitaciones considerables en lesiones avanzadas o las que están localizadas en áreas anatómicamente complejas. En estos casos, la EQT

se propone como una alternativa terapéutica eficaz, menos mutilante y con una morbilidad muy inferior a la de los procedimientos quirúrgicos radicales^{2,3}.

Estudios clínicos en gatos han demostrado que la EQT logra respuestas completas en más del 80% de los casos tratados con bleomicina intravenosa o intralesional, incluso en tumores recidivantes o no susceptibles de resección completa². Además, los efectos secundarios son generalmente leves y transitorios, limitándose a edema local, necrosis superficial o dolor moderado en el área tratada. Esta tolerancia, junto con su reproducibilidad y bajo coste, ha impulsado su incorporación progresiva en la práctica oncológica veterinaria.

En años recientes, la investigación se ha centrado en optimizar los parámetros eléctricos, explorar nuevas combinaciones de fármacos y ampliar las indicaciones terapéuticas hacia tumores más profundos o metastásicos. Los trabajos de Cemazar y colaboradores³ han sido especialmente relevantes en la estandarización de protocolos y en el establecimiento de pautas para su aplicación clínica tanto en medicina humana como veterinaria.

En este contexto, el presente artículo revisa la evidencia científica disponible sobre electroquimioterapia en gatos, analizando sus mecanismos de acción, eficacia clínica, seguridad y perspectivas de futuro. La finalidad es proporcionar una visión actualizada sobre esta técnica, que se perfila como una opción consolidada en la oncología felina.

Fundamentos de la electroquimioterapia

La **electroquimioterapia (EQT)** combina el uso de agentes quimioterápicos con la aplicación controlada de campos eléctricos breves y de alta intensidad para potenciar su efecto citotóxico local. Esta técnica se fundamenta en la **electroporación reversible**, que es un proceso biofísico mediante el cual se induce una alteración transitoria en la estructura de la membrana plasmática, creando poros que permiten el paso de moléculas hidrofílicas de gran tamaño que normalmente no podrían penetrar la célula¹.

Mecanismo biofísico de acción

La electroporación se consigue mediante la aplicación de pulsos eléctricos de corta duración (entre 50 y 100 microsegundos) y amplitud moderada (300–1000 V/cm), que provocan una desorganización temporal de la bicapa lipídica de la membrana. Esta alteración aumenta su permeabilidad y permite la entrada de fármacos como la **bleomicina** o el **cisplatino**, agentes con escasa difusión pasiva a través de las membranas celulares^{1,2}. Recientemente han aparecido estudios con el uso de **carboplatino** con eficacia similar a la bleomicina.⁶

Una vez que los pulsos eléctricos cesan, la estructura de la membrana se restablece en pocos minutos, pero el fármaco queda atrapado en el citoplasma. Esto resulta en una exposición intracelular prolongada y, por tanto, una **citotoxicidad multiplicada entre 300 y 500 veces** en el caso de la bleomicina, y entre **40 y 80 veces** para el cisplatino^{1,3}.

Los efectos posteriores incluyen daño directo del ADN, inhibición de la síntesis proteica, apoptosis y necrosis de las células tumorales, además de fenómenos vasculares locales, como la **“vascular lock”** o cierre transitorio del flujo sanguíneo tumoral, que favorece la retención del fármaco en el tejido neoplásico y limita su dispersión sistémica³.

Fármacos utilizados en electroquimioterapia

En medicina veterinaria, los agentes más empleados son la **bleomicina** y el **cisplatino**, solos o en combinación.

- **Bleomicina:** antibiótico citotóxico de origen *Streptomyces verticillus*, con gran afinidad por el ADN. Su capacidad de penetración celular es muy limitada en condiciones normales, por lo que la electroporación incrementa su eficacia miles de veces^{1,2}. Actúa principalmente mediante la inducción de roturas en las hebras de ADN y la generación de radicales libres, produciendo apoptosis y necrosis selectiva de las células en división activa.

- Dosis de Bleomicina

- Vía intravenosa: Dosis: 15.000 UI/m² ($\approx$ 1 mg/m²) IV en bolo rápido, 8 minutos antes de aplicar pulsos eléctricos.
- Vía intralesional: Dosis: 1.000 UI/cm³ de tumor ($\approx$ 0,1 mg/cm³). Dilución común: 1.000 UI/ml. Se infiltra de forma uniforme todo el volumen tumoral e inmediatamente se aplican los pulsos eléctricos.

- **Cisplatino:** agente alquilante con capacidad de formar aductos de ADN, que impiden la replicación celular. Su uso sistémico en gatos está restringido por su alta toxicidad pulmonar, pero su aplicación intralesional en EQT es muy segura y eficaz^{1,4}.

- Dosis intralesional: 0,5–1 mg/cm² de tumor o según volumen tumoral.

- Volumen total máximo: * depende del tamaño del tumor y tolerancia local.
- Dilución común: 1 mg/ml en solución salina estéril.

- **Carboplatino:** más recientemente, estudios comparativos han explorado su empleo tanto por vía intravenosa como intralesional, con resultados equiparables a los de la bleomicina, pero con menor toxicidad y mejor tolerancia en gatos⁵.

- Dosis: 300 mg/m² IV en bolo lento.

- Frecuencia: en EQT suele usarse como dosis única.

- Uso en EQT: menos frecuente que cisplatino o bleomicina, pero se considera alternativa en tumores sólidos, especialmente cuando hay contraindicación a otros fármacos.

En la práctica clínica, la **bleomicina intravenosa (15000 UI/m²)** administrada 5–8 minutos antes de aplicar los pulsos eléctricos es el protocolo más utilizado, seguido de la **inyección intralesional directa** en lesiones más localizadas. La elección depende de la extensión tumoral, la accesibilidad anatómica y el equipo disponible.

Parámetros eléctricos y dispositivos

El éxito de la EQT depende tanto de la concentración del fármaco en el tejido como de la correcta distribución del campo eléctrico. Para ello, se utilizan **electrodos de placas o agujas**, con separación variable según el tamaño y profundidad del tumor. Los parámetros eléctricos deben garantizar un campo homogéneo y suficiente para lograr la permeabilización sin causar daño irreversible en tejidos sanos³.

Los pulsos pueden ser **monofásicos o bipolares**, aplicados en series de ocho a diez pulsos por sesión. La frecuencia estándar es de 1 Hz, aunque los equipos modernos permiten frecuencias más altas (hasta 5 kHz), reduciendo la duración del procedimiento.

Las zonas tratadas se electroporan completamente sin superposición de campos eléctricos para evitar necrosis térmica³.

Los **electroporadores clínicos** empleados en veterinaria derivan directamente de los modelos humanos desarrollados en el proyecto europeo **Cliniporator**, adaptados a tamaños y resistencias tisulares específicas de los pequeños animales³. En la actualidad, su uso se ha estandarizado, y existen protocolos que garantizan la reproducibilidad de los resultados.

Efectos complementarios: respuesta vascular e inmune

Además de su acción directa sobre las células neoplásicas, la electroquimioterapia produce efectos **antiangiogénicos y proinmunogénicos**. El denominado **"efecto de bloqueo vascular"** se manifiesta por una reducción transitoria del flujo sanguíneo tumoral hasta en un 80%, lo que prolonga la retención del fármaco en el microambiente neoplásico y potencia su acción^{3,4}.

A su vez, la destrucción celular masiva induce una **respuesta inmunitaria local**, mediada por la liberación de antígenos tumorales que favorecen la activación de células dendríticas y linfocitos T citotóxicos. Este fenómeno ha llevado a proponer la EQT no solo como terapia local, sino también como **posible tratamiento adyuvante inmunoestimulante**^{3,5}.

En conjunto, estos fundamentos fisiológicos, farmacológicos e inmunológicos sustentan la



Figura 1: Electroporador automático ajustado para la mayoría de tumores cutáneos y subcutáneos en medicina veterinaria.

eficacia y seguridad de la electroquimioterapia, que se consolida como una herramienta de gran valor en la oncología veterinaria contemporánea, especialmente en la especie felina.

Aplicaciones clínicas en oncología felina

La **electroquimioterapia (EQT)** ha demostrado una notable eficacia en el tratamiento de diversas neoplasias felinas, especialmente en tumores cutáneos y subcutáneos localmente invasivos o no susceptibles de resección quirúrgica completa. En esta especie, las principales aplicaciones clínicas se concentran en el **carcinoma de células escamosas (CCE)**, los **sarcomas asociados al punto de inyección (SAPI)** y, en menor medida, en los **carcinomas de células basales** y otras neoplasias de origen epitelial.

Carcinoma de células escamosas

El **CCE felino** constituye el modelo más estudiado para evaluar la eficacia de la electroquimioterapia. Este tumor que está asociado a la exposición crónica a radiación ultravioleta, afecta con mayor frecuencia el plano nasal, los pabellones auriculares y los párpados, en gatos de piel y pelo claros. Su comportamiento es localmente

agresivo, con escasa tendencia metastásica a distancia, aunque en algunas localizaciones si afecta a ganglios regionales, lo que lo convierte en un excelente candidato para tratamientos locoregionales como la EQT^{2,5}.

En un estudio pionero de Tozon y colaboradores (2013), se trató a un grupo de gatos con CCE nasal y auricular utilizando **bleomicina intravenosa seguida de aplicación de pulsos eléctricos mediante electrodos de placa**. Se observaron **tasas de respuesta objetiva del 84%**, con un **68% de remisiones completas** y una **supervivencia media de 12,5 meses** en animales con lesiones no resecables². Los efectos adversos fueron leves, consistentes en inflamación local y necrosis superficial autolimitada. Este trabajo estableció la base para la posterior estandarización de los protocolos de EQT en felinos.

Posteriormente, diversos estudios confirmaron estos resultados. En el trabajo de Spugnini y colaboradores (2020), que incluyó gatos con carcinomas cutáneos y orales tratados con **bleomicina y cisplatino** administrados de forma intralesional, se obtuvieron **respuestas completas en el 79% de los casos**, con un control tumoral mantenido superior a los 9 meses⁴. La combinación de ambos agentes permitió mejorar la eficacia local sin incrementar la toxicidad, lo que sugiere un efecto sinérgico entre ambos compuestos cuando se aplican con electroporación.

Más recientemente, el estudio multicéntrico de Diop y colaboradores (2024) comparó tres protocolos de electroquimioterapia en **44 gatos con CCE cutáneo no resecable**, utilizando bleomicina intravenosa, carboplatino intravenoso y una combinación de carboplatino intravenoso e intralesional. Las **tasas de respuesta globales** fueron del **90% para los dos grupos con carboplatino** y del **95,6% para el grupo con bleomicina**, sin diferencias estadísticamente significativas⁶. La **supervivencia libre de progresión (PFI)** fue superior a 500 días en los tres grupos, y los **efectos secundarios fueron leves y transitorios**. Este estudio demuestra que la EQT con carboplatino representa una **alternativa válida a la bleomicina**, especialmente útil en casos con riesgo de toxicidad pulmonar o cuando se busca una opción menos costosa y más manejable.

Los resultados obtenidos con electroquimioterapia son comparables o superiores a los de la radioterapia o la criocirugía, con la ventaja de preservar estructuras anatómicas funcionales y ofrecer una excelente calidad de vida. En comparación con la cirugía, la EQT puede aplicarse de forma ambulatoria, con anestesia corta y recuperación rápida, lo que la hace especialmente atractiva en gatos de edad avanzada o con comorbilidades^{5,6}.

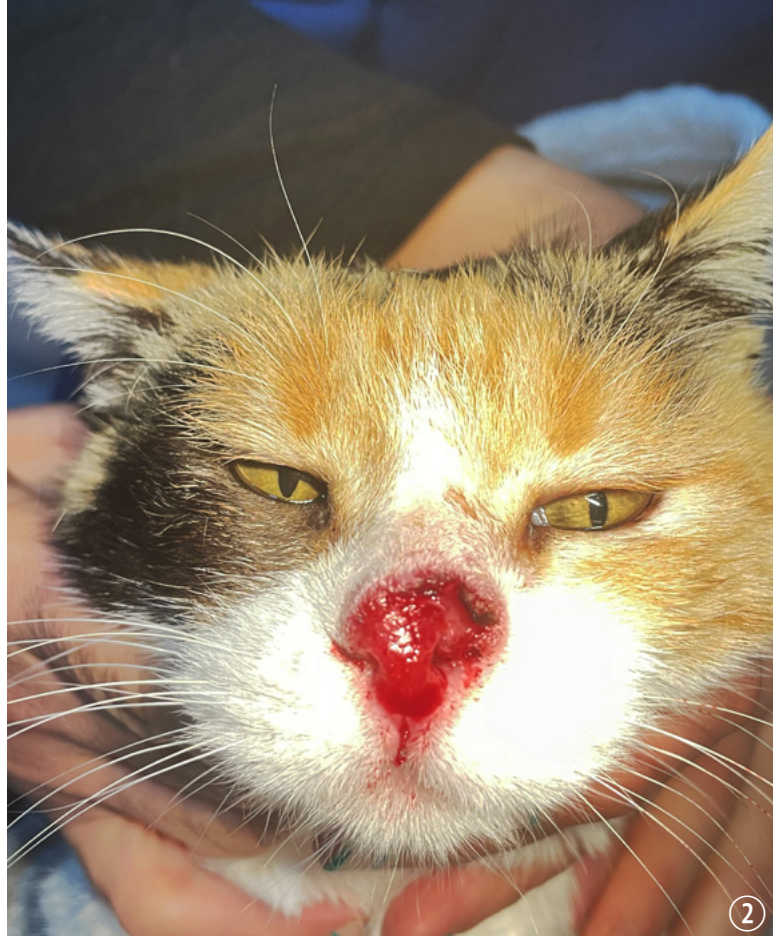
Un estudio reciente de Ferrer-Jordà y Rodríguez-Pizà (2024) evaluó la eficacia de la EQT en **21 gatos con CCE del plano nasal avanzado**, obteniendo **respuestas completas en el 71,4% de los casos** y **respuestas parciales en el 19%**, con un tiempo medio de control local de 10 meses y mínima morbilidad⁷. Los autores destacaron la importancia del **seguimiento clínico periódico** y la posibilidad de repetir sesiones de EQT ante recurrencias locales, sin pérdida de eficacia ni incremento de toxicidad acumulada.

Sarcomas del punto de inyección

Los **sarcomas asociados a inyección (SAPI)** constituyen una entidad clínica de especial relevancia en gatos, caracterizada por su agresividad local y alta tasa de recidiva tras la cirugía convencional. En estos tumores, la EQT se ha utilizado como **terapia adyuvante** tras la resección o como tratamiento paliativo en casos no operables.

Spugnini y colaboradores (2020) aplicaron EQT combinando bleomicina y cisplatino en gatos con SAPI recurrentes, observando **una reducción significativa del volumen tumoral en el 82% de los casos** y una **mediana de supervivencia de 14 meses**, con mínima toxicidad local⁴. Estos resultados apoyan el uso de la EQT como **complemento a la cirugía**, particularmente en márgenes quirúrgicos dudosos o incompletos.

La capacidad de la EQT para inducir **necrosis tumoral y fibrosis perilesional** favorece la delimitación de los márgenes y reduce la probabilidad de recurrencia local, sin afectar de manera significativa los tejidos adyacentes. Además, la liberación de antígenos tumorales tras la destrucción celular puede contribuir a una **respuesta inmunológica secundaria**, lo que abre la puerta a su integración con inmunoterapias en desarrollo⁵.



Figuras 2 a 5: Gato con CCE en plano nasal tratado con EQT y su evolución entre 4 y 8 semanas.



Figuras 6 y 7: Gato con CCE en cara y párpados tratado con EQT y cómo es su evolución.

Carcinomas células basales y otras neoplasias epiteliales

Aunque menos frecuentes que el CCE, los **carcinomas de células basales** del gato también han mostrado una buena respuesta a la electroquimioterapia. En el trabajo de Salmoral y colaboradores (2024), la EQT fue utilizada en gatos con tumores basocelulares del plano nasal, obteniéndose **una respuesta completa en el 85% de los casos y ningún evento adverso sistémico relevante**⁸. El estudio concluye que la EQT es especialmente útil en lesiones localizadas de difícil acceso quirúrgico, por su precisión y su baja tasa de complicaciones.

De manera similar, Ramos y colaboradores (2024)⁵ destacan en su revisión la eficacia de la EQT no solo en tumores epiteliales, sino también en melanomas, mastocitomas y fibrosarcomas felinos, tanto en monoterapia como en tratamiento complementario postquirúrgico. La posibilidad de aplicar el tratamiento en múltiples sesiones, su bajo coste y la escasa necesidad de equipamiento especializado contribuyen a su creciente adopción en la práctica clínica.

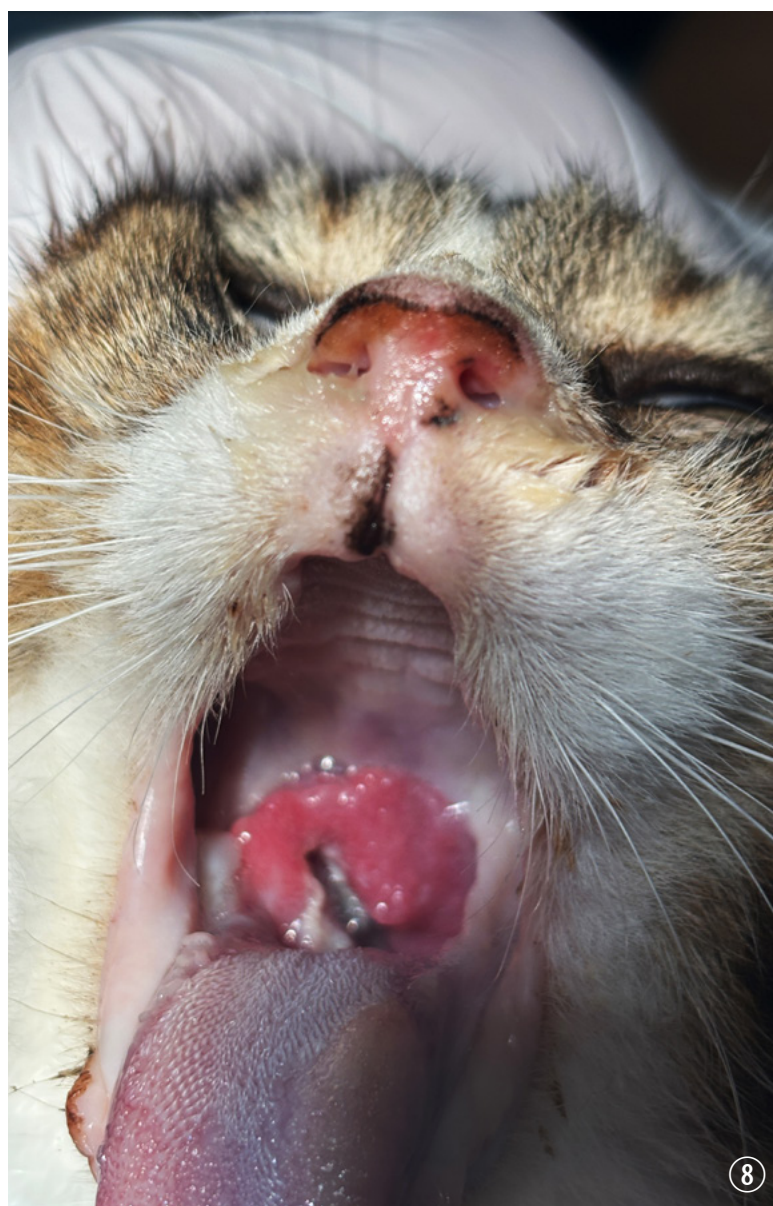
Eficacia global y consideraciones clínicas

El conjunto de la evidencia publicada entre 2013 y 2024 indica que la **electroquimioterapia ofrece tasas de respuesta globales del 80-95%**, con un excelente perfil de seguridad y una **baja incidencia de recurrencias locales**^{2,4-8}. Su mayor eficacia se observa en lesiones de pequeño tamaño (<3 cm), con márgenes delimitados y mínima ulceración. En tumores extensos o infiltrantes, puede requerir varias sesiones o combinaciones con cirugía o radioterapia.

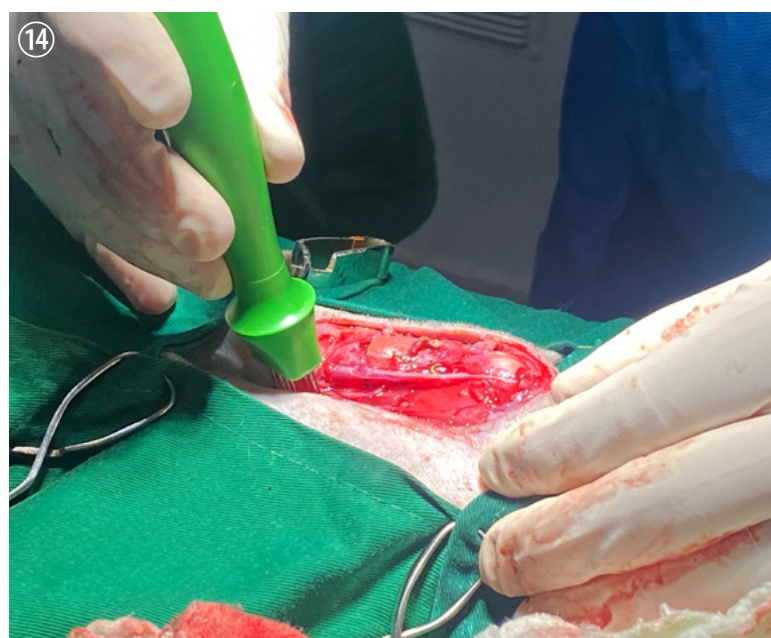
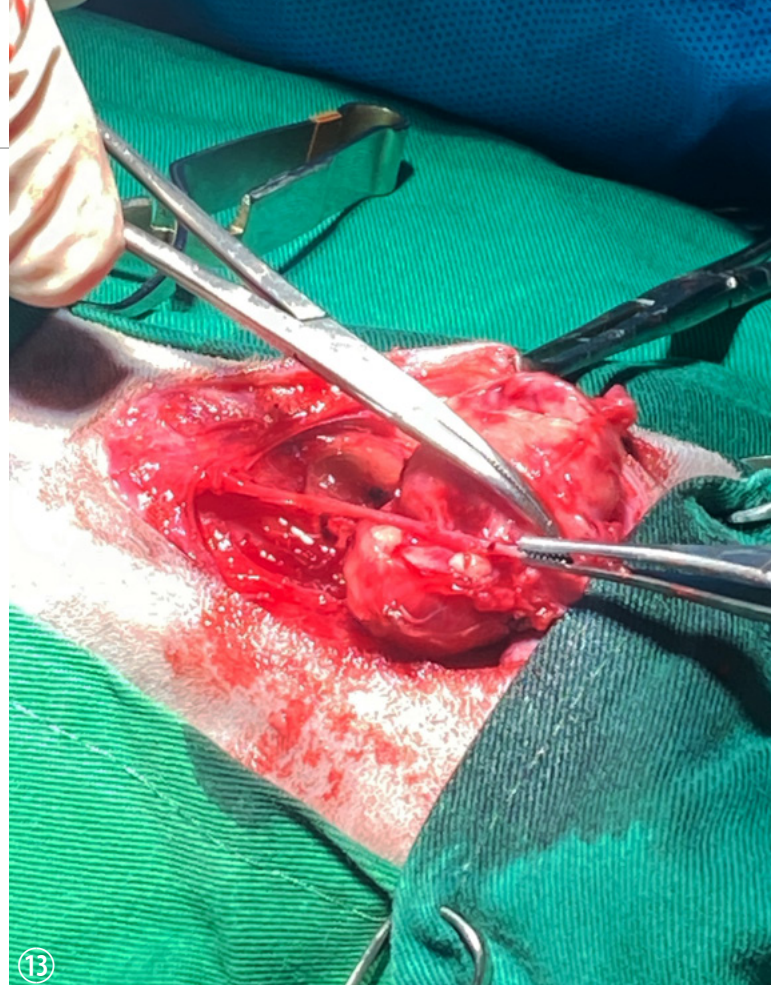
Entre las ventajas más destacadas se incluyen:

- Procedimiento mínimamente invasivo y bien tolerado bajo anestesia breve.
- Ausencia de toxicidad sistémica significativa.
- Posibilidad de repetición sin pérdida de eficacia.
- Bajo coste y rápida recuperación postoperatoria.

Estos resultados sustentan el papel de la EQT como una **opción terapéutica consolidada** en la oncología felina contemporánea, tanto como tratamiento primario en tumores no resecables como en estrategias adyuvantes tras la cirugía.



Figuras 8, 9 y 10: Gato con CCE oral en zona de nasofaringe, ocupando toda la luz oral y nasal que es resecado quirúrgicamente y posteriormente se realiza una EQT adyuvante en la zona quirúrgica.



Figuras 11 a 14: Gato con sarcoma asociado al punto de inyección(SAPI) en cuello en zona de grandes vasos. Se realiza una cirugía de exéresis poco agresiva y posteriormente se aplica EQT adyuvante en lecho quirúrgico para mejorar los resultados estadísticos y cosméticos.

Efectos adversos, comparación terapéutica y perspectivas futuras

Perfil de seguridad y efectos adversos

La EQT se caracteriza por un **perfil de seguridad muy favorable**, con una incidencia baja de efectos secundarios graves tanto locales como sistémicos. La mayoría de los eventos adversos descritos en gatos son leves, transitorios y autolimitados. Entre ellos destacan el **edema**, el **eritema** y el **dolor local** inmediatamente posteriores al procedimiento, que suelen resolverse en pocos días con analgesia y antiinflamatorios convencionales^{2,4,5}.

La **necrosis superficial del área tratada** es una consecuencia esperada de la destrucción tumoral inducida por la electroporación y la acción citotóxica del fármaco. Generalmente, esta necrosis delimita el tejido neoplásico residual y se acompaña de formación de costra, cicatrización por segunda intención y epitelización completa en un plazo de 2 a 4 semanas^{2,7}.

En el estudio multicéntrico de Diop y colaboradores (2024), los efectos adversos fueron **leves en el 93% de los gatos tratados**, sin registrarse complicaciones sistémicas graves ni alteraciones hematológicas o bioquímicas significativas⁶. Los eventos locales más frecuentes fueron inflamación y exudado limitado al área de tratamiento. Solo un 5% de los casos requirió analgesia prolongada o tratamiento antibiótico preventivo por infección secundaria.

La **bleomicina**, aunque eficaz, presenta un riesgo potencial de **fibrosis pulmonar** en tratamientos sistémicos acumulativos; sin embargo, en el contexto de la EQT, las dosis empleadas son muy bajas y no se han reportado casos de toxicidad pulmonar en gatos^{5,6}. El **cisplatino**, por su parte, está contraindicado por vía intravenosa en esta especie debido a su toxicidad pulmonar aguda, pero su uso intralesional en EQT es seguro y bien tolerado⁴. El carboplatino se podría considerar en la actualidad como un agente seguro con mínima toxicidad sistémica y con excelente tolerancia local⁶.

Los cuidados posteriores suelen limitarse a la limpieza tópica de la zona tratada y el control del dolor. La rápida recuperación de los pacientes y la ausencia de efectos secundarios significativos

hacen que la EQT pueda repetirse en sesiones sucesivas, incluso en intervalos cortos, sin riesgo acumulativo^{4,5}.

Comparación con otras modalidades terapéuticas

La EQT ofrece ventajas relevantes frente a las terapias convencionales empleadas en oncología felina. En comparación con la **cirugía**, permite tratar lesiones en localizaciones anatómicamente complejas (plano nasal, párpados, pabellones auriculares) sin necesidad de resecciones amplias o mutilantes, conservando la función y la estética del animal^{2,7}. Además, puede aplicarse de forma **ambulatoria**, con anestesia corta y bajo coste.

Frente a la **radioterapia**, la EQT presenta una eficacia similar o superior en términos de control local, pero con una infraestructura mucho más sencilla y sin riesgo de efectos secundarios sistémicos o cutáneos tardíos. Mientras la radioterapia requiere equipos costosos, múltiples sesiones y desplazamientos prolongados, la EQT se puede realizar en una o dos sesiones, con resultados comparables en lesiones de pequeño y mediano tamaño⁵.

La **quimioterapia sistémica** clásica, aunque útil en algunos tumores metastásicos, ofrece tasas de respuesta que pueden ser inferiores y puede asociarse en ocasiones a cierta toxicidad hematológica y gastrointestinal. En contraste, la EQT logra altas concentraciones locales del fármaco con mínima exposición sistémica, optimizando la relación eficacia/toxicidad^{4,5,6}.

Estas ventajas han llevado a que la electroquimioterapia se considere hoy una **opción de primera línea** para tumores cutáneos no resecables o como **adyuvante** tras la cirugía en casos con márgenes dudosos⁷. En gatos con carcinoma de células escamosas y sarcomas recurrentes, aunque no sustituye los tratamientos más invasivos, si puede enlentecer las recurrencias y servir de complemento terapéutico mejorando la calidad de vida y prolongando la supervivencia y tiempo libre de enfermedad.

Integración con terapias adyuvantes e inmunológicas

Los avances recientes han puesto de relieve el potencial de la EQT para **inducir inmunogenicidad tumoral**. La destrucción celular masiva y la exposición de antígenos tumorales tras la electroporación favorecen la activación de linfocitos T citotóxicos, generando una **respuesta inmune antitumoral secundaria**^{3,5}. Este fenómeno abre la posibilidad de combinar la EQT con inmunoterapias emergentes, como los inhibidores de puntos de control inmunitario o las vacunas autólogas.

Cemazar y Sersa (2019) señalaron que la EQT puede actuar como un **“in situ tumor vaccine”**, es decir, un estímulo que convierte el tumor tratado en una fuente de antígenos capaz de activar la inmunidad sistémica³. Los resultados preliminares en algunos casos clínicos veterinarios respaldan esta hipótesis, aunque se requieren más estudios para establecer protocolos combinados efectivos.

Asimismo, se ha propuesto la integración de la EQT con **radioterapia o crioterapia** para potenciar la respuesta local, o con **fármacos antiangiogénicos** que intensifiquen su efecto de “bloqueo vascular”. Estas estrategias multimodales podrían mejorar el control tumoral a largo plazo, especialmente en lesiones infiltrantes o de gran tamaño^{3,5}.

Perspectivas futuras

Las líneas de investigación actuales buscan **optimizar los parámetros eléctricos** y **explorar nuevos agentes quimioterápicos** compatibles con la electroporación. Se están desarrollando equipos más precisos y portátiles, capaces de ajustar automáticamente la intensidad y duración de los pulsos según la impedancia del tejido, lo que permitirá tratamientos más uniformes y reproducibles³.

El empleo de **pulsos bipolares de alta frecuencia** podría reducir la contracción muscular y el dolor durante el procedimiento, favoreciendo la aplicación en áreas extensas o en pacientes con baja tolerancia anestésica. También se estudian combinaciones con **nanopartículas lipídicas o metálicas** que actúen como vectores de fármacos o como potenciadores del campo eléctrico³.

En el ámbito clínico, se espera que la EQT amplíe sus indicaciones a **tumores viscerales o metastásicos accesibles mediante abordajes percutáneos**, siguiendo la experiencia acumulada en medicina humana. Además, el creciente número de publicaciones en los últimos cinco años refleja el interés de la comunidad científica y la consolidación de la EQT como técnica de referencia en oncología veterinaria^{5,6,8}.

Conclusiones

La EQT ha pasado de ser una técnica experimental a consolidarse como una **modalidad terapéutica de referencia** en la oncología veterinaria, particularmente en el tratamiento de tumores cutáneos y subcutáneos felinos. Su éxito radica en la capacidad de combinar fármacos citotóxicos clásicos, como la bleomicina o el cisplatino, con la aplicación controlada de pulsos eléctricos que aumentan de forma transitoria la permeabilidad de las membranas celulares. Este mecanismo permite una penetración intracelular más eficiente, una destrucción tumoral selectiva y una notable reducción de los efectos adversos sistémicos.

En gatos, la EQT ha demostrado **tasas de respuesta objetiva del 80–95%**, especialmente en **carcinomas de células escamosas** del plano nasal y los pabellones auriculares, así como resultados prometedores en **sarcomas del punto de inyección** y **carcinomas de células basales**. La terapia presenta una **excelente tolerancia**, con efectos adversos mínimos y autolimitados, y puede aplicarse tanto como tratamiento primario como adyuvante tras cirugía o radioterapia.

Los estudios más recientes confirman su **seguridad, reproducibilidad y accesibilidad**, además de poner en evidencia un potencial papel inmunostimulante, capaz de inducir una respuesta antitumoral sistémica. Su aplicación ambulatoria, bajo anestesia breve y con equipamiento limitado, la convierte en una herramienta ideal para la práctica clínica veterinaria actual.

Las perspectivas futuras incluyen la integración de la EQT con **inmunoterapias, fármacos antiangiogénicos y tecnologías avanzadas de electroporación**, que podrían ampliar su eficacia a tumores más profundos o metastásicos. La continua evolución tecnológica y la estandariza-

ción de protocolos prometen consolidar la electroquimioterapia como un tratamiento esencial en la oncología felina del futuro cercano.

En síntesis, la EQT representa un **avance clínico relevante** en la medicina veterinaria moderna: eficaz, segura, mínimamente invasiva y con una sólida base científica que respalda su uso rutinario en gatos con neoplasias cutáneas y subcutáneas.

Bibliografía

1. **Cemazar M., Tamzali Y., Sersa G., Tozon N., Mir L.M., Miklavcic D., Lowe R., Teissie J.** (2008). *Electrochemotherapy in Veterinary Oncology*. Journal of Veterinary Internal Medicine, 22(4):826–831.
2. **Tozon N., Lamprecht U., Sersa G., Cemazar M.** (2013). *Electrochemotherapy with intravenous bleomycin injection: an observational study in feline squamous cell carcinoma*. Journal of Feline Medicine and Surgery, 15(7):641–647.
3. **Cemazar M., Sersa G.** (2019). *Recent Advances in Electrochemotherapy*. Bioelectricity, 1(4):204–213.
4. **Spugnini E.P., Vincenzi B., Carocci F., Dotsinsky I., Baldi A.** (2020). *Combination of bleomycin and cisplatin in feline injection-site sarcomas: preliminary clinical outcome*. Open Veterinary Journal, 10(3):267–274.
5. **Ramos S.C., Dias-Pereira P., Luís A.L., MacFarlane M., Santos A.A.** (2024). *Electrochemotherapy in dogs and cats – A review*. Veterinary and Comparative Oncology, 22(3):311–321.
6. **Diop N., Sayag D., Marques G.B., Chamel G., Chavalle T., Eon J.B., Floch F., Lajoinie M., Ponce F., Barrett L.E.** (2024). *Comparison of three chemotherapy protocols with electrochemotherapy for the treatment of feline cutaneous squamous cell carcinoma*. Veterinary and Comparative Oncology, 22(4):437–446.
7. **Ferrer-Jordà E., Rodríguez-Pizà J.** (2024). *Description of outcome and adverse events in 21 cats with locally advanced nasal planum squamous cell carcinoma treated with electrochemotherapy*. Journal of Feline Medicine and Surgery, in press (2024).
8. **Salmoral D., López F., et al.** (2024). *Electrochemotherapy for basal cell tumours of the feline nasal planum: outcomes and clinical observations*. JFMS Open Reports, 10(2):1–10.

Preguntas de autoevaluación

1. ¿Cuál es el fármaco más utilizado en electroquimioterapia felina?



a) Doxorubicina

b) Vincristina

c) Bleomicina

d) Toceranib



2. En gatos, ¿qué porcentaje aproximado de respuestas completas se ha descrito en CCE tratados con EQT?



a) 10–20%

b) 30–40%

c) 60–80%

d) >95%



1. ¿Cuál es el fármaco más utilizado en electroquimioterapia felina?
c) Bleomicina
2. En gatos, ¿qué porcentaje aproximado de respuestas completas se ha descrito en CCE tratados con EQT?
c) 60–80%