

CURVAS DE APRENDIZAJE DE ACCESOS VASCULARES Y BLOQUEOS  
NERVIOSOS PERIFÉRICOS DE MIEMBRO SUPERIOR EN MODELOS  
SIMULADOS GUIADOS POR ULTRASONIDO

JUAN PABLO AZAR VILLALOBOS  
MARIO ALBERTO CASTILLO BLANCO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE SALUD  
ESCUELA DE MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA  
POSTGRADO ANESTESIOLOGÍA Y REANIMACIÓN  
BUCARAMANGA

2016

CURVAS DE APRENDIZAJE DE ACCESOS VASCULARES Y BLOQUEOS  
NERVIOSOS PERIFÉRICOS DE MIEMBRO SUPERIOR EN MODELOS  
SIMULADOS GUIADOS POR ULTRASONIDO

JUAN PABLO AZAR VILLALOBOS  
MARIO ALBERTO CASTILLO BLANCO

Tesis para Optar por el Título de  
Especialistas en anestesiología y reanimación

Director:

DR. HÉCTOR JULIO MELÉNDEZ FLÓREZ Md MSc  
Anestesiólogo Intensivista Epidemiólogo  
Profesor Asociado

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE SALUD  
ESCUELA DE MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA  
POSTGRADO ANESTESIOLOGÍA Y REANIMACIÓN  
BUCARAMANGA

2016

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág-</b>
INTRODUCCIÓN	16
1. ESTADO DEL ARTE	18
1.1 ACCESOS VASCULARES CENTRALES	18
1.2 BLOQUEOS NERVIOSOS PERIFÉRICOS DE MIEMBRO SUPERIOR	23
1.3 CURVAS DE APRENDIZAJE Y SIMULACIÓN EN ENSEÑANZA MÉDICA	29
2. JUSTIFICACIÓN	33
3. OBJETIVOS	35
3.1 OBJETIVO GENERAL	35
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	36
5. HIPÓTESIS INVESTIGATIVA	37
6. TIPO DE ESTUDIO	38
7. MUESTRA	39
8. MATERIALES Y METODOS	40
8.1 METODOLOGÍA	40
8.1.1 Participantes	40
8.2 FASES	40
8.2.1 Fase I	40
8.2.2 Fase II	41
8.2.3 Fase III	41
9. DEFINICIONES Y CALIFICACIÓN DE LOGROS.	44
10. RESULTADOS	47

10.1	FASE I	47
10.2	FASES II Y III	48
10.2.1	Caracterización por módulos	50
10.2.2	Intentos por división y grupo de participantes	50
10.2.3	Calidad de visualizaciones	51
10.2.4	Número de intentos, punciones y tiempo	52
10.3	CURVAS DE APRENDIZAJE POR MÓDULOS	53
10.3.1	Tiempo empleado por módulos	53
10.3.2	Intentos por prácticas hasta excelencia	54
10.3.3	Comparativa residentes vs. especialistas	55
10.3.4	Tiempo e intentos hasta la excelencia	57
10.3.5	Curva de aprendizaje global en número de intentos por práctica	58
11.	DISCUSIÓN	60
12.	CONCLUSIONES	65
13.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	67
	BIBLIOGRAFÍA	68
	ANEXOS	81

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Ventajas de la ecografía para la realización de BNP	25
<b>Tabla 2.</b> Resultados Fase I.	47
<b>Tabla 3.</b> Participantes de la curva de aprendizaje	48
<b>Tabla 4.</b> Intentos por grupos de participantes	48
<b>Tabla 5.</b> Porcentaje de intentos por prácticas de todos los módulos.	49
<b>Tabla 6.</b> Intentos por módulos y por grupos de participantes.	50
<b>Tabla 7.</b> Intentos por División y grupo de participantes	51
<b>Tabla 8.</b> Rendimiento en logros por grupos de participantes.	51
<b>Tabla 9.</b> Intentos, tiempo y punciones hasta la excelencia, por módulos.	52
<b>Tabla 10.</b> Intentos hasta excelencia por cada práctica, todos los grupos.	54
<b>Tabla 11.</b> Acumulado de éxito por intentos de cada práctica, todos los grupos.	54

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Tiempo hasta excelencia por módulos de todos los grupos.	53
<b>Figura 2.</b> Tiempo hasta excelencia por módulos y por grupos.	53
<b>Figura 3.</b> Curva de Aprendizaje de intentos por prácticas de todos los grupos.	55
<b>Figura 4.</b> Curva de Aprendizaje de intentos por práctica del grupo de Residentes.	56
<b>Figura 5.</b> Curva de Aprendizaje de intentos por práctica del grupo de Especialistas.	56
<b>Figura 6.</b> Curvas de tiempo hasta excelencia de cada división, por grupos.	57
<b>Figura 7.</b> Curvas de intentos por práctica hasta excelencia en AVC guiados por US, por grupos.	58
<b>Figura 8.</b> Curvas de intentos por práctica hasta excelencia en BNP guiados por US, por grupos.	58
<b>Figura 9.</b> Curva de aprendizaje global en número de intentos por práctica y por grupos de participantes de AVC y BNP guiados por US.	59

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Formato de recolección de datos	82
<b>Anexo B.</b> Instructivo para el formato de recolección	83

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias, nuestros compañeros,  
y nuestros profesores

“La curva de aprendizaje se fundamenta en la noción de que, a medida que un individuo aprende como realizar con eficacia y eficiencia su aprendizaje, mejora su productividad en el desempeño y en el proceso de aprendizaje.

## GLOSARIO

ACGME: Consejo de Acreditación para la Educación Médica de Postgrados (Siglas en inglés).

ADN: Ácido Dexosirribonucleico.

AL: Anestésico Local.

ASA: Sociedad Americana de Anestesiología (Siglas en inglés).

ASRA: Sociedad Americana de Anestesia Regional (siglas en inglés).

AVC: Accesos Vasculares Centrales.

BNP: Bloqueos Nerviosos Periféricos.

BPGE: Bloqueos Periféricos Guiados por Ecografía.

CVC: Catéter Venoso Central.

ESRA: Sociedad Europea de Anestesia Regional (Siglas en inglés).

LA: Línea Arterial.

LAR: Línea Arterial Radial.

NICE: Instituto de Excelencia Clínica de Inglaterra (Siglas en inglés).

PB: Plexo Braquial.

PICC: Catéter Venoso Central de Inserción Periférica (siglas en inglés).

UCI: Unidad de Cuidado Intensivo.

US: Ultrasonido.

VYE: Vena Yugular Externa.

VYI: Vena Yugular Interna.

VS: Vena Subclavia

## RESUMEN

**TÍTULO:** curvas de aprendizaje de accesos vasculares y bloqueos nerviosos periféricos de miembro superior en modelos simulados guiados por ultrasonido.\*

**AUTORES:** Juan Pablo Azar Villalobos, Mario Alberto Castillo Blanco.\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Ultrasonido, Accesos Vasculares, Bloqueos Nerviosos, Simulación, Curva de Aprendizaje.

### **DESCRIPCIÓN:**

**Antecedentes:** Históricamente, la realización de Accesos Vasculares y Bloqueos Nerviosos Periféricos se basó en reparos anatómicos, implicando riesgos importantes y tasas variables de éxito. La realización de estos procedimientos con guía ultrasónica incrementa éxito y disminuye riesgos, pero conlleva un aprendizaje estructurado teórico-práctico, previo a su posterior aplicación clínica segura. **Objetivos:** Evaluar la curva de aprendizaje de AVC y BNP por US, de residentes y profesores de anestesiología UIS, inexpertos en ultrasonido. Capacitar al posgrado de Anestesiología UIS en Ultrasonido en Anestesia. Promover la cultura de procedimientos seguros. **Materiales y Métodos:** Se realizaron 3 fases: Fase I, teórica, consistió en 7 sesiones teóricas: Generalidades de Ultrasonido, Manejo de Equipo, Control de Puntas, Bloqueos Miembro Superior Supraclaviculares, Bloqueos Miembro Superior Infraclaviculares, Accesos Arteriales, Accesos Venosos Centrales. Fase II, manejo de equipo, con sesiones a necesidad de hasta 30 minutos, hasta lograr excelencia. Fase III, prácticas en modelos simulados virtuales y reales de AVC y BNP, con sesiones retroalimentadas de hasta 30 minutos, hasta lograr excelencia en 4 logros: manejo de equipo, optimización de imagen, interpretación de imagen, visualización de aguja. **Resultados y Discusión:** Se analizaron 13 sujetos: 10 residentes y 3 especialistas, con un promedio de 19 años de experiencia clínica. Para lograr la excelencia en AVC y BNP por US, se requirieron entre 51 y 85 intentos ( $p=0.000$ ), y entre 45 y 90 minutos de tiempo de práctica acumulada ( $p=0.015$ ), tras 315 minutos de sesiones teóricas. La experiencia clínica previa disminuyó 2 intentos hasta la excelencia ( $p=0.026$ ). Se sugiere que este trabajo continúe con una Fase Clínica. **Conclusiones:** La curva de Aprendizaje de AVC y BNP por US es corta, en tiempo y en intentos. La experiencia clínica previa juega un papel mínimo.

---

\*Trabajo de grado

\*\* Universidad Industrial De Santander. Facultad De Salud. Escuela De Medicina. Director: MELÉNDEZ FLÓREZ Héctor Julio. Md MSc Anestesiólogo Intensivista Epidemiólogo.

## ABSTRACT

**TITLE:** Learning curves of vascular access and peripheral nerve blocks of upper limb ultrasound-guided simulated models.\*

**AUTHORS:** Juan Pablo Azar Villalobos, Mario Alberto Blanco Castillo.\*\*

**KEYWORDS:** Ultrasound, Vascular Access, nerve blocks, Simulation, Learning Curve.

### DESCRIPTION:

**Background:** Historically, the realization of Vascular Access (VA) and Nerve Blocks (NB) was based on anatomical landmarks, which involve major risks and variable rates of success. The realization of these procedures with ultrasonic guidance increases success and reduces risks, but involves a structured theoretical and practical learning process, prior to safe clinical application. **Objectives:** To assess the learning curve of VA and NB by US, of residents and teachers of the specialization in Anesthesiology UIS, without experience in ultrasound. Empower the program of Anesthesiology UIS on ultrasound in anesthesia. Promoting a culture of safe procedures. **Materials and Methods:** There were 3 phases: phase I, theoretical, involved 7 learning sessions: overview of ultrasound, equipment management, tip control, upper limb blocks supraclavicular, upper limb blocks infraclavicular, arterial access, central venous access. Phase II, equipment management, performing sessions as needed up to 30 minutes, until the students achieved excellence. Phase III, practice in virtual and real simulated models in VA and NB, performing sessions with feedback as needed of up to 30 minutes, until the students showed excellence in 4 achievements (equipment management, image optimization, image interpretation, needle visualisation). **Results and Discussion:** 13 subjects were analyzed: 10 residents and 3 specialists. In order to achieve excellence in VA and NB by US, an apprentice required between 51 and 85 attempts ( $p = 0.000$ ), and between 45 and 90 minutes of total accumulated time ( $p = 0.015$ ), after 315 minutes of theoretical sessions. Previous clinical experience in such procedures saved 2 attempts to excellence ( $p = 0.026$ ). This work should continue with a Clinical Phase. **Conclusions:** The learning curve of AVC and BNP by US is short, in time and attempts. The previous clinical experience plays a minimal role.

---

\*Degree Paper

\*\* Universidad Industrial De Santander. Facultad De Salud. Escuela De Medicina. Director: MELÉNDEZ FLÓREZ Héctor Julio. Md MSc Anestesiólogo Intensivista Epidemiólogo.

## INTRODUCCIÓN

Los Accesos Vasculares Centrales (AVC), y Bloqueos Nerviosos Periféricos (BNP), se constituyen, hoy en día, en el estándar de monitorización y seguimiento de pacientes críticamente comprometidos (1), y en una familia enorme de procedimientos anestésicos, analgésicos o terapéuticos de gran complejidad, respectivamente. Dichas técnicas, históricamente, se han basado en abordajes guiados por reparos anatómicos o palpación, o además, en el caso de BNP, en el uso del neuroestimulador, técnicas que se han mantenido en el tiempo gracias a un aceptable nivel de éxito a pesar de incidencia relativamente alta de complicaciones. Dichas complicaciones son secundarias a causas diversas, y en muchas ocasiones multifactoriales, como se analizará más adelante. Sin embargo, se hace mención especial a los grupos poblacionales con anatomía de difícil abordaje o distorsionada (obesos, edema de tejidos, cirugía previa en el área, variaciones anatómicas, etc.), donde las referencias anatómicas o palpación pierden validez, y exponen al binomio paciente – médico a riesgo de falla y complicaciones. Es por ello que han surgido las técnicas de abordajes con testimonio visual, operador dependiente y en tiempo real, entre los cuales se perfila como un esquema costo – efectivo el intervencionismo guiado por ultrasonido (USG) (2), mecanismo que permite maximizar éxito y minimizar complicaciones y que, aunque no hace parte formal de muchos centros de entrenamiento en Anestesiología y Reanimación como el de la Universidad Industrial de Santander, es menester su implementación, ya que con un formación retroalimentada en principios de ultrasonografía, manejo de equipo y control de agujas, abordajes para BNP y AVC, además de los beneficios en éxito y complicaciones, amplía el abanico de posibilidades en torno a abordajes en zonas “no típicas”: mediohumeral, antebraquial, entre otros.

En la literatura indexada en las principales bases de datos en español e inglés, hasta el momento de la redacción de este trabajo, no existían reportes explícitos de procesos de aprendizaje de BNP de miembro superior o AVC en el contexto Latinoamericano, inclusive colombiano, donde los procesos de enseñanza-aprendizaje están supeditados a idiosincrasia, herencia cultural y otras variables; en el caso de AVC, los reportes existentes de curva de aprendizaje en poblaciones de anestesiología a nivel internacional adolecen de definiciones homogéneas y demuestran resultados dispares (11).

El presente trabajo aborda los procesos de enseñanza - aprendizaje de los AVC para monitorización y tratamiento de diversas patologías, y técnicas de BNP de miembro superior en escenarios simulados, realizados por personal académico-asistencial (residentes y profesores) adscrito al postgrado de Anestesiología y Reanimación de la Universidad Industrial de Santander, Colombia, sin experiencia previa en dichos tópicos, con objetivos diversos, determinando el número de procedimientos y el tiempo que se requiere para aumentar posibilidad de éxito al máximo, y, aunado a ello, contribuyendo con la tipificación de dichas curvas de aprendizaje en el medio académico nacional e internacional.

## 1. ESTADO DEL ARTE

### 1.1 ACCESOS VASCULARES CENTRALES

Los Accesos Vasculares Centrales (AVC) continúan siendo los procedimientos más comúnmente realizados en las unidades de cuidado intensivo (UCI), y unos de los mecanismos de monitorización principales y más frecuentes en procedimientos anestésico-quirúrgicos de considerable complejidad (1,3,4,5). Entre tales procedimientos figuran la Cateterización Venosa Central (CVC) y la instalación de línea arterial (LA), los cuales pueden ser definidos como la colocación de un catéter en un vaso venoso de gran calibre (3) y la cateterización de una arteria de conducción (4), respectivamente, y su uso está indicado, para el caso de CVC, en imposible canalización venosa, instilación de sustancias irritantes, concentradas, vasoactivos y nutrición parenteral a largo plazo, procedimientos terapéuticos diversos (radiología intervencionista, aspiración de embolia aérea, entre otros), hemodiálisis temporal, implantación de marcapaso transvenoso emergente, monitorización hemodinámica (3,5), y, para el caso de la LA, muestreo sanguíneo para análisis repetitivo (3 o más por día) (6), cateterización cardíaca, colocación de balón de contrapulsación aórtica y monitorización hemodinámica con presión arterial en tiempo real o análisis de forma de onda arterial (4,5,6,39). Las vías de abordaje clásicas para CVC y LA se clasifican de acuerdo a su ubicación en abordajes de hemicuerpo superior, entre los que figuran CVC yugular interno (VYI), yugular externo centralizado (VYE), periférico de miembro superior centralizado (PICC), subclavio por vía supra o infraclavicular (VS) y para LA radial (LAR), cubital, braquial, temporal superficial y axilar, y abordajes de hemicuerpo inferior, entre los cuales se encuentran CVC femoral y umbilical en neonatos, y LA femoral, tibial posterior, dorsal del pie y umbilical en neonatos (3-6). La realización de dichos procedimientos debe

ajustarse a protocolos estrictos de implementación en cada institución, con unos componentes mínimos que aproximen la rata de eventos indeseables a cero (3), y que deben incluir asepsia – antisepsia estricta con medidas de barrera primarias completas (3), preparación de la piel con solución que contenga alcohol si no hay contraindicación (3), uso de clorhexidina (3), antibiopprofilaxis para CVC en inmunosuprimidos (3), catéteres para CVC impregnados de antiséptico en población mayor de 1 mes de vida (3), técnica de inserción con guía con punta en “J” (3), sitio de inserción alejado de sitios con contaminación patente o posible (3), confirmación de situación vascular con manometría, morfología de onda, electrocardiografía continua para CVC, fluoroscopia, ecocardiografía transesofágica para CVC, guía ecográfica de superficie en tiempo real (3,4,5), confirmación de la punta del CVC con cardiovisuoscopio continuo, fluoroscopia o radiografía de tórax (3). Dado que los AVC son procedimientos invasivos de considerable complejidad, la evaluación riesgo – beneficio, común denominador a toda acción médica, es de particular importancia en este escenario, ya que los riesgos asociados a las complicaciones, por ejemplo erosión miocárdica con penetración a pericardio, con incidencia del 1% (1), comportan mortalidad de hasta el 66% (5), y considerando que la canulación exitosa en el menor número de intentos no excluye la presencia temprana o tardía de complicaciones (7,8). Dichos riesgos pueden ser clasificables como “estáticos”, o atribuibles a la presencia de un cuerpo extraño dentro de un vaso central del cuerpo, tales como perforación o erosión parietal vascular o miocárdica en caso de CVC, trombosis y embolia, infección, fístulas arteriovenosas con canalización simultánea de LA y CVC femoral (5), etc., y otros riesgos “dinámicos”, o secundarios a la instalación, retiro y movilización de los AVC, y que dependen de la técnica y la experiencia del operador, del paciente, y de las circunstancias (situación electiva Vs urgente, sitio de cateterización escogido o indicado, disponibilidad de insumos, etc.), tales como punción frustra, que es el inconveniente más común de las punciones para CVC (9), son, por definición, el recíproco del concepto de canulación exitosa, fluctuando

ésta en torno al 75% de casos para CVC VYI, cercana al 88% para CVC VS, y del 63 - 85% para CVC VF (4,9), y son de causa multifactorial, entre las que resaltan: variaciones anatómicas de la arteria subclavia (2,1%) (7), de la vena yugular interna (10%) o de la vena Femoral (10,11), falla en la técnica, inexperiencia del ejecutante o hipovolemia severa (3,5); punción arterial no intencionada en caso de los CVC, con consecuencias catastróficas como, por ejemplo, ECV y muerte para el caso de VYI, e incidencias entre 0,08 a 3,7% para CVC VYI en unas referencias (5), y del 6% en otras (7), 5-10% para CVC Femoral y 0,5 – 1% (3) o incluso 4% (7) para CVC Subclavio; neumotórax, con mayor reporte para el abordaje CVC VS tunelizado o de uso a largo plazo (6%) (7), seguido de CVC no tunelizado (1,5% en inexpertos, < 1% en personal con experiencia) (3), CVC VYI (1,3%) (3) y cuya incidencia no varía a pesar de maniobras coadyuvantes como posición de Trendelenburg 10–15° o espiración forzada/valsalva en paciente consciente o presión positiva 20cmH<sub>2</sub>O en anestesiados, aisladas o en combinación, las cuales aumentan el área de sección transversal significativamente de la VYI en adultos y VS en todas las poblaciones(5,11,12,13), y aumentan por ende la posibilidad de canulación exitosa con disminución de complicaciones; hematoma, complicación secundaria generalmente a punción arterial única o múltiple o pacientes con coagulopatía previa, y con incidencias reportadas entre el 0,5 y 6,1% (3,4,7); lesión nerviosa (plexo braquial, cadena simpática, nervio frénico) (7); embolia aérea, con incidencia entre 0,3 y 0,8%, y espectro de presentación que depende de la cantidad de aire que ingresa, desde asintomático hasta ECV, inestabilidad hemodinámica y mortalidad (7,8), sangrado a cavidades, entre otros, y, para el caso de LA, lesión nerviosa (Lesión de nervio mediano para LAR, plexopatía braquial para LA braquial, por punción directa o por hematoma compresivo al interior de la vaina), hematoma, que es la segunda complicación más común en LAR (15%) y la más común en LA femoral (6%), y va de la mano con el número de punciones requeridas (6), fenómenos embólicos anterógrados a circulación terminal o retrógrado a sistema nervioso central, con consecuente compromiso

circulatorio a dichos niveles (5,14), pseudoaneurismas, y fístulas Arteriovenosas (5). Es en los denominados riesgos “dinámicos”, donde se ha determinado la influencia de algunos factores en la disminución de la incidencia de los mismos: mejor conocimiento de la anatomía (4), experiencia adquirida en escenarios de educación supervisada y controlada (3,4,5), evaluación crítica de riesgo vs. beneficio en el momento de la inserción y en la necesidad de uso diario continuado (3,4,5), y el uso de ultrasonido como guía en tiempo real para su instalación (2-10,15).

Desde su aplicación en la medicina en los años 70s (16), el ultrasonido ha venido posicionándose en diversas áreas de la salud, como una herramienta diagnóstica y terapéutica, que, aunque no está exenta de riesgos potenciales (cavitación e hipertermia de tejidos con uso en sesiones prolongadas, lesión endotelial y de ADN con exposición a frecuencias de más de 20 mHz)(17) es, para algunas disciplinas como la obstetricia, el estándar imagenológico y un pilar fundamental en la toma de decisiones de gran trascendencia (11). A nivel de AVC, se propuso inicialmente como una estrategia coadyuvante desde los años 80s (1,9,16), pero ha sido en la última década cuando ha pasado a formar parte indispensable del arsenal anestesiológico, radiológico y de cuidados intensivos, ya que, para algunas poblaciones especiales (obesos, hipovolémicos, edematizados, variantes anatómicas, escenarios de reanimación, cirugía – radioterapia previa en el área, trombosis inadvertida del vaso objetivo, entre otros), se constituye en una opción real (y muchas veces la única) a la hora del abordaje de los AVC, tanto arteriales, como venosos. Los fundamentos del ultrasonido, las diversas experiencias y la evidencia han determinado que, para el caso de AVC, se requieren transductores lineales pequeños de alta frecuencia (mayor a 7 mHz)(18,19,20,45), ofreciéndose ayudas estáticas (mapeo previo) para estudio de anatomía, identificación de estructuras, descartar variaciones morfológicas o como complemento de la técnica de reparos anatómicos (en caso de CVC subclavio)(11), o ayudas dinámicas, en

tiempo real, como seguimiento de todo el proceso de canulación(1,11), siendo ésta última técnica superior a la técnica de mapeo estático en abordajes CVC yugular interno, femoral y LA, y muy superior a la técnica basada en reparos anatómicos y/o palpación (1,9,16); asimismo, se manejan los abordajes en el plano del transductor (que permite visualización de toda la aguja en todo momento), muy útil para abordajes CVC yugular interno o femoral (11) y para LA radiales (21), plausible para CVC subclavio si hay ventana claviclar (11), o fuera de plano (que realiza un corte del segmento de la aguja que coincida con el plano del transductor, y triangula eje del transductor-aguja-estructura objetivo), apropiado para todo tipo de canulaciones vasculares, visualizando la estructura vascular en el eje transversal o eje corto, o en el eje largo o longitudinal, o variaciones, como aproximaciones oblicuas medial o lateral, o abordajes en plano x o tridimensional (11,22), con técnica de seldinger tradicional o modificada (43), y ayudándose de imágenes de pulsación arterial, compresión graduada o modos doppler color o doppler pulsado para diferenciar arterias de venas (11,18,19,20). Hechas todas estas consideraciones, la ponderación de la guía ecográfica en tiempo real para AVC, con previa adquisición de fundamentos y capacitación específica, permite la identificación de estructuras vasculares objetivo y de estructuras nobles vecinas; permite el hallazgo del vaso con menos intentos, esto para todo tipo de AVC, comparado con abordaje por reparos anatómicos o palpación(1,3,4,11), o incluso en el primer intento, en el caso de LA (6,11,21), en poblaciones desde edad neonatal hasta la tercera edad; disminuye el número de punciones y el tiempo de canulación con técnica de seldinger tradicional o modificada(9,16,23); disminuye complicaciones dinámicas mecánicas en CVC como punción frustra, punciones carotideas, de arteria subclavia y pleura (9,16,23,24), facilita la detección temprana de guía retenida (25), neumotórax inmediato (2), y, para el caso de LA, menos casos de punción de pared posterior, hematomas, número de intentos (21),y permite determinar la posición final del catéter, otorgando gran fiabilidad en estos tópicos (15,26).

## 1.2 BLOQUEOS NERVIOSOS PERIFÉRICOS DE MIEMBRO SUPERIOR

Los bloqueos nerviosos periféricos (BNP) son técnicas analgésicas y anestésicas practicadas desde hace varios siglos. Su implementación pública como técnica anestésica data desde el siglo XIX, cuando el Dr. William Halsted, médico cirujano estadounidense, realizó en 1884 bloqueos a nivel cervical con inyecciones de cocaína como anestésico local; por tanto, la anestesia regional es tan antigua como la anestesia general moderna (46,47). Su evolución ha sido vertiginosa: en el inicio se practicaban a ciegas, esto es, sin visión directa de las estructuras a bloquear, basándose exclusivamente en reparos anatómicos del sitio de punción; posteriormente se basaron en la búsqueda activa de signos y/o síntomas en el sitio de punción, tales como sensación de chasquidos, pérdida de resistencia, parestesias, entre otros (48). Dichos signos se han desestimado con el tiempo, debido a su bajo porcentaje de éxito y alto número de complicaciones en el paciente, tales como punción vascular, punción pleural, aplicación intraneural o intravascular del anestésico local, toxicidad medicamentosa, entre otras (47-50). Posteriormente aparece el BNP por neuroestimulación, siendo ésta la estimulación de la estructura nerviosa a bloquear sin visión directa, con el resultado de su respuesta motora o sensitiva, y posterior aplicación del AL; esta técnica demostró mayor eficacia y menor número de complicaciones con respecto a las técnicas tradicionales (49), pero más complicaciones y menor rendimiento con respecto al bloqueo periférico guiado por ecografía (BPGE) (51,52). No fue sino hasta 1994, cuando se describió la visualización directa del plexo braquial y la distribución del anestésico local, iniciándose el rápido avance de la anestesia regional, que ha continuado evolucionando hasta nuestros días (49). Actualmente los BNP se están desarrollando de la mano de la ultrasonografía, ya que esta herramienta ha demostrado múltiples beneficios para el paciente, así como para el profesional de la anestesiología y la institución de salud en la que se desarrollan los procedimientos, entre los cuales están: un mayor porcentaje de éxito en el

bloqueo, un inicio de acción más rápido, mayor duración del efecto, menor tasa de complicaciones en el paciente y se requiere de menos volumen para alcanzar el efecto deseado, independientemente de la antropometría del paciente, con reducciones de hasta un 40% de AL con respecto a otras técnicas (49,51,53,54,55); ello se explica, entre otras cosas, porque la guía ultrasónica logra la visualización directa de las estructuras que se van a intervenir (estructuras nerviosas), así como las estructuras adyacentes (músculos, vasos sanguíneos, hueso, pleura, etc.), y proporciona información no invasiva de la anatomía del paciente, la ubicación de la aguja en tiempo real, la distribución del medicamento de forma efectiva, garantizando así llegar al sitio que se quiere intervenir (52,56).

Los BNP son una técnica anestésica invasiva, que requiere la administración de un anestésico local en la vecindad de una estructura nerviosa para conseguir un efecto deseado, para procedimientos quirúrgicos o terapéuticos en sí (48), así como para manejo analgésico perioperatorio (57,58,59); son aplicables en todos los grupos etarios, y su aplicación de la mano con el US es especialmente atractiva en situaciones clínicas como difícil anatomía de superficie (obesos, intervención anterior en el sitio del bloqueo, edema), coagulopatías, lesiones nerviosas, traumatismo severo de extremidades, variabilidad anatómica, siendo posible, incluso, la combinación con neuroestimulación, en casos de no claridad de la anatomía (48,53,56,60).

**Tabla 1.** Ventajas de la ecografía para la realización de BNP

<b>Ventajas de la Ecografía para la realización de BNP</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Permite visualización directa de nervios, trayecto de la aguja y relación con las estructuras anatómicas más próximas.</li><li>• Permite visualización directa o indirecta de la distribución del anestésico local durante la inyección, con la posibilidad de reposicionar la aguja en caso de distribución inadecuada.</li><li>• Puede evitar eventos graves (inyección intraneural o intravascular).</li><li>• Permite la reducción de la dosis de anestésico local.</li><li>• Acorta la latencia en la instauración del bloqueo, con mejor calidad del mismo.</li><li>• Brinda mayor comodidad al paciente, gracias a la rápida identificación de los nervios a bloquear y la posibilidad de prescindir de las respuestas motoras de la neuroestimulación.</li></ul>

Tomado de (49).

Hay que considerar que la USG en la anestesia regional también presenta desventajas, entre las cuales se destacan: requerimiento de aprendizaje específico por parte del anesthesiologo de los conceptos de USG, el manejo adecuado del equipo, control de la aguja, coordinación de movimientos durante la realización del bloqueo, y la necesidad de disponer del equipo, y no está exenta de complicaciones cuando el procedimiento es realizado por un anesthesiologo sin

experiencia, tales como punciones vasculares, neumotórax, bloqueos fallidos, entre otros (49,52). Es por esto que los anestesiólogos y médicos residentes de anestesiología requieren una formación de calidad en este tema, facilitando la práctica en los bloqueos periféricos guiados por ecografía (BPGE), y beneficiándose, paciente, médico y sistema de salud, de las ventajas que esta técnica ofrece (56).

El aprendizaje en BPGE se fortalece cuando se inicia con bases teóricas de ultrasonografía, conocimiento de sonoanatomía, prácticas en simulación, y, posteriormente, se lleva este conocimiento a la práctica clínica. Se recomienda, a los anestesiólogos y residentes, realizar una curva de aprendizaje basándose inicialmente en modelos inanimados (52,76,77,78,) llevando un registro de las actividades, evolución en el conocimiento, número de procedimientos y tipo de complicaciones de la fase clínica (79,80); para esto, se requiere la disponibilidad de recurso humano experto en BPGE que dirija a los aprendices, el recurso tecnológico permanente en la institución, y los pacientes seleccionados adecuadamente para cada procedimiento; actualmente, los factores que retardan el apogeo de los BPGE en distintos centros son: el costo de los equipos, y la realización de la curva de aprendizaje (49,56,70,71,81,82). El Consejo de Acreditación para Educación Médica de Posgrado (ACGME), ha definido como mínimo 40 BNP para la formación en el posgrado, sin embargo, se ha demostrado que aún con la realización de 60 procedimientos de BPGE se siguen presentando hasta 2.8 errores por aprendiz y por procedimiento (52,55).

Estudios recientes han demostrado que la estandarización de rotaciones en anestesia regional guiada por ecografía, hasta de 4 semanas, ha aumentado en los estudiantes la capacidad del aprendizaje en sonoanatomía (52), con un mínimo de 28 bloqueos con retroalimentación activa para la adecuada visualización de la aguja en ultrasonido (83,84,85); otros estudios demuestran, en estudiantes que

recibieron preparación en simulación, que tuvieron éxito en bloqueos después del quinto procedimiento, con respecto a quienes no recibieron entrenamiento en simulación, mostrando éstos últimos éxito tras el séptimo bloqueo; asimismo, los estudiantes que previamente se prepararon con simulación, demostraron éxito global de 64% vs 51.3% con respecto a los estudiantes de aprendizaje directo en clínica (73).

Dada la correlación íntima del plexo braquial con grandes vasos como la vena yugular, vena subclavia, arteria carótida, vertebral y subclavia, y su gran porcentaje de variantes anatómicas, se constituye en objeto potencial de complejidad técnica y complicaciones (48,61), por tanto para este tipo de BNP se requiere, además de entrenamiento, el equipo técnico apropiado, con transductores lineales de alta frecuencia en rango de 5-10 MegaHertz (MHz) o 8-14 MHz, los cuales brindan la resolución requerida en este tipo de estructuras (a diferencia de los bloqueos en miembro inferior, que suelen requerir transductores de baja frecuencia, puesto que prima la profundidad), y modos doppler para identificación de estructuras adyacentes (47,61). Con el personal adecuadamente entrenado, cumpliendo las disposiciones de la comisión mixta, en escenarios idóneos, con paciente adecuadamente seleccionado y equipos e insumos apropiados, los bloqueos del plexo braquial guiados por ultrasonido (interescalénico, supraclavicular, infraclavicular, axilar, canal humeral), tienen porcentaje de éxito hasta el 97.5%, con altos grados de satisfacción del paciente, el cirujano y el anestesiólogo. (49,63,64,65).

La Sociedad Americana de Anestesia Regional (ASRA), en conjunto con la Sociedad Europea de Anestesia Regional (ESRA), comisión mixta, han establecido la importancia del aprendizaje en BPGE por parte de los anestesiólogos y médicos residentes, dando pautas para el buen ejercicio de un BPGE, entre las cuales se destacan: Visualizar las estructuras anatómicas

(nervios, vasos, huesos, etc.), confirmar la normalidad de la anatomía o sus variantes, uso de agujas adecuadas para el bloqueo, adecuada asepsia, observar la aguja en todo el procedimiento, si lo requiere confirmar con una segunda técnica como la neuroestimulación, realizar una inyección de prueba del anestésico local de bajo volumen, corregir la posición de la aguja si no hay distribución satisfactoria del AL, visualizar la totalidad de la inyección anestésica, adecuado monitoreo del paciente, y la realización en una sala de cirugía con medidas de atención urgente disponibles (56,70). Asimismo, la Comisión Mixta ha considerado 4 habilidades básicas para una buena práctica en los BPGE:

1. Manejo del equipo y comprensión de la formación de imágenes

Conocer los principios de la formación de la imagen, seleccionar el transductor adecuado, profundidad y enfoque adecuado, uso adecuado de la ganancia sectorial y global, manejo adecuado del doppler, archivo de imágenes.

2. Optimización de la imagen

Presión, alineación, rotación e inclinación adecuada del transductor.

3. Interpretación de la imagen

Identificar nervios, musculo, fascia, hueso, pleura, vasos sanguíneos, diferenciar vena de arteria, identificar artefactos acústicos (sombra acústica posterior, reverberación, cola de cometa, reforzamiento acústico, etc.) y anatómicos, visualización de estructuras en eje corto (vista transversal de la estructura) y eje largo (vista longitudinal de la estructura), además de trayectoria vascular en la dirección de la aguja.

4. Visualización de la aguja y la inyección del anestésico.

Aprender la técnica en plano (aguja ocupando el plano del haz de ultrasonido, visualización total) y fuera de plano (aguja perpendicular al plano de ultrasonido, visualización de la zona de la aguja que esté intersectando el plano), reconocer los beneficios y las limitaciones de ambas técnicas, reconocer la ubicación de la aguja, identificar la correcta difusión del anestésico local, mantener una ergonomía adecuada, minimizar el movimiento del transductor (56,70).

Se deben tener presente las contraindicaciones (absolutas o relativas) para la realización de BNP guiados por ultrasonido (76), tales como rechazo del paciente, lesiones neurológicas previas en el sitio de punción, coagulopatía, infección en el sitio de punción, alergia a los anestésicos locales (63, 66, 76), y cumplir con las normas de la comisión mixta para la buena práctica de los BPGE (72,84).

### **1.3 CURVAS DE APRENDIZAJE Y SIMULACIÓN EN ENSEÑANZA MÉDICA**

El concepto clásico de curva de aprendizaje, en su acepción original, hacía referencia a la predicción de la disminución en el requerimiento del tiempo necesario para doblar la productividad en la industria aeronáutica (27). Dicho concepto ha sido extrapolado a las disciplinas de la salud, específicamente en el campo de procedimientos intervencionistas, significando el número de procedimientos en el tiempo requeridos para lograr índices de éxito y complicaciones aceptables; involucra los principios de la teoría del aprendizaje, como son la motivación, el refuerzo positivo, retroalimentación, aprender haciendo, repetición espaciada, tamaño apropiado de la lección, objetivos claros y enseñanza de la teoría (28,29). Asimismo, sigue las fases o patrones del aprendizaje: fase inicial de descorazonamiento, rendimiento acelerado, meseta y máxima pericia (28) y excluye el concepto de curva de mejoramiento, que hace referencia al logro de la experticia (índices de éxito y complicaciones excelsos)

combinado con optimización del entorno (fuentes, recursos, interacciones interdepartamentales, etc.), lo cual desemboca, en últimas, en una mejoría de la eficiencia (28). Dicha curva de aprendizaje depende, en gran medida, de rasgos de carácter y aptitudes del individuo, sobre los cuales no se pretende intervenir externamente, puesto que son inherentes a la persona; depende también del proceso a aprender, siendo, en medicina por ejemplo, los procedimientos mínimamente invasivos de aprendizaje más complejo que los procedimientos abiertos (30), y también depende del medio de enseñanza en el que se desenvuelva el aprendiz, y es aquí donde es posible realizar intervenciones de probado impacto. Se ha determinado que la enseñanza sobre sistemas inanimados, junto con un esquema ordenado que involucre cabalmente las variables de la teoría del aprendizaje arriba descritas, con tutores con experiencia en la tarea y en enseñanza, contribuye enormemente al proceso de aprendizaje (15,30,31). Dentro de dichos modelos inanimados, cobran especial importancia los sistemas de Simulación.

La simulación (del latín *Simuläre*), por definición de la Real Academia Española de la Lengua, es “representar algo, fingiendo o imitando lo que no es”. Dicho concepto ha tenido acogida a nivel de la educación médica al permitir integrar el conocimiento a la práctica en un entorno seguro para el paciente y el médico, al mismo tiempo que permite que el aprendiz asuma un proceso de aprendizaje activo, dinámico, significativo, y en un contexto de funcionalidad (32). En el contexto específico de AVC y BNP guiados por ultrasonido, para muchas escuelas, la simulación es el paso inicial en el proceso práctico de consolidación del conocimiento, ya que permite dominar las habilidades iniciales requeridas antes de enfrentarse al paciente: habilidad para visualizar la aguja, y, específicamente, la punta conforme avanza; habilidad para mantener visible la aguja en el abordaje en plano, o identificar la aguja en el abordaje fuera de plano; habilidad para guiar el aguja a un punto escogido y; habilidad para colocar un

catéter (33). Dichas habilidades, ejecutadas en estudios de curvas de aprendizaje de AVC han arrojado cifras dispares: entre 10 y 25 procedimientos para superar la etapa de “inexperto” (11), e incluso propuestas de aptitudes de asociaciones de postgrados de Anestesiología en Colombia, que manejan la cifra de 30 procedimientos supervisados por personal entrenado (34).

Para llevar a cabo estas tareas, existen en el mercado diversos tipos de simuladores, que pueden ser orgánicos e inorgánicos; los primeros hace referencia a modelos anatómicos animales, totales o parciales, previamente procesados para aumentar conservación, disminuir contaminación y características organolépticas “incómodas”, tales como pechugas de pollo, pavo, muslo de cerdo, etc., que brindan una retroalimentación táctil y visual aproximada al tejido humano, aunque con variaciones obvias en calibre de estructuras y anatomía (33); los segundos pueden ser totales o parciales (representaciones totales o parciales del cuerpo humano), simuladores de realidad virtual (cuyo funcionamiento se realiza enteramente con un software de computadora) o simuladores físicos (de cuerpo presente), alimentados o no por computador (29,33,35). Dentro de éstos últimos, cabe resaltar los simuladores llamados “fantasmas”, “fantomas” o *phantoms*, por su expresión en inglés, cuyo objetivo es imitar las propiedades sonográficas, anatómicas y funcionales del cuerpo humano, permitiendo identificar estructuras pertinentes (piel, tejido celular subcutáneo, fascias, nervios, arterias, venas, ganglios linfáticos, etc.), y permitiendo la identificación de agujas y catéteres (variables éstas que también dependen del tipo de aguja o catéter y el fabricante) (35), hidrodisección, entre otros, y siendo, en orden de funcionalidad y similitud, de menor a mayor, el agua (que permite visualización óptima, pero cuya imagen no es comparable al cuerpo humano, no fija la aguja ni ofrece resistencia táctil), los modelos de gelatina y agar (con objetivos inmersos, permiten guiar la aguja hacia ellos, son baratos, fabricables artesanalmente, comunes, aunque adolecen de falta de correlación

sonoimagenológica con el cuerpo humano), los “Blue Phantom®”, y los modelos de cadáveres frescos (que son los modelos que ofrecen mejor retroalimentación táctil, pero cuya principal desventaja es su “escasez” (35). Dentro de esta variedad de simuladores, cabe destacar el sistema “Blue Phantom”: modelos anatómicos parciales, con estructuras inmersas en una matriz sintética de propiedades sonográficas y táctiles similares a los tejidos humanos (aunque no ofrecen artefactos de imagen y poseen baja ecogenicidad, optimizando falsamente la visualización de la aguja), cuya principal desventaja es su costo (alrededor de 400 dólares) (35); sin embargo, ofrecen múltiples ventajas, entre las cuales figuran: simulan latidos vasculares con dispositivos de bombeo, son autosellantes, es decir, permiten instilación de líquido, el cual se drena y no deja cavitación ni túneles de paso de la aguja, imitan aceptablemente las condiciones de tejidos blandos humanos, son portátiles, permiten la realización de diversas tareas en múltiples áreas del cuerpo (cuello – miembro superior, ingle – región femoral, muslo – rodilla, etc.), entre las cuales figuran el establecimiento de AVC y la realización de BNP. Múltiples estudios demuestran la utilidad de los *phantoms* en el aprendizaje de las tareas básicas mencionadas anteriormente, y su papel facilitador en la evaluación de competencias y aptitudes del aprendiz, como paso previo a avanzar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, abordando convenientemente el dilema ético de aprender habilidades básicas invasivas directamente en humanos (sin querer reemplazar el aprendizaje que se consolida al lado del paciente) (29,35), y que hacen parte de las destrezas pertinentes que se requiere que sean de dominio por parte de los especialistas en Anestesiología y Reanimación (34,36).

## 2. JUSTIFICACIÓN

Cada día hay mayor evidencia que los Bloqueos Nerviosos Periféricos (BNP) y los Accesos Venosos Centrales (AVC) guiados por Ultrasonografía (USG), incrementan la tasa de éxitos, reduce las complicaciones, y son costoeficientes. Estos procedimientos, que históricamente se realizaban a “ciegas”, guiados solo por puntos anatómicos o neuroestimulación (en caso de BNP) han favorecido el renacer de la práctica de la anestesia regional y ha vuelto más seguro el AVC en salas de cirugía, Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) y salas de urgencias.

Desde el año 2001, la agencia de Investigación y calidad en salud de Estados Unidos, colocó en el Top 10 a los AVC guiados por USG, como uno de los procedimientos que elevan la seguridad de los pacientes (37). En el 2002 el Instituto de Excelencia Clínica de Inglaterra (NICE) hace pública una recomendación similar (38), sin embargo, pasaron 10 años para que el uso de la USG fuese incluida en las guías clínicas de AVC y de BNP de la Sociedad Americana de Anestesiología (ASA) (3).

Las investigaciones sobre BNP y AVC guiados por US y curvas de aprendizaje, reconocen que ambos procedimientos requieren un entrenamiento previo, no solo en el manejo del equipo, sino en la interpretación de la imagen ecográfica, conocimientos que ayudan a optimizar el entrenamiento y aprendizaje de los mismos.

Se debe reconocer que la USG, a pesar de haber demostrado ser costo-eficiente, también es “operador-dependiente”, por tal motivo, la capacitación debe ser realizada en un ambiente seguro y controlado, exento de la mayor cantidad posible de riesgos para el paciente (simulación médica), y por personal con

experiencia, conocimientos y con posturas objetivas, antes de ser llevado a los escenarios clínicos, lo cual es considerado como uno de los ejes fundamentales de la enseñanza y la práctica médica actual.

El uso de la USG en escenarios de simulación, abre una nueva etapa en el campo de la enseñanza de la anestesiología, que ha demostrado un mejor rendimiento en la realización de la curva de aprendizaje del residente y del especialista, dando valor agregado a su preparación, y permitiéndole una herramienta que le puede facilitar la toma de decisiones en tiempo real.

El postgrado de Anestesiología y Reanimación UIS, a pesar de tener una vasta experiencia en la formación de especialistas, en este momento aún es “novato” en la práctica de la USG como ayuda en los AVC y BNP, lo cual hace que se requiera de su enseñanza formal, inicialmente en escenarios simulados, y, seguidamente, en la práctica clínica habitual, tanto de los residentes como de los médicos especialistas.

Por lo anterior, consideramos que esta propuesta investigativa está plenamente justificada, deseando evaluar la curva de aprendizaje, y, a su vez, generar la implementación del uso de la USG en las guías de práctica clínica en Anestesiología y UCI.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las curvas de aprendizaje de anestesiólogos y residentes de anestesiología inexpertos en bloqueos nerviosos periféricos y accesos vasculares centrales guiados por ultrasonografía en escenarios simulados.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Capacitar a los participantes en:

- ✓ El manejo y operatividad de equipos de USG, para manejo, interpretación y localización de las estructuras vasculares centrales y nerviosas regionales.
- ✓ Técnicas sistemáticas de exploración e identificación de estructuras anatómicas.
- ✓ Técnicas de BNP guiados por USG en escenarios simulados.
- ✓ Técnicas de AVC guiados por USG en escenarios simulados.

2. Promover la cultura de procedimientos seguros guiados por US.

3. Describir la curva de aprendizaje de BNP y AVC en escenarios simulados.

#### **4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo es la curva de Aprendizaje de AVC y BNP Guiados por Ultrasonido en modelos simulados por personal sin experiencia en ultrasonido?

## **5. HIPÓTESIS INVESTIGATIVA**

La curva de aprendizaje de educandos sin experiencia en ultrasonido de AVC y BNP guiados por US en modelos simulados es corta, con independencia de experiencia clínica, presaberes o habilidades motoras.

## **6. TIPO DE ESTUDIO**

Observacional, descriptivo y analítico.

## **7. MUESTRA**

Incluyó todos los residentes del postgrado de Anestesiología y Reanimación de la UIS (10 estudiantes), los autores exclusivos, y todos los profesores que desarrollan sus actividades docente-asistenciales en el Hospital Universitario de Santander y que NO poseían experiencia en el abordaje ecoguiado de AVC y BNP (3 profesores).

## 8. MATERIALES Y METODOS

### 8.1 METODOLOGÍA

**8.1.1 Participantes.** En la elaboración de las Curvas de Aprendizaje de Bloqueos Nerviosos de Miembro Superior y Accesos Vasculares Ecoguiados, se contó con la participación de los diez (10) residentes restantes del postgrado de Anestesiología y Reanimación de la Universidad Industrial de Santander, siendo cuatro (4) residentes de primer año, cuatro (4) residentes de segundo año y los dos (2) residentes de tercer año, diferentes a los autores. Asimismo, se aplicó la metodología a tres (3) profesores del Postgrado, los cuales brindan docencia y asistencia en Anestesiología en el Hospital Universitario de Santander.

### 8.2 FASES

**8.2.1 Fase I.** En esta fase se realizaron siete (7) sesiones magistrales con los integrantes del postgrado de Anestesiología y Reanimación UIS, contando con la colaboración de una profesora invitada, un profesor del postgrado de Anestesiología UIS, ambos expertos en anestesia regional y uso de ultrasonido, y uno de los autores. Las sesiones se distribuyeron así:

- **Sesión 1:** Generalidades de Ultrasonido – Ultrasonido en Anestesia. Dra. María Fernanda Rojas. Duración 45 minutos, Participantes 24.
- **Sesión 2:** Generalidades de Equipos. Dra. María Fernanda Rojas. Duración 45 minutos, Participantes 24.
- **Sesión 3:** Generalidades de Agujas y control de puntas. Dra. María Fernanda Rojas. Duración 45 minutos, Participantes 24.

- **Sesión 4:** Bloqueos ecoguiados miembro superior: abordajes Supraclaviculares. Dr. Juan Rafael Iguarán. Duración 45 minutos, participantes 29.
- **Sesión 5:** Bloqueos ecoguiados miembro superior: abordajes infraclaviculares. Dr. Juan Rafael Iguarán. Duración 45 minutos, participantes 29.
- **Sesión 6:** Accesos Venosos Centrales ecoguiados. Dr. Juan Pablo Azar (autor). Duración 45 minutos, participantes 19.
- **Sesión 7:** Accesos Arteriales ecoguiados. Dr. Juan Pablo Azar (autor) Duración 45 minutos, participantes 19.

**Total Duración de la Fase 1: 315 minutos.**

**Participantes promedio por sesión: 24.14.**

**8.2.2 Fase II.** En esta fase se permitieron tantas sesiones de máximo 30 minutos como fueran necesarias para cada participante, abordando conceptos prácticos de manejo de equipo, ganancia, profundidad, foco, zoom, modo de exploración, aguja en plano, fuera de plano, eje corto, eje largo, hasta lograr parámetros de excelencia. La manipulación del equipo se realizó de forma individual por cada participante, con seguimiento, retroalimentación y evaluación por al menos uno de los dos autores. Se contó con los equipos Sonosite 3000®, Mindray Z6®, Ezono 3000®, y agujas Sonoplex Braun® 50mm y 100mm.

**8.2.3 Fase III.** En esta fase se procedió a realizar prácticas en modelos simulados en computador (Ultrasound Guided Nerve Blocks on DVD 2008, Lippincott Williams&Wilkins®), realizando sesiones a necesidad, de duración máxima 30 minutos cada una, hasta lograr la excelencia en los logros, retroalimentadas y evaluadas por al menos uno de los dos autores. Posteriormente, se procedió con modelos simulados reales: Branched Two Vessel

Blue Phantom (CAE Healthcare®) para hidrodisección, Phantom casero de gelatina para canalización vascular, punción y visualización aguja, Phantoms orgánicos animales (pechugas de pollo para punciones y visualización aguja, hígado de vaca para canalización vascular). Para estas prácticas se contó con el equipo Sonosite Edge®, agujas Stimuplex Braun® 50mm – 80mm y Catéteres Venosos Centrales Certofix Duo Braun®. El apartado de sonoanatomía se practicó en modelos humanos voluntarios, en eventos académicos acreditados, liderados por el postgrado que circunscribe este trabajo, y donde se les guardó confidencialidad y consideración y se les brindó respeto y gratitud.

La definición del límite de tiempo de cada sesión buscaba respetar los conceptos pedagógicos de sesión de entrenamiento, los cuales recomiendan que, ante un concepto nuevo, se delimite el tamaño de la lección, no se permita el agotamiento de la capacidad de atención del educando, se realice retroalimentación guiada y se permita descanso entre sesiones (28,29). Asimismo, se permitieron repeticiones de una misma sesión, hasta lograr los parámetros de excelencia, buscando reforzamiento de cada concepto introducido. Una vez logrado el dominio de la sesión, se permitía el avance a la siguiente, de acuerdo con el orden del proceso de aprendizaje establecido por los autores, en busca de un aprendizaje estructurado, coherente y progresivo. La evaluación de todas las prácticas correspondió exclusivamente a los autores, quienes siguieron previamente el mismo proceso de aprendizaje de ultrasonido en tales procedimientos.

Todos los datos recogidos en el instrumento de recolección diseñado, se trasladaron a una base de datos en Excel 2013 (Microsoft®), y posteriormente procesados en STATA 14.0 (Stata Products®).

Las características de los participantes fueron descritas usando medias y proporciones, y su respectivo intervalo de confianza del 95% (IC95%). Todas las

variables fueron analizadas con la prueba t de Student,  $\chi^2$  o análisis de varianza según el caso, para evaluar las diferencias entre las variables dicotómicas y continuas, respectivamente. Se construyó una curva de aprendizaje de cada participante y una curva general para los BNP y los AVC. Se analizaron, al final, dos grupos, AVC y BNP, y se evaluó si existían diferencias en la curvas de aprendizaje. Adicionalmente se analizaron dos poblaciones, residentes y anesthesiólogos, y se evaluó si existieron diferencias en la curvas de aprendizaje. Se asumió como diferencia estadísticamente significativa aquella donde el valor de p era inferior a 0.05.

## 9. DEFINICIONES Y CALIFICACIÓN DE LOGROS.

1. **Logro:** Cada una de las cuatro variables a aprender en cada intento, definidas por la comisión mixta ASRA-ESRA (56). Éstas son:

a. **Manejo del Equipo:** dominio de los conceptos y controles de encendido – apagado, escogencia de sonda, profundidad, ganancia global, ganancia zonal, modo de exploración, protección y vestido de equipo, cuidados básicos, limpieza.

✓ **Excelente:** dominio de todas las variables.

✓ **Regular:** dominio de variables encendido, profundidad y ganancia.

✓ **Mala:** No dominio de profundidad o ganancia.

b. **Optimización de Imagen:** Habilidad en lograr imagen nítida, típica y estable, dominio de lateralidad, objetivo centrado, foco.

✓ **Excelente:** Todas las siguientes: imagen estable, nítida, típica, dominio de lateralidad, foco y objetivo centrado.

✓ **Regular:** Todas las siguientes: imagen estable, típica, dominio de lateralidad.

✓ **Mala:** Alguna de las siguientes: imagen no estable, no típica, no dominio de lateralidad.

c. **Interpretación de Imagen:** Capacidad de identificar la estructura objetivo tras lograr una imagen típica (de referencia), utilizando las maniobras de escaneo, birrefringencia, colapsabilidad, doppler, pulsatilidad, morfología.

- ✓ **Excelente:** Habilidad de lograr imagen típica, identificación de estructura objetivo con claridad y seguridad, y visualización de estructuras vecinas.
  - ✓ **Regular:** Identificación de estructura objetivo con imagen no óptima.
  - ✓ **Mala:** No identificación de estructura objetivo.
- d. **Visualización de la Aguja:** Habilidad de visualizar la aguja en su totalidad en el abordaje en plano, incluyendo detalle del bisel, o de identificar la aparición de la punta y hacer seguimiento en tiempo real en el abordaje fuera de plano.
- ✓ **Excelente:** visualización de la totalidad de la aguja, reverberación intensa, visualización del plano del bisel de la punta (en plano); brillo nítido activo (fuera de plano).
  - ✓ **Regular:** visualización de segmento distal de la aguja, incluyendo bisel (en plano); Brillo homogéneo con estructuras vecinas (fuera de plano).
  - ✓ **Mala:** no visualización de aguja, sólo movimiento de tejidos; visualización de segmento proximal de la aguja (en plano); no visualización de brillo metálico (fuera de plano).

2. **Excelencia:** Habilidad calificada “excelente” en cada logro.

3. **Sesión:** Cada una de las 7 capacitaciones teóricas.

4. **División:** Cada una de los 2 dominios del trabajo (AVC / BNP).

5. **Módulo:** Unidad de cada división, integrado por un número variable de prácticas. Hay tres módulos por cada división (Sonoanatomía – Interacción – Equipo).
6. **Práctica:** cada una de los componentes de un módulo (17 en total de todos los módulos).
7. **Intento:** ensayo de cada práctica de entrenamiento.
8. **Número de Punciones:** sumatoria de punciones de piel + redireccionamientos tras salir al plano definido como tejido celular subcutáneo, realizados durante un Intento.
9. **Duración del Intento (minutos):** duración de cada ensayo individual (tiempo activo de práctica). La suma de los intentos compone una práctica.

## 10.RESULTADOS

### 10.1 FASE I

En esta fase se realizaron siete (7) sesiones magistrales con los integrantes del postgrado de Anestesiología y Reanimación UIS. La duración total de la Fase I fue de 315 minutos, con un promedio de participantes por sesión de 24.14 (ver tabla 1).

**Tabla 2.** Resultados Fase I.

<b>Sesión</b>	<b>Duración (Minutos)</b>	<b>No. Participantes</b>
Generalidades de ultrasonido	45	24
Generalidades de equipos	45	24
Generalidades de agujas y control de puntas	45	24
Bloqueos ecoguiados miembro superior/ supraclaviculares	45	27
Bloqueos ecoguiados miembro superior/ infraclaviculares	45	27
Accesos venosos centrales ecoguiados	45	19
Accesos arteriales ecoguiados	45	19
<b>Duración total Fase I</b>	<b>315</b>	
<b>Promedio Asistentes por Sesión</b>	<b>24.14</b>	

## 10.2 FASES II Y III

Tras la Fase I, se excluyeron los docentes con experiencia en ultrasonido, y los que no realizaban asistencia docente en el Hospital Universitario de Santander, configurando el grupo de estudio que se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Participantes de la curva de aprendizaje

Evaluados	Número
Especialistas	3*
Residentes 1er año	4
Residentes 2do año	4
Residentes 3er año	2
Total	13
Promedio Experiencia Especialistas	19 años

\*Datos completos de sólo 1

El número total de intentos por práctica realizados por los participantes fue de 336, con duración determinada por las necesidades de cada educando, entre 9 minutos y 30 minutos, hasta lograr la excelencia. La distribución de prácticas de acuerdo a grupos se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4.** Intentos por grupos de participantes

Participantes	% Intentos (n)
Residente 1 Año	33.63 (113)
Residente 2 Año	31.55 (106)
Residente 3 Año	14.88 (50)
Total Residentes	80.06 (269)
Especialista	19.94 (67)
<b>Total</b>	<b>100.00 (336)</b>

El mayor número de intentos lo realizaron los residentes de primer y segundo año, 64% del total del grupo de estudio; no obstante ello, el número de intentos de manera individual fue similar para todos (promedio 25,8 prácticas por educando). De igual manera, la distribución de intentos por divisiones (AVC, BNP, prácticas mixtas) dentro de cada grupo fue similar (residentes: vascular 32%, bloqueo 41%, mixtas 27%; especialistas: vascular 50%, bloqueos 25%, mixtas 25%). El número de intentos por cada práctica osciló entre 12 (anatomía vasos femorales) hasta 39 (control de puntas en modelo simulado real), siendo el módulo de Interacción el que más intentos requirió (n=151, 44,9%, ver tabla 5).

**Tabla 5.** Porcentaje de intentos por prácticas de todos los módulos.

<b>Módulo</b>	<b>Práctica</b>	<b>% Intentos (n)</b>
<b>Equipo</b>	Conocimiento y manejo del equipo	8.63 (29)
<b>Sonoanatomía</b>	Sonoanatomía vasos femorales	3.57 (12)
	Sonoanatomía Vena YI y Art. Carótida	3.87 (13)
	Sonoanatomía PB Interescalénico	6.85 (23)
	Sonoanatomía vasos Subclavios	5.36 (18)
	Sonoanatomía PB Supraclavicular	5.36 (18)
	Sonoanatomía Arteria radial	3.87 (13)
	Sonoanatomía PB Infraclavicular	7.74 (26)
	Sonoanatomía Vasos Axilar y Braquial	3.87 (13)
	Sonoanatomía PB Axilar	5.95 (20)
<b>Interacción</b>	Control de puntas en simulación	11.61 (39)
	Software Bloqueo Interescalénico	7.44 (25)
	Software Bloqueo Supraclavicular	6.25 (21)
	Software Bloqueo Infraclavicular	4.76 (16)
	Software Bloqueo Axilar	4.17 (14)
	Canalización vascular en Phantom	3.87 (13)
	Ubicación e inyección en Phantom	6.85 (23)
	<b>Total</b>	<b>100.0 (336)</b>

PB, Plexo braquial, YI, Yugular Interna.

**10.2.1 Caracterización por módulos.** En el módulo **manejo de equipo**, los residentes de primer año realizaron el 41.38% de los intentos; los residentes de 2do año el 31,03%, y los residentes de 3er año y especialistas realizaron el 13,79% de los intentos en este módulo. En el **módulo sonoanatomía** se mantuvo la tendencia, siendo el grupo de residentes de primer año quienes más realizaron intentos (35,9% del total), mientras que los residentes de 3er año y los especialistas 15,38% y 19,23% de los intentos, respectivamente. Una discreta variación demostró el **módulo interacción**, donde los residentes de segundo año realizaron el 33,77% de los intentos.

Del total de intentos, el 35,41% correspondió al aprendizaje de AVC, 40,17% a BNP, con un número de intentos mixtos (útil para ambas divisiones) del 24,4% (Ver tabla 6).

**Tabla 6.** Intentos por módulos y por grupos de participantes.

Módulo	R1	R2	R3	Esp.	Total
<b>Manejo Equipo, % prácticas (n)</b>	41.38 (12)	31.03 (9)	13.79 (4)	13.79 (4)	<b>100 (29)</b>
<b>Interacción, % prácticas (n)</b>	29.8 (45)	33.77 (51)	14.57 (22)	21.85 (33)	<b>100 (151)</b>
<b>Sonoanatomía, % prácticas (n)</b>	35.9 (56)	29.49 (46)	15.38 (24)	19.23 (30)	<b>100 (156)</b>
<b>Total, % prácticas (n)</b>	<b>33.63 (113)</b>	<b>31.55 (106)</b>	<b>14.88 (50)</b>	<b>19.94 (67)</b>	<b>100 (336)</b>

R1: residentes 1er año; R2: residentes segundo año; R3: residentes tercer año;  
Esp: especialistas (docentes)

**10.2.2 Intentos por división y grupo de participantes.** Entre las dos divisiones (ACV Y BNP), el de Bloqueo Regional fue el que requirió mayor número de intentos en simulación (40.18%) realizados en su mayoría por los residentes, con diferencias estadísticamente significativas entre especialistas, residentes y división ( $p < 0.05$ , ver tabla No 7).

**Tabla 7.** Intentos por División y grupo de participantes

Procedimiento	Porcentaje Intentos (n)	Porcentaje Intentos (n)	Porcentaje Intentos (n)
	Residentes	Especialistas	Total
Acceso Vascular	73.1 (87)	26.9 (32)	35.42 (119)
Bloqueo Regional	87.4 (118)	12.6 (17)	40.18 (135)
Ambos	78 (64)	22(18)	24.40 (82)
<b>Total</b>	<b>80.1(269)</b>	<b>19.9 (67)</b>	<b>100 (336)</b>

Pearson  $\chi^2(2) = 8.3742$  Pr = 0.015

**10.2.3 Calidad de visualizaciones.** La excelencia en el manejo del equipo fue del 92.7%, siendo el más alto porcentaje con respecto a los otros módulos evaluados, con rendimiento superior, pero no significativo estadísticamente, del especialista, comparado con el residente ( $p=0.189$ ). La evaluación de los demás módulos fue en su orden: optimización imagen (83.74%), interpretación de imagen (73.62%) y muy bajo en la visualización de la aguja (58.33%), No se presentaron diferencias significativas al evaluar los residentes frente a los especialistas (ver tabla No.8).

**Tabla 8.** Rendimiento en logros por grupos de participantes.

Logro	Manejo Equipo			Optimización de imagen			Interpretación Imagen			Visualización Aguja		
	Global % (n)	R %	E %	Global % (n)	R %	E %	Global % (n)	R %	E %	Global % (n)	R %	E %
Excelente	92.7 (302)	91.5	98.2	83.74 (273)	81.7	93	73.62 (240)	75.1	66.7	58.33 (84)	59.3	53.8
Regular	4.91 (16)	5.6	1.8	11.96(39)	13.8	3.5	20.25 (66)	19.3	24.5	21.53(31)	22.9	15.4
Malo	2,45 (8)	2.9	0	4,29 (14)	4.5	3.5	6.13(20)	5.6	8.8	20.14(29)	17.8	30.8
<b>Total</b>	100% (326)			100% (326)			100% (326)			100% (326)		
<b>Valor p</b>	0.189			0.085			0.392			0.294		

R: Residentes, E: Especialistas.

**10.2.4 Número de intentos, punciones y tiempo.** En la búsqueda de la excelencia en los 4 logros, los módulos Manejo de Equipo y Sonoanatomía no se evaluaron en términos de punciones, puesto que se trataba de dominar los componentes del equipo en el primero, y de reconocer las estructuras anatómicas humanas en el segundo. No obstante, sí se evaluaron en términos de intentos y en tiempo. El módulo sonoanatomía requirió un mayor número de intentos en promedio, 1.98, a diferencia de equipo, con 1.97; e interacción 1.84. El Módulo Interacción requirió una inversión de 50 intentos, a su vez éstos compuestos por un total de 80 punciones, con un tiempo de 82 minutos. El módulo Sonoanatomía fue el que mayor tiempo requirió: 103 minutos (Ver tabla 9).

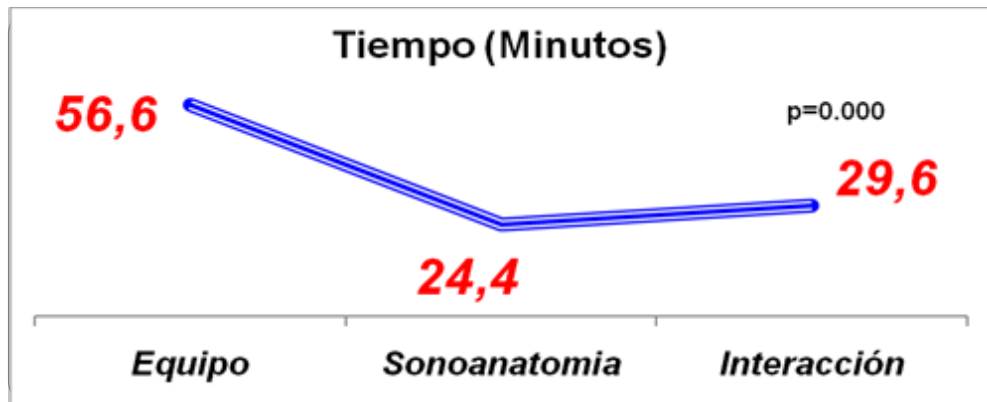
**Tabla 9.** Intentos, tiempo y punciones hasta la excelencia, por módulos.

Variable		Equipo	Sonoanatomía	Interacción
Número de Intentos	Frecuencia	113	106	50
	Promedio	1.97	1.98	1.84
	Desv. estándar	0.75	1.02	0.87
	Mínimo – Máx.	1 - 3	1 - 5	1 - 3
Tiempo Total (Minutos)	Frecuencia	13	103	82
	Promedio (min)	56.6	24.4	29.6
	Desv. estándar	22.4	14.2	19.8
	Mínimo – Máx.	20 - 84	6 - 63	5 - 90
Número de Punciones	Frecuencia	N.A.	N.A.	80
	Promedio	N.A.	N.A.	13.2
	Desv. estándar	N.A.	N.A.	11.3
	Mínimo – Máx.	N.A.	N.A.	2- 64

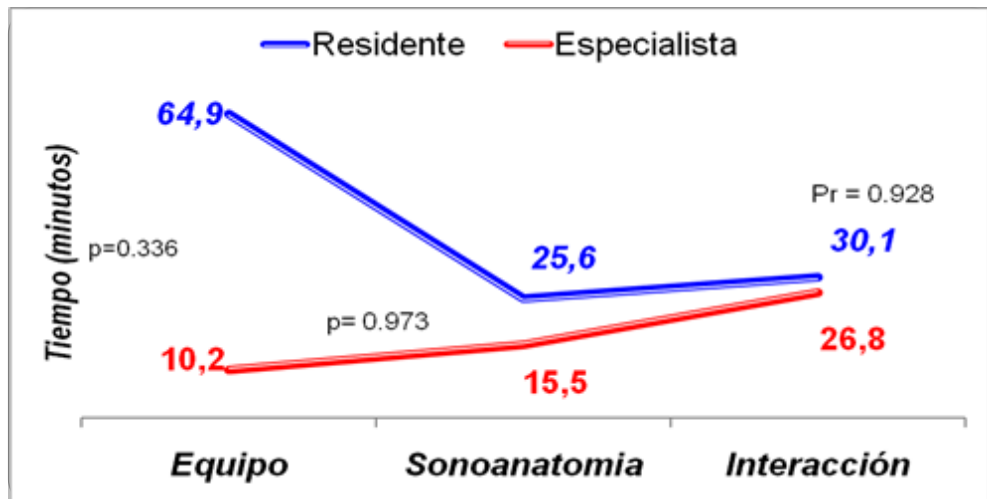
### 10.3 CURVAS DE APRENDIZAJE POR MÓDULOS

**10.3.1 Tiempo empleado por módulos.** El tiempo empleado en el módulo Sonoanatomía fue más corto (24.4 minutos), en comparación con los otros dos módulos, diferencia que fue estadísticamente significativa (Ver grafica N°.1). Asimismo, entre residentes y especialistas, el tiempo empleado observó diferencia clínica, aunque no estadísticamente significativa (ver gráfica No. 2).

**Figura 1.** Tiempo hasta excelencia por módulos de todos los grupos.



**Figura 2.** Tiempo hasta excelencia por módulos y por grupos.



**10.3.2 Intentos por prácticas hasta excelencia.** Sólo 1 residente requirió hasta 5 intentos en una práctica para lograr excelencia, esto en el módulo interacción. El acumulado de éxito de todos los grupos demostró excelencia desde el 3er intento por práctica de los módulos Sonoanatomía y Manejo de Equipo, y desde el quinto intento por práctica en el módulo Interacción (ver tablas 10 y11).

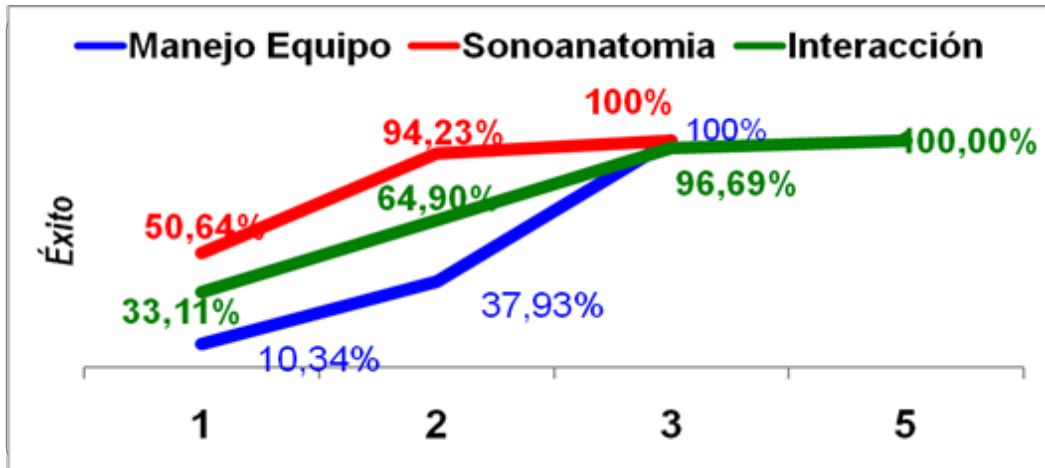
**Tabla 10.** Intentos hasta excelencia por cada práctica, todos los grupos.

Módulo	Número de Intentos				Total
	1	2	3	5	
Manejo Equipo	3	8	18	0	29
Sonoanatomía	79	68	9	0	156
Interacción	50	48	48	5	151
<b>Total</b>	<b>132</b>	<b>124</b>	<b>75</b>	<b>5</b>	<b>336</b>

**Tabla 11.** Acumulado de éxito por intentos de cada práctica, todos los grupos.

Módulo	% Acumulado de Éxito por intentos			
	1	2	3	5
Manejo Equipo	4,0%	28,0%	100,0%	-
Sonoanatomía	45,2%	92,9%	100,0%	-
Interacción	33,1%	60,2%	95,8%	100%
<b>Total</b>	<b>36,1%</b>	<b>72,5%</b>	<b>98,1%</b>	<b>100%</b>

**Figura 3.** Curva de Aprendizaje de intentos por prácticas de todos los grupos.



**10.3.3 Comparativa residentes vs. especialistas.** En el módulo de Sonoanatomía, los especialistas alcanzaron la excelencia en el segundo intento en cada práctica, a diferencia de los residentes que alcanzan la excelencia por práctica al 3er intento. En el módulo Manejo de Equipo, llama la atención que el 50% del grupo de especialistas llega a la excelencia en cada práctica en el primer intento, a diferencia del grupo de residentes, con el 4%. En el módulo Interacción, la excelencia se logró en el grupo de especialistas al 3er intento por práctica, a diferencia del grupo de residentes que lo logro hasta el 5to intento. En la gráfica 4 se muestra la Curva de Aprendizaje por módulos e intentos del grupo de Residentes, y en la gráfica 5 la Curva de Aprendizaje por módulos e intentos de los Especialistas.

Figura 4. Curva de Aprendizaje de intentos por práctica del grupo de Residentes.

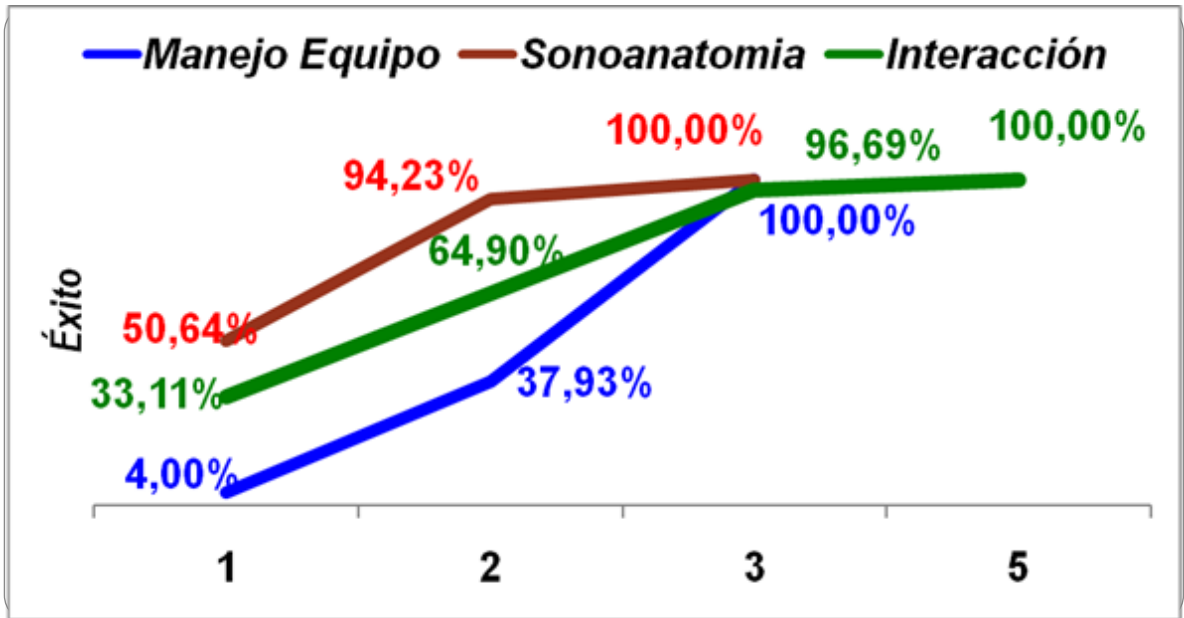
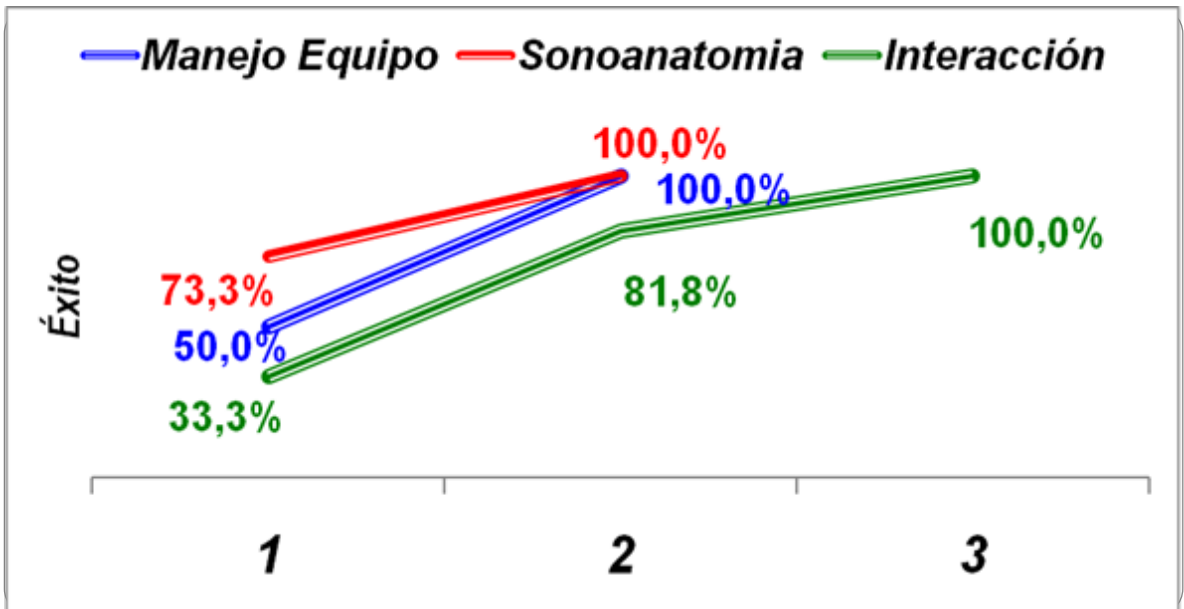
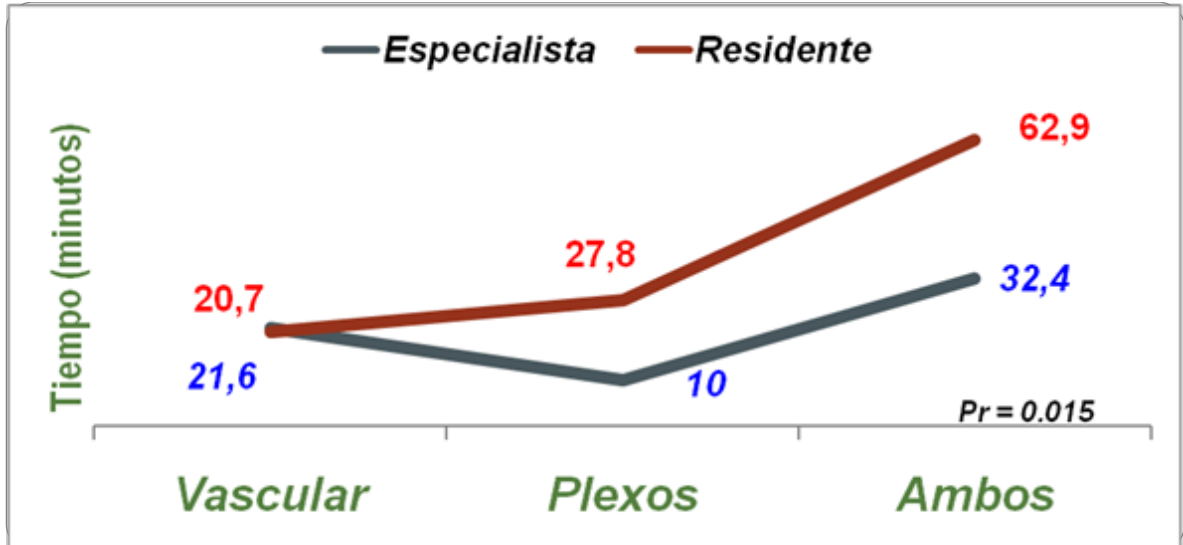


Figura 5. Curva de Aprendizaje de intentos por práctica del grupo de Especialistas.

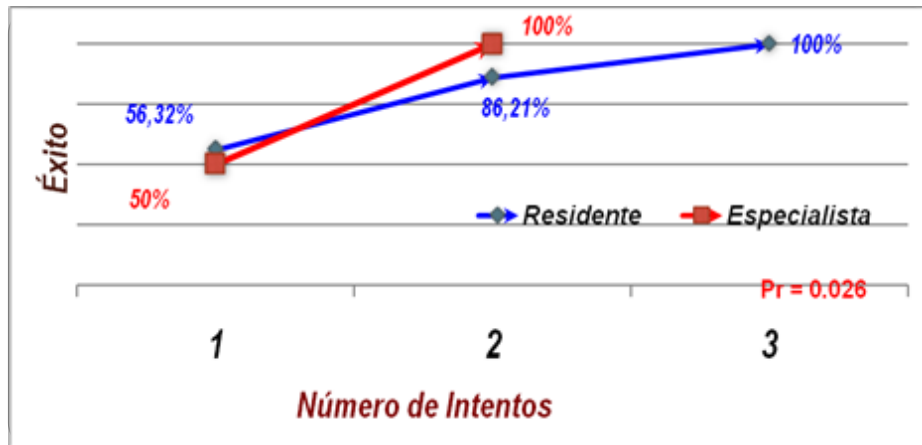


**10.3.4 Tiempo e intentos hasta la excelencia.** En la división AVC, para lograr la excelencia, a un residente del postgrado le tomó en promedio 62,9 minutos de prácticas mixtas (conocimiento y manejo de equipo, control de puntas, entre otros) + 20,7 minutos de práctica específica de accesos vasculares (Sonoanatomía, canalización de phantom vascular, etc). En términos de BNP para el mismo grupo, los tiempos fueron 62,9 minutos + 27,8 minutos, diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.015$ ). En términos de intentos, se logró excelencia al tercer intento por práctica en las dos divisiones. Para especialistas, los tiempos para AVC fueron 32,4 minutos de prácticas mixtas + 21,6 minutos de práctica específica, con 2 intentos por práctica hasta lograr la excelencia. El tiempo de práctica específica para BNP de especialistas fue de 10 minutos. En bloqueos nerviosos sólo hay datos de 1 especialista, quien logró Excelencia de 100% al primer intento (ver gráficas 6, 7,8).

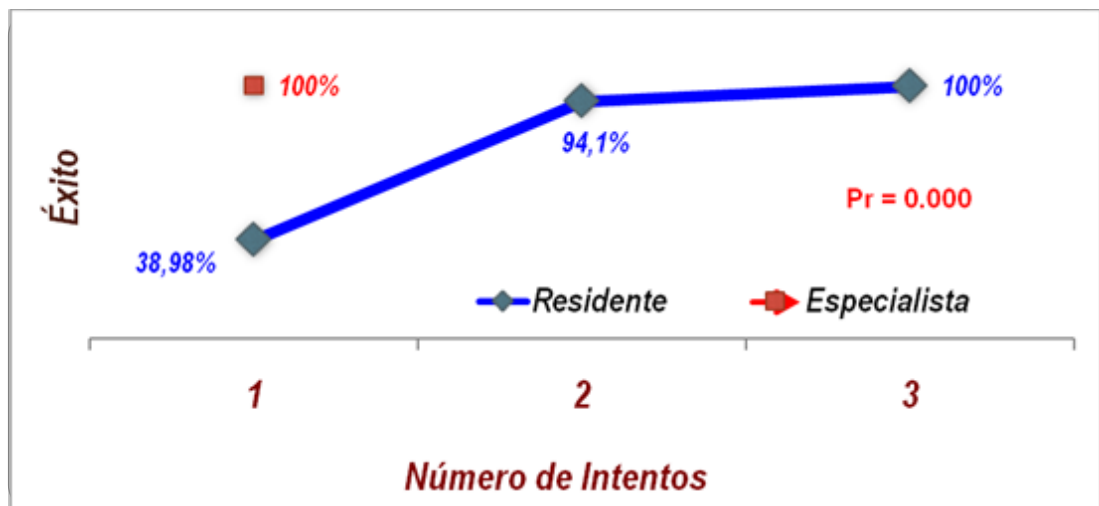
**Figura 6.** Curvas de tiempo hasta excelencia de cada división, por grupos.



**Figura 7.** Curvas de intentos por práctica hasta excelencia en AVC guiados por US, por grupos.

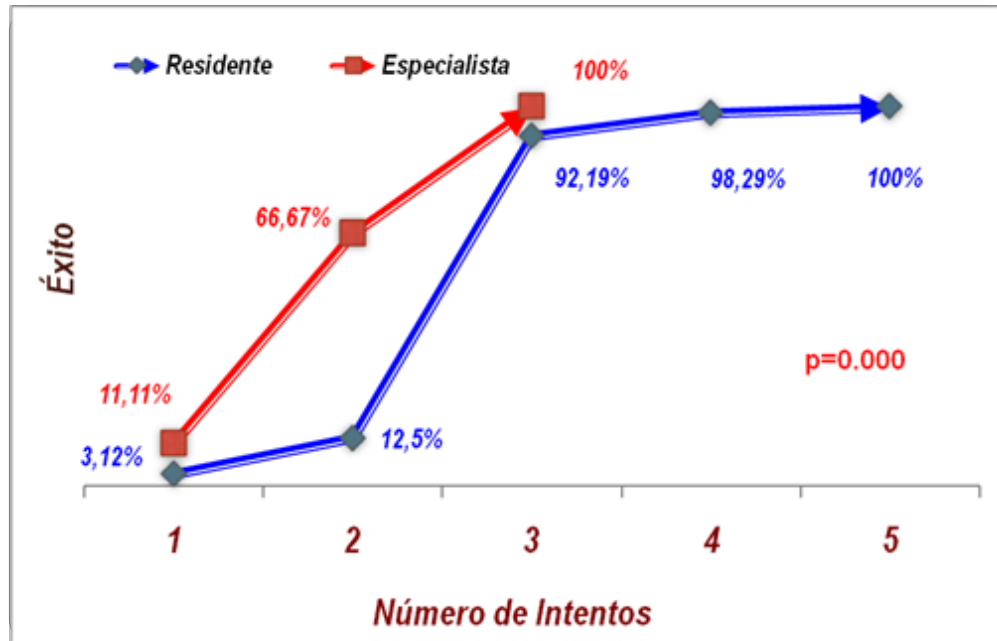


**Figura 8.** Curvas de intentos por práctica hasta excelencia en BNP guiados por US, por grupos.



**10.3.5 Curva de aprendizaje global en número de intentos por práctica.** El grupo de residentes llegó a la excelencia en prácticas al quinto intento, comparado con 3 intentos por práctica que requirió el especialista, con diferencias significativas estadísticamente (p: 0.000, ver gráfica 9).

**Figura 9.** Curva de aprendizaje global en número de intentos por práctica y por grupos de participantes de AVC y BNP guiados por US.



## 11. DISCUSIÓN

Este trabajo, dado su diseño y desarrollo, y a pesar de contar con una pequeña muestra, de la cual el 23.09 % fueron especialistas, arrojó resultados valiosos y válidos, dado que estaba encaminado a evaluar intentos y tiempo (no número de participantes), logrando cumplir los objetivos planteados. Asimismo, se emplearon equipos de reconocidas marcas y trayectoria, agujas de punta roma y bisel corto y catéteres apropiados para AVC y BNP, que facilitaron el aprendizaje en los educandos, buscando ir de lo más sencillo a lo más complejo; así, la heterogeneidad en el número de intentos por práctica que se requirieron en cada módulo, pudiera explicarse por el requerimiento técnico y lo innovador del conocimiento para el grupo: El módulo conocimiento y manejo del equipo fue el de más rápido dominio (n=29), probablemente por tratarse de variables simples, que no requieren construcción activa de un proceso o coordinación visuoespacial/mano-cerebro; aunado a ello, y aunque ya se dominara dicho módulo, siempre era necesario practicar tales logros, pues eran el punto de partida de toda la actividad (esto es, por ejemplo, prender el ecógrafo). Basado en este mismo raciocinio, era de esperar que el módulo que más prácticas requiriera fuera el de Interacción (44.9%), dado que era el más desafiante técnicamente (manejo de aguja, patrón de hidrodissección satisfactorio, canalización vascular con guía ecográfica, entre otros).

Siempre se logró la excelencia en los 4 logros propuestos por la comisión mixta ASRA-ESRA (manejo del equipo – optimización imagen – interpretación imagen y visualización de aguja, ésta última si aplicaba según la práctica). No obstante, con excepción de 1 caso aislado (1 especialista logró excelencia en las prácticas de la Curva de BNP guiado por US desde el primer intento en todos los logros), no se logró la excelencia desde el principio, puesto que los todos los participantes en el

estudio eran inexpertos en la realización de tales procedimientos con ultrasonido; el preconcepto o el conocimiento previo, tanto en los especialistas como en los residentes, pudiese haber facilitado que los éxitos al primer intento nunca estuvieran por debajo del 3.12%. Dentro del grupo de residentes, y entre los 3 módulos, el que planteó la mayor necesidad de inversión en tiempo, punciones e intentos, fue el correspondiente al denominado Interacción, donde se integraban los conceptos de manejo de equipo, control de puntas, patrón de hidrodisección y canalización vascular, y ello es debido a que integra conceptos y habilidades de los otros dos módulos. Si bien es el que menor número de Intentos requirió, cada Intento estaba compuesto por un número variable de prácticas, las cuales a su vez estaban compuestas por un número diverso de punciones (ver definiciones en el apartado correspondiente). A pesar de ello, no fue el módulo con mayor inversión de tiempo; el de mayor tiempo fue el módulo Equipo (con la consideración realizada previamente sobre este módulo). Un comportamiento diferente mostró el grupo de especialistas, el cual invirtió más tiempo en el módulo Interacción que en los otros dos. Eventualmente, esto es explicado por la mayor familiaridad que se tiene con la anatomía general y de superficie de las estructuras intervenidas, dada por la experiencia de su práctica clínica, y con eventuales contactos no formales con equipos de Ultrasonido durante acercamientos por actividades exclusivas del gremio de Anestesiología en sus años de ejercicio (ponencias, congresos, muestras comerciales, etc.), a las que los residentes no han tenido acceso previamente.

Referente al número de intentos por práctica hasta la excelencia, cabe resaltar que el número mínimo requerido fue de cinco (5), correspondiente al módulo Interacción. Cabe resaltar, nuevamente, que una práctica involucra, en este módulo específicamente, varias punciones. En términos generales, se lograron rendimientos superiores al 90% de éxito en los logros de cada práctica después del segundo intento en Sonoanatomía y al tercer intento en Manejo de equipo e

Interacción. De acuerdo con la curva correspondiente a este apartado, al segundo intento en Manejo de Equipo, las tasas de éxito se encontraban inferiores al 50%, con una pendiente que aumentó en inclinación hacia el tercer intento. Este patrón no se evidencia en los otros módulos, y pudiera deberse al hecho de que las actividades del módulo Manejo de Equipo siempre era necesarias (y asimismo evaluadas) como paso previo a la realización de las actividades de los otros 2 módulos; por ende, para evaluar las actividades del módulo Sonoanatomía, por ejemplo, se evaluaban las actividades que implicaban iniciar el funcionamiento del aparato (módulo Equipo) + las actividades propias de dicho módulo. Esto, sumado a las actividades de práctica y evaluación propias del módulo Manejo de Equipo, determinó que fuera el más ejecutado, el más reforzado, y, asimismo, el más evaluado. Este patrón no se observó en el grupo de especialistas, donde las pendientes de los 3 módulos fueron similares.

En lo relativo a inversión de tiempo hasta la excelencia, se mostró que los residentes invirtieron un tiempo total (tiempo de práctica exclusiva de cada división + tiempo de actividades comunes a ambas divisiones, o llamado tiempo mixto) de práctica de alrededor de 83 minutos para AVC y un tiempo similar para BNP (90 minutos), y 54 y 42 minutos, respectivamente, en el caso del grupo de especialistas. El menor tiempo en BNP, de los especialistas, pudiera explicarse nuevamente por la familiaridad y experiencia en este campo en particular que tiene este grupo; si bien la técnica con ultrasonido difiere con respecto a otros modos de localización del plexo, el punto de partida para el aprendizaje de toda técnica de localización y acceso es el mismo (indicaciones, anatomía, entre otros); hay que recordar que no se realizó curva de aprendizaje clínica en pacientes, sólo en modelos simulados. Por esta misma razón, requirieron un menor tiempo total en AVC; no obstante, el tiempo de práctica específica de AVC fue similar en ambos grupos (20,7 y 21,6 minutos para residentes y especialistas, respectivamente). Esto es explicado porque, en este tiempo específico, además

de realizar sonoanatomía de estructuras vasculares, y diferenciación ultrasónica entre vena y arteria, el procedimiento de canalización vascular realizado consistía, entre otras cosas, en: visualización e identificación de la estructura, alinear trócar y haz de ultrasonido (o identificar la punta), retorno de líquido de muestra, paso de guía, visualización de la misma en ultrasonido, paso de catéter, retiro de guía y visualización de catéter en el Phantom; el hecho de introducir el ultrasonido en las prácticas era algo igualmente novedoso para ambos grupos.

De todo lo anterior extraemos que, apartadas las consideraciones sobre individualidades en el proceso enseñanza aprendizaje, presaberes de cada grupo o persona, habilidades motrices, o experiencia previa en cada procedimiento, se requiere un número de entre 3 y 5 intentos por práctica de cada uno de los 3 módulos, esto es, entre 51 y 85 intentos en total, dedicándole a la división de AVC un tiempo acumulado promedio aproximado de entre 50 y 80 minutos, y, entre 45 y 90 minutos aproximadamente, para BNP, yéndose hacia el límite superior o inferior dependiendo de si es residente o especialista, respectivamente. Muchas de estas diferencias en tiempo e intentos entre los grupos, reiteramos, vienen dadas por la experiencia en realización de AVC por reparos anatómicos, y BNP con alguna de las técnicas de localización distintas a ultrasonido que tiene el grupo de especialistas, quienes, según la descripción, contaban con una experiencia en anestesia en promedio de 19 años, comparado con el grupo de residentes, donde los resultados, a pesar de la diferencia en número de procedimientos entre R3 y R1, no fue significativa, ni entre los 3 años, ni estadísticamente.

Si bien la plantilla de profesores del postgrado de Anestesiología y Reanimación de la Universidad Industrial de Santander es el cuádruple de los estudiados, solamente los 3 seguidos en el estudio cumplían los criterios de inclusión, lo cual pudiera considerarse como una debilidad del trabajo, al tener un grupo de

comparación pequeño (23% del total de participantes). Asimismo, el tamaño total de la muestra también pudiera considerarse como una debilidad, y explica, entre otras cosas, la ausencia de significancia estadística de muchos datos, sin embargo, ello jugó a favor de los educandos, quienes disfrutaron de una enseñanza personalizada, y, considerando que nuestras prácticas fueron en promedio 25.8 por cada participante, con una teoría previa de 315 minutos, de manera que esto es, al mismo tiempo, fortaleza de nuestro estudio.

En nuestra búsqueda bibliográfica no encontramos un estudio que se asemejara en diseño al nuestro (que involucrara el aprendizaje de ultrasonido en simulación en 2 procedimientos distintos). No obstante, hay determinaciones aisladas de curvas de aprendizaje en modelos simulados de ultrasonido, con resultados dispares (86): sonoanatomía 100 % exitosa entre el primer y el sexto intento para Accesos Vasculares Axilares en 10 aprendices; éxito mayor al 90% con aprox. 28 intentos supervisados de BNP miembro superior en cadáveres en 15 aprendices (87); comparativas entre uso de guía de aguja Vs mano libre en 36 aprendices en AVC ecoguiada, logrando la curva de aprendizaje con valores entre 16 y 19 intentos sin guía de aguja (88). Dichas diferencias vienen dadas, entre otras en el diseño de los estudios considerados, las definiciones empleadas, y la metodología de procesamiento de los resultados. No obstante, coincidimos con la literatura en enfatizar en el concepto del aprendizaje secuenciado, organizado y completo en modelos simulados, antes del primer contacto clínico (86).

Consideramos que este trabajo debiera continuarse con un segundo estudio (o una cuarta fase), que evalúe la curva de aprendizaje en escenarios clínicos, y, de este modo, tener un indicador real de éxito o fracaso de la enseñanza simulada; éste era el planteamiento original de este trabajo, sin embargo, no se pudo contar con el aval del comité de Ética de la Universidad para esta última etapa por razones privadas.

## 12. CONCLUSIONES

En el actuar médico contemporáneo, la inclusión de las herramientas tecnológicas, de la mano con el arte médico, el desarrollo científico, la herencia del conocimiento, la experiencia, el trato humano, entre otros, juega un papel mayúsculo e innegable en la evolución de la Medicina, aportando al tratante un medio que facilita su labor, le permite lograr más eficientemente el éxito, y le brinda al paciente seguridad y una atención de la más alta calidad. Es por ello que se ha abierto la puerta al US como una herramienta que cumple con dichos requerimientos. No obstante, su asimilación, en las diferentes áreas médico – asistenciales, aún se encuentra en fase de proyecto, debido, entre otras cosas, al hecho de que implica aumento *transitorio* de costos, e inversión en capacitación al personal. Al final, una vez sopesado costo – beneficio, su utilidad es indiscutible.

Dado que en muchos sitios de enseñanza el ultrasonido es una novedad, y por ende su aprendizaje se encuentra en el campo de la “informalidad académica”, se hacía necesario hacer explícito un análisis del proceso de enseñanza del mismo, desde el planteamiento de un esquema progresivo de instrucción teórico-práctico, hasta la retroalimentación de tal proceso y su difusión, para lo cual se aplicó, en el área de Anestesiología, en 2 procesos: AVC y BNP de Miembro Superior.

De este estudio concluimos que:

- La curva de aprendizaje de educandos inexpertos en ultrasonido para AVC y BNP en modelos simulados **es corta**, tomándole a cada participante entre 3 y 5 intentos por práctica de cada módulo (17 prácticas, entre 51 y 85 intentos en total) y entre 45 y 90 minutos de tiempo de práctica acumulada, tras capacitaciones con sesiones teóricas de duración 315 minutos.

- El bagaje previo en términos de experiencia en dichos procesos es determinante en cuantía mínima (cumple un pequeño papel facilitador).
- Es necesario una asignatura o programa formal que aborde específicamente la enseñanza de AVC y BNP guiados por US en los sitios de enseñanza de la Anestesiología.
- El proceso de aprendizaje de Ultrasonido en AVC y BNP es costo – efectivo, dinámico, ágil, accesible y plausible en todos los educandos, con independencia de sus rasgos de personalidad, trayectoria en el campo o individualidades en su proceso de aprendizaje.
- Como todo proceso de enseñanza – aprendizaje, se requiere reforzamiento continuo, un proceso libre de afán, transmisión asertiva del conocimiento, escenarios de dedicación preferencial y retroalimentación oportuna y sostenida, con el fin de otorgar el mayor rendimiento posible.
- El proceso de enseñanza de esta área del conocimiento, que es relativamente nueva, debería empezar por la simulación, en aras de brindar seguridad al paciente y confianza al educando.

Como mensaje final, se puede decir que se debe implementar la enseñanza de AVC y BNP guiados por US **de manera perentoria** en Anestesiología, puesto que es costo - efectivo, seguro, factible, rentable y satisfactorio si se sigue un proceso racional y coherente que implique: enseñanza teórica, aprendizaje en modelos simulados virtuales, aprendizaje en modelos simulados reales y posterior aplicación clínica de la mano de un docente capacitado, respaldado por un programa de postgrado acreditado, y con consentimiento del paciente y la institución prestadora de servicios de salud.

### **13. CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Este trabajo no implicó ningún riesgo contra humanos, puesto que involucró prácticas en escenarios simulados. Se aclaró al Comité de Ética, que los AVC y los BNP guiados por US son considerados, actualmente, prácticas de seguridad en el paciente, hacen parte del proceso de formación y de las competencias de los profesionales de Anestesiología y Reanimación, y son objetivo de las guías de práctica clínica de las diferentes sociedades científicas. Ello es el fundamento del presente trabajo, que buscaba, entre otras cosas, capacitar mejor a los residentes y profesionales.

Se aclara que a todos los participantes se les guardó la confidencialidad de sus logros y curva de aprendizaje en los escenarios simulados.

La presente investigación no tiene conflictos de interés.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, A. Las Curvas de Aprendizaje y sus Aplicaciones (Artículo en Internet)  
Disponible en: <http://externos.uma.es/cuadernos/pdfs/pdf318.pdf>.

Airapetian N y cols, Ultrasound-Guided Central Venous Cannulation is Superior to Quick-look ultrasound and landmark methods among inexperienced operators: a prospective randomized study, *Intensiv Care Med* 2013;9. Online First.

Álvarez F. Accesos Venosos Centrales Guiados Por Ultrasonido: ¿Existe Evidencia Suficiente para Justificar su Uso de Rutina? *RevMedClin Condes* 2008;22(3): 361 – 368.

American Society of Anesthesiology, Practice Guidelines for Central Venous Access, *Anesthesiology* 2012;116(3): 539 – 573.

Baranauskas MB, Margarido CB, Panossian C, Silva ED, Campanella MA, Kimachi PP. Simulação de Bloqueios Periféricos Guiados por Ultra-Som: Curva de Aprendizado dos Residentes de Anestesiologia do CET-SMA / HSL \* Simulation of Ultrasound-GuidedPeripheralNerve Block: Learning Curve of CET-SMA / HSL AnesthesiologyResidents.*RevBrasAnestesiol* 2008;58:106–11.

Barrington M, Wong D, Slater B, Ivanusik J, Owens m: Ultrasound Guided Regional Anesthesia: How Much Practice Do Novices Require Before Achieving Competence in Ultrasound Needle Visualisation Using A Cadaver Model, *Reg Anesth Pain Med* 2012;37:334-39.

Barrington MJ, Wong DM, Slater B, Ivanusic JJ, Ovens M. Ultrasound-guided regional anesthesia: how much practice do novices require before achieving competency in ultrasound needle visualization using a cadaver model, *RegAnesth Pain Med* [Internet]. 2012 [citado 2013 Nov 6];37(3):334–9. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22354107>

Ben-Menachem E, Ezri T, Ziv A, Sidi A, Brill S, Berkenstadt H. Objective Structured Clinical Examination-based assessment of regional anesthesia skills: the Israeli National Board Examination in Anesthesiology experience. *Anesth Analg* [Internet]. 2011 Ene [citadoo 2013 Nov 6];112(1):242–5. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20966437>

Berk D, Gurkan Y y cols. Ultrasound-Guided Radial Artery Cannulation: Long-Axis/In Plane versus Short-Axis/Out of Plane Approaches? *J ClinMonitComput* 2013;27:319 – 324.

Bodenham A. Ultrasound-guided Vascular Access, en: *Hopkins' Practical Ultrasound in Anesthesia for Critical care and Pain Mangement*, 1 ed (2008) Informa Healthcare, pag 57 – 70.

Bukhari A, Kitaba A, Kouhdera S. Postgraduate educational pictorial review: Ultrasound-Guided Vascular Access, *Anesth Essays Res* 2010;4:57 – 63.

Celinski, S. Seneff, M. Arterial Line Placement and Care, en: Irwin R y cols (editores), *Irwin's Procedures, techniques, and Minimally Invasive Monitoring in Intensive Care and Intensive Care Medicine*, 4 ed 2008. Lippincott Williams & Wilkins.

Celinski, S., Seneff, M. Central Venous Catheterization, en: Irwin R y cols (editores), Irwin's Procedures, techniques, and Minimally Invasive Monitoring in Intensive Care and Intensive Care Medicine, 4 ed 2008. Lippincott Williams & Wilkins.

Chan VWS, Perlas A, Rawson R, Odukoya O. Ultrasound-Guided Supraclavicular Brachial Plexus Block. Anesth. Analg. [Internet]. 2003 Nov [citado 2013 Nov 8];1514–7. Disponible en: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00000539-200311000-00053>

Chew, M., Aneman, A. Haemodynamic monitoring using arterial waveform analysis, Curr Op Crit Care 2013;19: 234 – 241

Cianni S Di, Fanelli G. A Prospective, Randomized Comparison between Injection Axillary Brachial Plexus Block Anesthesiology 2007;(5):992–6.

Clermont G., Theodore A., y cols. Arterial Catheterization Techniques for invasive Monitoring, UpToDate 2013, Wolters Kluwer. Disponible en: [www.uptodate.com](http://www.uptodate.com).

Curvas de Aprendizaje, sesiones de enseñanza, Universidad de Costa Rica. Módulos en Internet. Disponible en: [www.ucreanop.org/.../Sesion%207-Curvas%20de%20aprendizaje.pdf](http://www.ucreanop.org/.../Sesion%207-Curvas%20de%20aprendizaje.pdf)

De Diego P, Ortega A. Accesos Vasculares Bajo Control Ecográfico, en: Anestesia Regional Con Ecografía, 1 ed. (2007) Ergon. pag 123 – 128.

De la Fuente R, y cols, Conceptos Básicos de Ultrasonografía Aplicada a la Anestesia Regional, Rev Chil Anesthesiol 2009;38:39 – 45

DiLisio R, Mittnacht A. The “Medial-Oblique” Approach to Ultrasound-Guided central Venous Cannulation – Maximize the View, Minimize the Risk, J of CardiothorVascAnesth 2012;26(6): 982 – 984.

Duffy M, Sair M: Cannulation of Central Veins, AnesthInten Care Med 2006;8(1): 17 – 20.

Eason M. The Use of Simulation in Teaching the Basic Scienses, Curr Op Anesthesiol 2013;26 online first.

Edgcombe H, Hocking G. Sonographic Identification of Needle Tip by Specialists and Novices, Reg Anesth Pain Med [Internet] 2010 Mar [citado 2013 Nov 8];35(2):207–11. Disponible en: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00115550-201003000-00016>.

Edition S. Guidelines for fellowship training in Regional Anesthesiology and Acute Pain Medicine: Second Edition, 2010. RegAnesth Pain Med [Internet]. 2011 [citado 2013 Nov 6];36(3):282–8. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21519314>

Farjad Sultan S. Simulators for training in ultrasound guided procedures. Med Ultrason [Internet]. 2013 Jun 1 [citado 2013 Nov 8];15(2):125–31. Disponible en:

<http://www.medultrason.ro/simulators-for-training-in-ultrasound-guided-procedures/>

Flood S, Bodenham A. Central Venous Cannulation: Ultrasound Techniques, AnesthIntens Care Med 2013;14(1): 1 – 4.

Gaertner E, Bouaziz H. Ultrasound-guided interscalene block, *Ann FrAnesthReanim* [Internet]. 2012 Sep;31(9):e213–8. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24108729>

Gallardo J, Contreras-Domínguez V. Docencia en anestesia regional : quién, cómo y cuánto para hacerlo bien, *RevChilAnest* 2010;39:24–35.

Gray AT. Role of ultrasound in startup regional anesthesia practice for outpatients, *IntAnesthesiolClin* [Internet]. 2005 Jan;43(3):69–78. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15970745>

Guntz E, Van den Broeck V, Dereeper E, El Founas W, Sosnowski M. Ultrasound-guided block of the brachial plexus at the humeral canal, *Can J Anaesth* [Internet]. 2009 Feb [citado 2013 Nov 8];56(2):109–14. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19247758>

Gupta PK, Pace NL, Hopkins PM. Effect of body mass index on the ED50 volume of bupivacaine 0.5% for supraclavicular brachial plexus block, *Br J Anaesth* [Internet]. 2010 Abr [citado 2013 Nov 8];104(4):490–5. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20167584>

Hargett M, Beckman J, Liguori G, Neal J. Guidelines for Regional Anesthesia Fellowship Training. *Reg Anesth Pain Med* [Internet]. 2005 Mayo [citado 2013 Nov 6];30(3):218–25. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1098733905000714>

Hocking G. y cols. A Review of The Benefits and Pitfalls of Phantoms in Ultrasound-Guided Regional Anesthesia. *RegAnest Pain Med* 2011;36(2): 162 – 170.

Jaffer U, Normahani P, Singh P, Aslam M, Standfield N. Randomized Study Of Teaching Ultrasound-Guided Vascular Cannulation Using A Phantom And The Freehand Versus Needle Guide-Assisted Puncture Techniques, J Clin Ultrasound 2015 43:469-477.

Kopp SL, Smith HM. Developing effective web-based regional anesthesia education: a randomized study evaluating case-based versus non-case-based module design, RegAnesth Pain Med [Internet]. 2011 [citado 2013 Nov 6];36(4):336–42. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21654553>

Kwon M.Y. y cols. The Effect of the Trendelenburg Position and Intrathoracic Pressure on the Subclavian Cross-Sectional Area and Distance from the Subclavian Vein to Pleura in Anesthetized Patients, AnesthAnalg 2013;117(1):114 – 118.

Lamperti M y cols., International Evidence-based Recommendations on Ultrasound-guided Vascular Access, Intensiv Care Med 2012;38:1105 – 1117.

Latiff, A. La “Curva de Aprendizaje”: Qué es y cómo se mide, Ensayo. RevUrol Col 2005;14(1):15-17.

León Jimeno I y cols. Estudio Aleatorizado para la Comparación de la Colocación de Accesos Vasculares Centrales con y sin Ayuda de Ultrasonido, Angiol 2013;41(1): 15 – 24.

Lim K.j., Lee J.M. y cols., The Effect of Full Expiration on the Position and Size of the Subclavian Vein in Spontaneously Breathing Adults, AnesthAnalg 2013;117(1): 109 – 113.

Liu Y, Glass NL, Power RW. Technical communication: new teaching model for practicing ultrasound-guided regional anesthesia techniques: no perishable food products! *Anesth Analg* [Internet]. 2010 Abr 1 [citado 2013 Nov 6];110(4):1233–5. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20142350>

Luyet C, Schüpfer G, Wipfli M, Greif R, Luginbühl M, Eichenberger U. Different Learning Curves for Axillary Brachial Plexus Block: Ultrasound Guidance versus Nerve Stimulation, *Anesthesiol Res Prac* [Internet] 2010 Jan [citado 2013 Nov 8];2010 (Junio 2006):309462. Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3034955&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

McClennan G. Ultrasound Guidance: The New Gold Standard For Peripheral Nerve And Plexus Anaesthesia ? *Brit J Anesth* 2007;98(3):299-301.

McNaught a, Shastri U, Carmichael N, Awad IT, Columb M, Cheung J, et al. Ultrasound reduces the minimum effective local anaesthetic volume compared with peripheral nerve stimulation for interscalene block, *Br J Anaesth* [Internet]. 2011 Enero [citado 2013 Nov 8];106(1):124–30. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21059701>

Mitchell E, Averill L. Principles of Ultrasound-Guided Venous Access, *UpToDate* 2013. Wolters Kluwer. Disponible en: [www.uptodate.com](http://www.uptodate.com)

Muhly WT, Orebaugh SL. Sonoanatomy of the vasculature at the supraclavicular and interscalene regions relevant for brachial plexus block. *Acta Anaesthesiol. Scand* [Internet]. 2011 Nov [citado 2013 Nov 8];55(10):1247–53. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22092130>.

Muñoz M., Flores A., Foncubena J., Principios Físicos de la Ecografía, en: Anestesia Regional Con Ecografía, 1 ed (2007). Ergon. pag 5 – 27.

Muñoz MJ, Gabino M, Herrera M. Bloqueos Nerviosos con Control Ecográfico, en: Muñoz M, Mozo G (editores): Anestesia regional con ecografía., 1 ed. (2007) Ergon. Pag 21 – 44.

Murphy, G. y cols. Retrograde Air Embolization during Routine Radial Artery Catheter Flushing in Adult Cardiac Surgery Patients, Anesthesiology 2004;101(3): 614 – 619

Narouze SN, Provenzano D, Peng P, Eichenberger U, Lee SC, Nicholls B, et al. The American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy, and the Asian Australasian Federation of Pain Societies Joint Committee recommendations for education and training in ultrasound-guided interventional pain procedures, RegAnesth Pain Med [Internet]. 2012 [cited 2013 Nov 6];37(6):657–64. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23080347>

National Institute for Health and Clinical Excellence, Guidelines on the use of ultrasound Locating Devices for placing central venous catheters, 2002 (Online). Disponible en: [www.nice.org.uk/ipg49](http://www.nice.org.uk/ipg49).

Nayeemuddin M. Pherwani, A.D., Asquitn, J.R. Imaging and Management of Complications of Central Venous Catheters, Clin Radiology 2013;68: 529 – 544

Neal JM, Brull R, Chan VWS, Grant S a, Horn J-L, Liu SS, et al. The ASRA evidence-based medicine assessment of ultrasound-guided regional anesthesia

and pain medicine: RegAnesth Pain Med [Internet]. 2010 [citado 2013 Nov 8];35(2 Supl):S1–9. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20216019>

Neal JM. Education in regional anesthesia: caseloads, simulation, journals, and politics: 2011 Carl Koller Lecture. RegAnesth Pain Med [Internet]. 2012 [citado 2013 Nov 6];37(6):647–51. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23086349>

Niazi AU, Haldipur N, Prasad AG, Chan VW. Ultrasound-guided regional anesthesia performance in the early learning period: effect of simulation training, RegAnesth Pain Med [Internet]. 2012 [citado 2013 Nov 6];37(1):51–4. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22179300>

Nix C, Margarido C, Awad I, Avila A. A Scoping Review of the Evidence for Teaching Ultrasound Guided Regional Anesthesia, Reg Anesth Pain Med 2013;38: 471-80.

Noble V. Vascular Access, en: Manual of Emergency and Critical Care Ultrasound, 1 ed (2007). Cambridge University Press, pag195 – 208.

Olch P.D. William S. Halsted and Local Anesthesia: Contributions and complications. Anesthesiology 1975;42: 479-48.

Orebaugh SL, Williams B a, Kentor ML. Ultrasound guidance with nerve stimulation reduces the time necessary for resident peripheral nerve blockade,

Orebaugh SL, Williams BA, Vallejo M, Kentor ML. Adverse outcomes associated with stimulator-based peripheral nerve blocks with versus without ultrasound

visualization, RegAnesth Pain Med [Internet]. 2009 [citado 2013 Nov 6];34(3):251–5. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19587625>

Ortega Romero A, de Diego Isasa D, del Olmo Rodríguez C, Maroto Ramos E, Rouco Gil R. Ecografía portátil en anestesia regional: bloqueos del plexo braquial, Rev. Esp. Anesthesiol. Reanim. [Internet]. 2008 May;55(5):294–303. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034935608705735>

Perfil del Egresado, Especialización en Anestesiología y Reanimación, Asociación Colombiana de Facultades de Medicina. Disponible en: <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/salud/escuelas/medicina/programasAcademicos/anestesiologiaReanimacion/documentos/perfilPosgradoAsocofame.pdf>

Perfil del Egresado, Especialización en Anestesiología y Reanimación, Universidad Industrial de Santander. Disponible en: <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/salud/escuelas/medicina/programasAcademicos/anestesiologiaReanimacion/perfilEgresado.html>

RegAnesth Pain Med. [Internet]. 2007 [citado 2013 Nov 6];32(5):448–54. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17961845>

Rivast R. Complicaciones Mecánicas de los Accesos Venosos Centrales, RevMedClin Condes 2011;22(3): 350 – 360.

Rosenberg A. y cols. Three Partial-Task Simulators for Teaching Ultrasound-Guided Regional Anesthesia, RegAnesth Pain Med 2012;37(1): 106 – 110.

Rosenberg AD, Popovic J, Albert DB, Altman R a, Marshall MH, Sommer RM, et al. Three partial-task simulators for teaching ultrasound-guided regional anesthesia, *RegAnesth Pain Med* [Internet]. 2012 [citado 2013 Nov 6];37(1):106–10. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22189577>

Seto A, y cols. Real Time Ultrasound Guidance Facilitates Femoral Arterial Access and Reduces Vascular Complications, *J Am Col Cardiol* 2010;3(7): 751 – 758.

Shankar H, Pagel P. Potential Adverse Ultrasound-Related Biological Effects, *Anesthesiology* 2011;115(5): 1109 – 1124.

Shojania KG, Duncan BW, McDonald KM: Making health care safer: A critical analysis of patient safety practices. *Evid Rep Technol Assess* 2001;43:1-668.

Shorten, G., O’Sullivan, O. Simulation for Training in Ultrasound-Guided Peripheral Nerve Blockade, *IntAnesthesiolClin* 2010;48(4): 21 – 33.

Shorten, G., O’Sullivan, O. Simulation for Training in Ultrasound-Guided Peripheral Nerve Blockade, *IntAnesthesiolClin* 2010;48(4): 21 – 33.

Sidhu HS, Olubaniyi BO, Bhatnagar G. Role of Simulation-Based Education in Ultrasound Practice Training. *J Ultrasound Med* 2012;31:785–91.

Sites BD, Chan VW, Neal JM, Weller R, Grau T, Koscielniak-Nielsen ZJ, et al. The American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine and the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy joint committee recommendations for education and training in ultrasound-guided regional anesthesia. *RegAnesth Pain Med* [Internet]. 2010 [citado 2013 Nov 6];35(2 Suppl):S74–80. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20216029>

Sites BD, Spence BC, Gallagher JD, Wiley CW, Bertrand ML, Blike GT. Characterizing novice behavior associated with learning ultrasound-guided peripheral regional anesthesia, *RegAnesth Pain Med* [Internet]. 2007 [citado 2013 Nov 6];32(2):107–15. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17350520>.

Smith HM, Kopp SL, Jacob AK, Torsher LC, Hebl JR. Designing and implementing a comprehensive learner-centered regional anesthesia curriculum, *RegAnesth Pain Med* [Internet]. 2009 [cited 2013 Nov 6];34(2):88–94. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19282705>

Sotelo-Montes J y cols. Técnica de Seldinger Modificada en “Z” y Lavado de Franera Extra para Accesos Vasculares, *RevSanidMilitMex* 2009;63(6):286 – 290.

Tan P.L., Gibson M. Central Venous Catheters: The role of Radiology, *Clin Radiol* 2006;61:13 – 22.

Thrush A, Hatshorne T. Doppler Ultrasound, in: *Peripheral Vascular Ultrasound: How, Why and When*, 2 ed (2006) Elsevier Saunders. 23 – 33.

Thrush A, Hatshorne T. Ultrasound and Imaging, en: *Peripheral Vascular Ultrasound: How, Why and When*, 2 ed (2006). Elsevier Saunders. pag 5 – 22.

Tran DQH, Russo G, Muñoz L, Zaouter C, Finlayson RJ. A prospective, randomized comparison between ultrasound-guided supraclavicular, infraclavicular, and axillary brachial plexus blocks, *RegAnesth Pain Med* [Internet]. 2009 [citado 2013 Nov 8];34(4):366–71. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19574871>

Tsui BCH, Pillay JJ. Evidence-based medicine: Assessment of ultrasound imaging for regional anesthesia in infants, children, and adolescents. *RegAnesth Pain Med* [Internet]. 2010 [cited 2013 Nov 8];35(2 Suppl):S47–54. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20216025>.

Van Geffen GJ, Rettig HC, Koornwinder T, Renes S, Gielen MJM. Ultrasound-guided training in the performance of brachial plexus block by the posterior approach: an observational study. *Anaesthesia* [Internet]. 2007 Oct [citado 2013 Nov 8];62(10):1024–8. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17845654>.

Vannucci, A. y cols., Retained Guidewires After Intraoperative Placement of Central Venous Catheters, *AnesthAnalg* 2013;117(1): 102 – 108.

Vásquez L y cols. Curva de aprendizaje en cirugía laparoscópica: experiencia de nefrectomía laparoscópica en bioterio, *RevMexUrol* 2008;68(3):166-169.

Wegener JT, van Doorn CT, Eshuis JH, Hollmann MW, Preckel B, Stevens MF. Value of an electronic tutorial for image interpretation in ultrasound-guided regional anesthesia, *RegAnesth Pain Med* [Internet]. 2013 [citado 2013 Nov 6];38(1):44–9. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23263208>

Weiner M, Geidard P, Mitnacht A. Ultrasound-Guided Vascular Access: A comprehensive Review, *J CardiothorVascAnesth* 2013;27(2): 345 – 360.

Wo S, Ling Q y cols. Real-time Two Dimensional Ultrasound Guidance for Central Venous Cannulations, *Anesthesiology* 2013;118(2): 361 – 375.

## **ANEXOS**

**Anexo A. Formato de recolección de datos**

<b>FORMATO DE RECOLECCION DE INFORMACION</b>				
Universidad Industrial de Santander - Hospital Universitario de Santander				
Departamento de Cirugia - Posgrado de Anestesiología y Reanimación				
<b>Curva de aprendizaje Bloqueos Periféricos y Accesos Vasculares Guiados por Ultrasonido</b>				
Grupo	Acceso vascular		Bloqueo regional	Consecutivo
Fecha	Dia	Mes	Ano	
Nombre de estudiante:				
Procedimiento realizado:				
Manejo del equipo y comprensión de la formación de imágenes			E	R M
Optimización de la imagen		E	R	M
Interpretación de la imagen		E	R	M
Visualización de la aguja y la inyección del anestésico			E	R M
Duración del procedimiento :		Numero de punciones:		
Observaciones:				
Anestesiólogo:		Especialista	R3	R2 R1
Nombre:				
Firma:				

## **Anexo B. Instructivo para el formato de recolección**

Este documento explicara el correcto diligenciamiento del Instrumento de recolección (Anexo A), sobre CURVA DE APRENDIZAJE DE ACCESOS VASCULARES CENTRALES Y BLOQUEOS NERVIOSOS PERIFÉRICOS DE MIEMBRO SUPERIOR GUIADOS POR ECOGRAFIA EN MODELOS SIMULADOS.

1. Grupo: Seleccionar el grupo al que pertenece el procedimiento realizado
2. Consecutivo: Serial que corresponde al número del procedimiento por parte del evaluado
3. Fecha: Día en que se realiza el procedimiento, escribir Día, Mes y Año
4. Nombre completo del estudiante
5. Anotar el procedimiento realizado ( tipo de bloqueo o Acceso vascular)
6. Manejo del equipo y comprensión de la formación de imágenes: el evaluador deberá marcar con una X excelente, regular (R), o malo (M), de acuerdo con los criterios de evaluación definidos.
7. Optimización de la imagen: el evaluador deberá marcar con una X excelente, regular (R), o malo (M), de acuerdo con los criterios de evaluación definidos.
8. Interpretación de la imagen: el evaluador deberá marcar con una X excelente, regular (R), o malo (M), de acuerdo con los criterios de evaluación definidos.
9. Visualización de la aguja e inyección del anestésico: el evaluador deberá marcar con una X excelente, regular (R), o malo (M), de acuerdo con los criterios de evaluación definidos.
10. Duración del procedimiento: Anotar el tiempo que requirió el procedimiento en minutos, contando desde la introducción de la aguja hasta el fin del procedimiento en la salida de la misma.

11. Numero de punciones: escribir el número de punciones que fueron necesarias para realizar el procedimiento, de acuerdo a la definición previamente establecida.
12. Observaciones.
13. Anestesiólogo: marcar con una X si quien realiza el procedimiento es un especialista o residente, y el año de estudios de éste último.
14. Nombre: nombre de quien realiza el procedimiento
15. Firma: firma de quien realiza el procedimiento.

Para cualquier información comunicarse con el Dr. Juan Pablo Azar Villalobos al teléfono 3135855600 o el Dr. Mario Alberto Castillo Blanco al teléfono 3015439227, o en salas de cirugía del Hospital Universitario de Santander.