Aplicación de redes neuronales para la prevención de lesiones en deportistas amateur

Matías Alejandro García

***Resumen*—El objetivo de esta investigación es la implementación de redes neuronales para la toma de decisiones sobre los pasos a seguir que debe realizar un deportista amateur que solicita un turno en sanatorios y hospitales. El paciente solicita un turno ya sea por una lesión ocasionada en el ámbito deportivo o un turno de consulta para la prevención de lesiones y salud deportiva.**

El sistema implementado de redes neuronales realiza un análisis en base a los parámetros que obtiene de la consulta del paciente y otorgará al médico tratante un conjunto de recomendaciones, diagnósticos y aspectos a investigar del paciente para hallar el origen de las lesiones y/o para prevenir futuras lesiones y generar un plan de control de seguimiento para el paciente.

I. Caso de estudio

La presente investigación propone determinar si es factible predecir un diagnóstico médico deportivo o una recomendación para encontrar un diagnóstico médico definitivo. Se espera llegar a dicho diagnóstico a través del desarrollo de un algoritmo de red neuronal que utilice datos de lesiones del historial médico.

Se hallan los siguientes beneficios en un desarrollo con resultados concluyentes y satisfactorios:

- Reducción de tiempo de los médicos tratantes.
  Contar con un sistema de inteligencia artificial para definir un diagnóstico o un próximo paso a seguir en el tratamiento o búsqueda del problema raíz puede optimizar los tiempos de consultas médicas, ya que el médico no tendrá la necesidad de revisar el historial médico por completo para obtener una definición. Podría utilizar el resultado que plantea el modelo de predicción para apoyarse o descartarlo de ser necesario.

- Efectividad en la búsqueda de la causa raíz de las lesiones.
  En el modelo de predicción no intervienen factores como el estrés, el cansacio y factores psicológicos que alteren su decisión o dejen pasar por alto alguna variable que lleve al diagnóstico como si podría pasarle a un humano.

- Preservar la salud deportiva.
  Las lesiones provocadas en deportistas amateur pueden llegar a ser irreversibles o tener un alto costo de recuperación y rehabilitación. En algunos casos también puede generar enfermedades que acorten la expectativa de vida o el normal desempeño en la movilidad. Un ejemplo de esto es la artrosis temprana que se genera a causa de lesiones y no solo limita al paciente en su salud deportiva sino que provoca una reducción de movilidad.[1]

II. Marco Teórico

La incorporación del deporte y el entrenamiento físico como hábito en la rutina de las personas genera un estado de salud mental y física que colabora con una vida saludable, con la prevención de enfermedades generadas por el sedentarismo y la prevención de lesiones.[2]

En contraparte, la incorporación del deporte y la actividad física en un contexto desfavorable puede llevar a recurrentes lesiones y a impactar en la salud deportiva de las personas e incluso generar enfermedades graves que acorten el periodo de actividad deportiva en una persona.[3]

En la actualidad existe un gran número de deportistas aficionados que realizan actividades deportivas, entrenamientos y disciplinas en tiempos de ocio tales como calistenia, crossfit, entrenamientos funcionales, entrenamientos en parques y áreas abiertas, así como deportes amateurs como fútbol, hockey, tenis, padel y basquetbol.

Desde hace unos años se está desarrollando una cultura asociada al fitness que se ve reflejada en el crecimiento de grupos de entrenamiento en parques, así como de centros de crossfit [4][5]. Con el objetivo de liberarse del estrés de la rutina, buscar objetivos de pérdida de peso y estéticos o simplemente por generar conexiones sociales a través del deporte. [6].

Este grupo de aficionados a su vez se divide entre aquellos que cuentan con una obra social y fácil acceso a consultas médicas, así como tratamientos quirúrgicos y kinesiológicos para tratar lesiones y en aquellos que pueden contar con este tipo de atención médica pero dentro de la salud pública, lo que agrava aún en mayor medida el control y seguimiento en deportistas, objetivo que se plantea en esta investigación.

Existen marcadas diferencias entre un deportista amateur y un deportista profesional:

- El monitoreo y guía por un profesional que se realiza en las prácticas deportivas y la técnica para ejecutar los ejercicios y movimientos para prevenir futuras

lesiones.[7] El deportista amateur normalmente no cuenta con la experiencia para ejecutar ciertos ejercicios o realizar ciertas actividades de forma correcta sin atentar contra su propia salud física[8], por otro lado no tiene un seguimiento y control para prevenir futuras lesiones a menos que decida buscar especialistas por propia voluntad, pero para esto tendría que saber a qué tipo de especialista debería acudir y que debería buscar.

- La atención médica que se obtiene ante una lesión buscando no solo curar de la mejor forma posible la lesión sino buscando la salud deportiva es otro factor importante que puede repercutir en futuras lesiones. Si bien en la atención médica se busca la curación de la lesión a través de la consulta, intervenciones quirúrgicas y tratamientos kinesiológicos, no se evalúa el contexto deportivo para realizar una recuperación como si se tratara de un deportista. La búsqueda de la causa raíz y los factores incidentes sobre la lesión como el uso de calzados adecuados para realizar la actividad[9][10] y como agravante no solo un calzado adecuado puede ayudar a la prevención de lesiones sino que un mal calzado[11] puede provocarlas e inclusive generar patologías en el cuerpo humano que requieran luego una rectificación larga a través de tratamientos kinesiológicos para revertirlos. Por esto es que es indispensable no solo para un buen diagnóstico sino para la prevención de futuras lesiones.

- El seguimiento de historial médico de lesiones y la búsqueda de la causa raíz que puede haber desencadenado la lesión actual y que puede ser favorable para corregir defectos en la marcha, debilidades y zonas musculares en donde es necesario mejorar la fuerza, la estabilidad o la movilidad.

- La nutrición es otro factor al que los deportistas aficionados no le dan relevancia y que impacta luego sobre las lesiones provocadas o que pudieran provocarse. [12]

II-A. Redes neuronales

Una red neuronal es un modelo diseñado para simular al cerebro humano que buscan mediante el entrenamientos de datos analizados y su aprendizaje constante ejecutar una toma de decisiones[13]. Las neuronas de la red se interconectan mediante enlaces y a cada uno de estos se le asocia un peso específico que incidirá en el resultado final. Luego de realizado el enrtrenamiento de la red neuronal esta se encuentra preparada para responder ante situaciones a las que anteriormente no había sido sometida en el aprendizaje, inclusive ante situaciones en las que falta información o ésta se encuentra distorsionada. [13]

II-B. Aplicaciónes de redes neuronales

En la actualidad se utiliza redes neuronales en diversas áreas de la médicina:

- Detección de patologías: El uso de redes neuronales para la detección de patologías es una gran ventaja ya que a diferencia de los diagnósticos realizados por médicos humanos, las redes neuronales pueden ejecutar diagnósticos dejando de lado factores como la fatiga, emociones y condiciones que afecten el resultado final.[14]
- Análisis de estudios bióquimicos: Se facilitan los análisis de este tipo de estudios reduciendo los tiempos de diagnóstico.
- Análisis de estudios de imágenes: Su uso para procesar imágenes, por ejempplo, resonancias magnéticas, tomografías y radiografías, disminuye los tiempos de diagnóstico y aumenta la precisión de los mismos.[15]
- Desarrollo de fármacos: Su utilización para el desarrollo de fármacos y vacunas comienza a ser un punto de inflexión en la medicina. [16]

Con una red neuronal es posible, por ejemplo, ingresar una imagen en el modelo de red neuronal implementado y determinar si la imagen ingresada corresponde a un auto. La red neuronal estará compuesta por varias capas con sus neuronas interconectadas entre sí y con pesos asignados a cada una de ellas. Las capas irán analizando diferentes atributos de la imagen y ajustando el peso que luego en la capa final será evaluado. La capa final tendrá dos neuronas con opciones binarias (0 ó 1), y basándose en el peso obtenido en las capas anteriores definirá por aproximación si la imágen corresponde a un auto o no.

III. Desarrollo

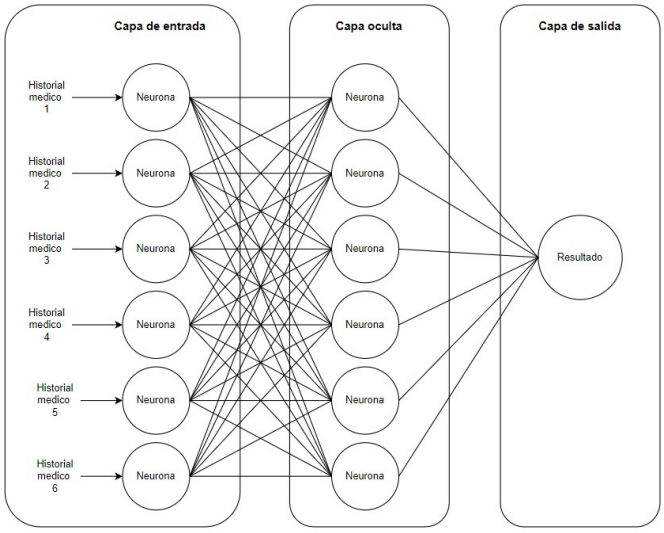
Se debe explicar el proceso realizado para llegar a los resultados

III-A. Componentes

III-A1. Ambiente de desarrollo: El desarrollo del prototipo de red neuronal se realizó con python 3.10 dentro de un ambiente virtual y se utilizó como editor de código fuente a Visual Studio Code. Para trabajar con aprendizaje automático se utilizó TensorFlow, un framework de código abierto diseñada par Google para éste fin y keras, otra biblioteca de redes neuronales con base en Python que se ejecuta sobre TensorFlow.

III-A2. Diseño del prototipo: Para el diseño de la red neuronal se definió 3 capas como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Diagrama del prototipo de red neuronal



Como primer prototipo se define una única capa oculta densa, pero es posible probar con más capas ocultas para obtener mejores resultados.

- Capa de entrada
  La capa de entrada cuenta con 6 neuronas que reciben los 6 datos de entrada utilizados para la predición. Las 6 neuronas reciben un dato referido a una lesión registrada en el historial médico o un marcador de sobrepeso. Todos los datos de entrada referidos a las lesiones están normalizados, por lo que las neuronas recibirán números clasificados del 1 al 8 en adelante como se observa en la tabla de la figura 2. La última neurona recibe la frecuencia de actividad deportiva que realiza el paciente. Esta frecuencia es un número que describe el nivel de intensidad deportiva realizada definida por un número del 1 al 10.

Figura 2. Normalización de datos para la capa de entrada y la capa de salida.

Lesiones y marcadores del historial médico del paciente	Valor de referencia
Sobrepeso (IMC > 25)	0
Esguince de rodilla	1
Esguince de tobillo	2
Rotura de LCA	3
Tendinitis de fascia lata	4
Fascitis Plantar	5
Torceduras	6
Rotura de Ligamentos	7
Fracturas	8

- Capa oculta
  La capa oculta cuenta con 6 neuronas interconectadas entre sí con las neuronas de la capa de entrada que se encargará de realizar la predicción. Para este prototipo se define una única capa oculta densa.

- Capa de salida
  La capa de salida presenta una única neurona que realizará la predicción indicando un diagnóstico o recomendación a seguir para el médico tratante. Los diagnósticos posibles para la predicción se detallan en la figura 3 con el valor de referencia.

Figura 3. Diagnósticos esperados.

Diagnósticos	Valor de referencia
Sobrepeso	0
Deficit de eslasticidad	1
Problemas en densidad osea	2
Debilidad del gluteo medio	3
Hiperlaxitud	4
Dismetria de miembros inferiores	5

Se utilizó Adam como algoritmo de optimización para que realice el ajuste de pesos y sesgo del modelo, buscando un aprendizaje eficiente. Para la función de pérdida se eligió el error cuadrático medio. El set de entrenamiento fué definido con 1000 vueltas de aprendizaje como se oberva en la figura 4.

III-A3. Interfaz web: Para exportar el modelo a la interfaz web se utilizó TensorFlowJS y para el desarrollo de la interfaz javascript. Esta interfaz como se observa en la figura 4, nos permite ingresar los datos que serán recopilados por las neuronas de la capa de entrada para luego mediante el botón ”Diagnosticar”, mostrar la predicción que realiza el modelo.

IV. Análisis y Resultados

El set de datos de entrenamiento que se utilizó para generar el modelo de predicción consta de 24 mil casos médicos que

Figura 4. Curva de aprendizaje del entrenamiento de datos.

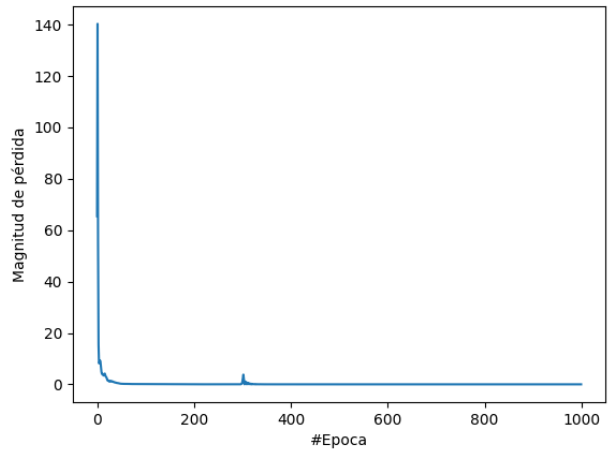
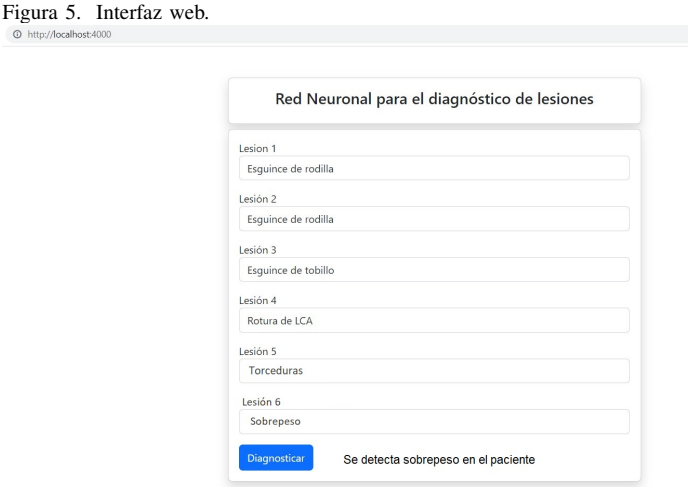


Figura 5. Interfaz web.



incluían el historial de 6 lesiones y el diagnóstico final. Como se observa en la figura 6, se detallan los diagnósticos y la cantidad de casos generados aleatoriamente por cada uno. Los casos generados tienen un par de números que representan el rango (mínimo;máximo) que puede tomar como valor cada lesión en cada caso. Así se logra generar historiales médicos aleatorios con el diagnóstico esperado para que el algoritmo de inteligencia artificial lo utilice como entrenamiento.

Figura 6. Set de datos de entrenamiento.

Diagnóstico	Cantidad de casos	Casos generados para cada definición de diagnóstico
Sobrepeso	2000	(0; 0) (0; 2) (0; 2) (0; 2) (0; 8)
Sobrepeso	2000	(0; 0) (0; 2) (0; 2) (0; 2) (0; 8) (0; 8)
Deficit de eslasticidad	4000	(7; 7) (7; 7) (7; 7) (0; 8) (0; 8) (0; 8)
Problemas en densidad osea	4000	(8; 8) (8; 8) (8; 8) (0; 8) (0; 8) (0; 8)
Debilidad del gluteo medio	2000	(5; 6) (5; 6) (5; 6) (5; 6) (5; 6) (0; 8)
Debilidad del gluteo medio	2000	(5; 6) (5; 6) (5; 6) (5; 6) (5; 6) (5; 6)
Hiperlaxitud	4000	(1; 7) (1; 7) (1; 7) (1; 7) (1; 7) (1; 7)
Dismetria de miembros inferiores	4000	(1; 6) (1; 6) (1; 6) (1; 6) (1; 6) (1; 6)

Luego de realizar el entranamiento con 1000 vueltas de aprendizaje se realizan pruebas y se encuentran los siguientes escenarios:

- Para casos idénticos el modelo funciona correctamente generando el mismo diagnóstico.
- Para casos similares en donde los datos de la capa de entrada son equivalentes a los casos de uso aplicados en el set de entranamiento por encima de un 80 %, es decir cuando 5 de las 6 variables de entrada aplicadas coinciden.
- Para casos de en los que las equivalencias con los casos de uso aplicados en el set de entranamiento estan por debajo del 80 % se observan errores en la predicción. Los diagnósticos se vuelven incoherentes o no puede realizar la predicción.

V. Conclusión

De los resultados se evidencia que el modelo generado no es lo suficientemente complejo o no está lo suficientemente maduro para cumplir con la necesidad especificada en esta investigación. El prototipo de red neuronal desarrollado en Python cuenta con 1 capa de entrada con 6 neuronas y una capa oculta. El set de entrenamiento se realizó en base a 6 casos de estudio que el modelo de predicción utiliza para generar los diagnósticos.

Es necesario aumentar el número de casos de entrenamiento para corroborar si el modelo mejora su eficiencia ante casos en los que difiere con mayor porcentaje a los utilizados como aprendizaje ya que si el caso a diagnosticar se diferencia de algúno de los casos de entrenamiento en un porcentaje mayor al 20 % el modelo falla.
También se determinó que sería importante probar con un modelo con mas capas ocultas para acomplejizar la red neuronal y comprobar si se encuentra un aumento de eficiencia en los casos de diagnóstico realizados.

Para darle mas valor a las pruebas realizadas con el modelo, luego de ajustarlo con los detalles técnicos ya mencionados y obteniendo resultados satisfactorios y concluyentes, sería de vital importancia realizar una investigación con especialistas médicos para ajustar los casos de uso que son presentados en el set de entrenamiento y así optimizar los resultados entregados por el modelo.
Finalmente se determina que el modelo de predicción adoptado no entrega resultados concluyentes para determinar si es factible y viable la utilización de la red neuronal implementada cómo sistema de diagnóstico.

VI. Líneas futuras

Se debe marcar los próximos pasos a seguir en la investigación

Referencias

[1] F. Pifarré San Agustín, J. E. M. Escoda, M. Marugán de los Bueis, A. Oller Asensio, and T. Prats, "Prevención de lesiones en el deportista (aspectos generales y aspectos podológicos)." *El Peu, 2009, vol. 29, núm. 2, p. 76-91*, 2009.

[2] S. H. B. Granados and Á. M. U. Cuéllar, "Influencia del deporte y la actividad física en el estado de salud físico y mental: una revisión bibliográfica," *Katharsis: Revista de Ciencias Sociales*, no. 25, pp. 141–160, 2018.

[3] C. G. González, "Epidemiología de las lesiones deportivas en deporte amateur en españa: la carrera popular," Ph.D. dissertation, Universidad Politécnica de Madrid, 2017.

[4] S. Mayer, "Crossfit y functional, los negocios fitness de moda," *Lima: La Cámara*, 2018.

[5] J. R. Rodríguez Espín, "Las lesiones deportivas y el crossfit en el gimnasio colonial en puyo provincia de pastaza," B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias humanas y de la ..., 2016.
[6] C. B. Crespo, "La cultura del cuerpo en tiempos de globalización," in *XI Congreso Argentino y VI Latinoamericano de Educación Física y Ciencias (Ensenada, 2015)*, 2015.
[7] F. J. Vera-Garcia, C. Juan-Recio, A. López-Valenciano, M. P. García-Vaquero, and D. Barbado, "Ejercicio físico y salud del aparato locomotor."ejercicio físico sí, pero no cualquier ejercicio"," *Motricidad Humana. Hacia una vida más saludable. Chile: Red Euroamericana de Motricidad Humana*.
[8] D. R. Robalino Sánchez *et al.*, "Incidencia de tendinitis aquilea en corredores amateur," B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencias de la Salud-Carrera de ..., 2017.
[9] E. V. S. Hernández, C. O. de Loera Rodríguez, A. E. C. Bustamante, and X. M. Oliva, "Biomecánica funcional del pie y tobillo: comprendiendo las lesiones en el deportista," *Ene*, 2016.
[10] J. Vicén, J. d. C. Garrigós, C. González, and J. Salinero, "La biomecánica y la tecnología aplicadas al calzado deportivo," *Madrid: Universidad Camilo José Cela. Recuperado de https://www. researchgate. net/profile/Juan_Salinero/publication/239526613_L a _ biomecanica _ y _ la _ tecnologia _a plicadas _ al _ calzado _ deportivo/links/0 c*, vol. 9, no. 6, p. 0, 2012.
[11] J. Izquierdo Peña *et al.*, "La importancia del calzado en las principales lesiones de rodilla en corredores," 2016.
[12] M. Peralta Marques, "La importancia de la falta de educación en cuanto a la alimentación con hidratos de carbono en deportistas amateurs," Ph.D. dissertation, Universidad del Salvador, 2007.
[13] A. Palmer Pol and J. Montaño-Moreno, "¿ qué son las redes neuronales artificiales? aplicaciones realizadas en el ámbito de las adiciones," *Adicciones*, vol. 11, no. 3, pp. 243–255, 1999.
[14] J. A. Avellaneda González and C. M. Ochoa Rey, "Implementación de redes neuronales para la detección de la presencia de enfermedades en el corazón," 2012.
[15] A. Delgado, "Aplicación de las redes neuronales en medicina," *Revista de la Facultad de Medicina*, vol. 47, no. 4, pp. 221–223, 1999.
[16] M. L. Del Río Solá, J. López Santos, and C. Vaquero Puerta, "La inteligencia artificial en el ámbito médico," *Revista Española de Investigaciones Quirúrgicas*, vol. 21, no. 3, pp. 113–116, 2018.

CV Matias Alejandro Garcia