

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA



**INDICADOR TRANSOPERATORIO DE RESECCIÓN COMPLETA DE
MALFORMACIONES ARTERIOVENOSAS CEREBRALES**

Por

DR. OMAR DE PAZ JAIMES

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN NEUROCIRUGÍA**

FEBRERO 2026

**INDICADOR TRANSOPERATORIO DE RESECCIÓN COMPLETA DE
MALFORMACIONES ARTERIOVENOSAS CEREBRALES**

Aprobación de tesis:

Dr. med. Ángel R. Martínez Ponce de León

Director de tesis y Jefe de Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica

Dr. med. Eliud Enrique Villareal Silva

Coordinador de investigación

Dr. med. Eliud Enrique Villareal Silva

Co-Director de Tesis

Dr. Mauricio Arteaga Treviño

Jefe de enseñanza de posgrado

Dr. Med. Felipe Arturo Morales Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado

COLABORADORES

Dr. med. Ángel Raymundo Martínez Ponce de León. Universidad Autónoma de Nuevo León, Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica, Hospital Universitario, “Dr. José Eleuterio González”.¹

Dr. med. Eliud Enrique Villareal Silva. Universidad Autónoma de Nuevo León, Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica, Hospital Universitario, “Dr. José Eleuterio González”.¹

Pasante. Alicia Treviño Rodríguez. Universidad Autónoma de Nuevo León, Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica, Hospital Universitario, “Dr. José Eleuterio González”.¹

Estudiante. Diego Medina Reyna. Universidad Autónoma de Nuevo León, Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica, Hospital Universitario, “Dr. José Eleuterio González”.¹

Estudiante. Daniel Flores Guzman. Universidad Autónoma de Nuevo León, Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica, Hospital Universitario, “Dr. José Eleuterio González”¹

1. Universidad Autónoma de Nuevo León, Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica, Hospital Universitario, “Dr. José Eleuterio González”.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con profundo agradecimiento a mis padres y hermanos, pilares inquebrantables de amor, ejemplo y fortaleza en cada paso de este camino. Gracias por creer en mí aun cuando yo dudé, por sostenerme con sus palabras, su paciencia y su presencia incondicional.

A mis abuelos, tíos y primos, cuyo cariño, oraciones, por su presencia constante y ánimo silencioso pero poderoso me recordaron siempre de dónde vengo y por quiénes vale la pena esforzarse.

A mis compañeros de residencia, con quienes compartí no sólo largas jornadas, desvelos y guardias interminables, sino también el compañerismo genuino que sólo se forma en los momentos de verdadero reto. Gracias por cada lección compartida, por cada risa que alivió el cansancio y por construir juntos recuerdos que permanecerán para toda la vida.

A mis maestros y colegas, por su ejemplo, por su vocación y entrega. Gracias por compartir su sabiduría con generosidad, por mostrarme con firmeza y humanidad lo que significa verdaderamente ser neurocirujano, y por inspirarme a aspirar siempre a la excelencia.

A mis pacientes, quienes con su confianza me regalaron la oportunidad de aprender de cada historia, cada batalla y cada esperanza. Ellos representan la enseñanza más profunda y noble de esta profesión, recordando cada día el privilegio de servir y cuidar.

A todos ustedes, gracias por iluminar este recorrido y por dejar en mi vida huellas imborrables que llevaré conmigo en cada paso de mi camino profesional y personal.

Gracias a Dios, por ser guía, fortaleza y luz en cada momento de este camino, por acompañarme en cada desafío y regalarme la serenidad necesaria para seguir adelante incluso en los días más difíciles.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
Capítulo I	
RESUMEN	9
Capítulo II	
INTRODUCCIÓN	12
Capítulo III	
HIPÓTESIS	20
Capítulo IV	
OBJETIVOS	22
Capítulo V	
MATERIAL Y MÉTODOS	24
Capítulo VI	
RESULTADOS	27
Capítulo VII	
DISCUSIÓN	35
Capítulo VIII	
CONCLUSIÓN	46
Capítulo IX	
BIBLIOGRAFÍA	49
Capítulo X	
RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Spetzler y Martín para malformaciones arteriovenosas.	17
Tabla 2. Análisis primario	29
Tabla 3. Análisis técnico primario	29
Tabla 4. Análisis secundario	31
Tabla 5. Análisis técnico secundario	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Casos analizados	28
Figura 2. Análisis demográfico	29
Figura 3. Localización de malformación arteriovenosa.	29
Figura 4. Cambio de coloración de la vena	33

LISTA DE ABREVIATURAS

MAV: Malformación arteriovenosa

MAVs: Malformaciones arteriovenosas

SM: Spetzler-Martin

Capítulo I

RESUMEN

Introducción. Las malformaciones arteriovenosas son una anomalía vascular cuya intervención puede evitar complicaciones severas. La categorización de los pacientes permite la elección del mejor tratamiento que puede ser microcirugía, radiocirugía, embolización y tratamiento conservador. En especial, la microcirugía ha demostrado tener una tasa mayor de curación, seguridad y eficacia cuando se cumple con los criterios quirúrgicos adecuados.

Material y métodos. Estudio retrospectivo, observacional y descriptivo. Incluye a los pacientes con malformaciones arteriovenosas tratados microquirúrgicamente en el Servicio de Neurocirugía del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” entre el año del 2005 al 2025. Localizados en lóbulos frontal, temporal, parietal y occipital con cirugía de resección completa comprobada por microscopio quirúrgico transoperatorio, visualización del signo de la vena oscura en la imagen dinámica transoperatoria y la angiografía cerebral postoperatoria.

Resultados. Se analizaron 21 pacientes quirúrgicos, se observó de manera consistente un cambio característico en la coloración de la vena drenante durante la fase final de la resección. Aunque sólo 3 pacientes cumplían con los requisitos completos preoperatorios, transoperatorios y postoperatorios establecidos en el estudio, fue posible identificar una relación entre el cambio de coloración venosa con la resección completa de la malformación.

Discusión. El valor del signo de la “vena oscura” como marcador intraoperatorio de resección completa en malformaciones arteriovenosas (MAV) de convexidad, oscurecimiento que coincide con la desvascularización progresiva del nido y refleja la normalización del flujo venoso tras la oclusión de las aferencias arteriales. En los pacientes con verificación imagenológica postoperatoria, el signo correlacionó con resección completa, respaldando su utilidad como indicador fiable incluso en ausencia de tecnologías avanzadas como ICG, FLOW 800 o angiografía intraoperatoria. La diversidad de localizaciones corticales incluidas confirma que el fenómeno no depende del sitio anatómico, siempre que exista una vena drenante visible.

Conclusión. Se identificó el cambio de coloración de la vena drenante presente en los procedimientos y cuando se verificó por estudio de imagen, coincidió con la resección total, demostrando que el signo es un indicador visual confiable y clínicamente útil. Aunque el estudio presenta limitaciones —como el tamaño de muestra reducido, la falta de confirmación imagenológica en todos los pacientes y el enfoque exclusivo en MAVs de convexidad— sus fortalezas incluyen la consistencia absoluta del signo, la correlación fisiopatológica clara y el análisis sistemático de imágenes y videos. El hallazgo abre la puerta a investigaciones futuras más amplias y sugiere aplicaciones prácticas en quirófanos con recursos limitados, en la enseñanza microquirúrgica y como complemento diagnóstico durante la resección de MAVs.

Puntos clave del estudio

1. Las malformaciones arteriovenosas cerebrales son anomalías vasculares que requieren intervención quirúrgica oportuna para evitar complicaciones graves.
2. La microcirugía, cuando se cumplen criterios adecuados, es el tratamiento con mayor eficacia y seguridad para la resección completa de estas malformaciones.
3. El estudio es retrospectivo y observacional, realizado en un hospital universitario, incluyendo pacientes con MAVs supratentoriales tratados entre 2005 y 2025.
4. Se evalúa la asociación entre el “signo de la vena oscura” observado en el campo quirúrgico con microscopio durante la cirugía y la resección completa confirmada por imágenes postoperatorias.
5. Se describen los cambios macroscópicos transoperatorios y se utiliza la angiografía cerebral postoperatoria como método de confirmación de la resección.

Capítulo II

INTRODUCCIÓN

MARCO TEÓRICO

Las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAVs) son anomalías de los vasos sanguíneos displásicos que derivan de un mal desarrollo de la red capilar, permitiendo conexiones directas entre las arterias y venas cerebrales sin un lecho capilar intermedio.¹⁻³

Esta revisión aborda las malformaciones arteriovenosas que afectan el parénquima cerebral (malformaciones arteriovenosas piales) y se excluyen las fistulas arteriovenosas corticales directas, malformaciones venosas y cavernosas, así como las fistulas arteriovenosas durales.

Su incidencia y prevalencia no se conocen con certeza debido a la rareza de la enfermedad y la existencia de lesiones asintomáticas. El conocimiento de la epidemiología se basa en gran medida en datos de series de autopsias y estudios poblacionales. Los datos de las autopsias sugieren que la frecuencia de detección de malformaciones arteriovenosas cerebrales es aproximadamente del 4,3%.¹

Las malformaciones arteriovenosas cerebrales se descubren con mayor frecuencia en la tercera o cuarta década de la vida; sin embargo, pueden manifestarse a cualquier edad.¹⁰ No se ha determinado un predominio sexual constante. Aproximadamente 10 veces menos comunes que los aneurismas intracraneales, representan el 2% de todos los accidentes cerebrovasculares y el 38% de las hemorragias intracerebral en pacientes entre 15 y 45 años.¹⁰

Aunque pueden localizarse en cualquier parte del sistema nervioso central, la localización supratentorial es más común. El cerebro es la ubicación más común en la fosa posterior, mientras que las ubicaciones en el tronco del encéfalo y los ventrículos son menos comunes.¹⁰ Suelen ser solitarias, pero se han informado lesiones múltiples en 1% a 9% de los pacientes.¹⁰ Algunas enfermedades y síndromes se asocian con mayor frecuencia a malformaciones arteriovenosas cerebrales, como Síndrome de Sturge-Weber, Enfermedad de Osler-Weber-Rendu, síndrome de Wyburn-Mason.¹⁰

La fisiopatología de una malformación arteriovenosa sigue siendo controvertida. Generalmente se cree que son lesiones del desarrollo, aunque hay evidencia de que pueden ser adquiridas. Se ha sugerido que la retención de las conexiones arteriovenosas primordiales de la vasculatura intracraneal fetal o fracaso del desarrollo de una red capilar intermedia diecisésis podría resultar en el desarrollo de la malformación arteriovenosa.¹⁰

Se ha postulado que la anomalía primaria en la patogénesis de las malformaciones arteriovenosas cerebrales, reside en un sistema de drenaje venoso alterado. Se ha propuesto que la hipertensión venosa aumenta la presión intraluminal, reduce la perfusión tisular y produce hemorragia diapédica, todo lo cual puede conducir a aumentos locales de los factores angiogénicos. La restricción del flujo venoso puede abrir conexiones arteriovenosas preexistentes, lo que da lugar a cortocircuitos arteriovenosos que pueden aumentar de tamaño con el tiempo. La coexistencia ocasional de más de un tipo de malformación vascular, también conocida como malformaciones cerebrovasculares mixtas, ha sido bien reconocida.¹⁰

La hemorragia intracerebral sigue siendo la presentación clínica más común y peligrosa.¹⁰ Otros síntomas que se puede presentar son déficit neurológico focal, cefalea y convulsiones.⁴ El riesgo anual de hemorragia por una malformación arteriovenosa cerebral es de aproximadamente el 3%, pero dependiendo de las características clínicas y anatómicas de la malformación, el riesgo puede ser tan bajo como el 1% o tan alto como el 33%.¹ El riesgo de sangrado cerebral aumenta si el paciente ha tenido episodios anteriores de sangrado, si la malformación está ubicada en la profundidad del cerebro o tronco encefálico, o si se caracteriza por un drenaje venoso exclusivamente profundo. Los pacientes que no presentan ninguno de estos factores de riesgo tienen un riesgo muy bajo de sufrir hemorragia cerebral (<1% anual), los que presentan uno de estos factores tienen un riesgo bajo (3 a 5% anual), si presentan dos factores tienen un riesgo medio (8 a 15% anual), y aquellos que presentan tres factores se considera un riesgo alto (>30% anual).¹ El predictor más fuerte y consistente de hemorragia en la hemorragia previa.⁴

Otras características anatómicas que se han asociado con el sangrado incluyen un aneurisma en una arteria que alimenta la malformación arteriovenosa y restricción del drenaje venoso de la

malformación. La restricción del drenaje venoso se produce por el estrechamiento u oclusión de una o más de las principales venas de drenaje de la malformación arteriovenosa; por lo tanto, la restricción del flujo venoso se asocia con un mayor riesgo cuando la malformación tiene una sola vena de drenaje. Las consecuencias clínicas de una hemorragia cerebral por una malformación arteriovenosa dependen de la extensión de la lesión a las estructuras cerebrales adyacentes.¹

En el proceso diagnóstico preciso de una malformación arteriovenosa, el estudio por excelencia en la actualidad es la angiografía cerebral por sustracción digital porque permite una mejor visualización de las arterias, nido vascular y venas de drenaje, lo que deriva a una mejor planeación del tratamiento microquirúrgico.¹

Actualmente, se han desarrollado cuatro enfoques terapéuticos para las malformaciones arteriovenosas: microcirugía, radiocirugía, embolización por vía endovascular y tratamiento no quirúrgico.¹

ANTECEDENTES

Desde su descripción inicial realizada por Luschka y Virchow a mediados del siglo XIX, múltiples avances e innovaciones han revolucionado su manejo y tratamiento microquirúrgico.⁵

Se ha documentado que la resección mediante microcirugía ofrece los mejores resultados, con las mayores tasas de eliminación completa de la lesión en comparación con otras modalidades terapéuticas. Cuando se logra una resección adecuada del nido, puede considerarse un tratamiento potencialmente curativo, con tasas de éxito reportadas de hasta 95 % en series de casos realizadas por neurocirujanos con amplia experiencia.^{5,17}

Este procedimiento presenta fases importantes para la resección exitosa en casi cualquier malformación arteriovenosa cerebral:⁵

1. Selección de caso.
2. Planificación y manejo preoperatorio por el neurocirujano, paciente y equipo.
3. Técnica e instrumental intraoperatorios adecuados, el microscopio es de alta importancia.
4. Cuidados neurológicos postoperatorios.

La adecuada selección de los casos candidatos a intervención es de vital importancia, dado que no todas las MAV son equivalentes, incluso cuando se clasifican dentro del mismo grupo. En este contexto, adquiere particular relevancia la clasificación de Spetzler-Martin, que se describe en párrafos posteriores. Asimismo, diversos factores relacionados con el estado actual de la MAV se han implicado en los resultados obtenidos tras la intervención microquirúrgica; dichos factores se integran en la clasificación de Lawton-Young, la cual, entre otros aspectos, asocia peores resultados de resección con la edad avanzada del paciente, la presencia de una MAV no rota al momento de la intervención y un nido difuso, entre otros.¹⁷

La técnica quirúrgica y la calidad de su ejecución desempeñan un papel crucial, ya que una mala ejecución se ha asociado con un incremento de la morbilidad y mortalidad propias del procedimiento, estimadas entre 2 y 8 %. Este aumento se relaciona principalmente con la aparición de hemorragias exanguinantes y con el daño secundario por sangrado sobre el tejido cerebral circundante, lo cual reviste especial importancia debido a la tendencia de las MAV a desplazar el tejido funcional hacia la periferia. Estos eventos son más frecuentes cuando una técnica deficiente conduce a una resección incompleta y a una ligadura inadecuada de los vasos aferentes, lo que complica la posibilidad de recurrir a terapias alternativas, particularmente la embolización endovascular. En tales circunstancias, la lesión puede perder su carácter potencialmente curable y, además, verse favorecida la neovascularización por el incremento de factores locales de señalización angiogénica.¹⁷

Tomando en cuenta lo anterior, se han desarrollado diversas herramientas y estrategias de evaluación preoperatoria con el objetivo de garantizar una correcta estadificación de la lesión y su adecuada clasificación en términos de resecabilidad. Entre ellas se incluye la introducción de modelos de predicción basados en resonancia magnética funcional (RMf), que buscan definir con mayor precisión la localización de las áreas elocuentes consideradas en la clasificación de Spetzler-Martin, así como la imagen por tensor de difusión (DTI), que permite delinear el trayecto de los tractos elocuentes que se pretende preservar.¹⁸ De forma adicional, se ha empleado la herramienta FLOW 800 en la resección de MAV; sin embargo, hasta el momento no se han publicado estudios que evalúen la extensión de la resección de MAV en tiempo real, y el uso combinado de ICG-VA y FLOW 800 para valorar intraoperatoriamente el grado de resección de la lesión aún no ha sido sistemáticamente estudiado.^{16,18}

Sin embargo, el alto costo de los equipos y técnicas antes mencionados, junto con el hecho de que por sí solos no garantizan un manejo adecuado ni la resolución completa de la lesión durante la cirugía, hace necesaria la búsqueda de alternativas complementarias. Por ello, proponemos el uso de un signo visual intraoperatorio durante el manejo microquirúrgico de la MAV, como apoyo para la toma de decisiones en tiempo real sobre la extensión y la seguridad de la resección.¹⁸

El color de la vena de drenaje de la MAV cambia a medida que progresá el procedimiento al cual nos referiremos como el signo de la vena oscura. Si bien la evaluación precisa de los cambios en la vena de drenaje y la información del flujo sanguíneo de la lesión mediante el FLOW 800 puede ayudar al cirujano a desarrollar una estrategia quirúrgica para una eliminación de la lesión más segura, efectiva y completa, creemos que los cambios hemodinámicos en las venas de drenaje de la MAV ubicadas superficialmente pueden servir como uno de los marcadores de la resección completa de la lesión¹⁶.

Tras la resección completa de la lesión, se realizó una angiografía de fluorescencia para demostrar que la lesión y la arteria irrigadora no eran visibles y que las venas de drenaje estaban permeables, lo que significa que la lesión se había resecado por completo.¹⁶

Planificación quirúrgica y guía de imágenes

El análisis de los estudios de imagen, el tipo de incisión en la piel, así como el tipo de abordaje microquirúrgico a realizar; están asociados al resultado del abordaje quirúrgico. Se prefieren las craneotomías suficientemente amplias ya que permiten un mejor control de la vasculatura circundante, y se evita la colocación de trépano sobre la malformación arteriovenosa. Las características anatómicas específicas de las malformaciones arteriovenosas forman la base de varias escalas de clasificación de uso común que se han validado como predictivas del resultado del tratamiento.⁵

En la actualidad, la clasificación más usada para las malformaciones arteriovenosas está basada en la clasificación de Spetzler - Martin publicada en 1986 (Tabla 1)³. La escala de cinco grados incorpora puntos para tres características de la malformación arteriovenosa: diámetro, drenaje

venoso y la afectación de un área elocuente como la corteza motora, sensorial, área del lenguaje o visual, así como los ganglios basales. Se ha utilizado para determinar el riesgo de déficits neurológicos postoperatorios o muerte como resultado de la disección microquirúrgica de una malformación arteriovenosa cerebral. Una puntuación total más baja, indica un menor riesgo en el tratamiento microquirúrgico.¹

Siendo dividido en 3 grupos importantes los intervenibles, intermedios y no intervenibles:

Intervenibles: Son las que cumplen la clasificación de Spetzler - Martin con grados I-II los cuales se consideran resecables con una morbilidad aceptable.

Intermedios: Son las que cumplen la clasificación de Spetzler - Martin con grado III las cuales se presentan como lesiones mixtas que no se puede determinar correctamente si caen en un campo resecable o no resecable.

No intervenibles: Son las que cumplen la clasificación de Spetzler - Martin con grados IV-V las cuales cuentan con riesgos muy altos para llevar a cabo una intervención microquirúrgica.¹⁷

Tabla 1. Clasificación de Spetzler y Martín para malformaciones arteriovenosas.

Localización	Area no elocuente Area elocuente	0 puntos 1 punto
Tamaño	Menor de 3 cm 3 – 6 cm mayor de 6 cm	1 punto 2 puntos 3 puntos
Drenaje venoso	Superficial Profundo	0 puntos 1 punto

*Puntuación mínima 1, máxima 5. Áreas elocuentes: corteza motora, sensitiva, lenguaje, corteza visual primaria, hiporálamo y tálamo, cápsula interna, tallo cerebral, pedúnculos cerebrales, y núcleos profundos del cerebelo, ganglios basales y tallo cerebral.

Avances en microscopía quirúrgica e iluminación de campo

Los microscopios han mejorado drásticamente con respecto a la óptica, la iluminación y la facilidad de uso. El avance reciente más significativo ha sido la incorporación de la angiografía con verde de indocianina. Killory et al, publicaron su revisión de 10 cirugías de malformación arteriovenosa consecutivas durante las cuales utilizaron angiografía con verde de indocianina. La angiografía intraoperatoria con verde de indocianina pudo detectar 1 de 2 malformaciones arteriovenosas residuales, confirmadas por angiografía por sustracción digital. Se puede también usar fluoresceína intraoperatoria.⁵

Habilidades microquirúrgicas mejoradas: el papel de la simulación

Como todo el tiempo y a pesar de todos los avances en herramientas y técnicas, los resultados de las cirugías en malformaciones arteriovenosas siguen dependiendo del operador. La simulación, si se integra en un plan de estudios con una sólida tutoría, puede ser un mecanismo mediante el cual se pueden mejorar las habilidades.⁵

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las malformaciones arteriovenosas son una anomalía vascular que afecta a un sector importante de la población, y cuya intervención puede evitar complicaciones severas. La tasa de complicaciones cuando no se realiza un tratamiento óptimo es alta. La categorización de pacientes permite la elección de la mejor modalidad de tratamiento, la cual pueden ser: microcirugía, radiocirugía, embolización y tratamiento conservador. Se ha determinado que la microcirugía tiene la tasa de curación más alta, es una terapia segura y eficaz cuando la malformación arteriovenosa cumple con los criterios quirúrgicos adecuados.¹⁻³

JUSTIFICACIÓN

La microcirugía ha demostrado ser el mejor método de tratamiento en los pacientes que cumplen con los criterios, ya que el pronóstico es excelente. Nuestro centro cuenta con la experiencia suficiente para proporcionar hallazgos transoperatorios en el campo quirúrgico, que sirvan como un signo predictor de resección completa, el cual puede ser comprobado con un estudio de imagen tras el evento quirúrgico.

Capítulo III

HIPÓTESIS

Hi. Mediante observación directa del campo quirúrgico transoperatorio con el uso de microscopio quirúrgico, se describe el signo de la vena oscura como indicativo de resección completa de malformación arteriovenosa cerebral.

Ho. Mediante observación directa del campo quirúrgico transoperatorio con el uso de microscopio quirúrgico, no existe una asociación positiva entre la visualización del signo de la vena oscura con resección completa de una malformación arteriovenosa cerebral.

Capítulo IV

OBJETIVOS

Objetivo general

Asociar el signo de la vena oscura, observado en el transoperatorio, con la resección completa de una malformación arteriovenosa supratentorial confirmado por estudio de imagen postoperatoria.

Objetivos particulares

Describir los cambios macroscópicos observados durante la resección completa de una malformación arteriovenosa supratentorial con drenaje superficial.

Capítulo V

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de tipo retrospectivo, observacional y descriptivo con el objetivo de asociar el signo de la vena oscura, cambio de coloración observado en el transoperatorio, con la resección completa de una malformación arteriovenosa.

Se incluyeron los pacientes registrados con malformaciones arteriovenosas cerebrales del Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” del año 2005 al 2025 con diagnóstico confirmado por medio de estudio de imagen preoperatorio, en este caso angiografía cerebral o resonancia magnética, que han sido sometidos a manejo micro neuroquirúrgico con resección completa.

Después se realizó un análisis de la imagen dinámica (video) del procedimiento micro neuroquirúrgico donde se busco y describió la presencia del signo de la vena oscura, que se refiere a un cambio de coloración de las venas de drenaje que ocurren durante el transoperatorio de forma gradual a medida que se interrumpen las aferencias a la malformación arteriovenosa.

Luego los pacientes que contaban con el signo de la vena oscura, se confirmó la resección completa de la malformación arteriovenosa con el estudio de imagen postoperatorio de rutina, en este caso angiografía cerebral. Cada caso fue analizado por un neurocirujano experto en micro neurocirugía.

Criterios de inclusión.

- Pacientes con malformaciones arteriovenosas cerebrales.
- Malformaciones arteriovenosas cerebrales localizadas en lóbulos cerebrales: frontal, temporal, parietal y occipital.
- Tratamiento neuroquirúrgico inicial.
- Contar con imagen dinámica transoperatoria donde se observe el signo de la vena oscura.
- Que cuente con estudio postoperatorio mediante angiografía cerebral diagnóstica.
- Haber realizado cirugía con intención de resección completa.
- Observar resección completa mediante el microscopio quirúrgico transoperatorio.
- Diagnóstico confirmado mediante angiografía cerebral diagnóstica.

Criterios de exclusión.

- Pacientes que no cumplen con criterio quirúrgico.
- Pacientes que se sometieron como primer tratamiento a radiocirugía o tratamiento endovascular.
- Pacientes que decidan de forma voluntaria no tratamiento quirúrgico.
- Pacientes en los que no se observe el signo de la vena oscura, tras resección completa visible mediante microscopio quirúrgico.
- Pacientes en los que se observa malformación arteriovenosa residual mediante microscopio quirúrgico.
- Pacientes en los que el tratamiento quirúrgico no resolvió la malformación arteriovenosa.
- Pacientes con malformaciones arteriovenosas en otras localizaciones: espinales, cerebelosas y profundas.
- Pacientes en los que la malformación arteriovenosa no esté localizada en los lóbulos cerebrales.
- Pacientes que requirieron de reoperación.

Capítulo VI

RESULTADOS

Se seleccionaron 30 pacientes para el estudio. En el proceso de análisis detallado de cada uno de los expedientes, se excluyeron 9 pacientes porque no se tenía el video transoperatorio, dejando en total 21 pacientes para el análisis (Figura 1). Se encontraron 11 hombres (51.7%) y 10 mujeres (48.3%) con diferentes presentaciones clínicas y edad promedio de 32 años (Figura 2). Localizados 9 en lóbulo frontal (42.9%) , 3 en lóbulo temporal (14.3%) , 7 en lóbulo parietal (33.3%) y 2 en lóbulo occipital (9.5 %) (Figura 3).

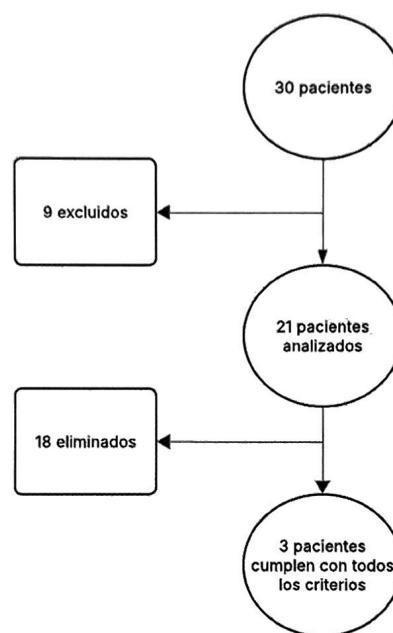


Figura 1. Casos analizados

Sexo

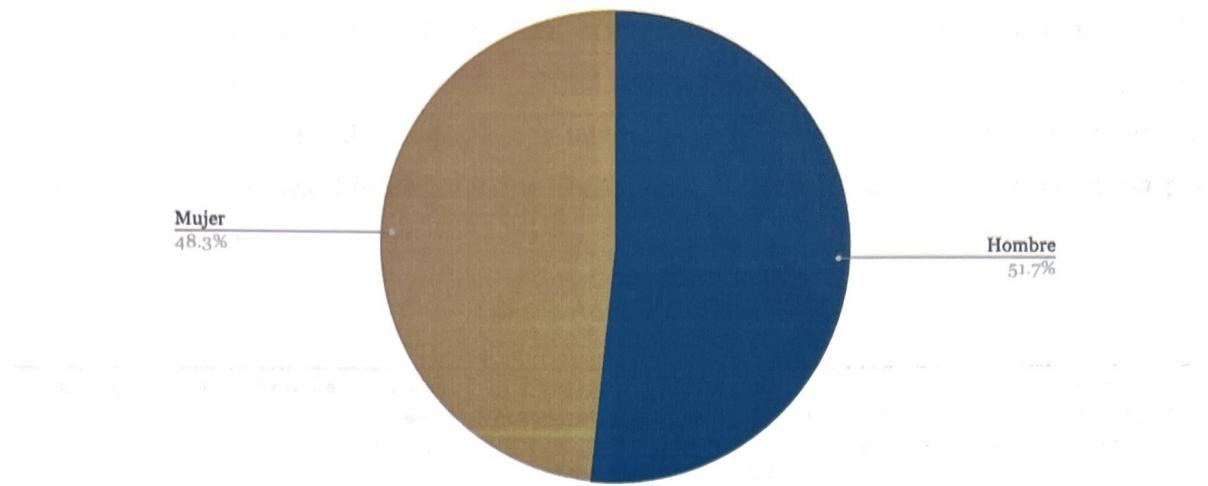


Figura 2. Análisis demográfico

Localización

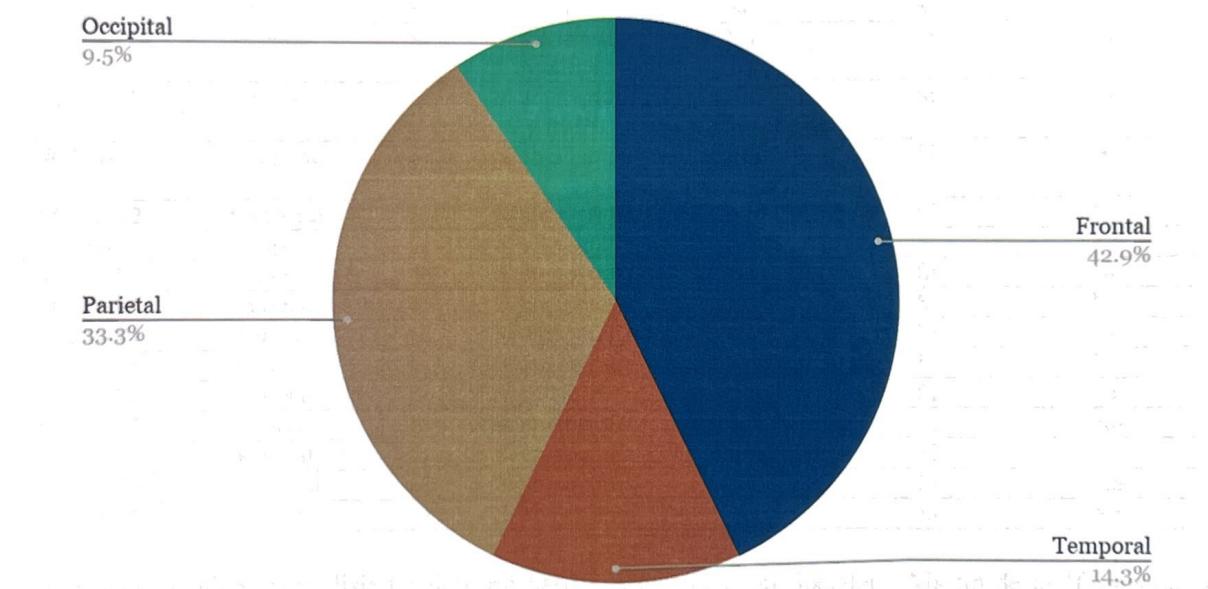


Figura 3. Localización de malformación arteriovenosa.

Dentro de los 21 pacientes analizados con malformaciones arteriovenosas de convexidad. Se incluyeron las siguientes localizaciones: 9 frontales, 3 temporales, 7 parietales y 2 occitales. Todos cuentan con video de la cirugía, con imagen preoperatorio y/o postoperatoria y resección completa macroscópica. Sin embargo, no en todos se comprueba una resección completa por imagen. (Tabla 2)

Tabla 2. Análisis primario

Código	Localización	Video de Cirugía	Imagen preoperatoria a RMN o Angiografía	Imagen postoperatoria a RMN o Angiografía	Resección completa macroscópica	Resección completa por imagen
NC256-F6	Frontal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-F7	Frontal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-F9	Frontal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-F10	Frontal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-F11	Frontal	Si	Si angiografía	Si angiografía	Si	Si
NC256-F12	Frontal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-F13	Frontal	Si	No	No	Si	No
NC256-F14	Frontal	Si	Si angiografía y RMN	No	Si	No
NC256-F16	Frontal	Si	Si angiografía y RMN	No	Si	No
NC256-T1	Temporal	Si	Si angiografía	Si angiografía	Si	Si
NC256-T2	Temporal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-T3	Temporal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-P1	Parietal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-P3	Parietal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-P4	Parietal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-P5	Parietal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-P6	Parietal	Si	No	Si angiografía	Si	Si
NC256-P7	Parietal	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-P8	Parietal	Si	Si angiografía	Si angiografía	Si	Si
NC256-O1	Occipital	Si	Si angiografía	No	Si	No
NC256-O2	Occipital	Si	Si angiografía	No	Si	No

Después se realizó un análisis técnico. En base a la clasificación Spetzler - Martin de malformaciones arteriovenosas, se presentaron 5 pacientes con grado 1 y 16 pacientes con grado 2. Por otro lado, en el análisis transoperatorio de la imagen dinámica (video de la cirugía), se identificó un cambio de coloración (vena oscura) en 20 pacientes y no se identificó el cambio de coloración en 1 paciente al realizar la resección quirúrgica. Aunque no se cuenta con un estudio de imagen que compruebe la resección completa (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis técnico primario

Código	Análisis preoperatorio		Análisis transoperatorio	
	Localización	Clasificación Spetzler- Martin	Arterias tributarias y venas de drenaje	Vena oscura
NC256-F6	Frontal	2	1 arteria tributaria, 1 vena de drenaje.	Si
NC256-F7	Frontal	2	2 arterias tributarias, 1 vena de drenaje.	Si
NC256-F9	Frontal	1	1 arteria tributaria, 2 venas de drenaje.	No
NC256-F10	Frontal	2	2 arterias tributarias, 2 venas de drenaje	Si
NC256-F11	Frontal	2	2 arterias tributaria, 1 vena de drenaje	Si
NC256-F12	Frontal	2	1 arteria tributaria, 1 vena de drenaje	Si
NC256-F13	Frontal	1	1 arteria tributaria, 1 vena de drenaje	Si
NC256-F14	Frontal	2	2 arterias tributarias, 1 vena de drenaje	Si
NC256-F16	Frontal	2	2 arterias tributarias, 2 venas de drenaje	Si
NC256-T1	Temporal	2	3 arterias tributarias, 1 vena de drenaje.	Si
NC256-T2	Temporal	1	2 arterias tributarias, 1 vena de drenaje.	Si
NC256-T3	Temporal	2	1 arteria tributaria, 1 vena de drenaje.	Si
NC256-P1	Parietal	1	1 arteria tributaria, 1 vena de drenaje	Si
NC256-P3	Parietal	2	3 arterias tributarias, 1 vena de drenaje	Si
NC256-P4	Parietal	2	1 arteria tributaria 1 vena de drenaje	Si
NC256-P5	Parietal	2	1 arteria tributaria, 1 vena de drenaje	Si
NC256-P6	Parietal	2	1 arteria tributaria, 1 vena de drenaje	Si
NC256-P7	Parietal	2	2 arterias tributarias, 1 vena de drenaje	Si
NC256-P8	Parietal	1	2 arteria tributarias, 1 vena de drenaje	Si
NC256-O1	Occipital	2	3 arterias tributarias, 1 vena de drenaje	Si
NC256-O2	Occipital	2	2 arterias tributarias, 1 vena de drenaje.	Si

Luego, se identificó dentro de los 21 pacientes analizados que solamente 3 pacientes cumplen con las 5 características requeridas: video de la cirugía, estudio de imagen preoperatorio y postoperatorio, resección completa macroscópica en imagen dinámica y resección completa comprobada por estudio de imagen de la malformación arteriovenosa. Incluye una MAV frontal, una temporal y una parietal. (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis secundario

Código	Localización	Video de Cirugía	Imagen preoperatoria RMN o Angiografía	Imagen postoperatoria RMN o Angiografía	Resección completa macroscópica	Resección completa por imagen
NC256-F11	Frontal	Si	Si angiografía	Si angiografía	Si	Si
NC256-T1	Temporal	Si	Si angiografía	Si angiografía	Si	Si
NC256-P8	Parietal	Si	Si angiografía	Si angiografía	Si	Si

Después se realizó un análisis técnico de cada video y estudio de imagen de los 3 pacientes donde se encontró primero un paciente con malformación arteriovenosa frontal, clasificación Spetzler- Martin 2, en el transoperatorio se identificaron 2 arterias tributarias y 1 vena de drenaje con presencia de vena oscura. Segundo, malformación arteriovenosa temporal, clasificación Spetzler- Martin 2, en el transoperatorio con 3 arterias tributarias y 1 vena de drenaje con presencia de vena oscura. Tercero, malformación parietal, clasificación Spetzler Martin 1, en el transoperatorio con 2 arterias tributarias y 1 vena de drenaje con presencia de la vena oscura. (Tabla 5)

Se considera a la vena oscura como un cambio en la coloración de la vena al momento de la resección completa de la malformación arteriovenosa. (Figura 4).

El análisis técnico demuestra que existe una relación entre la resección completa de la malformación arteriovenosa con la presencia de la vena oscura, puesto que en todos los casos encontramos que aquellos pacientes a quienes se les hizo resección completa macroscópicamente y comprobado por estudio de imagen, se encuentra la presencia de la vena oscura. Lo que

inferir que en el transoperatorio si se detecta el signo de la vena oscura (cambio de coloración) se puede considerar una resección completa exitosa.

Tabla 5. Análisis técnico secundario

Código	Análisis preoperatorio		Análisis transoperatorio	Análisis postoperatorio
	Localización	Clasificación Spetzler-Martin		
			Arterias tributarias, venas de drenaje.	Vena oscura
NC256-F11	Frontal	2	2 arterias tributarias, 1 vena de drenaje.	Si
NC256-T1	Temporal	2	3 arterias tributarias, 1 vena de drenaje.	Si
NC256-P8	Parietal	1	2 arterias tributarias, 1 vena de drenaje.	Si

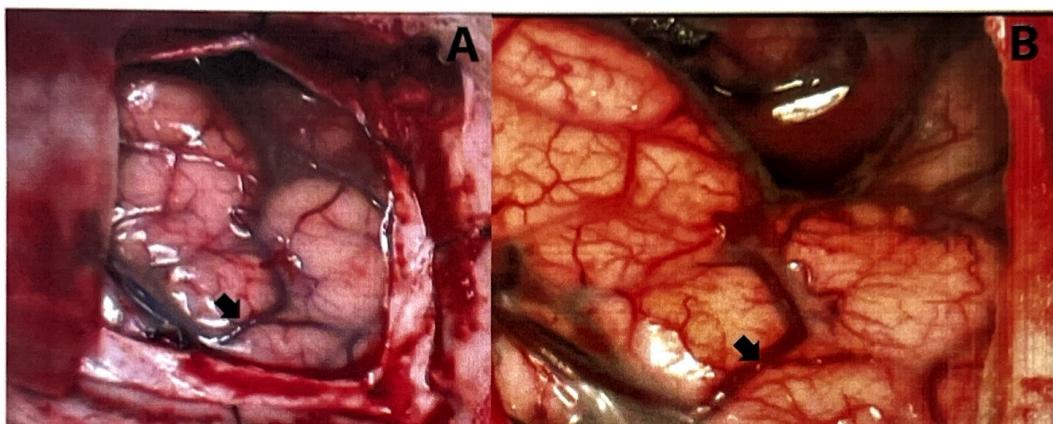


Figura 4. Cambio de coloración de la vena

A) Imagen preoperatoria muestra el cambio vascular venoso característico de malformación arteriovenosa cerebral señalado con la flecha color negro. B) Imagen postoperatoria muestra el cambio producido por el cambio de flujo vascular, tras la resección de la malformación arteriovenosa cerebral señalado con la flecha color negro.

Aspectos éticos y confidencialidad

De acuerdo al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud en el Título Segundo de los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos, Capítulo I, Artículo 17, Fracción I, se considera como investigación sin riesgo por ser retrospectivo y observacional. Debido a que no se realizará ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos de estudio.

El protocolo fue sometido y aprobado ante el Comité de Ética en Investigación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”. La información obtenida de esta investigación se mantendrá bajo estricta confidencialidad en base a las normas e instructivos institucionales como la Declaración de Helsinki que establece los principios éticos para la investigación médica en seres humanos. La base de datos está en resguardo con codificación a doble enlace y el acceso será exclusivo de los investigadores principales.

Capítulo V

DISCUSIÓN

El análisis realizado en este estudio, detalla la utilidad del signo de la “vena oscura” como marcador intraoperatorio de resección completa en malformaciones arteriovenosas cerebrales superficiales, aportando evidencia clínica, fisiopatológica y técnica que respalda su potencial valor dentro de la práctica microquirúrgica. A través del análisis sistemático de 21 pacientes, se exploró el comportamiento hemodinámico de la vena drenante durante la resección del nido, documentando de manera consistente la aparición de un cambio de coloración característico en el 95.2% de los casos, lo cual permite proponer este fenómeno como un indicador visual útil y reproducible en tiempo real.

Este estudio se sustenta en un diseño metodológico sólido basado en la revisión detallada de videos transoperatorios, imágenes preoperatorias y, cuando estuvo disponible, verificación imagenológica postoperatoria. La selección inicial de 30 pacientes permitió conformar una cohorte representativa; no obstante, la exclusión de nueve casos sin registro en video optimizó la calidad del análisis técnico. Dentro de la muestra final, conformada por 21 pacientes, se encontró una distribución anatómica diversa: 42.9% de MAVs frontales, 14.3% temporales, 33.3% parietales y 9.5% occitales, lo que fortalece la generalización de los hallazgos hacia la mayoría de las MAV superficiales de convexidad.

El análisis demográfico reveló una distribución equilibrada por sexo (51.7% hombres, 48.3% mujeres) y una edad promedio de 32 años, coherente con la epidemiología conocida de las MAVs cerebrales, cuya presentación frecuente se documenta entre la segunda y cuarta décadas de la vida. Esta congruencia epidemiológica aporta validez externa al estudio y demuestra que la cohorte no presenta sesgos relevantes de edad o sexo que pudieran afectar la interpretación de los resultados.

Desde el punto de vista técnico, la clasificación de Spetzler-Martin mostró predominancia de MAVs grado I (n=5) y grado II (n=16), categorías que representan lesiones de complejidad baja a moderada, particularmente aptas para resección microquirúrgica en centros con experiencia. La prevalencia de MAVs superficiales y accesibles explica la claridad con la que fue posible observar el comportamiento de la vena drenante y constituye un elemento clave para interpretar la reproducibilidad del signo de la vena oscura. Sin embargo, este hecho también subraya la importancia de evaluar en estudios futuros la aplicabilidad del signo en MAVs más complejas, profundas o con drenajes mixtos.

La observación más relevante de este estudio consiste en que 20 de los 21 pacientes (95.2%) presentaron el signo de la vena oscura durante la resección, expresado como un oscurecimiento progresivo de la vena de drenajes conforme se realizaba la oclusión sistemática de aferencias arteriales. Este cambio cromático coincide con el entendimiento fisiopatológico de las MAVs: en condiciones normales, la vena drenante presenta un tono más brillante o rojizo debido al alto flujo y presión anormal generados por los shunts arteriovenosos. A medida que se eliminan las aferencias y se reduce el flujo arterial patológico, el flujo venoso se normaliza, se estabiliza su presión y la vena adquiere un tono más oscuro, similar al de una vena cerebral fisiológica.

Este fenómeno visual, observado de manera consistente en nuestro estudio, no solo tiene fundamento fisiológico sino también valor clínico directo. La correlación entre la presencia del signo y la sospecha de resección completa macroscópica fue confirmada en los tres pacientes que cumplieron con todos los criterios: video quirúrgico, imágenes preoperatorias y postoperatorias, resección macroscópica completa y confirmación imagenológica objetiva. En estos tres casos, pertenecientes a localizaciones frontal, temporal y parietal, se documentó como hallazgo reproducible la presencia de la vena oscura al final de la resección, junto con la ausencia de lesión residual en las imágenes postoperatorias.

Estos resultados permiten proponer que la observación sistemática de la vena oscura puede constituir un marcador intraoperatorio confiable, especialmente en contextos donde el acceso a tecnología avanzada, como ICG-videoangiografía, FLOW 800 o angiografía intraoperatoria, no sea posible. La simplicidad del signo constituye una de sus mayores fortalezas: no requiere equipamiento adicional, es inmediato, reproducible y depende únicamente de la visualización directa del campo quirúrgico bajo microscopio. En países o instituciones con limitaciones tecnológicas, este tipo de herramientas visuales adquiere un valor especial, pues permiten optimizar la seguridad de la resección sin incrementar los costos ni depender de plataformas tecnológicas sofisticadas.

Asimismo, la consistencia observada en diferentes regiones corticales sugiere que el fenómeno es aplicable de manera amplia en MAVs de convexidad. La evidencia muestra que el signo de la vena oscura no se restringe a un territorio anatómico ni depende del número de aferencias o del grado de Spetzler-Martin, sino que parece ser parte inherente de la fisiología de la desvascularización del nido. Los análisis individuales de las tres MAVs con verificación

completa demostraron que, independientemente del número de aferencias (entre dos y tres en los casos analizados), el cambio de coloración se manifestó de manera reproducible.

La metodología empleada en este estudio aporta un enfoque dinámico y multimodal a la valoración de las MAVs durante la resección. El análisis de los videos quirúrgicos permitió observar el comportamiento temporal de la vena de drenaje, añadiendo una perspectiva que las imágenes estáticas no pueden ofrecer. La revisión fase por fase del procedimiento microquirúrgico permitió corroborar que la aparición del signo precede o coincide con la resección completa y constituye un indicador útil para guiar las etapas finales del procedimiento.

Un aspecto relevante observado es que el signo de la vena oscura aparece incluso en condiciones de escasa disponibilidad tecnológica, lo cual amplía su aplicabilidad en distintos entornos quirúrgicos. Además, como herramienta visual, es independiente de errores de calibración, fallas de equipo o variaciones técnicas asociadas a tecnologías de fluorescencia, lo que lo convierte en un recurso altamente confiable cuando el microscopio y la iluminación son adecuadas.

No obstante, es importante reconocer que el signo de la vena oscura depende de la presencia de una vena drenante superficial claramente visible, lo que limita su uso en MAVs profundas o en lesiones con drenaje exclusivamente profundo. Aunque esto no afecta la validez de los resultados del presente estudio, sí representa un área importante para exploración futura. La correlación entre el signo y la verificación angiográfica de resección completa en la sub-cohorte de pacientes con estudios completos proporciona una base alentadora para estudios prospectivos o comparativos.

Asimismo, el hecho de que un paciente no presentara el signo durante la resección, aun cuando la resección macroscópica parecía completa, plantea la necesidad de caracterizar las excepciones. Este tipo de casos podría deberse a variaciones anatómicas, micro hemodinámicas o técnicas, lo que subraya la importancia de continuar investigando el fenómeno con mayor número de pacientes y con criterios estandarizados de documentación.

En conjunto, los resultados del presente estudio fortalecen la idea de que la valoración visual directa sigue siendo una herramienta insustituible en la microcirugía vascular. Mientras que las tecnologías de imagen intraoperatoria han demostrado mejorar la seguridad y precisión, el signo de la vena oscura se posiciona como un complemento valioso que contribuye a reducir la

probabilidad de residuo malformativo, optimizar la toma de decisiones y proporcionar un marcador fisiológico confiable durante las etapas críticas de la resección.

Finalmente, los hallazgos de este trabajo añaden evidencia significativa a la literatura sobre signos intraoperatorios predictivos de resección completa en MAVs, un campo donde actualmente existen pocos marcadores visuales ampliamente aceptados. El signo de la vena oscura, por su sencillez, reproducibilidad y coherencia fisiopatológica, representa un avance relevante, especialmente para centros que buscan optimizar sus resultados sin depender de equipamiento costoso.

RECOMENDACIONES DE MANEJO MICROQUIRÚRGICO EN MALFORMACIONES ARTERIOVENOSAS CEREBRALES SUPERFICIALES

La microcirugía de las malformaciones arteriovenosas (MAV) exige una planificación meticulosa basada en el análisis detallado de su angioarquitectura, una exposición quirúrgica amplia y segura, y una disección progresiva que preserve las estructuras vitales, especialmente las venas de drenaje. El éxito de la resección depende de identificar adecuadamente los vasos alimentadores, los componentes fistulosos, la relación del nido con el tejido circundante y la trayectoria de las venas de drenaje, lo cual evita errores técnicos que pueden resultar en hemorragias masivas o edema cerebral intraoperatorio.

Importancia de la angioarquitectura preoperatoria

El estudio angiográfico, idealmente tridimensional, debe proporcionar una comprensión integral de la MAV: número y localización de los vasos alimentadores, morfología del nido y patrón de drenaje venoso. La evaluación del tiempo de tránsito del contraste permite determinar si la lesión tiene un componente fistuloso, lo cual implica un riesgo incrementado de sangrado. Un componente fistuloso o la presencia de vasos de reclutamiento periférico aumenta la fragilidad del proceso quirúrgico.

La diferenciación precisa entre arterias y venas arterializadas es fundamental; confundir una vena de drenaje con un alimentador arterial y ocluirla precozmente puede desencadenar hemorragias catastróficas. Aunque técnicas modernas como angiografía 3D y estereoscopía facilitan la

comprensión espacial de la MAV, el neurocirujano debe ser capaz de reconstruir mentalmente un mapa tridimensional y confirmar la arquitectura durante la exposición quirúrgica.

Craneotomía y exposición adecuada

La craneotomía constituye uno de los factores iniciales más determinantes para una cirugía exitosa. Debe ser amplia, abarcando el tamaño de la MAV y ampliando entre 2 y 2.5 cm alrededor del nido, dado que las principales fuentes de sangrado suelen encontrarse en la periferia. Las lesiones en línea media requieren extender el abordaje al hemisferio contralateral para facilitar el acceso al seno longitudinal superior. En malformaciones de fosa posterior, la craneotomía suboccipital debe ser bilateral para exponer adecuadamente los senos transverso y sigmoides.

Abordajes reducidos o tipo “keyhole” son inadecuados en el tratamiento de MAV, debido a la necesidad de un campo amplio que permita un control hemostático efectivo, identificación periférica de los vasos y maniobras microquirúrgicas sin restricciones. La planificación debe basarse en referencias anatómicas visibles en TC o RM.

Delimitación periférica del nido

La disección debe comenzar delimitando periféricamente la MAV, evitando introducirse prematuramente en zonas profundas o directamente en el nido, lo que provoca hemorragias tempranas y difíciles de controlar. Los surcos cerebrales adyacentes a la malformación, a menudo ocultos por una aracnoides engrosada, suelen albergar los vasos alimentadores principales y sirven como guía anatómica.

La disección de la aracnoides y la coagulación cuidadosa del tejido periférico permiten diferenciar el nido del parénquima sano. El plano gliótico, característico y bien definido, actúa como un límite seguro al ser más firme, amarillento y pobemente vascularizado.

Disección circunferencial progresiva

Una vez delimitados los bordes superficiales, la disección debe avanzar circunferencialmente hacia el ápex, generalmente orientado hacia el epéndimo ventricular. A medida que se progresá en profundidad, los vasos tienden a volverse más frágiles y delgados (“vasos calientes”), lo que exige instrumentación delicada, aspiradores finos y el uso cuidadoso de miniclip.

La presencia de dilataciones aneurismáticas o bolsas niales impone dificultad adicional, pudiendo bloquear la visualización y obligar a retracciones riesgosas. La coagulación progresiva con bipolares de punta gruesa, aplicada con la superficie lateral del instrumento, permite reducir su volumen sin perforarlas.

En el ápex, los vasos ependimarios representan un riesgo crucial: deben coagularse de manera exhaustiva debido a su tendencia a generar sangrado intraventricular, frecuentemente no evidente en la superficie quirúrgica. La maniobra de Valsalva facilita identificar hemorragias ocultas antes de finalizar el procedimiento.

Coagulación adecuada de todos los vasos

El principio “no cortar nada que no haya sido previamente coagulado” es esencial. Los vasos alimentadores y de reclutamiento periférico están crónicamente dilatados y con pérdida de vaso-reactividad, haciendo insuficiente una coagulación superficial. Los vasos mayores de 2 mm deben ser clipados temporalmente para facilitar su coagulación radical; los de 1–2 mm pueden coagularse directamente, aunque el uso de clips transitorios aumenta la seguridad.

Los vasos de menos de 1 mm, particularmente peligrosos, deben manejarse mediante aislamiento con aspiradores, aplicación de miniclip temporales y verificación completa de coagulación antes de cortar. Si persiste el sangrado, el clip debe dejarse de forma definitiva.

Manejo de la vena de drenaje

La vena de drenaje constituye la última estructura a seccionar. Confundirla con un alimentador arterial puede ocasionar una catástrofe quirúrgica. Cuando existen varias venas, se deben realizar pruebas de oclusión temporal para determinar cuál es la principal. Esta debe conservarse hasta el momento final de la resección.

El cambio de coloración de la vena (de rojo brillante a rojo oscuro) y la disminución del flujo son signos de que la MAV está completamente aislada. Si existen venas normales que drenan hacia la vena principal de la MAV, deben preservarse para evitar infartos venosos; la sección de la vena de drenaje debe realizarse proximal a estas ramas.

Consideraciones técnicas especiales

La microcirugía de MAV requiere paciencia, precisión y evitar cirugías apresuradas que incrementan el sangrado o dejan residuos malformativos. Sangrados multicéntricos al final de la resección suelen deberse a pequeños nidos periféricos inadvertidos; en tales casos, puede ser necesario ampliar la resección o utilizar técnicas de compresión con gelfoam o surgicel seguidas de una reintervención 3–4 días después.

Cuando el sangrado proviene de bolsas nidales aneurismáticas, se recomienda aplicar material hemostático directamente sobre el nido y reintervenir posteriormente. En cirugías prolongadas sin complicaciones mayores, puede dividirse la intervención en dos tiempos para disminuir la fatiga del equipo y reducir riesgos, especialmente en MAV de grado III o IV.

MANEJO ARTERIAL EN LA MICROCIRUGÍA DE MAV

El control arterial representa uno de los pilares fundamentales en la resección microquirúrgica de las malformaciones arteriovenosas (MAV). Debido a que las MAV reciben sangre a través de múltiples aferencias sometidas a flujos crónicamente elevados, su manipulación exige una estrategia quirúrgica estricta que minimice el riesgo de sangrado y preserve la estabilidad hemodinámica del campo operatorio. La identificación, aislamiento y oclusión adecuada de los vasos alimentadores se convierten así en pasos críticos que determinan el éxito de la cirugía.

El análisis preoperatorio de la angioarquitectura es esencial para anticipar la conducta arterial intraoperatoria. Los estudios angiográficos tridimensionales permiten definir con precisión el número, calibre, trayecto y punto de entrada de las arterias nutricias, así como distinguir si la malformación presenta un componente angiomatoso o fistuloso. Esta información tiene repercusión directa en el control arterial, ya que las MAV con predominio fistuloso suelen asociarse con alimentadores de alto flujo, cuya oclusión temprana reduce la presión intranidal y, por tanto, las posibilidades de sangrado profuso.

El manejo arterial intraoperatorio comienza con la identificación de los alimentadores superficiales o subcorticales durante la delimitación periférica de la lesión. El cirujano debe evitar confundir vasos de reclutamiento no pertenecientes al nido con verdaderas arterias nutricias, una distinción que se confirma, en muchas ocasiones, por su entrada directa al nido a través de surcos adyacentes. La disección debe ser meticulosa, preservando temporalmente el

flujo hasta realizar una comprobación visual clara del comportamiento del vaso frente a la manipulación.

El uso de clips transitorios, como indicas, representa una herramienta de enorme utilidad. Estos dispositivos permiten una oclusión reversible que facilita la reducción del flujo arterial, otorgando al cirujano un margen seguro para coagular de manera definitiva. Su uso es especialmente valioso en vasos de mediano y grueso calibre (mayores de 1–2 mm), en los cuales la sola coagulación bipolar resulta insuficiente debido a la pérdida de vasoreactividad y a las alteraciones estructurales de la pared vascular propias de las MAV. La aplicación temporal de un clip permite comprobar si el nido disminuye su turgencia, lo que confirma que el vaso es efectivamente un alimentador principal.

Asimismo, la técnica microquirúrgica recomienda coagular cada arteria en un trayecto de uno a tres milímetros antes de cortarla cerca del nido. Esto evita la peligrosa retracción de un vaso insuficientemente coagulado hacia el parénquima, situación que puede originar pérdida de control hemostático y prolongación innecesaria del procedimiento. El manejo arterial debe realizarse con instrumentos finos, bipolares de punta gruesa para evitar perforaciones y aspiradores atraumáticos que permitan aislar cada vaso.

El adecuado control arterial disminuye el flujo global de la MAV y transforma un procedimiento potencialmente caótico en una cirugía ordenada y segura. La correcta aplicación de clips transitorios, la disección circunferencial y la verificación repetida del comportamiento de los vasos permiten reducir complicaciones y asegurar un campo quirúrgico estable para las etapas finales de la resección.

MANEJO VENOSO Y CAMBIOS TRANSOPERATORIOS EN LA VENA DE DRENAJE

El componente venoso de una malformación arteriovenosa constituye el determinante final de la seguridad quirúrgica, ya que la vena de drenaje funciona como la principal vía de salida del flujo intranidal. Su manejo requiere extrema precaución, pues una oclusión temprana o inadvertida puede generar un incremento abrupto de la presión dentro del nido, resultando en hemorragias masivas, edema cerebral y colapso hemodinámico local.

Durante el transoperatorio se pueden observar los cambios venosos con gran claridad, especialmente en MAV con venas superficiales y de mayor calibre. Estas manifestaciones visuales son un indicador dinámico del estado hemodinámico del nido y sirven como guía para evaluar la progresión de la disección circumferencial. Cuando la vena de drenaje es grande y se encuentra expuesta en la superficie cortical, el signo del cambio de coloración y turgencia se vuelve aún más evidente, facilitando al neurocirujano determinar el momento adecuado para su oclusión.

El principio rector del manejo venoso es contundente: la vena de drenaje debe ser la última estructura en ser seccionada. En presencia de múltiples venas, las pruebas de oclusión temporal con clips permiten diferenciar la vena principal de aquellas secundarias. Sólo cuando la vena primaria deja de mostrarse turgente, cambia de un rojo brillante a un rojo oscuro, y pierde la evidencia de flujo en su interior, puede asumirse que la MAV se encuentra completamente aislada de sus aferencias. Este signo clínico intraoperatorio constituye uno de los parámetros más confiables para determinar la culminación del proceso de disección.

Otro aspecto esencial es la inspección completa del trayecto venoso antes de su coagulación. Algunas venas de tejido neural normal desembocan en la vena principal de drenaje de la MAV; estas ramas deben preservarse para evitar infartos venosos. La sección debe realizarse proximal a estas conexiones, asegurando que únicamente se ocluya la porción exclusiva del drenaje patológico.

El cambio transoperatorio venoso descrito particularmente evidente en venas grandes y superficiales no sólo orienta la fase final de resección, sino que también constituye un indicador hemodinámico crítico. Cuando la vena deja de volverse turgente ante una oclusión temporal y se observa un flujo lentificado, es señal de que los alimentadores han sido exitosamente controlados.

En situaciones donde persista sangrado periférico o se identifiquen nidos residuales pequeños, puede emplearse la estrategia de compresión temporal con gelfoam o surgicel, seguida de una reintervención días después. Sin embargo, incluso en estos escenarios, la preservación y manejo adecuado de la vena principal de drenaje continúa siendo el eje de seguridad.

El dominio de los cambios venosos intraoperatorios y el respeto absoluto por la secuencia temporal de su manejo representan pilares imprescindibles para una cirugía de MAV segura, controlada y técnicamente exitosa.

Capítulo VI

CONCLUSIÓN

El presente estudio constituye un cierre integral del proceso investigativo en torno al valor del signo de la vena oscura como marcador intraoperatorio de resección completa en malformaciones arteriovenosas (MAV) de convexidad. A partir del análisis sistemático de 21 casos con documentación videográfica transoperatoria e imágenes pre y postoperatorias, los resultados obtenidos permiten responder de manera directa y fundamentada a la pregunta de investigación planteada: ¿puede el signo de la vena oscura considerarse un indicador confiable de resección completa de una MAV durante la cirugía?

Los hallazgos respaldan la aceptación de la hipótesis alterna, la cual proponía que existe una asociación positiva entre la visualización del signo de la vena oscura y la resección completa de la lesión. En todos los procedimientos analizados se observó el cambio característico de coloración de la vena drenante tras la desvascularización del nido, y cuando se contó con verificación imagenológica postoperatoria, esta coincidió con la confirmación de resección completa. De esta manera, la hipótesis nula se refuta, y se demuestra la relevancia clínica y académica del signo de la vena oscura como herramienta accesible, inmediata y basada en principios fisiológicos sólidos.

La presente investigación aporta evidencia novedosa al campo de la neurocirugía vascular, particularmente en un contexto donde los métodos de verificación intraoperatoria suelen depender de tecnologías avanzadas como la angiografía por fluorescencia, ICG-VA o sistemas de análisis de flujo tipo FLOW 800, los cuales no siempre están disponibles. En este sentido, el estudio resalta el valor de un signo puramente visual, reproducible y fisiológicamente coherente, que puede complementar la toma de decisiones durante la resección microquirúrgica de MAVs y potenciar la seguridad y precisión del procedimiento.

No obstante, esta investigación reconoce limitaciones que deben ser consideradas. El tamaño muestral reducido, la falta de confirmación imagenológica postoperatoria en todos los pacientes y la exclusividad de MAVs de convexidad restringen la extrapolación de los resultados a otros tipos o localizaciones de MAVs. Asimismo, la interpretación del signo depende en parte de la calidad del registro en video y de la experiencia del cirujano, lo que introduce cierto grado de subjetividad. Estas limitaciones subrayan la necesidad de estudios posteriores con muestras más amplias, metodologías estandarizadas y una verificación imagenológica completa que permitan validar y fortalecer estos hallazgos.

A pesar de ello, las fortalezas del estudio son significativas. Destaca la consistencia absoluta del fenómeno observado, la correlación fisiopatológica entre el cambio de coloración venosa y la desvascularización completa del nido, la diversidad de localizaciones corticales incluidas y el análisis minucioso de los videos intraoperatorios, lo que ofrece una perspectiva dinámica, real y detallada del comportamiento hemodinámico de las MAV durante la resección. Estas fortalezas permiten proponer al signo de la vena oscura como un criterio auxiliar valioso dentro de la práctica neuroquirúrgica.

Desde una perspectiva futura, este hallazgo abre la puerta a líneas de investigación dirigidas a estandarizar la identificación del signo, cuantificar de manera objetiva los cambios de coloración mediante análisis digital, evaluar su utilidad en MAVs profundas o complejas, e integrarlo como parte de algoritmos intraoperatorios de seguridad quirúrgica.

En términos de aplicaciones clínicas, la constatación de este signo podría apoyar la decisión de culminar la resección, reducir la dependencia de métodos diagnósticos costosos y servir como herramienta formativa en la enseñanza de la microcirugía vascular. Las implicaciones de su validación futura serían relevantes tanto para centros de alta especialidad como para instituciones con recursos limitados.

En conclusión, el presente estudio demuestra que la identificación del signo de la vena oscura no solo constituye un aporte significativo al conocimiento de los marcadores intraoperatorios de resección completa, sino que además abre nuevas posibilidades clínicas y académicas para el abordaje seguro y eficiente de las malformaciones arteriovenosas cerebrales. Este trabajo reafirma la importancia de observar, documentar y comprender los cambios hemodinámicos durante la cirugía, y destaca cómo un hallazgo visual, sustentado por análisis rigurosos y coherencia fisiológica, puede contribuir de forma valiosa a la práctica neuroquirúrgica contemporánea.

Capítulo VII

BIBLIOGRAFÍA

1. Robert A. Solomon, M.D., and E. Sander Connolly, Jr., M.D. Arteriovenous Malformations of the Brain. *N Engl J Med* 2017;376:1859-1866. DOI: 10.1056/NEJMra1607407.
2. Lawton MT, Rutledge WC, Kim H, et al. Brain arteriovenous malformations. *Nat Rev Dis Prim.* 2015;1 (Table 1). doi:10.1038/nrdp.2015.8.
3. Edgar Nathal. Técnica microquirúrgica para resección de malformaciones arteriovenosas. Artículo de revisión. Medigraphic. *Arch Neurocien (Mex)* Vol 11, No. 1: 29-40, 2006.
4. Youmans & Winn. Neurological surgery. Eighth edi. Chapter 451. Epidemiology and natural history of cerebral vascular malformations. 3671-3676.
5. Bernard R. Bendok, MD, MSCI. Advances and innovations in brain arteriovenous malformation surgery. *Neurosurgery.* 74:S60–S73, 2014 DOI: 10.1227/NEU.0000000000000230
6. Schmidek & sweet. Técnicas quirúrgicas operatorias. Sexta edición. Capítulo. 82. Manejo quirúrgico de las malformaciones arteriovenosas infratentoriales. 415. 995-1001.
7. Schmidek & sweet. Técnicas quirúrgicas operatorias. Sexta edición. Capítulo. 83. Manejo quirúrgico de las malformaciones arteriovenosas cerebrales. 423. 1003-1018.
8. Youmans & Winn. Neurological surgery. Eighth edition. Chapter 450. Pathobiology of true arteriovenous malformation. 3659-3670.
9. Youmans & Winn. Neurological surgery. Eighth edition. Chapter 452. Therapeutic decision making in the management of arteriovenous malformations of the brain. 3677-367.e16.
10. Youmans & Winn. Neurological surgery. Eighth edition. Chapter 455. Microsurgery of arteriobenous malformations. 3694-3716.e4.
11. Youmans & Winn. Neurological surgery. Eighth edition. Chapter 456. Surgical and radiosurgical management of grade IV and V arteriovenous malformations. 3717-3732.e3.
12. Stefani MA, Sgarabotto Ribeiro D, Mohr JP. Grades of brain arteriovenous malformations and risk of hemorrhage and death. *Ann Clin Transl Neurol.* 2019;6(3):508-514. doi:10.1002/acn3.723.

13. Morgan M, Sekhon L, Rahman Z, Dandie G. Morbidity of Intracranial Hemorrhage in Patients With Cerebral Arteriovenous Malformation. *Stroke*. 1998;29(9):2001-2003. doi:10.1161/01.STR.29.9.2001.
14. Derdeyn CP, Zipfel GJ, Albuquerque FC, et al. Management of Brain Arteriovenous Malformations: A Scientific Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2017;48(8). doi:10.1161/STR.0000000000000134.
15. Seven AVMS. Tenets and Techniques for Resection. 2014. Michael T. Lawton. Chapter. 3. Draining Veins. 13-17.
16. Zhu J, Chen Z, Zhai W, Wang Z, Wu J, Yu Z, Chen G. Non-Angry Superficial Draining Veins: A New Technique in Identifying the Extent of Nidus Excision during Cerebral Arteriovenous Malformation Surgery. *Brain Sci.* 2023;13(2):366. doi:10.3390/brainsci13020366
17. Teo MK, Young AMH, St. George EJ. Comparative surgical outcome associated with the management of brain arteriovenous malformation in a regional neurosurgical centre. *Br J Neurosurg.* noviembre de 2016;30(6):623–30.
18. Tong X, Wu J, Cao Y, Zhao Y, Wang S. New predictive model for microsurgical outcome of intracranial arteriovenous malformations: study protocol. *BMJ Open*. enero de 2017;7(1):e014063

Capítulo VIII

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Nací en el estado de Guerrero donde los sueños, diversión y aspiraciones estaban en el aire, ahí transcurrió una infancia marcada llena de gratos momentos y enseñanza de mis padres quienes inculcaron en mí la idea que ser alguien todo lo puede, nunca escuchar un no puedes de mis padres me inspiraron a ser mejor, superar y entender que todo lo puedo si me lo propongo. Desde mis primeros años desarrollé un interés especial por la lectura y una inclinación natural por realizar con esmero mis actividades escolares. El apoyo constante de mi familia, junto con el gusto innato por aprender, consolidaron en mí una disciplina temprana y un compromiso permanente con el conocimiento.

Con el paso del tiempo, esta vocación por el estudio orientó mi camino hacia la medicina, una profesión que exige dedicación, responsabilidad y una entrega plena al servicio de los demás. Durante mi formación, encontré en la neurocirugía un campo que combina complejidad científica, precisión técnica y un impacto humano profundo. Cada etapa desde mis estudios académicos hasta la residencia ha contribuido al fortalecimiento de mis habilidades, convicciones y valores profesionales.

Me defino como una persona perseverante, disciplinada y guiada por principios inculcados desde el seno familiar. La constancia, la gratitud y el afán de superación han sido elementos fundamentales en mi desarrollo tanto personal como profesional. Aunque el camino recorrido ha implicado sacrificios y exigencias significativas, también ha estado lleno de aprendizajes y logros que reflejan el esfuerzo de muchos años.

Actualmente, mantengo el firme propósito de continuar perfeccionando y aportar desde mi ámbito profesional a la salud y bienestar de quienes depositan su confianza en mi trabajo. Mi trayectoria representa la materialización de aquellos sueños de la infancia y de un compromiso inquebrantable con el conocimiento y el servicio a los demás.



UANL



FACULTAD DE MEDICINA Y HOSPITAL UNIVERSITARIO
"DR JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ"
Servicio de Neurocirugía

Of. No. Ncx. 432/2025

DR. MED. FELIPE ARTURO MORALES MARTÍNEZ

Subdirector de Estudios de Posgrado

Presente.-

Por medio de la presente hago constar que la tesis titulada "**INDICADOR TRANSOPERATORIO DE RESECCIÓN COMPLETA DE MALFORMACIONES ARTERIOVENOSAS CEREBRALES**", cuyo autor es el Dr. Omar de Paz Jaimes, ha sido revisada por el programa Turnitin, encontrando un 8% de similitud y después de la interpretación de los datos se ha llegado a la conclusión que no existe evidencia de plagio de la tesis.

Quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.

Atentamente

"Atere Flammam Veritatis"

Monterrey, N. L., a 11 de diciembre del 2025

DR. MED. ANGEL R. MARTÍNEZ PONCE DE LEÓN
Jefe del Servicio de Neurocirugía



SERVICIO DE
NEUROCIRUGIA

Anexo: formato de comprobante.

AMPL/ *Yadira*



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Av. Francisco I. Madero s/n y Av. Gonzalitos, Mitrás Centro, Monterrey, Nuevo León, México. C.P. 64460
Tel. 81 8346 2698, com. 81 8389 1111 ext. 2596 y 3361 • www.uanl.mx

• Indicador transoperatorio de resección completa de malformaciones arteriovenosas cerebrales

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	www.medigraphic.com Fuente de Internet	1%
4	medicalcriteria.com Fuente de Internet	1%
5	Submitted to UPAEP: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla Trabajo del estudiante	<1%
6	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	<1%
9	ru.dgb.unam.mx Fuente de Internet	<1%
10	epage.pub Fuente de Internet	<1%