












ORIGINAL

## Comparación de Algoritmos Machine Learning para la Predicción de Pacientes con Sospecha de COVID-19

### Comparison of Machine Learning Algorithms for Predicting Patients with Suspected COVID-19

Daniel Andrade-Girón<sup>1</sup>  , Edgardo Carreño-Cisneros<sup>1</sup>  , Cecilia Mejía-Domínguez<sup>1</sup>  , William Marín-Rodríguez<sup>1</sup>  , Henry Villarreal-Torres<sup>2</sup>  

<sup>1</sup>Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú.

<sup>2</sup>Universidad San Pedro. Chimbote, Perú.

**Citar como:** Andrade-Girón D, Carreño-Cisneros E, Mejía-Domínguez C, Marín-Rodríguez W, Villarreal-Torres H. Comparación de Algoritmos Machine Learning para la Predicción de Pacientes con Sospecha de COVID-19. Salud Cienc. Tecnol. 2023; 3:336. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023336>

Enviado: 20-01-2023

Revisado: 15-02-2023

Aceptado: 22-03-2023

Publicado: 23-03-2023

Editor: Prof. Dr. Javier González Argote 

#### RESUMEN

El brote de la enfermedad por coronavirus (COVID-19) ha infectado a millones de personas, ocasionando una elevada tasa de mortalidad en todo el mundo. Los pacientes con sospecha de COVID-19 se trasladan a diferentes establecimientos de salud, lo que ha originado una saturación en la atención, por lo cual es necesario contar con un modelo de predicción para clasificar a los pacientes con alto riesgo de deterioro clínico. El objetivo de la investigación fue comparar algoritmos de clasificación basados en máquinas de aprendizaje automático, para la predicción de diagnóstico clínico en pacientes con COVID-19. Se recolectaron 1000 registros de pacientes con sospecha de infección por SARS-CoV-2 que ingresaron por el servicio de emergencia en establecimientos de Salud en Perú. Después del pre-procesamiento de los datos e ingeniería de los atributos, se determinó una muestra de 700 registros. Se diseñaron los modelos y compararon los algoritmos: Regresión Logística, Máquina de Soporte Vectorial, Vecinos más Cercanos, Árbol de Decisión, Bosque Aleatorio y Navie Bayes. La evaluación de los resultados de cada algoritmo se realizó mediante la *Accuracy*, precisión, sensibilidad y la Kappa de Chohen para conocer el grado de concordancia entre la predicción por la máquina de aprendizaje y los resultados de la realidad, es decir, hasta qué punto ambos resultados coinciden en su medición. El algoritmo que presentó mejores resultados fue Máquina de Soporte Vectorial y Bosque Aleatorio, el cual predijo los pacientes con una exactitud del 97 %, y Kappa de Cohen de 0,95, con cifras superiores a los demás modelos evaluados.

**Palabras clave:** Aprendizaje Automático; Clasificación; COVID-19; Epidemia; Morbilidad.

#### ABSTRACT

The coronavirus disease (COVID-19) outbreak has infected millions of people, causing a high death rate worldwide. Patients suspected of having COVID-19 are transferred to different health facilities, which has caused a saturation in care, for which it is necessary to have a prediction model to classify patients at high risk of clinical deterioration. The objective of the research was to compare classification algorithms based on automatic learning machines, for the prediction of clinical diagnosis in patients with COVID-19. 1000 records of patients with suspected SARS-CoV-2 infection who were admitted by the emergency service in health establishments in Peru were collected. After pre-processing the data and engineering the attributes, a sample of 700 records was determined. Models were designed and algorithms were compared: Logistic Regression, Support Vector Machine, Nearest Neighbors, Decision Tree, Random Forest, and Navie Bayes. The evaluation of the results of each algorithm was carried out using Accuracy, precision, sensitivity and

Cohen's Kappa to know the degree of agreement between the prediction by the learning machine and the results of reality, that is, to what extent both results agree in their measurement. The algorithm that presented the best results was the Support Vector Machine and Random Forest, which predicted the patients with an accuracy of 97 %, and Cohen's Kappa of 0,95, with figures higher than the other models evaluated.

**Keywords:** Machine Learning; Classification; COVID-19; Epidemic; Morbidity.

## INTRODUCCIÓN

El COVID-19 es un nuevo virus muy contagioso y se ha extendido rápidamente a nivel mundial. El 30 de enero de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró este brote como una Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional (ESPII), ya que se había extendido a 18 países.<sup>(1)</sup> El 11 de marzo, dado que el número de casos de COVID-19 aumentó trece veces, aparte de China, con más de 118000 casos en 114 países y más de 4000 muertes, la OMS declaró que se trataba de una pandemia.<sup>(2)</sup>

Las organizaciones de salud a nivel mundial y nacional, en un contexto de pandemia por COVID-19, ocasionada por el virus SARS-CoV-2 se enfrentan a la necesidad de ambientes con equipos sofisticados y personal de salud con experiencia en la toma de decisiones oportunas y adecuadas para un tratamiento temprano de pacientes con la COVID-19.<sup>(3)</sup>

Asimismo, en el desarrollo del tratamiento, se ha observado en pacientes por COVID-19, que se presentan con un gran espectro clínico y distintos niveles de gravedad, que varía desde un estado asintomático, hasta, un síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) y la muerte de algunos pacientes.<sup>(4)</sup>

En los hospitales, donde hay un continuo incremento de pacientes con COVID19, se debe automatizar el proceso de clasificación, a fin de que sea un sistema de apoyo al profesional de salud y así dar una respuesta oportuna. Los métodos de clasificación están relacionados con el aprendizaje automático. Dentro de las alternativas tradicionales, los métodos estadísticos, de mínima distancia y máxima verosimilitud de clasificación, tienen sus limitaciones, relacionadas con las hipótesis de distribución normal y restricciones de los datos de entrada.<sup>(5)</sup>

Los problemas latentes se deben en buena cuenta a la falta de detección oportuna del deterioro clínico y de una respuesta terapéutica deficiente, lo cual conlleva a eventos adversos como: ingreso urgente a la UCI, paro cardiorrespiratorio y la muerte, estos hechos se presentan por la falta de determinar oportunamente el riesgo clínico del paciente por COVID-19, por diversos motivos como: la falta de personal, equipos necesarios, medidas de bioseguridad, la ubicación distante a los centros de salud, son factores que viene generando un alto porcentaje de fallecidos a nivel mundial y en particular en el Perú.<sup>(6,7)</sup>

En hospitales y en especial en centros de salud fuera de la ciudad, donde la tendencia de infectados por COVID-19 es acelerado, se debe automatizar el proceso de clasificación a fin de dar respuesta inmediata, por lo que es necesario en primer lugar diseñar modelos de clasificación, basado en máquina de aprendizaje automático, afín de realizar una comparación entre ellos y obtener el modelo más eficiente.<sup>(8)</sup>

Se han realizado diversos estudios sobre análisis comparativo de algoritmos de aprendizaje automático, para predecir y clasificar. Algunos investigadores realizaron un análisis comparativo de la eficiencia de los algoritmos de aprendizaje automático, muchos de ellos utilizaron dos conjuntos de datos diferentes con una estrategia de validación cruzada, compararon los resultados en base a la matriz de confusión generada por los algoritmos.<sup>(9)</sup>

Gupta et al.<sup>(10)</sup> en su investigación "*Comparación del rendimiento de los algoritmos de aprendizaje automático mediante la precisión estimada*", después de la comparación de varios algoritmos, ha encontrado que CART presenta mejores resultados según datos utilizados. Menciona que el resultado varía según la base de datos, el tamaño, así como otros aspectos. Compara varios algoritmos usando la precisión estimada de los modelos construidos y para eso prepararon modelos entrenados en datos utilizando métricas de evaluación. Trabajaron en un enfoque de prueba error y continuaron el proceso hasta obtener el mejor resultado.

Osisanwo et al.<sup>(11)</sup> en su investigación "*Algoritmos de aprendizaje automático supervisados: Clasificación y comparación*" realizaron investigaciones de comparación de algoritmos de aprendizaje automático, la comparación se desarrolló utilizando la estadística Kappa que permite observar la precisión.

La comparación de algoritmos de aprendizaje automático se ha realizado a diferentes áreas del conocimiento, pero la investigación en las diferentes fuentes no se ha encontrado una investigación comparativa de algoritmos de máquina de aprendizaje automático en la clasificación de pacientes con sospecha de COVID-19.<sup>(12)</sup>

El objetivo de la investigación es comparar algoritmos de clasificación basados en máquinas de aprendizaje automático, para la predicción de diagnóstico clínico en pacientes con sospecha de COVID-19.

## MÉTODO

La investigación siguió el enfoque cuantitativo, diseño observacional sin intervención, nivel predictivo. Para el desarrollo del modelo de aprendizaje automático se aplicó la metodología para el diseño de máquina de

aprendizaje automático.<sup>(13)</sup>

#### Recolección de datos:

Para el desarrollo de la investigación, se recolectaron 1000 registros y 10 características de pacientes con diagnóstico de infección por SARS-CoV-2 que ingresaron por el servicio de emergencia en centros de Salud en Perú.

#### Preprocesamiento de los datos:

Se realizó el pre-procesamiento y análisis, donde se aplicó la reducción de la dimensionalidad, se equilibraron los datos, como resultado se obtuvo una muestra de 700 registros y 09 características del paciente.

#### Selección de algoritmo de aprendizaje:

Existen diversas herramientas de aprendizaje automático. Para este estudio, se eligieron los siguientes algoritmos: Regresión Logística, Máquina de Soporte Vectorial, Vecinos más Cercanos, Árbol de Decisión, Bosque Aleatorio y Navie Bayes.<sup>(14)</sup>

#### Implementación del modelo y entrenamiento:

Dado que la cantidad de datos para entrenamiento y prueba es 700, se aplicó el método de retención (*holdout*) para estimar el error, se ha considerado un 30 % de datos para la prueba y 70 % restante para entrenamiento.<sup>(15)</sup>

#### Para la comparación de algoritmos:

Se utilizaron las métricas de evaluación *Accuracy*, sensibilidad(*recall*) y Kappa de Cohen.<sup>(16)</sup>

## RESULTADOS

En cuanto al diseño de cada modelo, se desarrolló en detalle la construcción y prueba de cada uno de ellos, para lo cual se optimizaron los parámetros correspondientes. Se ha aplicado la validación cruzada de 10 iteraciones o *10-fold cross validation*.<sup>(17)</sup>

Algoritmo	Rango Clínico	precisión	recall	f1-score	support	Accuracy
LogisticRegresion	Leve	0,92	0,98	0,95	57	0,94
	Moderado	0,99	0,90	0,94	100	
	Severo	0,90	0,98	0,94	53	
SVM	Leve	0,93	1,00	0,97	57	0,97
	Moderado	0,99	0,95	0,97	100	
	Severo	0,98	0,98	0,98	53	
K-NN	Leve	0,89	1,00	0,94	57	0,95
	Moderado	0,98	0,91	0,94	100	
	Severo	0,96	0,96	0,96	53	
RandomForest	Leve	0,93	1,00	0,97	57	0,97
	Moderado	1,00	0,94	0,97	100	
	Severo	0,96	1,00	0,98	53	
Navie Bayes	Leve	0,95	0,91	0,93	97	0,90
	Moderado	0,94	0,84	0,88	86	
	Severo	0,83	1,00	0,90	57	
RamdomTree	Leve	0,95	1,00	0,97	57	0,96
	Moderado	0,97	0,95	0,96	100	
	Severo	0,96	0,94	0,95	53	

Se realizó la comparación con la exhaustividad (*recall*) que es la cobertura que mide la proporción de términos correctamente reconocidos respecto al total de términos reales. Dado que la aplicación de los algoritmos de aprendizaje automático es en el sistema de salud, nos interesa mantener más bajos los falsos negativos, ya que sería perjudicial para el paciente darle un diagnóstico negativo de COVID19, cuando en realidad sí la tiene.

Debemos optar por un mayor valor de sensibilidad (*recall*), donde la cantidad de falsos negativos es menor entre los algoritmos comparados. El algoritmo que presenta mayor porcentaje de sensibilidad, es *RandomForest* con 100 % para el rango clínico severo y 94 % para el rango clínico moderado, asimismo el algoritmo SVM presenta 98 % para el rango clínico severo y 95 % para el moderado, mayor con respecto a los resultados de los demás algoritmos.

Para realizar una adecuada comparación se evaluó la exactitud (*accuracy*) el análisis Kappa de Cohen para medir la concordancia entre cada categorización y las etiquetas de referencia.

**Tabla 2.** Comparación de algoritmos de máquina de aprendizaje automático mediante el *Accuracy* y la *Kappa de Cohen*

Algoritmo	Accuracy	Kappa	IC95%
LR	94 %	0,93	0,92-0,95
SVM	97 %	0,95	0,94-0,97
K-NN	95 %	0,91	0,89-0,93
<i>DecisionTree</i>	96 %	0,93	0,91-0,95
<i>RandomForest</i>	97 %	0,95	0,94-0,97
<i>Navie Bayes</i>	90 %	0,85	0,83-0,88

Se compara la exactitud (*accuracy*) que mide el porcentaje de casos que el modelo ha acertado en la clasificación. Según los resultados de la comparación en la tabla 2 se tiene que la mayor exactitud es 97 % que corresponde a los algoritmos SVM y *RandomForest*.

Así mismo, la Kappa de Cohen calcula el ajuste de la predicción, el algoritmo SVM y *RandomForest* presenta un valor de Kappa de Cohen de 0,95 mayor con respecto a los demás algoritmos, el algoritmo Navies Bayes reporto el valor de Kappa 0,85, siendo el mínimo con respecto a los otros algoritmos comparados.

## DISCUSIÓN

El problema de clasificación, es uno de los más importantes del aprendizaje automático, ya que viene siendo utilizado con éxito en diferentes áreas de la ciencia y tecnología.<sup>(18)</sup> No existe investigaciones de comparación de algoritmos de máquina de aprendizaje automático para la clasificación de pacientes con sospecha de COVID-19, esta investigación ha estado orientado a cubrir dicho vacío, obteniendo resultados satisfactorios, el algoritmo que presenta mayor porcentaje de sensibilidad, es *RandomForest* y el algoritmo SVM, Tab 01 y Tab 02.

Ahmad et al.<sup>(12)</sup> en su investigación de detección en seguridad informática realizó la comparación de los modelos de predicción como *DecisionTree*, SVM y KNN. Los autores han descubierto que después de experimentar y predecir los resultados, Support Vector Machine funciona mejor con un 95 % de precisión, seguida de *DecisionTree* con un 93 % y, por último, KNN con un 92 % de precisión. Aquí se utiliza una combinación de datos continuos y categóricos. En la investigación realizada se ha obtenido un resultado concordante, es decir una exactitud es 97 % que corresponde a los algoritmos SVM y *RandomForest*, mientras que el 95 % para el algoritmo KNN.

Los resultados de la investigación anterior coinciden con los reportes de nuestra investigación en que el algoritmo SVM es el que presenta mejores resultados, y el algoritmo KNN la menor exactitud.

Gupta et al.<sup>(10)</sup> trabajaron en la comparación del algoritmo de máquina de aprendizaje automático y realizaron un análisis comparativo para verificar la eficiencia de los algoritmos en la minería de datos. Aquí se utilizan dos conjuntos de datos diferentes con una estrategia de validación cruzada de 10, se compara el resultado en base a la matriz de confusión generada por los tres modelos considerados. Después de la comparación de varios algoritmos, encontraron que CART presenta mejores resultados según datos utilizados.<sup>(10)</sup>

Osisanwo et al.<sup>(11)</sup> realizaron una investigación de comparación de algoritmos de aprendizaje automático, la comparación se desarrolló utilizando la estadística Kappa que permite observar la precisión.

Además, descubrieron que el mejor algoritmo para un conjunto de datos en particular no garantiza la precisión y la predicción para otras aplicaciones, la precisión y la predicción están sujetos al ámbito de aplicación y a las características de los datos en particular, ello determina que algoritmo puede funcionar mejor.<sup>(11)</sup>

En efecto, para la presente investigación se realizó la clasificación de pacientes con sospecha de COVID-19 y al comparar utilizando el valor de Kappa de Cohen se ha obtenido 0,95 para los algoritmos SVM y *RandomForest* mayor con respecto a los demás algoritmos, el algoritmo Navie Bayes fue el que presento el valor de Kappa 0,85, mínimo con respecto a los demás algoritmos comparados.

Jeng et al.<sup>(19)</sup> utilizaron el algoritmo de máquina de aprendizaje automático supervisado de SVM para construir un modelo, analizar y predecir la presencia de COVID-19 en una persona en función de los síntomas

experimentados. Hiperparámetros como grado, costo, gamma y kernels, incluidos lineal, radial, polinomial y sigmoid se ajustaron mediante R Studio para lograr el mejor rendimiento posible del modelo.

El modelo se evaluó mediante una validación cruzada diez veces y los resultados muestran que el núcleo polinomial con hiperparámetros optimizados produjo la mejor de precisión del 98,02 %.<sup>(19)</sup>

En esta investigación hemos optimizado los hiperparámetros de los algoritmos a comparar, en particular para el algoritmo SVM, para obtener el costo, gamma y *kernel* que mejor predice el rango clínico del paciente con sospecha de COVID-19, para lo cual hemos utilizado el método *GridSearchCV*, del paquete *sklearn* del lenguaje Python.

## CONCLUSIONES

Se compararon los algoritmos mediante las métricas de rendimiento (precisión, sensibilidad, *Accuracy* y Kappa de Cohen). Los algoritmos que brindaron mejores resultados fueron, bosque aleatorio (*RandomForest*), Máquina de Soporte Vectorial (SVM), porque superó en precisión, sensibilidad y valor de kappa de Cohen, con respecto a los demás algoritmos evaluados. La aplicación de la máquina de aprendizaje automático en el proceso de clasificación rápida de los pacientes con COVID-19 reduce el número de consecuencias clínicas y el coste sanitario. La clasificación oportuna de pacientes con COVID 19 permitirá gestionar mejor las estrategias de vigilancia, prevención y control hospitalario.

Se llevaron a cabo comparaciones entre los algoritmos utilizando métricas de rendimiento, como precisión, sensibilidad, exactitud (*accuracy*) y Kappa de Cohen. Los algoritmos que proporcionaron los mejores resultados fueron el Bosque Aleatorio (Random Forest) y la Máquina de Soporte Vectorial (SVM), ya que superaron en precisión, sensibilidad y valor de Kappa de Cohen en comparación con los demás algoritmos evaluados. La implementación de técnicas de aprendizaje automático en el proceso de clasificación rápida de pacientes con COVID-19 ayuda a reducir tanto las consecuencias clínicas como los costos sanitarios. La identificación oportuna de pacientes con COVID-19 permitirá gestionar de manera más eficaz las estrategias de vigilancia, prevención y control en el ámbito hospitalario.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Altuna MA. Contra el diagnóstico. A propósito de las enseñanzas de Paul Feyerabend. Revista de treball social. 2017; p. 66-76.
2. Mojica Crespo R, Morales Crespo MM. Pandemia COVID-19, la nueva emergencia sanitaria de preocupación internacional: una revisión. Medicina de Familia. 2020; 46:65-77.
3. De León J, Cruz AP, Ramírez PA, Valencia YE, Carrillo CQ, Ayala EV. SARS-CoV-2 y sistema inmune: una batalla de titanes. Horizonte médico. 2020;20(2):5.
4. Martínez Chamorro E, Díez Tascón A, Ibañez Sanz L, Ossaba Vélez S, Borrueal Nacenta S. Diagnóstico radiológico del paciente con COVID-19. Radiología (Madr., Ed. impr.). 2021.
5. Fuentes Marmolejo MD, Medina Parra WD. Diseño de un modelo predictivo-asistencial de pacientes infectados por Covid-19, mediante un modelo supervisado de Machine Learning basado en criterios de derivación hospitalaria o ambulatoria. 2021.
6. Algre M. Machine Learning With Python: The Definitive Tool to Improve Your Python Programming and Deep Learning to Take You to The Next Level of Coding and Algorithms Optimization.: Independently Published; 2021.
7. Rivera JR, del Pino Casado R. Manual práctico de enfermería comunitaria.: Elsevier.; 2020.
8. Lalueza A, Lora-Tamayo J, de la Calle C, Sayas-Catalán J, Arrieta E, Maestro G, et al. Utilidad de las escalas de sepsis para predecir el fallo respiratorio y la muerte en pacientes con COVID-19 fuera de Unidades de Cuidados Intensivos. Revista Clínica Española. 2015:s358-s363.
9. Sethi K, Gupta A, Gupta V, Jaiswal. Análisis comparativo de algoritmos de aprendizaje automático en diferentes conjuntos de datos. In Conferencia Internacional sobre Innovaciones en Computación. 2018; p. 87-91.
10. Gupta S, Saluja K, Goyal A, Vajpayee A, Tiwari V. Comparing the performance of machine learning algorithms using estimated accuracy. Measurement: Sensors. 2022;24(100432).



11. Osisanwo F, Akinsola J, Awodele O, Hinmikaibe J, Olakanmi J. Algoritmos de aprendizaje automático supervisados: Calsificación y comparación. *Cómputo Tendencias Technol.* 2017; 48(3):128-138.
12. Ahmad I, Basher M, Iqbal M.: Performance Comparison of Support Vector Machine, Random Forest, and Extreme Learning Machine for Intrusion Detection. *IEEE Acces.* 2018; 6(1):33789-33795.
13. Géron A. *Aprende machine learning con scikit-learn, keras y tensorflow.* España: Anaya; 2020.
14. Zambrano J. *¿Aprendizaje supervisado o no supervisado?*; 2018.
15. Witten IH, Frank E, Hall MA, Pal CJ, Data M. *Practical Machine Learning Tools and Techniques*, second edition San Francisco, CA, EEUU: Morgan Kaufmann; 2005.
16. Padilla-Ospina AM, Medina-Vásquez JE, Ospina-Holgin JH. Métodos de aprendizaje automático en los estudios prospectivos desde un ejemplo de la financiación de la innovación en Colombia. *Rev.investig.desarro. innov.* 2020;11(1):9-21.
17. Wiyono S, Abidin T. Estudio comparativo del aprendizaje automático KNN, SVM y algoritmo de árbol de decisión para predecir el rendimiento del estudiante. *Revista Internacional de Investigación-Granthaalayah.* 2019; 7(190-196).
18. Véliz Capuñay C. *Aprendizaje Automático: Introducción al Aprendizaje Automático.* Fondo Editorial PUCP. Lima-Perú: Fondo Editorial PUCP.; 2020.
19. Jeng JH, Hsieh JG, Nayvé Villavicencio C. Apoyo Vector Máquina Modelado para la predicción de COVID-19 basado en síntomas utilizando el lenguaje de programación R. *ACM International Conference Proceeding Series.* 2021;65 - 70.
20. Elguera Chavarría P, Prado Bush O, Barradas Ambriz J. Implementación de una escala de gravedad para la activación del equipo de respuesta rápida: *NEWS 2. Med.* 2019; 33(2):98-103.

## FINANCIACIÓN

Investigación desarrollada con recursos ordinarios de la Universidad Nacional José F. Sánchez Carrión - Huacho.

## CONFLICTO DE INTERÉS

No existen.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

*Conceptualización:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.

*Curación de datos:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.

*Análisis formal:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.

*Adquisición de fondos:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.

*Investigación:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.

*Metodología:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.

*Administración del proyecto:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.

*Recursos:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.

*Validación:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.

*Visualización:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.

*Redacción - borrador original:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.

*Redacción - revisión y edición:* Daniel Andrade-Girón, Edgardo Carreño-Cisneros, Cecilia Mejía-Domínguez, William Marín-Rodríguez, Henry Villarreal-Torres.