

**ATROFIA CEREBRAL REVERSIBLE EN PACIENTES CON  
HIDROCEFALIA CON PRESIÓN NORMAL SOMETIDOS A  
CIRUGÍA DE DERIVACIÓN VENTRICULAR EN UNA  
INSTITUCIÓN DE BOGOTÁ.**

**AUTOR:**

**Francisco Andrés Segura Hernández**

**POSTGRADO DE NEUROCIRUGÍA**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE**

**BOGOTÁ D.C.**

**2019**

**ATROFIA CEREBRAL REVERSIBLE EN PACIENTES CON  
HIDROCEFALIA CON PRESIÓN NORMAL SOMETIDOS A  
CIRUGÍA DE DERIVACIÓN VENTRICULAR EN UNA  
INSTITUCIÓN DE BOGOTÁ.**

AUTOR:

**Francisco Andrés Segura Hernández**

ASESOR TEMÁTICO:

**Fernando Hakim Daccach**

ASESOR METODOLÓGICO:

**Erika Méndez**

ASESOR ESTADÍSTICO:

**Lina Gómez**

POSTGRADO DE NEUROCIRUGÍA

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

BOGOTÁ D.C.

2019

## PÁGINA DE IDENTIFICACIÓN

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE MEDICINA

TÍTULO: Atrofia cerebral reversible en pacientes con hidrocefalia con presión normal sometidos a cirugía de derivación ventricular en una institución de Bogotá.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Grupo de investigación en hidrocefalia con presión normal

INSTITUCIONES PARTICIPANTES: Centro de Cuidado Clínico de hidrocefalia con presión normal de la Fundación Santa fe de Bogotá.

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Francisco Andrés Segura Hernández

INVESTIGADORES ASOCIADOS: Fernando Hakim Daccach, Diego Fernando Gómez Amarillo, Juan Fernando Ramón.

ASESOR CLÍNICO: Fernando Hakim Daccach

ASESOR METODOLÓGICO: Erika Méndez

ASESOR ESTADÍSTICO: Lina Gómez

## PAGINA DE APROBACIÓN

## NOTA DE SALVEDAD DE RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

## PÁGINA DE AGRADECIMIENTO

*El presente trabajo es el fruto de un esfuerzo colectivo y arduo que espera aportar conocimiento nuevo, veraz y útil a la comunidad científica, continuando el legado y premisa de mis mentores, los doctores Gerardo Aristizábal y Jorge Humberto Aristizábal, quienes desde el inicio de mi formación como médico han influido como una fuente de inspiración para llegar a este punto de mi formación profesional. Así mismo, a cada uno de nuestros pacientes, quienes en búsqueda desesperada de algún alivio a su patología, nos sirven como instrumento de conocimiento, a todos, gracias infinitas.*

## HOJA DE DEDICATORIA

*Dedico éste trabajo al esfuerzo arduo de mis padres por dar su esfuerzo máximo, día a día, para permitirme llegar al punto de formación académica en el que me encuentro el día de hoy. Es un apoyo desinteresado, del que no esperan mayor recompensa que el bienestar ajeno, una muestra máxima de aprecio y amor por el prójimo. Así mismo, dedico este trabajo a mi esposa Carolina y a mi hija Silvana, quienes son el motor que me impulsan cada día, de manera incansable.*

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	14
LISTA DE ABREVIATURAS.....	16
INTRODUCCIÓN.....	17
MARCO TEÓRICO.....	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	29
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	31
JUSTIFICACIÓN.....	32
OBJETIVOS.....	33
PROPÓSITO.....	34

METODOLOGÍA.....	35
ANÁLISIS DE DATOS.....	39
ASPECTOS ÉTICOS.....	40
ORGANIGRAMA.....	41
CRONOGRAMA.....	42
PRESUPUESTO.....	44
RESULTADOS.....	46
DISCUSIÓN.....	50
CONCLUSIONES.....	52
REFERENCIAS.....	53

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Instrumento de recolección de datos.....	38
Tabla 2. Tabla de variables.....	39
Tabla 3. Cronograma de actividades.....	44
Tabla 4. Presupuesto para el desarrollo del proyecto.....	46
Tabla 5. Resultados de valores del volumen cerebral pre y postoperatorio.....	48
Tabla 6. Diferencia en el volumen de sustancia gris.....	49
Tabla 7. Diferencia en el volumen de sustancia blanca.....	50
Tabla 8. Diferencia en el volumen cerebral total.....	50

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama jerárquico del grupo de investigadores .....42

Figura 2. Distribución por Género.....48

## 1. RESUMEN

**Introducción:** La Hidrocefalia con Presión con Normal (HPN) es una patología con una incidencia y prevalencia que no es despreciable en la población adulta mayor. Su descripción clínica en 1965 por el neurocientífico colombiano, Salomón Hakim, ha hecho que sea mayor el número de pacientes diagnosticados y tratados por medio de un procedimiento quirúrgico derivativo del líquido cefalorraquídeo ventricular, lo que ha logrado cambiar significativamente su desenlace clínico y calidad de vida para paciente y familiares. El diagnóstico es clínico y consta de la siguiente tríada: deterioro cognitivo, alteración de la marcha e incontinencia urinaria, con una correlación radiológica dada por ventriculomegalia, en algunos casos con evidencia de disminución del espacio subaracnoideo, paso transependimario y disminución del ángulo del cuerpo calloso. Posterior al manejo quirúrgico es frecuente encontrar disminución del tamaño ventricular y del espacio subaracnoideo, sin embargo, se ha evidenciado también un aumento llamativo en el volumen del parénquima cerebral.

**Objetivo:** Establecer los cambios volumétricos cerebrales mediante estudio imagenológico de resonancia magnética cerebral en pacientes con diagnóstico de hidrocefalia con presión normal posterior al procedimiento derivativo de líquido cefalorraquídeo.

**Metodología:** Estudio de corte transversal tipo antes y después, donde se compararán los volúmenes cerebrales obtenidos con el sistema VolBrain de las imágenes de resonancia magnética de todos los pacientes llevados a procedimiento quirúrgico de derivación ventricular de líquido cefalorraquídeo en la Fundación Santa Fe de Bogotá entre abril del

año 2016 y enero del año 2019, que cuenten con estudio de Resonancia Magnética Cerebral pre y postoperatoria.

**Resultados:** Se incluyeron un total de 9 pacientes que cumplieron criterios diagnósticos para Hidrocefalia con presión normal, tratados quirúrgicamente bajo el protocolo del centro de cuidado clínico de la Fundación Santa fe de Bogotá, en donde se estudiaron en total 18 estudios imagenológicos de resonancia magnética cerebral, 9 estudios preoperatorios y 9 estudios postoperatorios los cuales se sometieron a estudio de volumetría por medio del Software VolBrain. La edad promedio fue de 82 años (78 – 89 años), de los cuales 6 paciente fueron hombres (66,6%), 3 fueron mujeres (33,3%). De acuerdo a los resultados obtenidos, en promedio hubo un aumento de 4,38% en el volumen de la sustancia blanca y 1,49% en el volumen de la sustancia gris, para un aumento global de 5,88% en el volumen total del parénquima cerebral.

**Conclusión:** Se ha observado que el aspecto atrófico visto en los estudios imagenológicos por resonancia magnética cerebral preoperatoria de nuestros pacientes sufrieron una reversión logrando un aumento en el volumen del parénquima cerebral, hallazgo al que hemos denominado Atrofia Cerebral Reversible.

**Palabras clave:**

- *Hidrocefalia, presión normal, derivación ventrículo-atrial, adulto mayor, atrofia cerebral.*

## 2. ABSTRACT

**Introduction:** Normal Pressure Hydrocephalus (NPH) is a pathology with an incidence and prevalence that is not negligible in the elderly population. Its clinical description in 1965 by the Colombian neuroscientist, Salomón Hakim, has increased the number of patients diagnosed and treated through a surgical procedure derived from the ventricular cerebrospinal fluid, which has significantly changed their clinical outcome and quality of life. For patient and family. The diagnosis is clinical and consists of the following triad: cognitive impairment, gait disturbance and urinary incontinence, with a radiological correlation given by ventriculomegaly, in some cases with evidence of decreased subarachnoid space, transependymal passage and decrease of the angle of the corpus callosum. After surgical management, it is common to find a decrease in ventricular size and subarachnoid space, however, there has also been a striking increase in the volume of the cerebral parenchyma.

**Objective:** Establish the cerebral volumetric changes in an imaging study of cerebral magnetic resonance in patients diagnosed with hydrocephalus with normal pressure after the cerebrospinal fluid derivative procedure.

**Methods:** Before and after cross-sectional study, where the brain volumes obtained with the VolBrain system of the magnetic resonance imaging of all patients taken to the surgical procedure of ventricular bypass of cerebrospinal fluid at the Santa Fe de Bogotá Foundation will be compared between April of the year 2016 and January of the year 2019, which have a pre and post-operative Brain Magnetic Resonance study.

**Results:** A total of 9 patients were included who met diagnostic criteria for Hydrocephalus with normal pressure, treated surgically under the protocol of the Santa Fe de Bogotá Foundation clinical care center, where a total of 18 brain magnetic resonance imaging studies were studied, 9 pre-operative studies and 9 post-operative studies which underwent volumetric study through the VolBrain Software. The average age was 82 years (78-89 years), of which 6 patients were men (66.6%), 3 were women (33.3%). According to the results obtained, on average there was an increase of 4.38% in the volume of the white substance and 1.49% in the volume of the gray substance, for an overall increase of 5.88% in the total volume of the cerebral parenchyma.

**Conclusion:** We have observed that the atrophic aspect seen in the preoperative cerebral magnetic resonance imaging of our patients suffered a reversal, achieving an increase in the volume of the cerebral parenchyma, a finding we have called Reversible Cerebral Atrophy.

**Keywords:**

- *Hydrocephalus, normal pressure, ventricle-atrial shunt, elderly, cerebral atrophy.*

### 3. LISTA DE ABREVIATURAS

**RMN:** Resonancia Magnética

**SNC:** Sistema Nervioso Central

**HPN:** Hidrocefalia con Presión Normal

**LCR:** Líquido Cefalorraquídeo

**POP:** Postoperatorio

#### 4. INTRODUCCIÓN

La hidrocefalia con presión normal (HPN) se define como la dilatación ventricular por acumulación de líquido cefalorraquídeo (LCR), esto resulta en una expansión anormal y alteración anatómica en el sistema ventricular, específicamente de los cuernos frontales. De acuerdo a esta fisiopatología se ha descrito una tríada de presentación clínica y diagnóstico que incluye: deterioro cognitivo, alteraciones en la marcha e incontinencia urinaria[1]. Esta enfermedad se presenta principalmente en individuos con promedio de edad de 70 años, haciendo que tenga un impacto importante sobre la calidad de vida de los pacientes.

Dado que las alteraciones de la reabsorción del líquido cefalorraquídeo son la causa fundamental de la HPN, la enfermedad se puede tratar con la implantación de diferentes tipos de dispositivos de drenaje de LCR externos[9].

Durante el seguimiento imagenológico de pacientes con diagnóstico de hidrocefalia con presión normal que fueron sometidos a un procedimiento derivativo, con frecuencia se encuentran cambios en el volumen de los ventrículos cerebrales y del espacio subaracnoideo; pero adicionalmente un aumento llamativo a nivel del volumen del parénquima cerebral, en gran parte de los casos asociado a una mejora clínica de sus funciones neurológicas, por lo que el presente estudio busca introducir el término Atrofia Cerebral Reversible (ACR) en aquellos casos en los que se logra cuantificar una diferencia de volumen del parénquima cerebral entre los estudios imagenológicos pre y postoperatorios mediante segmentación y volumetría digital.

## 5. MARCO TEÓRICO

El término hidrocefalia hace referencia al agrandamiento de los ventrículos cerebrales debido a la acumulación de líquido cefalorraquídeo, ésta a su vez suele ser debida a la obstrucción del flujo del líquido cefalorraquídeo en alguna parte de su trayecto, sin embargo en 1965, el neurocirujano Salomón Hakim, describe un cuadro clínico de hidrocefalia sintomática crónica en donde durante los estudios iniciales no mostraron elevación de la presión intracraneal, por lo que se denominó Hidrocefalia con Presión Normal. Así mismo notaron una importante mejoría de la sintomatología al realizar procedimientos derivativos del líquido cefalorraquídeo, incluso, en varios casos llegar a curar a estos pacientes [1]. Aunque suele ser idiopático, se han propuesto múltiples teorías acerca de su etiopatogenia, dentro de las cuales la que más cobra importancia es la alteración en la dinámica del líquido cefalorraquídeo, en donde los pacientes con el paso de los años presentan un mayor compromiso a nivel de la sístole cardíaca, lo que afecta de manera progresiva la perfusión cerebral y los patrones de pulsación en los plexos coroides, lo que produce un efecto en la producción y de la absorción del líquido cefalorraquídeo, así como en la diapédesis del mismo, lo que conlleva a presencia de edema trans - endimario. Otros factores involucran a la enfermedad vascular dado que hay una importante relación entre HPNi y enfermedades crónicas como la diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial, dislipidemia y obesidad [2].

Los estudios epidemiológicos de esta patología derivan de múltiples muestras poblacionales, en donde países como Noruega estiman una incidencia de 5,5 / 100.000 habitantes [3], en Suecia de 1,58 / 100.000 habitantes, en donde asocian hipertensión arterial y diabetes mellitus

como principales comorbilidades con un mayor riesgo de muerte [4]. La prevalencia de HPNi en un estudio poblacional en Suecia fue de 0,2% en paciente entre 70 y 79 años, de 5,9% en paciente de 80 años o mayores, así mismo estiman una prevalencia en Europa de 2´000.000 de habitantes y de 700.000 habitantes en Estados Unidos, aproximadamente [5]. En Noruega estimaron una prevalencia de 21,9 / 100.000 habitantes [3], mientras en Japón se estima en 10,2 / 100.000 habitantes, basados en el número de procedimientos derivativos realizados en el año 2012 a lo largo de todo el país, en donde adicionalmente muestran una significancia estadística en el deterioro de la marcha como síntoma inicial en hombres y deterioro cognitivo en mujeres [6].

Clásicamente se describe “la tríada de Hakim” para hidrocefalia con presión normal, caracterizada por: alteración de la marcha, deterioro cognitivo e incontinencia urinaria [7]. Las manifestaciones clínicas usualmente son progresivas y simétricas, por lo tanto la presencia de un signo de focalización y localizador debe hacer sospechar otra patología [8]. Se ha descrito un patrón de marcha reducida en velocidad, con una menor longitud de la zancada, con reducción en el espacio entre el pie y el piso durante la fase de balanceo de la marcha, así como aumento del polígono de sustentación, lo que se describe clásicamente en paciente con enfermedad de Parkinson como marcha magnética, también se denomina apraxia de la marcha o ataxia frontal. No obstante, los movimientos asociados a la marcha, como la oscilación del brazo, no se ven alterados. Además de estas alteraciones los pacientes presentan un giro en compás, descrito como un giro sobre un solo eje donde sólo uno de los pies es levantado del piso [9][10].

El deterioro cognitivo, segundo elemento de la tríada de la hidrocefalia con presión normal, tiene características tanto subcorticales como frontales que se manifiestan con desaceleración psicomotora, disfunción viso espacial, inatención, disminución de la concentración, apatía y

comportamientos agresivos. Los pacientes pueden considerarse deprimidos, sin embargo, carecen de pensamientos de depresión como ideas suicidas y anhedonia. Estas alteraciones cognitivas pueden ser identificadas tempranamente mediante pruebas neuropsicológicas como el Mini Mental que explora las funciones cognitivas del paciente [11]-[12].

Por otro lado, la incontinencia urinaria ocurre en 45 – 90% de los pacientes con esta patología y es el resultado de una sobreactividad del músculo detrusor de la vejiga debido a una inhibición central reducida o ausente. En etapas tempranas de la enfermedad existe urgencia urinaria que puede ser más marcada cuando el paciente empieza a presentar alteraciones de la marcha cada vez más prominentes, ya que el paciente es incapaz de llegar al sitio de micción. En etapas tardías la incontinencia se acompaña de falta de preocupación, debido al posible deterioro del lóbulo frontal [13]-[14].

El estudio imagenológico de elección es la resonancia magnética cerebral dado que muestra con mayor detalle la dinámica que tiene el líquido con el tejido cerebral, considerando la secuencia FLAIR la más sensible y adecuada [15]. La valoración del agrandamiento ventricular se realiza mediante la obtención de la distancia que hay entre las dos eminencias parietales en un corte axial, el cual se considera el diámetro mayor del cráneo, y el punto más amplio de las paredes laterales de los cuernos frontales de los ventrículos cerebrales, lo que arroja un cociente denominado el Índice de Evans en donde un valor mayor a 0,3 se considera sugestivo de ventriculomegalia, así mismo la medición de la angulación que tiene el cuerpo calloso en un plano coronal a nivel de la comisura posterior, el cual se considera normal entre 100 – 120 grados, su resultado se considera positivo cuando se encuentra entre 50 – 80 grados [16].

El mayor desafío diagnóstico es diferenciar la HPN de la atrofia cerebral y la isquemia de la sustancia blanca profunda, ambas causas mucho más comunes de la tríada clínica que la

HPN. Aunque a menudo coinciden la hidrocefalia con presión normal y los cambios isquémicos cerebrales, la principal pregunta del médico para el neurorradiólogo es si el agrandamiento ventricular observado está en consonancia con el grado de agrandamiento de los surcos corticales, es decir, hidrocefalia ex vacuo por atrofia cerebral o hidrocefalia comunicante[17]. En casos típicos de NPH, los ventrículos están desproporcionadamente más dilatados que los surcos corticales, que son angostos u obliterados en la convexidad alta y línea media, con estrechamiento local del espacio subaracnoideo que rodea la superficie externa del cerebro, como se puede ver en una sección coronal de IRM a nivel de la comisura posterior. En este contexto, la presencia de ventrículos agrandados asociados con grandes cisternas basales y fisuras de Silvio focalmente dilatadas, no debe malinterpretarse como atrofia cerebral. Por el contrario, estos hallazgos tienden a apoyar en lugar de excluir el diagnóstico de NPH con respuesta en derivación[18]. Por lo tanto es de vital importancia diferenciar entre hidrocefalia con presión normal y otras causas de demencia, tales como: Enfermedad de Alzheimer, Enfermedad de Parkinson y enfermedad de Binswanger, demencias vasculares o simplemente cambios propios de la edad, en donde el curso clínico y hallazgos en el examen neurológico suelen ser similares. La evaluación imagenológica por medio de resonancia magnética es mandatoria en estos pacientes, sin embargo, se han descrito características comunes entre estos diagnósticos. La alteración a nivel del espacio subaracnoideo en relación a la acumulación de líquido cefalorraquídeo intraventricular suele tener unas características especiales en los pacientes con hidrocefalia con presión normal, a diferencia de los otros. En 1998, Kitagaki encontró que en pacientes con hidrocefalia con presión normal presentaban adicional a la ventriculomegalia como hallazgo común en pacientes con enfermedad demencial, presentaban disminución del espacio subaracnoideo a nivel de la convexidad superior y medial, sin embargo con aumento a nivel de la cisura de

Silvio, en comparación con paciente con enfermedad de Alzheimer, sin diferencias considerables a nivel de las cisternas de la base [19]. Estos hallazgos soportados posteriormente, quien adicionalmente sugiere la presencia de ventriculomegalia en asociación a disminución del espacio subaracnoideo a nivel de la convejidad alta, sugieren presencia de hidrocefalia con presión normal idiopática con una sensibilidad del 89%, especificidad del 100% [20]. Sin embargo, es importante definir si el cambio a nivel de las funciones clínicas, corresponden a cambios presentes a nivel del espacio subaracnoideo, o a nivel de la sustancia blanca, o gris o a nivel del volumen del parénquima cerebral en general. Las guías de la Academia Americana de Neurología establecen como factores predictores de una adecuada respuesta al tratamiento quirúrgico, tener una evolución clínica favorable a los procedimientos iniciales evacuadores de líquido cefalorraquídeo, ya sea un catéter espinal o punciones lumbares evacuadoras seriadas, así como una alteración de la reactividad del flujo sanguíneo cerebral en SPECT posterior a la administración de acetazolamida. La cirugía provee una mejoría subjetiva de los síntomas en 96% de los casos, con optimización objetiva en las pruebas de marcha en 83% de los pacientes, sin embargo, el procedimiento de forma global implica un elevado riesgo de complicaciones, incluso muerte, lo cual debe ser advertido a paciente y familiares previamente [22].

La prueba diagnóstica con mejores resultados es la punción lumbar, ésta prueba es simple y se puede realizar como un procedimiento en el consultorio. Se basa en drenar 30 a 50 ml de líquido cefalorraquídeo con la documentación de la función de la marcha del paciente previa y dentro de los 30 a 60 minutos después del procedimiento. Los parámetros comunes medidos antes y después de la eliminación de CSF incluyen medidas de la velocidad de la marcha, la longitud de la zancada y la cantidad de pasos necesarios para girar 180 o 360 grados[23]. Adicionalmente se puede obtener retroalimentación del paciente y los familiares con respecto

a cualquier mejoría después del procedimiento. La mejoría documentada en una o más de éstas medidas después del procedimiento sugiere que el paciente tendrá un mejor resultado después de la colocación de una derivación ventriculoperitoneal o ventriculoatrial[24], [25]. Los procedimientos derivativos de líquido cefalorraquídeo en sus diferentes modalidades, constituyen una de las principales intervenciones en neurocirugía. Este procedimiento quirúrgico está indicado en pacientes que responden al drenaje de LCR o que tienen variables hidrodinámicas de LCR compatibles con HPN. El objetivo de tratamiento con la derivación es mejorar los síntomas del paciente, devolverle calidad de vida [26]. Se ha establecido que válvulas de derivación con presión programable, ofrecen la ventaja de poder reducir gradualmente la presión y configurarla hasta la mejoría de los síntomas o elevar la presión si aparecen síntomas o complicaciones de baja presión[27]–[30]. Sin embargo, a pesar de los ajustes desarrollados en los dispositivos de derivación y en las técnicas de inserción, las complicaciones a corto y largo plazo son usuales en la práctica clínica, entre las cuales se destacan clásicamente la infección, obstrucción mecánica, drenaje excesivo, perforación visceral y migración del catéter [31].

En la actualidad, la derivación ventriculoperitoneal es la más usada en pacientes con hidrocefalia, a pesar de esto, los datos estadísticos globales acerca de sus complicaciones aún no han sido ampliamente establecidos; no obstante, algunos reportes indican tasas de complicaciones hasta del 33%, la mayoría de éstas relacionadas con infección o requerimiento de revisión del dispositivo, especialmente durante el primer año, situación que se presenta de forma más frecuente en pacientes jóvenes [32]. Se considera que menos de la mitad de los pacientes tendrán un sistema de derivación ventriculoperitoneal funcionando en un seguimiento a 4 años, por lo que a largo plazo van a requerir de 2 a 3 revisiones del sistema con las complicaciones que cada acto quirúrgico conlleva. Las principales causas de

disfunción del sistema de derivación podrían agruparse en: fallas de tipo mecánico, funcional e infeccioso [33].

En el primer grupo es usual encontrar obstrucción, desconexión, fracturas a nivel del catéter lo que condiciona migración del mismo incluso a vísceras adyacentes, con la consecuente aparición de inflamación y adherencias en la cavidad abdominal. Así mismo, a pesar de la integridad estructural del sistema, las complicaciones pueden ser secundarias a alteraciones funcionales por drenaje de Líquido Cefalorraquídeo excesivo o por el contrario, insuficiente. Finalmente, las infecciones asociadas a la derivación ventriculoperitoneal son frecuentes y se relacionan con gérmenes que hacen parte de la microbiota de la piel [33].

Es importante resaltar que algunos factores no modificables, como la edad, se relacionan con mayor incidencia de revisiones del sistema de derivación ventriculoperitoneal por disfunción en el mismo, ya que los pacientes pediátricos presentan tasas de reintervención más altas a las de la población general; la etiología de la hidrocefalia, como las secundarias a hemorragia intracerebral con drenaje al sistema ventricular, aumenta la probabilidad de revisión del sistema de derivación; finalmente el tipo de hidrocefalia, en donde las obstructivas son las que mayor incidencia de revisión presentan, a diferencia de la hidrocefalia con presión normal, que se encuentra en último lugar [34].

En hidrocefalia con presión normal, se ha encontrado una estrecha relación entre los síntomas preoperatorios con las tasas de revisión del sistema de derivación, en donde el grado de deterioro cognitivo, la inestabilidad para la marcha y la incontinencia urinaria, determinan de forma proporcional, la aparición de complicaciones, frecuentemente en los primeros 6 meses, e incluso el número de revisiones. Es importante destacar otras complicaciones como catéteres mal posicionados, presencia de hemorragia intraventricular, drenaje excesivo de

líquido cefalorraquídeo que condiciona la aparición de hematomas subdurales o higromas, entre otros [35].

Otra de las técnicas utilizadas para el manejo de la hidrocefalia es la derivación ventriculoatrial, que permite el drenaje de líquido cefalorraquídeo a la circulación sistémica conectando el sistema ventricular cerebral de forma directa, por lo que complicaciones inusuales como sepsis o eventos tromboembólicos son graves. No obstante, lo más frecuente son las complicaciones infecciosas de tipo bacteriano, con aislamiento de *Staphylococcus epidermidis* en más del 50% de los casos, con una morbimortalidad entre el 30% y 40%. Las principales causas de revisión del sistema ventriculoatrial se relacionan con luxación del catéter, obstrucción, disfunción, sobredrenaje [36].

En derivación ventriculoatrial son más frecuentes los hematomas subdurales por drenaje excesivo de líquido cefalorraquídeo y la presencia de infecciones con repercusión sistémica como la endocarditis con su consecuente aparición de complicaciones cardiopulmonares especialmente en población pediátrica; sin embargo, en pacientes con hidrocefalia con presión normal la incidencia de complicaciones cardiopulmonares y renales es menor respecto a otros tipos de hidrocefalia, aún así las dificultades en la técnica de inserción de los catéteres ventriculoatriales durante las que también se pueden presentar complicaciones intraoperatorias, han hecho que la derivación ventriculoperitoneal sea el tipo de derivación más frecuentemente realizada [37].

La técnica de derivación ventrículo -atrial surge como una necesidad de utilizar otras vías de acceso en pacientes en donde el peritoneo se descarta por otras causas como infecciones, neoplasias o ascitis idiopática recurrente, entre otras. Clásicamente la inserción de un catéter al atrio cardíaco incluye la disección muscular y venosa a nivel de cervical anterior, sin embargo, técnicas menos invasivas han sido descritas. En 1981, Ashker – Fox describen por

primera vez una técnica percutánea de punción a nivel de la yugular interna derecha bajo parámetros anatómicos, con punción directa con aguja para introducir el catéter distal dentro de la aurícula derecha y así lograr una comunicación entre el sistema ventricular y la circulación sistémica, con posterior comprobación de la ubicación del posicionamiento del catéter bajo rayos X [38]. Esta técnica fue descrita con resultados favorables y con algunas modificaciones, como en 1984, Huppert y colaboradores, mencionan la preservación de la vena yugular interna utilizando la vena subclavia, pero el procedimiento en esencia fue el mismo [39]. En 1986, Carol y colaboradores reportan la primera serie de casos, cuatro años de experiencia y 39 pacientes tratados, utilizando como accesos vasculares tanto la vena yugular interna, así como la vena subclavia, con un tiempo promedio entre 35 y 40 minutos, con una baja tasa de complicaciones tanto intraoperatorias como en el seguimiento [40]. Koch – Jensen y colaboradores, en Dinamarca, utilizan por primera vez una vaina vascular usada ampliamente en procedimientos electrofisiológicos denominada ‘‘Peel away’’, la cual brinda una cómoda introducción del catéter distal al atrio cardíaco derecho a través de la vena yugular interna con una mínima manipulación [41]. En 1995, Decq y colaboradores, hacen una modificación en la técnica en donde evitan la colocación del conector que une el catéter proximal, proveniente del ventrículo cerebral y el distal, dirigido a la aurícula derecha, evitando así el riesgo teórico de desconexión del sistema; adicionalmente reportan 22 casos en los que la técnica fue aplicada encontrando una notoria reducción en el tiempo quirúrgico, el cual fue de 31 minutos en promedio, con reporte de 2 complicaciones menores relacionadas con punción inicial de la arteria carótida interna, lo cual no afectó la ejecución del procedimiento. En el seguimiento a un año todos los pacientes habían mejorado su condición clínica [42]. En 2006, Slowinski y colaboradores reportan 169 pacientes, entre 14 y 80 años, intervenidos entre 1990 y 2003, con un seguimiento a 64 meses, en donde casi la totalidad

de los catéteres fueron introducidos por la vena yugular interna, encontrando un tiempo quirúrgico promedio de 40 minutos. Dentro de las complicaciones intraoperatorias reportan: punción de la arteria carótida en 5%, neumotórax en 3,3%. En el seguimiento, las principales complicaciones tempranas, dentro de los primeros 6 meses reportan: infección de la herida quirúrgica en la región cervical en 3,3%, desplazamiento del catéter distal en 5%, desconexión entre catéter proximal y distal en 1,7%, desplazamiento del catéter proximal en 1,7%. Las complicaciones tardías fueron: infección del catéter distal en 3,3%, oclusión del catéter cardíaco en 6,7% y desconexión del sistema en 1,7% [43]. En 2007, Ellegaard y colaboradores hacen la primera descripción de la técnica guiada por ultrasonido en 26 pacientes, en donde no se registró ninguna complicación relacionada con punción de la arteria carótida o neumotórax. Adicionalmente reportan una pérdida sanguínea menor de 10 ml en el 77% de los procedimientos, con un tiempo quirúrgico promedio de 59 minutos. Se documenta una tasa de infección del 7,6% [44]. Todos estos cambios han llevado al perfeccionamiento de la técnica en donde la habilidad del neurocirujano y su relación con el ultrasonógrafo, hacen de éste un procedimiento seguro, con notoria disminución del tiempo operatorio, así como del sangrado intra operatorio y de las complicaciones perioperatorias, sumado a que es una técnica altamente precisa, como lo muestran Metellus y colaboradores en 2009, en donde la posición del catéter distal fue verificado con radiografía de tórax, encontrando un adecuado posicionamiento en todos los casos [45]. Todo esto constituye hoy en día el perfeccionamiento de una técnica quirúrgica, que inicialmente es altamente mórbida, en un procedimiento fácilmente ejecutable dada la accesibilidad a cada instrumento requerido para ejecutarla a expensas de una disminución del tiempo quirúrgico, sangrado intraoperatorio y complicaciones a un corto y largo plazo. Al comparar ambas técnicas quirúrgicas se ha demostrado que ambas tienen una alta tasa de

complicaciones, siendo de hasta 36% para las ventrículo-atrial y 42,5% para las ventrículo-peritoneal, de las cuales presentan al menos una complicación postoperatoria. Las tasas de infección de forma global ocurrieron en 2%, complicaciones renales en 1,3%, sin embargo con una notable diferencia con las válvulas ventrículo-atriales, siendo significativamente menor la tasa de incidencia de obstrucción del catéter y requerimiento de una cirugía de revisión [46].

## 6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Hidrocefalia con presión normal (HPN), es una enfermedad caracterizada por la acumulación de líquido cefalorraquídeo dentro del sistema ventricular cerebral. Ésta fue descrita en 1965 por el Dr. Salomón Hakim y su etiología se atribuye a obstrucción del flujo de líquido cefalorraquídeo dentro del sistema ventricular cerebral o la alteración en su absorción [1, 2]. Se ha estimado una incidencia entre 1,58 y 5,5 / 100.000 habitantes; y una prevalencia entre 10,2 y 21,9 / 100.000 habitantes, basados en estudios epidemiológicos de países nórdicos [3, 4, 5, 6]. Ésta enfermedad produce un cuadro clínico caracterizado por deterioro cognitivo, alteración en la marcha e incontinencia urinaria asociado al hallazgo imagenológico de ventriculomegalia [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16]. Como parte de la fase diagnóstica se deben ejecutar diversas pruebas de evaluación neuropsicológica y función motora de forma comparativa, previo y posterior a un procedimiento evacuatorio de líquido cefalorraquídeo temporal por medio de punción lumbar, lo cual permite establecer de manera objetiva los cambios en el desempeño de dichas pruebas [22, 23]. Los pacientes que muestran una adecuada respuesta clínica, con mejoría de su cuadro clínico, son los candidatos para la realización de un procedimiento derivativo definitivo [24, 25]. Ésta enfermedad resulta altamente incapacitante y confiere una alta carga económica, física y emocional al círculo familiar por lo que resulta de gran importancia realizar un diagnóstico y tratamiento oportuno [25, 26]. Durante el seguimiento ambulatorio es frecuente evidenciar cambios a nivel del tamaño ventricular posterior a cirugía, sin embargo, se aprecia un patrón imagenológico sugestivo de aumento de volumen del parénquima cerebral, hallazgo que no ha sido claramente establecido en la literatura. Estudios han establecido los cambios a nivel del

espacio subaracnoideo en las convexidades craneales apicales y los valles Silvianos, presentando disminución posterior al procedimiento derivativo [19, 20], no obstante, se plantea que la mejoría en el desempeño de las diversas pruebas está en relación al aumento a nivel del tejido cerebral y no a cambios relacionados con el volumen del espacio subaracnoideo.

## 7. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

*¿Puede ser reversible la atrofia cerebral causada por la hidrocefalia con presión normal posterior a un procedimiento quirúrgico de derivación ventricular de líquido cefalorraquídeo en pacientes tratados en la Fundación Santa Fe de Bogotá?*

## 8. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio busca describir un fenómeno radiológico que representa los cambios morfológicos que presenta el parénquima cerebral en pacientes con diagnóstico de Hidrocefalia con Presión Normal que fueron llevados a procedimiento derivativo de líquido cefalorraquídeo en el Centro de Atención Clínica de Hidrocefalia con Presión Normal de la Fundación Santa Fe de Bogotá, lo cual permite ampliar el entendimiento de esta patología y los cambios que se producen una vez se decide hacer una intervención.

Este conocimiento es el paso inicial para describir la etiopatogenia del cambio favorable que tienen los pacientes sometidos a procedimiento derivativo del líquido cefalorraquídeo (LCR) dado que esta es una patología frecuente en la población adulta mayor.

En la actualidad hay un gran vacío respecto al entendimiento de los diversos grados de mejoría clínica de las funciones neurológicas en este grupo de pacientes que son sometidos a una intervención quirúrgica, es posible que el grado de diferencia entre los volúmenes de los componentes intracraneanos pueda predecir dicho parámetro, lo cual se comprobaría con estudios subyacentes.

La introducción del termino Atrofia Cerebral Reversible (ACR), es el que mejor describe este fenómeno morfológico, evidenciado en las imágenes diagnósticas realizadas de manera rutinaria en pacientes que padecen ésta patología.

## 9. OBJETIVOS

### *Objetivo general:*

- Cuantificar los cambios volumétricos cerebrales mediante estudio imagenológico de resonancia magnética cerebral en pacientes con diagnóstico de hidrocefalia con presión normal posterior a un procedimiento derivativo de líquido cefalorraquídeo atendidos en la FSFB entre 2016 y 2020.

### *Objetivos específicos:*

- Describir las características demográficas de los pacientes con HPN atendidos en la FSFB entre Abril de 2016 y Enero de 2019.
- Evaluar el cambio de volumen cerebral, en estudios de imagen cerebral por resonancia pre y postoperatoria de los pacientes con HPN, discriminado por sustancia gris, sustancia blanca y líquido cefalorraquídeo.

## 10. PROPÓSITO

El presente trabajo tiene como propósito introducir el término Atrofia Cerebral Reversible (ACR) dentro del conocimiento neurocientífico, como aquel fenómeno que describe el aumento del volumen del parénquima cerebral posterior a un procedimiento derivativo ventricular de líquido cefalorraquídeo en pacientes con diagnóstico de Hidrocefalia con Presión Normal (HPN), así mismo establecer un nuevo conocimiento que sirva como base a análisis subsecuentes que permitan asociar el grado de reversión de la Atrofia Cerebral Reversible con la mejora de las funciones neurológicas.

## 11. METODOLOGÍA

- Tipo de Estudio:

Se trata de un estudio de corte transversal tipo antes y después. Se tomará la información del volumen cerebral de la RMN de los pacientes, sin embargo, es importante aclarar que, estos estudios de RMN pre y postoperatorios se toman de manera rutinaria en éstos pacientes de acuerdo al protocolo establecido en la Clínica de HPN de la FSFB y no son ocasionados por el proceso de investigación.

- Población de referencia:

Se incluirán pacientes de cualquier edad, con diagnóstico clínico e imagenológico de Hidrocefalia con Presión Normal, llevados a procedimiento quirúrgico de derivación ventricular de líquido cefalorraquídeo en la Fundación Santa Fe de Bogotá entre abril de 2016 y enero de 2020, que cuenten con estudio de Resonancia Magnética Cerebral pre y postoperatoria.

- Criterios de inclusión y exclusión

Inclusión: Se incluirán todos los pacientes con diagnóstico confirmado de hidrocefalia con presión normal tratados con derivación de líquido cefalorraquídeo con válvula programable que tengan imagen de RMN cerebral previa a la derivación y posterior al procedimiento (Entre 6 a 12 meses POP).

Exclusión: Pacientes que tengan RMN cerebrales con inadecuada calidad y que por lo tanto no se pueda realizar la medición con el sistema VolBrain adecuadamente. También serán

excluidos pacientes que hayan tenido complicaciones postoperatorias (infección, retiro de válvula, disfunción del sistema, colecciones subdurales con drenaje quirúrgico).

- Cálculo del tamaño de la muestra

Se incluirán en este estudio la totalidad de pacientes atendidos en el centro de cuidado clínico de Hidrocefalia con Presión Normal durante el periodo 2016-2018 que cumplan con los criterios de inclusión y que no presenten criterios de exclusión. No se tomará una muestra de pacientes sino el universo de pacientes atendidos.

- Técnicas y construcción de los instrumentos:

Se analizarán los estudios imagenológicos de Resonancia Magnética Cerebral pre y postoperatoria de los pacientes que cumplen todos los criterios de inclusión, por medio del software VolBrain, programa desarrollado por Jose V. Majon de la Universidad Politécnica de Valencia y Pierrick Coupé de la Universidad de Bordeaux. Éste es un programa de análisis y visualización estructural y funcional en neuroimagen utilizado ampliamente en estudios de segmentación estructural cerebral en neurorradiología. VolBrain es un software de análisis automático de datos de resonancia magnética cerebral previamente anonimizada, en un formato NIFTI del cual surge un informe en pdf con los volúmenes de los tejidos de la cavidad intracraneana, específicamente, sustancia gris, sustancia blanca y líquido cefalorraquídeo. También ofrece información de algunas estructuras macroscópicas como lo son los hemisferios cerebrales, cerebelo y el tallo cerebral. Finalmente se hace una segmentación subcortical automática con los volúmenes y mapas de etiquetas provistos. El tiempo promedio de procesamiento del estudio de aproximadamente de 12 minutos. El listado de instituciones que actualmente utilizan

VolBrain puede ser consultado en este link: <https://volbrain.upv.es/users.php>. El listado de publicaciones en donde se utilizó VolBrain puede ser consultado en este link: <https://scholar.google.es/scholar?oi=bibs&hl=en&cites=4072293885875660001>.

- Instrumento de recolección de datos:

Es el instrumento de recolección de datos utilizado en el presente trabajo.

#	Nombre	Sexo	Edad	Valor Sustancia Gris						Valor Sustancia Blanca						Valor SG + SB Total					
				Volumen (cc)			Porcentaje (%)			Volumen (cc)			Porcentaje (%)			Volumen (cc)			Porcentaje (%)		
				Pre-Qx	Post-Qx	Diferencia	Pre-Qx	Post-Qx	Diferencia	Pre-Qx	Post-Qx	Diferencia	Pre-Qx	Post-Qx	Diferencia	Pre-Qx	Post-Qx	Diferencia	Pre-Qx	Post-Qx	Diferencia
1	PTE 1																				

Tabla 1. Instrumento de recolección de datos

<i>Nombre de la variable</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Naturaleza y nivel de medición</i>	<i>Codificación</i>	Valor normal
Edad	Edad del paciente en años cumplidos, al momento del diagnóstico	Cuantitativa discreta	Abierta (Valor numérico)	N/A
Sexo	Sexo del paciente	Cualitativa nominal dicotómica	0. Femenino	N/A
			1. Masculino	N/A
Vol sust gris pre	Volumen de la sustancia gris cerebral en la RMN antes de DVA	Cuantitativa continua de razón	Abierta (Valor numérico)	N/A
Vol sust gris post	Volumen de la sustancia gris cerebral en la	Cuantitativa continua de razón	Abierta (Valor numérico)	N/A

	RMN posterior a la DVA			
Vol sust blanca pre	Volumen de la sustancia gris cerebral en la RMN antes de DVA	Cuantitativa continua de razón	Abierta (Valor numérico)	N/A
Vol sust blanca post	Volumen de la sustancia gris cerebral en la RMN posterior a la DVA	Cuantitativa continua de razón	Abierta (Valor numérico)	N/A
Vol total pre	Volumen de la sustancia gris cerebral en la RMN antes de DVA	Cuantitativa continua de razón	Abierta (Valor numérico)	N/A
Vol total post	Volumen de la sustancia gris cerebral en la RMN posterior a la DVA	Cuantitativa continua de razón	Abierta (Valor numérico)	N/A

Tabla 2. Tabla de variables

- Variables:

Las variables de la investigación son: fecha del procedimiento, fecha de resonancia magnética cerebral pre y postoperatoria, volumen del parénquima cerebral pre y postoperatorio, volumen del líquido cefalorraquídeo (incluyendo ventrículos cerebrales, espacio subaracnoideo y cisternas) pre y postoperatorio, diferencia porcentual y de valor numérico absoluto en cada parámetro.

## 12. ANÁLISIS DE DATOS

*El análisis estadístico se realizará en STATA® versión 14. Para la descripción de las características se hará un análisis univariado. Las variables cualitativas se determinarán con frecuencias absolutas y relativas, y las variables cuantitativas mediante medidas de tendencia central y dispersión, siendo media y desviación estándar para las de distribución normal y mediana y rango intercuartílico para las de distribución no normal. Las variables cuantitativas se evaluarán para normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk bajo un nivel de significancia del 5% ( $p < 0.05$ ).*

*Si la totalidad de pacientes analizados durante el período de 2016 a 2019 es suficiente para realizar una comparación formal se empleará pruebas comparativas para variables dependientes, utilizando prueba paramétrica o no paramétrica dependiendo de la distribución de las variables a analizar. Se tomará como diferencia estadísticamente significativa un valor de  $p$  menor o igual a 0.05.*

### 13. ASPECTOS ÉTICOS

Se garantizarán los aspectos éticos de la investigación, siguiendo los principios básicos de autonomía, no maleficencia, beneficencia y justicia. Se seguirán las normas científicas y técnicas dictadas en la resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, donde se identifica el estudio como una investigación de *riesgo mínimo*, ya que es un estudio descriptivo retrospectivo en el que se emplearán estudios radiológicos y con procedimientos quirúrgicos que le fueron realizados en el pasado a pacientes del Centro de Atención Clínica de Hidrocefalia con Presión Normal. La identidad de los pacientes expuesta en los estudios imagenológicos se mantendrá oculta por medio de un proceso digital de anonimización. Los datos recogidos y las conclusiones producto del análisis de los resultados obtenidos se almacenarán de forma segura de acuerdo a la declaración de Helsinki respecto al acceso a la información de los pacientes, confidencialidad e información anónima, integridad de la información, documentación, administración y políticas.

El investigador principal se encuentra vinculado a la Fundación Santa Fe de Bogotá como Estudiante Institucional de Post-grado, los investigadores secundarios mantienen una relación contractual con el Hospital Universitario Fundación Santa Fe De Bogotá. No existe conflicto de interés para los investigadores con relación a los resultados del estudio.

Este protocolo será presentado ante el Comité Corporativo de Ética en Investigación del Hospital Universitario Fundación santa Fe de Bogotá, y se llevará a cabo sólo al ser aprobado por el mismo.

## 14. ORGANIGRAMA



Figura 1. Organigrama jerárquico del grupo de investigadores

### 15. CRONOGRAMA

No.	Actividad	Encargado	Período 2019					
			Ene/Feb	Mar/Abr	May/Jun	Jul/Ago	Sep/Oct	Nov/Dic
1.	Elaboración de Protocolo	Dr. Segura						
2.	Elaboración de Instrumento	Dr. Segura						
3.	Presentación ante Comité de Investig.	Drs. Hakim, Segura						
4.	Presentación ante Comité de Ética	Drs. Hakim, Segura						
5.	Recolección de Datos	Dr. Segura						
6.	Análisis de Datos	Dr. Segura						
7.	Sustentación de Tesis en Universidad	Dr. Segura						
8.	Publicación	Dr. Segura						

No.	Actividad	Encargado	Período 2020					
			Ene/Feb	Mar/Abr	May/Jun	Jul/Ago	Sep/Oct	Nov/Dic
1.	Elaboración de Protocolo	Dr. Segura						
2.	Elaboración de Instrumento	Dr. Segura						
3.	Presentación ante Comité de Investig.	Drs. Hakim, Segura						
4.	Presentación ante Comité de Ética	Drs. Hakim, Segura						

5.	Recolección de Datos	Dr. Segura						
6.	Análisis de Datos	Dr. Segura						
7.	Sustentación de Tesis en Universidad	Dr. Segura						
8.	Publicación	Dr. Segura						

Tabla 3. Cronograma de actividades

## 16. PRESUPUESTO

<i>Rubros</i>	<i>Características</i>	<i>Número de horas</i>	<i>Valor económico</i>
<b>PERSONAL</b>			
Investigador Principal	Realización de protocolo, recolección de datos e ingreso a base virtual, análisis de resultados y conclusiones.	7 horas por semana	\$ 10'000.000
Co-investigadores	Realización de protocolo, recolección de datos e ingreso a base virtual, análisis de resultados y conclusiones.	7 horas por semana	\$ 10'000.000
Bioestadístico	Asesoría en desarrollo metodológico, planteamiento estadístico y análisis de datos.	4 horas por semana	\$ 5'000.000
Total financiación de personal			\$ 25'000.000
<b>MATERIALES</b>			
Software y equipos	Computador portátil para registro de base de datos en Excel		\$ 250.000
Impresión y papelería	Impresión del trabajo escrito en conjunto con gastos de presentación (carpeta empastada, ganchos, sobres)		\$300.000
Unidad de almacenamiento	CD para asegurar el trabajo final en medio de almacenamiento físico.		\$ 5.000
Total financiación de materiales			\$ 555.000
<b>TRANSPORTE</b>			
Desplazamientos	Medio de transporte para trayecto a institución en la que se recolectarán los datos		\$ 200.000
Total financiación de transporte			\$ 200.000
<b>PUBLICACIÓN</b>			

Derechos de publicación	Pago derechos de publicación solicitados por revista seleccionada	\$ 2'000.000
Total financiación de publicación		\$ 2'000.000
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>\$ 27'755.000</b>

Tabla 4. Presupuesto para el desarrollo del proyecto

## 17. RESULTADOS

Se incluyeron un total de 9 pacientes que cumplieron criterios diagnósticos para Hidrocefalia con presión normal, tratados quirúrgicamente bajo el protocolo del centro de cuidado clínico de la Fundación Santa fe de Bogotá en un periodo de tiempo comprendido entre Abril del año 2016 y Enero de 2019, en donde se analizaron en total 18 estudios imagenológicos de resonancia magnética cerebral, 9 estudios preoperatorios y 9 estudios postoperatorios, los cuales se sometieron a estudio de volumetría por medio del Software VolBrain. La edad promedio fue de 82 años (78 – 89 años) DS 3.6 años, de los cuales 6 pacientes fueron hombres (66,6%) y 3 mujeres (33,3%) (Figura 1). De acuerdo a los resultados obtenidos, en promedio hubo un aumento de 58,2 cc, equivalente al 4,38% en el volumen de la sustancia blanca y de 21,7 cc, equivalente a 1,49% en el volumen de la sustancia gris, lo que conlleva a un aumento de 82,1 cc, que equivales a un aumento de 5,88% en el volumen total del parénquima cerebral.

Pte	Est.	SUSTANCIA BLANCA		SUSTANCIA GRIS		VOLUMEN TOTAL	
		V. abs	%	V. abs	%	V. abs	%
1	PRE	407,04	26,92	536,29	35,47	943,33	62,39
	POST	416,04	27,28	618,47	40,56	1034,5	67,84
	Variabilidad	9	0,36	82,18	5,09	91,17	5,45
2	PRE	329,87	21,88	713,61	47,34	1043,47	69,22
	POST	373,2	25,49	672,24	45,93	1045,54	71,42
	Variabilidad	43,33	3,61	-41,37	-1,41	2,07	2,2
3	PRE	246,25	18,39	519,49	38,81	765,74	57,2
	POST	687,74	53,46	339,43	26,38	1027,17	79,84
	Variabilidad	441,49	35,07	-180,06	-12,43	261,43	22,64
4	PRE	325,46	23,61	486,95	35,33	812,41	58,94
	POST	239,11	17,04	627,03	44,69	886,14	61,73

	Variabilidad	-86,35	-6,57	140,08	9,36	73,73	2,79
5	PRE	358,45	25,47	554,51	39,41	912,96	64,88
	POST	301,88	22,32	552,52	40,85	854,4	63,17
	Variabilidad	-56,57	-3,15	-1,99	1,44	-58,56	-1,71
6	PRE	431,93	28,02	536,79	34,82	968,72	62,85
	POST	395,42	25,77	571,17	37,22	966,59	62,99
	Variabilidad	-36,51	-2,25	34,38	2,4	-2,13	0,14
7	PRE	399,89	28,68	546,24	39,17	946,13	67,85
	POST	391,25	29,27	558,26	41,76	949,5	71,03
	Variabilidad	-8,64	0,59	12,02	2,59	3,37	3,18
8	PRE	285,7	20,26	655,45	46,47	941,14	66,73
	POST	537,72	33,17	692,19	42,7	1229,91	75,87
	Variabilidad	252,02	12,91	36,74	-3,77	288,77	9,14
9	PRE	349,6	23,71	566,07	38,39	915,68	62,1
	POST	315,67	22,59	679,19	48,61	994,86	71,2
	Variabilidad	-33,93	-1,12	113,12	10,22	79,18	9,1

Tabla 5. Resultados de valores del volumen cerebral pre y postoperatorio

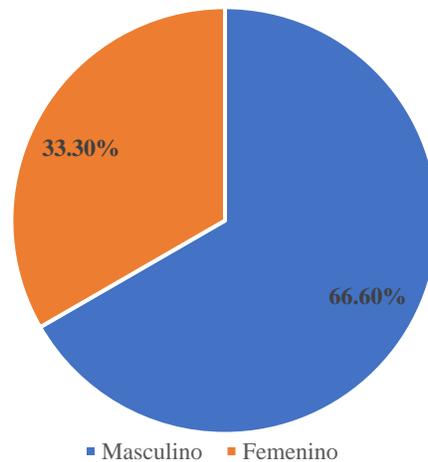


Figura 2. Distribución por género

<b>Volumen sustancia gris</b>	<b>Promedio</b>	<b>IC al 95%</b>	<b>Valor de p</b>
RMN prequirúrgica	568.4	513.7 – 623.0	0.512
RMN postquirúrgica	590.1	507.2 - 672.9	
Diferencia	-21.7	-94.5 – 51.1	

<b>% Volumen sustancia gris</b>	<b>Promedio</b>	<b>IC al 95%</b>	<b>Valor de p</b>
RMN prequirúrgica	39.5%	35.9% – 42.9%	0.534
RMN postquirúrgica	41.0%	36.1% – 45.9%	
Diferencia	-1.4%	-6.8% - 3.8%	

Tabla 6. Diferencia en el volumen de la sustancia gris

<b>Volumen sustancia blanca</b>	<b>Promedio</b>	<b>IC al 95%</b>	<b>Valor de p</b>
RMN prequirúrgica	348.2	302.4 – 394.1	0.346
RMN postquirúrgica	406.5	302.9 – 509.9	
Diferencia	-58.2	-192.2 – 75.8	

<b>% Volumen sustancia blanca</b>	<b>Promedio</b>	<b>IC al 95%</b>	<b>Valor de p</b>
RMN prequirúrgica	24.1%	21.4% – 26.8%	0.33
RMN postquirúrgica	28.5%	20.5% – 36.5%	
Diferencia	-4.4%	-14.2% - 5.4%	

Tabla 7. Diferencia en el volumen de la sustancia blanca

<b>Volumen total</b>	<b>Promedio</b>	<b>IC al 95%</b>	<b>Valor de p</b>
RMN prequirúrgica	916.6	853.1 – 980.1	0.074
RMN postquirúrgica	998.7	915.1 – 1082.4	
Diferencia	-82.1	-174.1 – 9.9	

<b>% Volumen total</b>	<b>Promedio</b>	<b>IC al 95%</b>	<b>Valor de p</b>
RMN prequirúrgica	63.6%	60.5% – 66.7%	0.04*
RMN postquirúrgica	69.5%	64.7% – 74.2%	
Diferencia	-5.9%	-11.5% - -0.3%	

Tabla 8. Diferencia en el volumen cerebral total

## 18. DISCUSIÓN

La hidrocefalia con presión normal (HPN), es un síndrome descrito hace más de 50 años por el médico colombiano Salomón Hakim, el cual se caracteriza por la tríada de deterioro cognitivo, alteración en la marcha e incontinencia urinaria asociado a ventriculomegalia en los estudios por resonancia magnética cerebral y que presenta mejoría clínica posterior a realización de punción lumbar evacuatoria. Posterior a la confirmación diagnóstica, los pacientes son llevados a un procedimiento derivativo de líquido cefalorraquídeo permanente por medio de un sistema de derivación usualmente al atrio cardíaco derecho o al peritoneo[7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Los cambios imagenológicos en las imágenes por resonancia magnética cerebral de control posterior al procedimiento son muy frecuentes, principalmente caracterizados por disminución del tamaño de los ventrículos cerebrales y del espacio subaracnoideo tanto en las vejeidades como en los valles silvianos, cambios inicialmente descritos en relación a la disminución de espacios subaracnoideos agrandados (DESH, *por sus siglas en inglés*), sin embargo, en muchos de estos estudios, más que presentar disminución de la acumulación de líquido cefalorraquídeo, impresiona haber aumento de la cantidad de parénquima cerebral[19, 20].

En nuestro trabajo hemos realizado la obtención objetiva del volumen cerebral por medio de un software automatizado en donde se han comparado los estudios imagenológicos por resonancia magnética cerebral pre y postoperatorios de 9 pacientes llevados a procedimiento

derivativo ventricular después de haber cumplido criterios clínicos e imagenológicos y adicionalmente que hayan presentado mejoría clínica posterior a la realización de una punción lumbar evacuatoria, atendidos en el centro de atención de hidrocefalia con presión normal atendidos en la Fundación Santa Fé de Bogotá, en donde encontramos aumento del volumen de la sustancia blanca, sustancia gris y del volumen cerebral total, este último de 5,9%, lo cual mostró una diferencia estadísticamente significativa. Este fenómeno imagenológico ha sido llamado Atrofia Cerebral Reversible (ACR), basados en la hipótesis de que los cambios en las presiones, así como la acumulación de líquido cefalorraquídeo conlleva a una compresión del tejido cerebral, confiriendo el aspecto atrófico en las imágenes por resonancia magnética cerebral y mostrando reversión posterior a un procedimiento derivativo definitivo. En la literatura no se ha hecho referencia a dicha hipótesis, por lo tanto, con el presente trabajo se pretende realizar la inclusión de dicho término en el conocimiento neurocientífico.

## 19. CONCLUSIONES

En nuestro estudio observamos un aumento en el volumen tanto de sustancia gris como de sustancia blanca, por consiguiente, del volumen cerebral total en los análisis de volumetría practicados a los estudios por resonancia magnética cerebral pre y postoperatoria de nueve pacientes con diagnóstico de hidrocefalia con presión normal ingresados al centro de cuidado clínico de la Fundación Santa Fe de Bogotá, que cumplieron criterios de inclusión y fueron sometidos a procedimiento derivativo definitivo de líquido cefalorraquídeo. A éste hallazgo lo hemos denominado Atrofia Cerebral Reversible. En la revisión de la literatura no encontramos término ni sinónimos descritos, sin embargo, se requieren más estudios que puedan confirmar dicho hallazgo.

## 20. REFERENCIAS

- [1] R. D. Adams, C. M. Fisher, S. Hakim, R. G. Ojemann, and W. H. Sweet, "Symptomatic Occult Hydrocephalus with Normal Cerebrospinal-Fluid Pressure," *N. Engl. J. Med.*, vol. 273, no. 3, pp. 117–126, Jul. 1965.
- [2] K. et al. Bräutigam, "Pathogenesis of idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus: A review of knowledge, Volume 61, 10 - 13," *J. Clin. Neurosci.*, vol. 61, pp. 10–13, 2018.
- [3] A. Brean and P. K. Eide, "Prevalence of probable idiopathic normal pressure hydrocephalus in a Norwegian population," pp. 48–53, 2008.
- [4] O. T. Pyykkö *et al.*, "Incidence, Comorbidities, and Mortality in Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus," *World Neurosurg.*, vol. 112, no. 4, pp. e624–e631, 2018.
- [5] W. C. Jaraj, DanielJaraj D, Rabiei K, Marlow T, Jensen C, Skoog I, "Prevalence of idiopathic normal-pressure hydrocephalus," vol. 82, no. 16, pp. 1449–1454., 2014.
- [6] N. Kuriyama *et al.*, "Nationwide hospital- - based survey of idiopathic normal pressure hydrocephalus in Japan: Epidemiological and clinical characteristics," no. December 2016, pp. 1–10, 2017.
- [7] G. L. Gallia, D. Rigamonti, and M. A. Williams, "The diagnosis and treatment of idiopathic normal pressure hydrocephalus," *Nat. Clin. Pract. Neurol.*, vol. 2, no. 7, pp. 375–381, 2006.
- [8] M. A. Williams and J. Malm, "Diagnosis and Treatment of Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus," pp. 579–599, 2016.

- [9] D. G. C. analysis of the gait disorder of normal pressure hydrocephalus and P. disease. J. N. N. P. 2001;70(3):289–297. doi:10. 1136/jnnp. 70. 3. 28. Stolze H, Kuhtz-Buschbeck JP, Drücke H, Jöhnk K, Illert M, “Comparative analysis of the gait disorder of normal pressure hydrocephalus and Parkinson’s disease,” *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, vol. 70, no. 3, pp. 289–297, 2001.
- [10] L. Sudarsky and S. Simon, “Gait Disorder in Late-Life Hydrocephalus,” *JAMA Neurol.*, vol. 44, no. 3, pp. 263–267, Mar. 1987.
- [11] J. L. Iddon, J. D. Pickard, J. J. L. Cross, P. D. Griffiths, M. Czosnyka, and B. J. Sahakian, “Specific patterns of cognitive impairment in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus and Alzheimer’s disease: a pilot study,” *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, vol. 67, no. 6, pp. 723–732, 1999.
- [12] F. TORRALVA, T., ROCA, M., GLEICHGERRCHT, E., LÓPEZ, P., & MANES, “INECO Frontal Screening (IFS): A brief, sensitive, and specific tool to assess executive functions in dementia,” *J. Int. Neuropsychol. Soc.*, vol. 15, no. 5, pp. 777–786, 2009.
- [13] et al Sakakibara R, Kanda T, Sekido T, Uchiyama T, Awa Y, Ito T, “Mechanism of bladder dysfunction in idiopathic normal pressure hydrocephalus,” *Neurourol Urodynamics*, vol. 27, no. 6, pp. 507–10, 2008.
- [14] T. R. Rendtorff R, Novak A, “Normal pressure hydrocephalus as cause of urinary incontinence - A shunt for incontinence,” *Geburtshilfe Frauenheilkd*, vol. 72, no. 12, pp. 1130–1, 2012.
- [15] W. G. Bradley, “Magnetic Resonance Imaging of Normal Pressure Hydrocephalus,” *Semin. Ultrasound, CT MRI*, vol. 37, no. 2, pp. 120–128, 2016.
- [16] and F. the A. D. N. I. Nityanand Miskin, Hersh Patel, Ana M. Franceschi, Benjamin Ades-Aron, Alexander Le, Brianna E. Damadian, Christian Stanton, Yafell Serulle, James

Golomb, Oded Gonen, Henry Rusinek, Ajax E. George, “Diagnosis of Normal-Pressure Hydrocephalus: Use of Traditional Measures in the Era of Volumetric MR Imaging,” *Radiology*, vol. 285, no. 1, pp. 197–205, 2017.

[17] R. a Fishman and W. P. Dillon, “Normal pressure hydrocephalus: new findings and old questions.,” *AJNR. Am. J. Neuroradiol.*, vol. 22, no. 9, pp. 1640–1, 2001.

[18] B. P. Damasceno, “Neuroimaging in normal pressure hydrocephalus,” *Dement. Neuropsychol.*, vol. 9, no. 4, pp. 350–355, 2015.

[19] H. Kitagaki, E. Mori, K. Ishii, S. Yamaji, N. Hirono, and T. Imamura, “CSF spaces in idiopathic normal pressure hydrocephalus: morphology and volumetry.,” *Am. J. Neuroradiol.*, vol. 19, no. 7, pp. 1277 LP – 1284, Aug. 1998.

[20] F. Yamashita *et al.*, “Detection of changes in cerebrospinal fluid space in idiopathic normal pressure hydrocephalus using voxel-based morphometry,” *Neuroradiology*, vol. 52, no. 5, pp. 381–386, May 2010.

[21] F. Yamashita *et al.*, “Voxel-Based Morphometry of Disproportionate Cerebrospinal Fluid Space Distribution for the Differential Diagnosis of Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus,” *J. Neuroimaging*, vol. 24, no. 4, pp. 359–365, Jul. 2014.

[22] R. Kurlan, J. M. Schwalb, and M. D. Cusimano, “Practice guideline : Idiopathic normal pressure hydrocephalus : Response to shunting and predictors of response,” pp. 2063–2071, 2015.

[23] B. P. Damasceno, E. F. Carelli, D. C. Honorato, and J. J. Facure, “The predictive value of cerebrospinal fluid tap-test in normal pressure hydrocephalus,” *Arq Neuropsiquiatr*, vol. 55, no. 2, pp. 179–185, 1997.

- [24] C. Wikkelsø, H. Andersson, C. Blomstrand, and G. Lindqvist, "The clinical effect of lumbar puncture in normal pressure hydrocephalus.," *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, vol. 45, no. 1, pp. 64–9, 1982.
- [25] B. Kahlon, G. Sundbärg, and S. Rehncrona, "Comparison between the lumbar infusion and CSF tap tests to predict outcome after shunt surgery in suspected normal pressure hydrocephalus," *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, vol. 73, no. 6, pp. 721–726, 2002.
- [26] M. A. Williams and N. R. Relkin, "Diagnosis and management of idiopathic normal-pressure hydrocephalus," *Neurol. Clin. Pract.*, vol. 3, no. 5, pp. 375–385, 2013.
- [27] M. Bergsneider, P. M. L. Black, P. Klinge, A. Marmarou, and N. Relkin, "INPH guidelines, part IV: Surgical management of idiopathic normal-pressure hydrocephalus," *Neurosurgery*, vol. 57, no. 3 SUPPL., pp. 29–39, 2005.
- [28] P. Klinge, A. Marmarou, M. Bergsneider, N. Relkin, and P. M. L. Black, "INPH guidelines, part V: Outcome of shunting in idiopathic normal-pressure hydrocephalus and the value of outcome assessment in shunted patients," *Neurosurgery*, vol. 57, no. 3 SUPPL., pp. 40–52, 2005.
- [29] A. Marmarou, M. Bergsneider, P. Klinge, N. Relkin, and P. M. L. Black, "INPH guidelines, part III: The value of supplemental prognostic tests for the preoperative assessment of idiopathic normal-pressure hydrocephalus," *Neurosurgery*, vol. 57, no. 3 SUPPL., 2005.
- [30] R. Walchenbach, E. Geiger, R. T. W. M. Thomeer, and J. A. L. Vanneste, "The value of temporary external lumbar CSF drainage in predicting the outcome of shunting on normal pressure hydrocephalus," *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, vol. 72, no. 4, pp. 503–506, 2002.

- [31] N. P. Symss and S. Oi, "Is there an ideal shunt ? A panoramic view of 110 years in CSF diversions and shunt systems used for the treatment of hydrocephalus : from historical events to current trends," pp. 191–202, 2015.
- [32] A. E. Merkler, J. Ch, W. E. Parker, S. B. Murthy, and H. Kamel, "The Rate of Complications after Ventriculoperitoneal Shunt Surgery," *World Neurosurg.*, 2016.
- [33] P. Bates and D. Rajderkar, "Current Problems in Diagnostic Radiology Common and Uncommon Causes of Ventriculoperitoneal Shunt Malfunction Diagnosed on Plain Radiographs," *Curr. Probl. Diagn. Radiol.*, pp. 1–7, 2017.
- [34] G. K. Reddy, P. Bollam, and G. Caldito, "Long-Term Outcomes of Ventriculoperitoneal Shunt Surgery in Patients with Hydrocephalus," *World Neurosurg.*, vol. 81, no. 2, pp. 404–410, 2013.
- [35] A. L. Hung *et al.*, "Predictors of Ventriculoperitoneal Shunt Revision in Patients with Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus," *World Neurosurg.*, 2016.
- [36] A. R. Al-schameri *et al.*, "Ventriculoatrial Shunts in Adults, Incidence of Infection, and Significant Risk Factors: A Single-Center Experience," *World Neurosurg.*, vol. 94, pp. 345–351, 2016.
- [37] A. L. Hung *et al.*, "idiopathic normal pressure hydrocephalus," *Clin. Neurol. Neurosurg.*, vol. 157, no. February, pp. 1–6, 2017.
- [38] J. L. Ashker, K., & Fox, "Percutaneous technique for insertion of an atrial catheter for CSF shunting," *J. Neurosurg.*, vol. 55, no. 3, pp. 488–490, 1981.
- [39] F. G. Huppert J, Bret P, "Percutaneous insertion of the cardiac catheter in ventriculo-atrial shunt," *Neurochirurgie.*, vol. 30, pp. 135–7, 1984.

- [40] M. Carol, W. Robinson, and B. S. Harris, "Percutaneous Placement of Ventriculoatrial Shunts: Four-Year Case Experience," *Neurosurgery*, vol. 18, no. 3, pp. 348–349, Mar. 1986.
- [41] C. Kock-Jensen, S. Clemmensen, and B. B. Andersen, "Percutaneous insertion of CSF ventriculoatrial shunts --- a new technique," *Acta Neurochir. (Wien)*, vol. 96, no. 1, pp. 76–79, Mar. 1989.
- [42] P. Decq, A. Blanquet, and C. Yepes, "Percutaneous jugular placement of ventriculoatrial shunts using a split sheath," *Acta Neurochir. (Wien)*, vol. 136, no. 1, pp. 92–94, Mar. 1995.
- [43] M. R. Słowiński J, Stomal M, Skaba T, Pieniazek J, "Percutaneous ventriculoatrial shunt: experience with 179 cases," *Neurol Neurochir Pol.*, vol. 40, no. 3, p. 198.202, 2006.
- [44] L. Ellegaard, S. Mogensen, and M. Juhler, "Ultrasound-guided percutaneous placement of ventriculoatrial shunts," *Child's Nerv. Syst.*, vol. 23, no. 8, pp. 857–862, Aug. 2007.
- [45] P. Metellus, W. Hsu, S. Kharkar, S. Kapoor, W. Scott, and D. Rigamonti, "Accuracy of percutaneous placement of a ventriculoatrial shunt under ultrasonography guidance: a retrospective study at a single institution," *J. Neurosurg. JNS*, vol. 110, no. 5, pp. 867–870, 2009.
- [46] A. L. Hung *et al.*, "Ventriculoatrial versus ventriculoperitoneal shunt complications in idiopathic normal pressure hydrocephalus," *Clin. Neurol. Neurosurg.*, vol. 157, pp. 1–6, 2017.