










## Deep Learning para aplicaciones astronómicas, visión por computadora y sistemas médicos.

F. Ronchetti<sup>1,2,3</sup> , F. Quiroga<sup>1,2,4</sup> , G. Rios<sup>1,4</sup> , P. Dal Bianco<sup>1,4</sup> , I. Mindlin<sup>1</sup> , L. Lanzarini<sup>1,2</sup> ,  
A. Rosete<sup>5</sup> , R. Gamen<sup>6</sup> , Y. Aidelman<sup>6,7</sup>, C. Escudero<sup>7</sup>, N. Pereyra<sup>1</sup>, E. Rucci<sup>1,2,3</sup> .

<sup>1</sup> Instituto de Investigación en Informática LIDI, Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.\*

<sup>2</sup> Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

<sup>3</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. De Bs. As. (CICPBA)

<sup>4</sup> Becario postgrado UNLP

<sup>5</sup> Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (CUJAE), La Habana, Cuba

<sup>6</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

<sup>7</sup> Instituto de Astrofísica de La Plata (IALP CONICET), La Plata, Argentina

\* Centro asociado de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. De Bs. As. (CIC)

Contacto: fronchetti@lidi.info.unlp.edu.ar

### CONTEXTO

Esta presentación corresponde a las tareas de investigación que se llevan a cabo en el III-LIDI en el marco del proyecto F025 “Sistemas inteligentes. Aplicaciones en reconocimiento de patrones, minería de datos y big data” perteneciente al Programa de Incentivos (2018-2022).

### RESUMEN

Esta línea de investigación se centra en el estudio y desarrollo de Sistemas Inteligentes para la resolución de problemas de reconocimiento de patrones en imágenes, video y datos médicos, utilizando técnicas de Aprendizaje Automático clásicas, junto con Redes Neuronales Convolucionales y Aprendizaje profundo. El trabajo presentado describe diferentes casos de aplicación en visión por computadora, Astronomía y predicción de diabetes.

Una de las líneas de investigación principales que se continúa desarrollando es el reconocimiento de lengua de señas. Este es un problema complejo y multidisciplinar, que presenta diversos subproblemas a resolver como el reconocimiento del intérprete, la segmentación de manos, la clasificación de diferentes configuraciones y de un gesto dinámico, entre otros.

En esta área se está estudiando la forma de reconocer formas de mano de la Lengua de Señas con conjuntos de datos de tamaño

reducido, dada la falta de datos de entrenamiento para este dominio. Además, se están utilizando Redes Recurrentes para reconocer señas dinámicas, utilizando la base de datos LSA64 de Lengua de Señas Argentina [2].

Por último, se están utilizando Redes Generativas Adversarias (GANs) para aumentar bases de datos de formas de mano, con el objetivo de complementar desde otro enfoque el entrenamiento de modelos para su clasificación.

Por otro lado, se está estudiando la forma en que las redes neuronales codifican la invarianza a las transformaciones y otras propiedades transformacionales, con el objetivo de poder analizar y comparar estos modelos. De esta forma se espera poder mejorar los modelos de clasificación de objetos transformados, en particular, de formas de mano.

Siguiendo con la línea de reconocimiento de patrones en imágenes, se está llevando a cabo una colaboración con investigadores de la Facultad de Astronomía y Geofísica de la UNLP para crear modelos de clasificación de imágenes de objetos celestes. Además, se está desarrollando un sistema para recuperar la información de placas.

Por último, se estudiaron modelos de Aprendizaje Automático para la predicción temprana de la enfermedad de diabetes.

**Palabras clave:** Redes Neuronales, Redes Convolucionales, Redes Recurrentes, Visión

por Computadoras, Lengua de Señas, Redes Generativas Adversarias, Invarianza, Equivarianza, Imágenes Astronómicas.

## 1. INTRODUCCION

El Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) tiene una larga trayectoria en el estudio, investigación y desarrollo de Sistemas Inteligentes basados en distintos métodos de Aprendizaje Automático y Redes Neuronales

Como resultado de estas investigaciones se han diseñado e implementado técnicas originales aplicables a la clasificación y el análisis de características de objetos en imágenes, generación de imágenes para aumentación de datos, y estudio del funcionamiento de las redes neuronales. En relación con esta línea, actualmente se están desarrollando los siguientes temas:

### 1.1. Reconocimiento Lengua de Señas

En esta línea de investigación, el objetivo es la clasificación de gestos en videos de Lengua de Señas. Por un lado, se está trabajando con la base de datos LSA64 [11]. Esta consiste en un registro de 64 señas de la Lengua de Señas Argentina. Se compararon diversas técnicas en el estado del arte del Aprendizaje Automático basadas en Redes Neuronales. Específicamente, se compararon tanto arquitecturas basadas en Redes Recurrentes y Convolucionales, como distintas estrategias de preprocesamiento para optimizar la calidad del reconocimiento. También se están analizando los modelos entrenados para comprender mejor el impacto de estas estrategias de preprocesamiento y de la forma de representación lograda por cada tipo de arquitectura [2][11]. Por otro lado, se está confeccionando una base de datos masiva y realista de la Lengua de Señas Argentina, procesando videos de YouTube de un canal especializado en la temática. Se espera generar una base de datos robusta con cientos de horas de señas continuas.

Adicionalmente, se están comenzando a utilizar Redes Generativas Adversarias (GANs) para generar imágenes artificiales

relacionadas con la lengua de señas. Este tipo de redes permitirá aumentar las bases de datos de formas de mano, con el objetivo de complementar desde otro enfoque el estudio de modelos y algoritmos de clasificación para bases de datos con pocos datos etiquetados. Estas investigaciones son llevadas a cabo en marco de una tesis doctoral financiada por la UNLP a través de una beca de postgrado.



**Figura 1: Activaciones de las capas convolucionales de una Red Recurrente para reconocer señas en video.**

### 1.2. Identificación de Personas con Riesgo de Diabetes y Prediabetes

La Diabetes Tipo 2 (DT2) es una enfermedad crónica caracterizada por una disminución precoz y progresiva de la masa y de la función de las células beta del páncreas. Debido a su creciente prevalencia en combinación con su elevado costo de atención, constituye un serio problema de salud pública, por lo que se han realizado grandes esfuerzos por desarrollar estrategias efectivas para su prevención y tratamiento, así como para evitar sus complicaciones crónicas. En ese sentido, resulta importante reconocer que las consecuencias negativas de esta enfermedad comienzan en una etapa previa conocida como prediabetes, la cual implica un riesgo elevado de desarrollar DT2 en los siguientes años.

El desarrollo de la DT2 es un proceso lento y progresivo condicionado por factores genéticos, ambientales y de comportamiento. Aunque no existe una cura definitiva para esta enfermedad, varios estudios han demostrado que se puede prevenir o demorar su aparición en personas con prediabetes a través de la adopción de un estilo de vida saludable y/o asociado con la ingesta de diversos fármacos. En Argentina, una iniciativa de este tipo es el

Programa PPDBA desarrollado por el CENEXA (CONICET-UNLP-CIC) [10].

La detección de DT2 y prediabetes representa un verdadero desafío para la medicina debido a la ausencia de síntomas patogenómicos y/o la falta de conocimiento de los factores de riesgo asociados. Es por eso que frecuentemente una persona pueda pasar meses (o incluso años) sin saber que se encuentra en riesgo.

Los modelos existentes para predicción de diabetes y prediabetes no necesariamente aplican a la población argentina [13] y, hasta donde llega nuestro conocimiento, no existe modelo ni herramienta similar disponible en nuestro medio que permita identificar personas con alta probabilidad de tener estas enfermedades. Brevemente, esta línea propone desarrollar y validar modelos predictivos de diabetes y prediabetes específicos para la población argentina utilizando técnicas de Aprendizaje Automático. Se cuenta con acceso a la base de datos del PPDBA y apoyo del equipo médico de CENEXA. La concreción de esta línea representaría un avance en el conocimiento y un instrumento útil para los sistemas de salud de Argentina (e incluso de la región).

### 1.3. Métricas de Equivarianza

Las redes neuronales son modelos tradicionalmente considerados como de caja negra. En los años recientes, se han realizado varios esfuerzos para comprender su funcionamiento de forma tal que el mismo sea más predecible o modulable.

La invarianza y equivarianza a las transformaciones son propiedades deseables en varios modelos de redes debido a que nos permiten razonar más fácilmente respecto a su funcionamiento.

En los últimos años, varios modelos fueron propuestos para añadir invarianza a la rotación y otras transformaciones en CNNs [3]. No obstante, no está claro como estos modelos impactan en el aprendizaje usual de los pesos de la red.

Por este motivo, se continua con la utilización de las métricas previamente definidas [4] para

caracterizar modelos de redes neuronales típicos, ya sea desde capas muy utilizadas como Batch Normalization, Dropout, Max-Pooling, arquitecturas completas como Residual Networks, VGG o AllConvolutional, y arquitecturas especializadas como TI-Pooling.

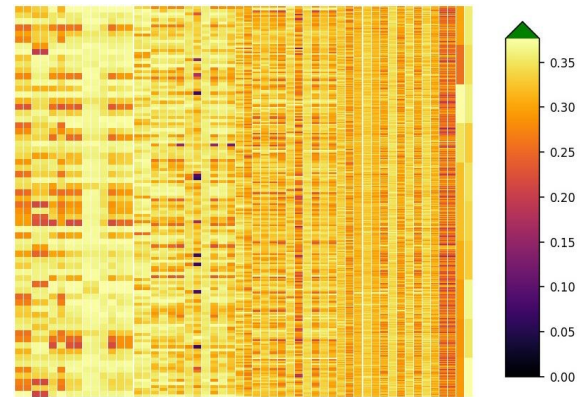


Figura 2. Invarianza por capas y unidades de una CNN con arquitectura ResNet.

### 1.4. Análisis de Imágenes Astronómicas

En los últimos años, la cantidad de información astronómica disponible se ha multiplicado de forma exponencial. En consecuencia, diversas tareas que anteriormente se realizaban de forma manual o semi-manual deben ahora automatizarse aún más.

En este ámbito, en el III-LIDI se están desarrollando dos proyectos. El primero consiste en determinar modelos de clasificación a partir de información fotométrica de estrellas Be [5][12]. Estas estrellas son estrellas no-supergigantes cuyo espectro exhibe emisión en línea H $\alpha$ . Para el análisis de muchos objetos astronómicos, los datos fotométricos son relativamente más fáciles de obtener debido al menor tiempo de uso del telescopio. Por lo tanto, existe una necesidad creciente de utilizar información fotométrica para identificar automáticamente objetos para estudios más detallados, especialmente estrellas con líneas de emisión H $\alpha$  como las estrellas Be. En este trabajo se evaluó el uso de redes neuronales para identificar candidatos a estrella Be a partir de un conjunto de estrellas tipo OB. Las redes se

entrenaron utilizando un subconjunto etiquetado de las bases de datos VPHAS + y 2MASS, con filtros u, g, r, H $\alpha$ , i, J, H y K. Para evitar el efecto del enrojecimiento, se propuso y se evaluó el uso de índices Q para mejorar la generalización del modelo a otras bases de datos. Para validar el enfoque, se etiquetó manualmente un subconjunto de la base de datos y se usó para evaluar modelos de identificación de candidatos. También se etiquetó un conjunto independiente de datos utilizando validación cruzada [7]. Los modelos entrenados lograron obtener un 25% de Sensibilidad (*Recall*) fijando la precisión (*Precision*) al 99%. Actualmente se está trabajando en agregar nuevas bases de datos de otros investigadores y así como otras áreas del cielo.

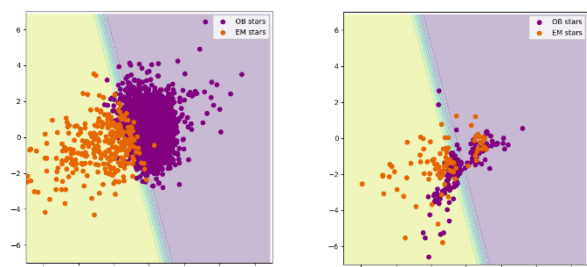


Figura 3. Reducción a 2 features para los conjuntos de datos de Mohr-Smith (izquierda) y Liu (derecha). Las líneas de decisión corresponden a una función sigmoidea de un regresor logístico entrenado en Mohr-Smith.

## 2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

- Redes neuronales profundas, convolucionales y recurrentes.
- Invarianza y auto-equivarianza en redes neuronales.
- Reconocimiento de lenguaje de señas.
- Generación de imágenes con GANs.
- Análisis de datos astronómicos.
- Identificación de Personas con Riesgo de Diabetes y Prediabetes.

## 3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

- Comparación de modelos especializados para bases de datos con pocas muestras para la clasificación de formas de mano.
- Desarrollo de métricas de invarianza y auto-equivarianza para redes neuronales.
- Análisis de modelos para el reconocimiento de lengua de señas en video.
- Redes generativas para la creación de datos artificiales en la Lengua de Señas.
- Modelo de clasificación de estrellas Be generalizable a distintos conjuntos de datos.
- Sistema automático de recortes de espectros estelares.
- Modelos de predicción de diabetes y prediabetes.

## 4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El grupo de trabajo de la línea de I/D aquí presentada está formado por: 2 profesores con dedicación exclusiva, 1 investigador CIC-PBA, 2 becarios de posgrado de la UNLP con dedicación docente, 1 becario CIC, 1 becario CIN, 6 tesistas, 1 profesor extranjero y 3 investigadores externos.

Dentro de los temas involucrados en esta línea de investigación, en los últimos dos años se han finalizado 2 tesis de doctorado, 2 tesis de especialización, y 5 tesinas de grado de Licenciatura.

Actualmente se están desarrollando 2 tesis de doctorado, 1 tesis de especialista, 5 tesinas de grado de Licenciatura y 2 trabajos finales de Ingeniería en Computación. También participan en el desarrollo de las tareas becarios y pasantes del III-LIDI.



## 5. REFERENCIAS

- [1] Quiroga, F., Antonio, R., Ronchetti, R., Lanzarini, L., Rosete, A. A Study of Convolutional Architectures for Handshape Recognition applied to Sign Language, publicado en el XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2017) (pp. 13-22). 2017
- [2] Cornejo Fandos, U., Rios, G., Ronchetti, F., Quiroga, F., Hasperué, W., Lanzarini, L. Recognizing Handshapes using Small Datasets, publicado en el XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2019, Rio Cuarto) (pp. 105-114). 2019.
- [3] Quiroga F., Ronchetti F., Lanzarini L., Fernandez-Bariviera A. Revisiting Data Augmentation for Rotational Invariance in Convolutional Neural Networks. International Conference on Modeling and Simulation in Engineering, Economics and Management (MS'2018 GIRONA). 2018.
- [4] Quiroga, F., Torrents-Barrena, J., Lanzarini, L., & Puig, D. Measuring (in) variances in Convolutional Networks. In Conference on Cloud Computing and Big Data (pp. 98-109). Springer, Cham. 2019.
- [5] Aidelman Y., Escudero C., Ronchetti F., Quiroga F., Lanzarini L. Reddening-Free Q Indices to Identify Be Star Candidates. Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics. pp 111-123. Springer International Publishing. 2020.
- [6] Goodfellow I. J., Pouget-Abadie j., Mirza M., Xu B., Warde-Farley D., Ozair S., Courville A., Bengio Y. Generative Adversarial Networks. NIPS'14 Proceedings of the 27th International Conference on Neural Information Processing Systems. v2. pp 2672-2680. 2014.
- [7] Jaschek M., Slettebak A., Jaschek C. *Be star terminology*. Be Star Newsletter. 1981.
- [8] Potash, P., Romanov, A., and Rumshisky, A. Ghostwriter: Using an lstm for automatic rap lyric generation. In Proceedings of the 2015 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, 1919-1924. 2015.
- [9] Young, T., Hazarika, D., Poria, S., and Cambria, E. Recent trends in deep learning based natural language processing. *iee Computational intelligenCe magazine*, 13(3):55. 2018.
- [10] Gagliardino J. J., Etchegoyen G., Bourgeois M., Fantuzzi G., García S., González L., Elgart J. F., Ré M., Ricart A., Ricart J. P., Spinedi E., “Prevención primaria de diabetes tipo 2 en argentina: estudio piloto en la provincia de buenos aires,” *Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo*, vol. 53, no. 4, pp. 135 – 141, 2016.
- [11] Iván Mindlin, Facundo Quiroga, Franco Ronchetti, Pedro Dal Bianco, Gastón Ríos, Laura Lanzarini, Waldo Hasperué. “A Comparison of Neural Networks for Sign Language Recognition with LSA64”. JCC-BD&ET: Conference on Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics. pp 104-117. Springer, Cham. Junio 2021.
- [12] Aidelman Y., Escudero C., Ronchetti F., Quiroga F., Granada A., Lanzarini L. “Identificación de candidatas a estrellas Be utilizando redes neuronales”. *Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía*. Vol. 62. pp.62-64. 2021.
- [13] Choudhury A., Gupta D. A Survey on Medical Diagnosis of Diabetes Using Machine Learning Techniques. In: Recent Developments in Machine Learning and Data Analytics. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 740. Springer, Singapore. 2019.