



# Redes Generativas Adversarias Para La Segmentación De Nervios Periféricos

Director: Hernán Felipe Arias García, PhD.

Andrés Jiménez García<sup>1</sup>    Wilson A. Rodríguez Mosquera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío, Armenia(Q)

<sup>2</sup>Universidad del Quindío, Armenia(Q)

# Contenido

Introducción

Motivación

Estado del Arte

Objetivos

Materiales y Métodos

Red Generativa Adversaria Condicionada

Entrenamiento

Resultados

Conclusiones

Trabajos Futuros

Referencias

# ¿Qué es el bloqueo de nervios y por qué es importante?

## Bloqueo de nervios

El bloqueo de nervios es una estrategia utilizada en la anestesiología para el tratamiento del dolor en: Operaciones médicas, oncología, etapas post operatorias y por otros casos clínicos [1] [2].

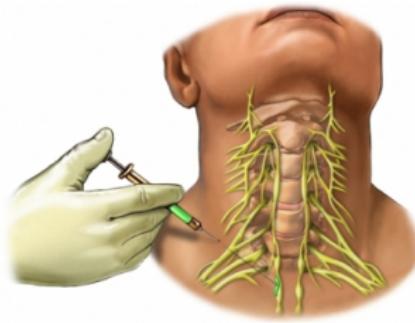
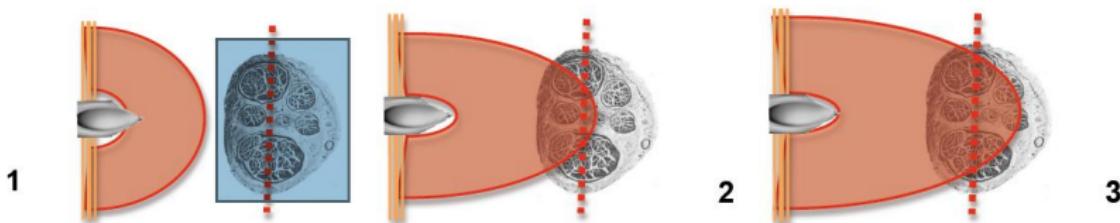


Figura 1: Ilustración de bloqueo para el nervio cervical [3].

# Técnicas empleadas para efectuar el bloqueo de nervios

## Estimulación nerviosa

Se utiliza una aguja cuya punta propaga a través de los órganos una señal eléctrica con el fin de producir una respuesta motora (RM) al estimular un nervio.



- (a) Sin RM. Señal: 1mA y (b) RM Leve. Señal: 3mA(c) RM mayor. Señal:  
0.1ms y 0.1ms 3mA y 0.3ms

Figura 2: Localización de un nervio a 2cm de la aguja [4].

# Técnicas empleadas para efectuar el bloqueo de nervios

## Guiado por ultrasonido

El bloqueo de nervios guiado utilizando imágenes de ultrasonido permite identificar elementos como arterias y venas que deben ser evitados y sirven para guiar al especialista a encontrar el nervio objetivo [5].

# Retos de identificar estructuras nerviosas en imágenes de ultrasonido

## Retos

- ▶ La estructura y forma del nervio presentan no linealidades, además la calidad de las imágenes se ve afectada por ruido acústico y las características del transductor.
- ▶ La implementación de imágenes de ultrasonido ha permitido que expertos en esta técnica logren hasta un 95% de aciertos en el bloqueo de nervios.
- ▶ Los errores podrían conllevar a diversas complicaciones en el paciente como lesiones vasculares, articulares, perdida temporal de caminar normalmente, entre otras [6] [7].

# Segmentación de nervios periféricos utilizando aprendizaje de máquina

Con el fin de asistir en la localización de estructuras nerviosas en imágenes de ultrasonido, se han desarrollado algoritmos que implementan técnicas de aprendizaje de maquina.

## Técnicas utilizadas para segmentar nervios periféricos en imágenes de ultrasonido

- ▶ Redes Neuronales Convolucionales.
- ▶ Enfoques Bayesianos.
- ▶ Procesos Gausianos.
- ▶ Redes Generativas Adversarias
- ▶ Filtro + Enfoque Bayesiano

# Ventajas de implementar Redes Generativas Adversarias

Mediante el entrenamiento adversario se consideran características como la variabilidad anatómica del nervio y se tiene un contexto global de la imagen.

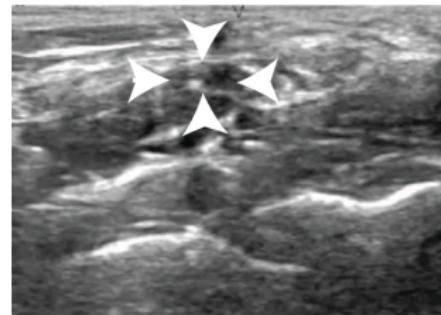
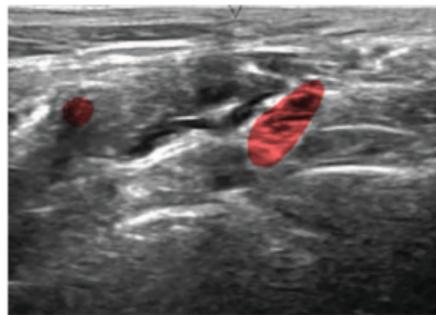


Figura 3: Fallas de segmentación usando redes convolucionales. Izquierda: Independencia en la predicción de pixeles. Derecha: No hay predicción debido al tamaño del nervio[8]

# Estado del arte

Tabla 1: Trabajos sobre la segmentación de nervios periféricos en el estado del arte. NR: No Reporta, DS: “Dice Score”, IoU: “Intersection Over Union”, MSE: “Mean Square Error”

| Nervio         | Modelo              | Métrica | Resultado         | Referencia |
|----------------|---------------------|---------|-------------------|------------|
| Ulnar          | Bayesian HC         | MSE     | $1.03 \pm 0.3790$ | [9]        |
| Peroneal       | Bayesian HC         | MSE     | $1.698 \pm 0.564$ | [9]        |
| Mediano        | CNN+Spatiotemporal  | DS      | $0.96 \pm 0.2500$ | [10]       |
| Mediano        | Localization + PGVF | DS      | $0.81 \pm 0.1000$ | [11]       |
| Mediano        | Graph Cuts          | DS      | $0.60 \pm 0.0052$ | [12]       |
| Plexo Braquial | GAN-DPP             | DS      | $0.99 \pm NR$     | [13]       |
| Plexo Braquial | GAN-ET              | DS      | $0.73 \pm NR$     | [14]       |
| Plexo Braquial | U-net               | DS      | $0.69 \pm 0.0004$ | [15]       |
| Femoral        | U-net               | IoU     | $0.644 \pm NR$    | [8]        |

# Objetivos

## Objetivo General

Desarrollar un sistema automático para la segmentación de nervios periféricos en imágenes de ultrasonido que permita asistir en su identificación utilizando redes generativas adversarias.

# Objetivos

## Objetivos Específicos

1. Construir un modelo de aprendizaje generativo adversario que permita generar un mapa de segmentación a partir de una imagen de ultrasonido cuantificando su exactitud por medio de funciones de perdida.
2. Desarrollar una estrategia de ajuste que utilice enfoques generativos adversarios para aprender la variabilidad de las texturas anatómicas.
3. Evaluar la exactitud del sistema automático para identificar los nervios periféricos mediante métodos cuantitativos y compararlos con enfoques comúnmente utilizados en el estado del arte.

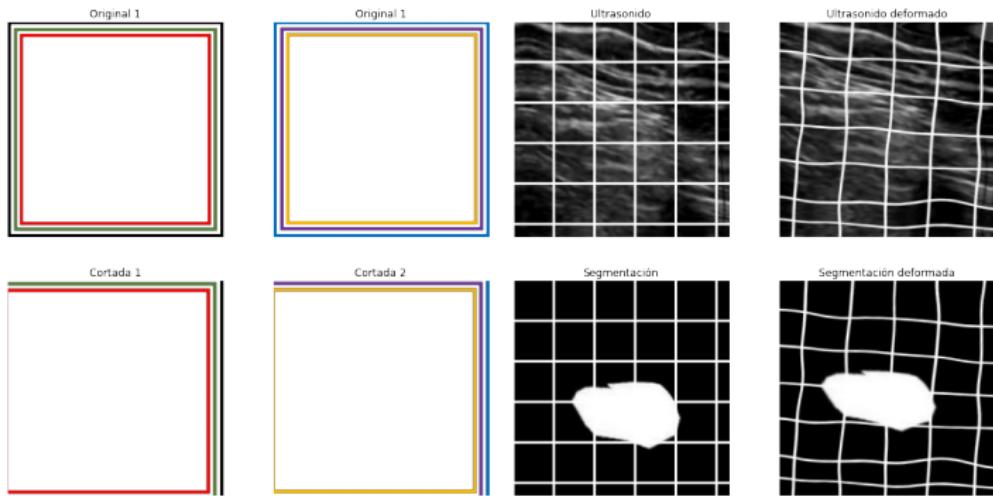
# Bases de Datos

Las transformaciones hacen referencia al aumento de datos necesario para simular mas datos de entrenamiento y así obtener mejores resultados.

Tabla 2: Bases de datos utilizadas en el proyecto.

| <b>Base de datos</b>    | <b>Nervio</b>  | <b>Originales</b> | <b>Transformaciones</b> |
|-------------------------|----------------|-------------------|-------------------------|
| UltraDB-UTP [16]        | Ciático        | 207               | 2070                    |
|                         | Cubital        | 252               | 2520                    |
|                         | Mediano        | 91                | 910                     |
|                         | Femoral        | 157               | 1570                    |
| Nerve Segmentation [17] | Plexo Braquial | 2323              | 2323                    |

# Aumento de datos



(a) Ampliación + Corte aleatorio

(b) Deformación elástica

Figura 4: Técnicas para aumentar datos empleadas.

# Conjuntos de entrenamiento y validación

La base de datos se separaron entre un 80% para el conjunto de entrenamiento y el 20% restante para validación.

Tabla 3: Cantidad de imágenes correspondientes a los conjuntos de entrenamiento y validación

| Base de datos           | Nervio         | Entrenamiento | Validación |
|-------------------------|----------------|---------------|------------|
| UltraDB-UTP [16]        | Ciatico        | 1656          | 414        |
|                         | Cubital        | 2016          | 504        |
|                         | Mediano        | 728           | 182        |
|                         | Femoral        | 1256          | 314        |
| Nerve Segmentation [17] | Plexo Braquial | 1858          | 465        |

# Entorno de desarrollo



Figura 5: Herramientas utilizadas

# Metodología de Entrenamiento Adversario

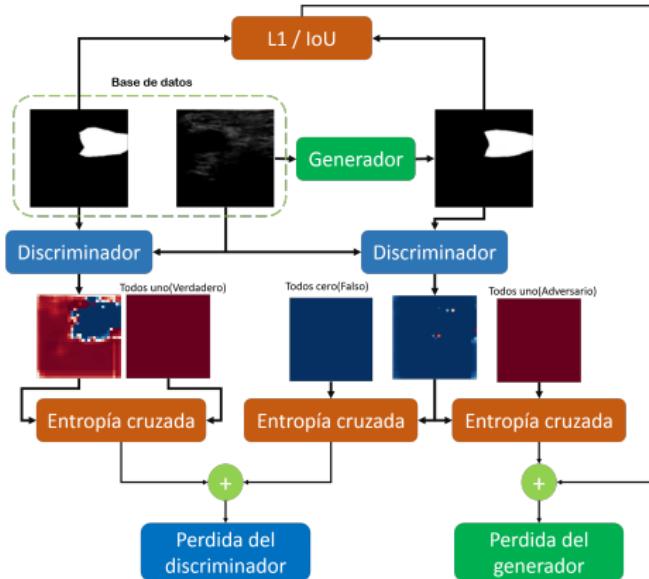
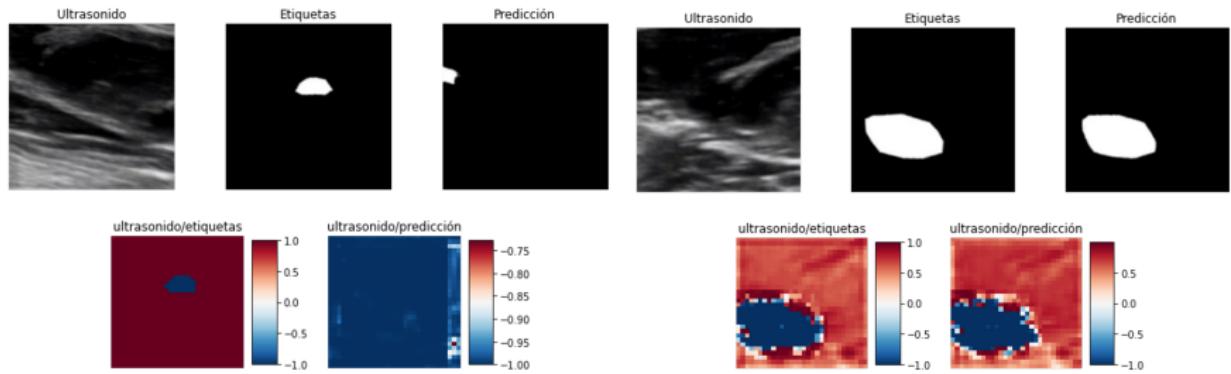


Figura 6: Metodología de entrenamiento adversario para los modelos de segmentación de nervios periféricos [Autores]

# Resultados del discriminador

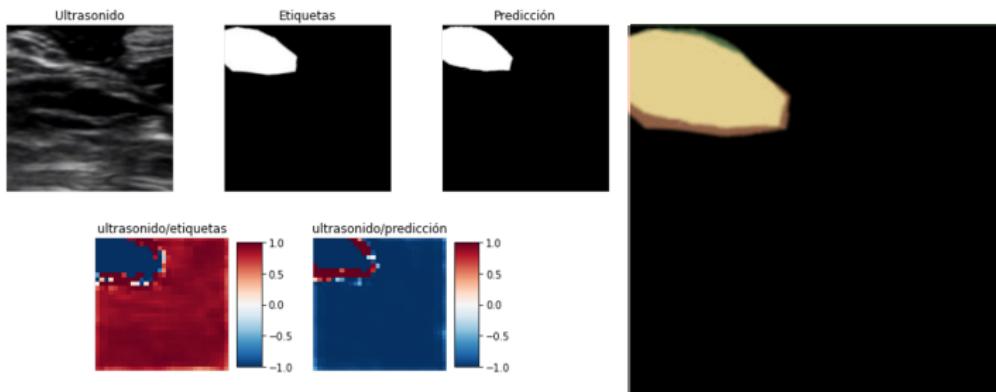


(a) Segmentación generada erróneamente para el nervio mediano por el generador con perdida IoU.

(b) Modelo IoU para el nervio mediano engañando al discriminador.

Figura 7: Resultados al evaluar el discriminador

# Resultados del discriminador

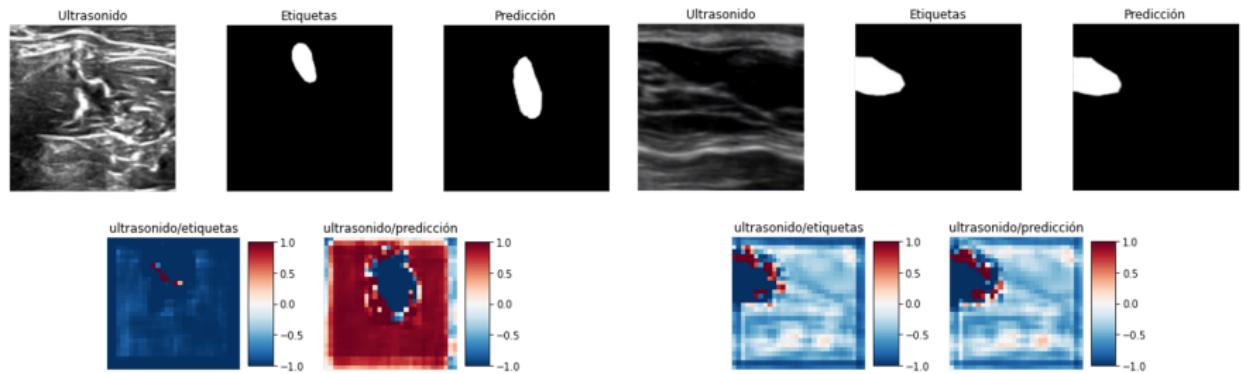


(a) Segmentación generada correctamente para el nervio mediano por el generador con perdida IoU identificada como falsa.

(b) Superposición entre etiquetas. Base de datos: Rojo, Predicción: Verde

Figura 8: Discriminador exigente

# Resultados del discriminador



(a) Discriminador clasificando erróneamente las imágenes para el nervio plexo braquial

(b) Discriminador clasificando ambas segmentaciones como falsas para el nervio mediano.

Figura 9: Resultados del discriminador

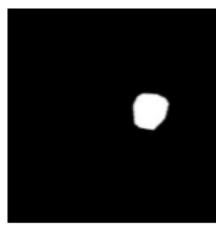
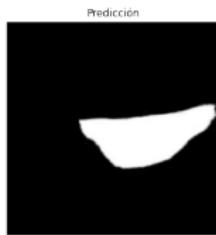
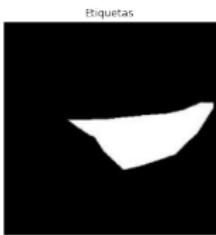
# Resultados obtenidos para los modelos con perdida L1

Tabla 4: Métricas de evaluación obtenidas para los modelos L1. E: Épocas, T: Tiempo de entrenamiento (Horas:Minutos), DS: “Dice Score”, IoU: “Intersection Over Union”.

| Base de datos      | Nervio         | Perdida L1    |               |               |               |     |      | E | T |  |  |
|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----|------|---|---|--|--|
|                    |                | Entrenamiento |               | Validación    |               | DS  | IoU  |   |   |  |  |
|                    |                | DS            | IoU           | DS            | IoU           |     |      |   |   |  |  |
| UltraDB-UTP        | Ciático        | 0.64 ± 0.057  | 0.51 ± 0.0513 | 0.64 ± 0.0545 | 0.51 ± 0.0496 | 88  | 7:16 |   |   |  |  |
|                    | Cubital        | 0.63 ± 0.090  | 0.52 ± 0.0756 | 0.63 ± 0.0902 | 0.52 ± 0.0743 | 77  | 7:31 |   |   |  |  |
|                    | Mediano        | 0.56 ± 0.123  | 0.47 ± 0.1015 | 0.62 ± 0.1060 | 0.52 ± 0.0878 | 258 | 9:45 |   |   |  |  |
|                    | Femoral        | 0.84 ± 0.019  | 0.75 ± 0.0216 | 0.85 ± 0.0121 | 0.75 ± 0.0148 | 157 | 9:55 |   |   |  |  |
| Nerve Segmentation | Plexo Braquial | 0.75 ± 0.001  | 0.62 ± 0.0325 | 0.43 ± 0.0869 | 0.32 ± 0.0587 | 317 | 8:32 |   |   |  |  |

# Resultados obtenidos para los modelos con perdida L1

| Perdida             | Resultado | % Fondo | % Nervio |
|---------------------|-----------|---------|----------|
| $\mathcal{L}_{L1}$  | 0.0438    | 97.81%  | 2.19 %   |
| $\mathcal{L}_{IoU}$ | 1.0       |         |          |



(a) Predicción del modelo L1 realizada para el nervio femoral

(b) Comparación del nervio ciático contra imagen sin nervio

Figura 10: Predicción y problema de la perdida L1

# Resultados obtenidos para los modelos con perdida IoU

Tabla 5: Métricas de evaluación obtenidas para los modelos IoU. E: Épocas, T: Tiempo de entrenamiento (Horas:Minutos), NR: No Reporta, DS: “Dice Score”, IoU: “Intersection Over Union”.

| Base de datos      | Nervio         | Perdida IoU   |               |               |               |     |      | E | T |  |  |
|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----|------|---|---|--|--|
|                    |                | Entrenamiento |               | Validación    |               | DS  | IoU  |   |   |  |  |
|                    |                | DS            | IoU           | DS            | IoU           |     |      |   |   |  |  |
| UltraDB-UTP        | Cláctico       | 0.90 ± 0.0042 | 0.83 ± 0.0086 | 0.89 ± 0.1250 | 0.80 ± 0.1250 | 297 | 7:41 |   |   |  |  |
|                    | Cubital        | 0.78 ± 0.0851 | 0.71 ± 0.0806 | 0.78 ± 0.0762 | 0.70 ± 0.0733 | 270 | 8:13 |   |   |  |  |
|                    | Mediano        | 0.94 ± 0.0096 | 0.89 ± 0.0105 | 0.92 ± 0.0169 | 0.86 ± 0.0189 | 744 | 8:54 |   |   |  |  |
|                    | Femoral        | 0.91 ± 0.0074 | 0.84 ± 0.0109 | 0.88 ± 0.0186 | 0.80 ± 0.0240 | 474 | 8:54 |   |   |  |  |
| Nerve Segmentation | Plexo Braquial | 0.77 ± 0.0006 | 0.65 ± 0.0306 | 0.72 ± 0.0426 | 0.60 ± 0.0409 | 265 | 7:53 |   |   |  |  |

# Resultados obtenidos para los modelos con perdida IoU

*Dice Score : 92.66% | Jaccard Score : 86.32%*

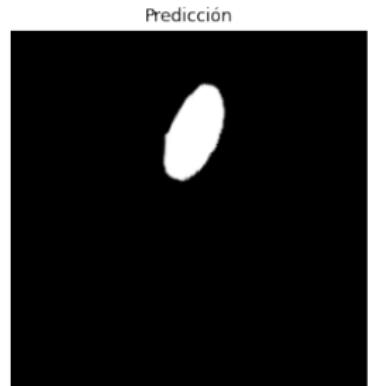
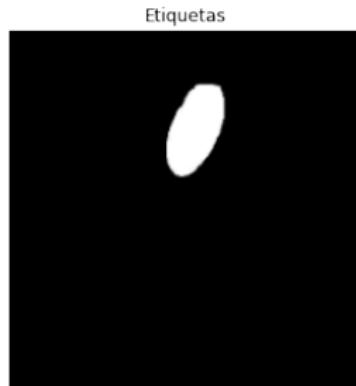
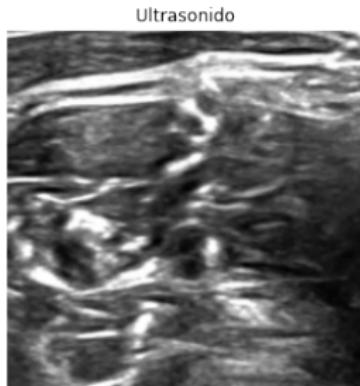


Figura 11: Predicción para el nervio plexo braquial realizada por el modelo IoU.

# Comparación con el estado del arte

Tabla 6: Comparación con trabajos relacionados. NR: No Reporta, DS: “Dice Score”, IoU: “Intersection Over Union”.

| Nervio         | Modelo              | Métrica | Resultado         | Referencia |
|----------------|---------------------|---------|-------------------|------------|
| Femoral        | CGAN-IoU            | IoU     | $0.80 \pm 0.0240$ | Propio     |
| Femoral        | CGAN-L1             | IoU     | $0.75 \pm 0.0148$ | Propio     |
| Femoral        | U-net               | IoU     | $0.644 \pm NR$    | [8]        |
| Mediano        | CNN+Spatiotemporal  | DS      | $0.96 \pm 0.2500$ | [10]       |
| Mediano        | CGAN-IoU            | DS      | $0.92 \pm 0.0169$ | Propio     |
| Mediano        | Localization + PGVF | DS      | $0.81 \pm 0.1000$ | [11]       |
| Mediano        | CGAN-L1             | DS      | $0.62 \pm 0.1060$ | Propio     |
| Mediano        | Graph Cuts          | DS      | $0.60 \pm 0.0052$ | [12]       |
| Plexo Braquial | GAN-DPP             | DS      | $0.99 \pm NR$     | [13]       |
| Plexo Braquial | GAN-ET              | DS      | $0.73 \pm NR$     | [14]       |
| Plexo Braquial | CGAN-IoU            | DS      | $0.72 \pm 0.0426$ | Propio     |
| Plexo Braquial | U-net               | DS      | $0.69 \pm 0.0004$ | [15]       |
| Plexo Braquial | ResNet54+PDC+fs5    | DS      | $0.69 \pm NR$     | [19]       |
| Plexo Braquial | CGAN-L1             | DS      | $0.43 \pm 0.0869$ | Propio     |
| Ciático        | CGAN-IoU            | DS      | $0.89 \pm 0.1250$ | Propio     |
| Ciático        | CGAN-L1             | DS      | $0.64 \pm 0.0545$ | Propio     |
| Cubital        | CGAN-IoU            | DS      | $0.78 \pm 0.076$  | Propio     |
| Cubital        | CGAN-L1             | DS      | $0.63 \pm 0.0902$ | Propio     |

# Conclusiones

## Conclusiones

- ▶ La arquitectura CGAN propuesta permite entrenar modelos para la segmentación de nervios periféricos usando una metodología de entrenamiento adversario condicional.
- ▶ Las funciones de perdida utilizadas permiten evaluar la calidad de las segmentaciones realizadas por la red generadora durante el proceso de entrenamiento, obteniendo los mejores resultados sobre las métricas de evaluación los modelos que fueron entrenados con la perdida IoU.

# Conclusiones

## Conclusiones

- ▶ Las métricas utilizadas corroboran que cada uno de los modelos entrenados poseen la capacidad de identificar nervios en imágenes de ultrasonido para las bases de datos utilizadas

# Trabajos Futuros

## Trabajos Futuros

- ▶ Implementar el sistema automático para la segmentación de nervios periféricos en un software que facilite su uso en procedimientos médicos.
- ▶ Utilizar los generadores desarrollados como modelos pre entrenados para modelar un sistema automático que permita realizar predicciones considerando características espacio temporales para el seguimiento de los nervios en tiempo real.
- ▶ Aplicar enfoques probabilísticos que permitan identificar las estructuras nerviosas presentes en las imágenes de ultrasonido.

# Publicaciones

El sistema automático para la segmentación de nervios periféricos se presentó en el *segundo simposio de investigación Comfamiliar 2019* bajo la modalidad de ponencia el día 24 de octubre de 2019, llevado a cabo en la ciudad de Pereira, Risaralda, donde se presentaron diferentes estudios de investigación desarrollados en el área de la medicina frente a una comunidad científica multidisciplinaria.

## Segundo simposio de investigación Comfamiliar 2019

- Jiménez G. Andrés, Rodriguez M. Wilson, García A. Hernán *Redes Generativas Adversarias para la Segmentación de Nervios Periféricos*. SIC 2019. Pereira-Risaralda.

-  M. F. Perez, Cucchi, P. Montes, and G. Miguel, "Bloqueo continuo de los nervios pectorales para cirugía de mama," 2011.
-  M. S. Acedo Gutiérrez, "Tratamiento del dolor: técnicas locorregionales. Bloqueos," *Oncología (Barcelona)*, vol. 28, no. 3, pp. 38–40, 2005.
-  "Anestesia regional."  
[www.cancercarewny.com/content.aspx?chunkid=217139](http://www.cancercarewny.com/content.aspx?chunkid=217139).  
Accedido: 2020-06-17.
-  D. W. F. U. Dr Carlos A. Bollini, Dr Fernando J. Cacheiro, "Estimulación nerviosa periférica en anestesia regional."  
<http://anestesiaregionalargentina.com/web3/index.php/tecnicas/varios/83-neurolocalizacion>.  
Accedido: 2020-06-19.
-  "Femoral nerve block under pocus."  
[hwww.grepmed.com/images/4850/](http://www.grepmed.com/images/4850/)

Accedido: 2020-06-20.

-  J. I. Manrique Bacca, "Características de las demandas por lesiones a nervios periféricos durante procedimientos invasivos. Vinculación de los anestesiólogos," *Revista Colombiana de Anestesiología*, vol. 34, pp. 83 – 88, 06 2006.
-  J. J. Giraldo Gutierrez, *Segmentación automática de estructuras nerviosas en imágenes de ultrasonido: una comparación entre técnicas de procesamiento de imágenes y modelos Bayesianos no paramétricos*. PhD thesis, Universidad Tecnologica de Pereira, 2015.
-  C. Huang, Y. Zhou, W. Tan, Z. Qiu, H. Zhou, Y. Song, Y. Zhao, and S. Gao, "Applying deep learning in recognizing the femoral nerve block region on ultrasound images," *Annals of Translational Medicine*, vol. 7, no. 18, pp. 453–453, 2019.

-  J. J. Giraldo, M. A. Alvarez, and A. A. Orozco, "Peripheral nerve segmentation using Nonparametric Bayesian Hierarchical Clustering," in *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, vol. 2015-Novem, pp. 3101–3104, 2015.
-  A. Hafiane, P. Vieyres, and A. Delbos, "Deep learning with spatiotemporal consistency for nerve segmentation in ultrasound images," tech. rep., 2017.
-  O. Hadjerci, A. Hafiane, N. Morette, C. Novales, P. Vieyres, and A. Delbos, "Assistive system based on nerve detection and needle navigation in ultrasound images for regional anesthesia," *Expert Systems with Applications*, vol. 61, 05 2016.
-  J. Gil Gonzalez, M. A. Alvarez, and A. A. Orozco, *Automatic segmentation of nerve structures in ultrasound images using Graph Cuts and Gaussian processes*, vol. 2015-November. 2015.

-  I. Rubasinghe and D. Meedeniya, "Ultrasound nerve segmentation using deep probabilistic programming," *Journal of ICT Research and Applications*, vol. 13, no. 3, pp. 241–256, 2019.
-  C. Liu, F. Liu, L. Wang, L. Ma, and Z.-M. Lu, "Segmentation of nerve on ultrasound images using deep adversarial network," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol. 14, pp. 53–64, 02 2018.
-  M. Jocic, "Ultrasound Nerve Segmentation," tech. rep., 2017.
-  H. F. Garcia, J. J. Giraldo, M. A. Alvarez, A. A. Orozco, and D. Salazar, "Peripheral Nerve Segmentation Using SpeckleRemoval and Bayesian Shape Models," *Springer International*, 2015.
-  "Ultrasound nerve segmentation."  
[www.kaggle.com/c/ultrasound-nerve-segmentation](http://www.kaggle.com/c/ultrasound-nerve-segmentation).  
Accedido: 2019-11-20.

- P. Isola, J.-Y. Zhu, T. Zhou, and A. A. Efros, “Image-to-image translation with conditional adversarial networks,” 2016.
- “Image Segmentation with Pyramid Dilated Convolution Based on ResNet and U-Net,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10635 LNCS, pp. 364–372, 2017.

Fin de la presentación.



UNIVERSIDAD  
DEL QUINDÍO



PERTINENTE  
CREATIVA  
INTEGRADORA

MUCHAS GRACIAS

@uniquindio

uniquindioconectada

uniquindioconectada