

Protocolo de control de la potencia aerobia máxima para deportistas de la reserva deportiva cubana



Protocol for the control of maximum aerobic for athletes of the Cuban sports reserve

<https://cu-id.com/2046/v19e08>

Protocolo de controle de potência aeróbica máxima para atletas da reserva esportiva cubana

Alfredo Quintana Díaz^{1*}, Teresita D. Duany Díaz¹, Liliam García Chacón¹,
 Omar Mendoza de Lara², Amel Echevarría Gil²

¹ Centro de Investigaciones del Deporte Cubano, La Habana, Cuba.

E-mail: teresita.duany@inder.gob.cu, lliliandelacaridad@gmail.com

² Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el Deporte “Manuel Fajardo”, La Habana, Cuba.

E-mail: omarmd@uccfd.cu, amelhg@uccfd.cu

RESUMEN: La actividad del Centro de Investigaciones del Deporte Cubano en el control de las pruebas de esfuerzo cardiorrespiratorio no ha tenido dentro de su atención a la reserva deportiva cubana como uno de los componentes básicos del sistema de preparación olímpica. Se presenta una contradicción entre la necesidad de apoyar la preparación de la reserva desde el control de las variables cardiorrespiratorias y la poca factibilidad práctica del uso del laboratorio en mediciones de gran escala. Esta investigación tuvo como objetivo diseñar un protocolo de control mediante test incremental de terreno para la evaluación de la Potencia Aerobia Máxima en los deportistas que integran la reserva deportiva cubana. Se realizó una investigación aplicada, con finalidad diagnóstica, en el marco del paradigma cuantitativo, procesándose los datos mediante estadígrafos descriptivos de interrelación. Los resultados de la aplicación permitieron identificar que la Potencia Aerobia Máxima demuestra una satisfactoria disponibilidad funcional del organismo para someterse al entrenamiento de la resistencia aerobia. El test propuesto es sostenible en el tiempo y factible de aplicación en el contexto de la reserva deportiva cubana.

Palabras clave: potencia aerobia máxima, test incremental de velocidad progresiva, reserva deportiva.

ABSTRACT: The activity of the Cuban Sports Research Center in the control of cardiorespiratory stress tests has not taken into account the Cuban sports reserve as one of the basic components of the Olympic preparation system. Converging a contradiction between the need to support the preparation of the reserve from the control of cardiorespiratory variables and the little practical feasibility of using the laboratory in large-scale measurements. The objective of this research was to design a control protocol through incremental field tests for the evaluation of the Maximum Aerobic Power in the athletes that make up the Cuban sports reserve. An applied investigation was carried out, with a diagnostic purpose, within the framework of the quantitative paradigm, processing the data through descriptive statistics of interrelation. The results of the application allowed to identify that the Maximum Aerobic Power demonstrates a satisfactory functional availability of the organism to undergo aerobic resistance training. The proposed test is sustainable over time and feasible to apply in the context of the Cuban sports reserve.

Keywords: maximum aerobic power, incremental progressive speed test, sports reserve.

RESUMO: A atividade do Centro de Pesquisa Esportiva de Cuba no controle de testes de esforço cardiorrespiratório não levou em conta a reserva esportiva cubana como um dos componentes básicos do sistema de preparação olímpica. Convergendo uma contradição entre a necessidade de subsidiar a preparação da reserva a partir do controle das variáveis cardiorrespiratórias e a pouca viabilidade prática de se utilizar o laboratório em medições em larga escala. O objetivo desta pesquisa foi desenhar um protocolo de controle através de testes de campo incrementais para a avaliação da Potência Aeróbica Máxima nos atletas que compõem a reserva esportiva cubana. Realizou-se uma investigação aplicada, com finalidade diagnóstica, no marco do paradigma quantitativo, processando os dados por meio de estatística descritiva de inter-relação. Os resultados da aplicação permitiram identificar que a Potência Aeróbica Máxima demonstra uma disponibilidade funcional satisfatória do organismo para se submeter ao treinamento resistido aeróbio. O teste proposto é sustentável ao longo do tempo e viável de aplicar no contexto da reserva esportiva cubana.

Palavras-chave: potência aeróbica máxima, teste de velocidade progressiva incremental, reserva esportiva.

*Autor para correspondencia: Alfredo Quintana Díaz. E-mail: alfredo.quintana@inder.gob.cu

Recibido: 08/07/2022

Aceptado: 29/11/2022

INTRODUCCIÓN

Una de las áreas sensibles del control que más solicitan los equipos nacionales cubanos ha sido la de Pruebas de esfuerzo cardiorrespiratorio. De forma aislada o en un servicio integral, está incluida en todas las demandas realizadas por los colectivos técnicos de todos los deportes. En esta área se realizan fundamentalmente, dos protocolos: Pruebas Ergométricas con espirometría gesto-específicas y pruebas de terreno mediante electrocardiograma a distancia, utilizando el sistema MOVICORDE basado en la telemetría. (Duany Díaz, et al; 2021)

Durante los cinco años de funcionamiento del Centro de Investigaciones del Deporte Cubano (CIDC), toda su actividad se ha limitado a la atención de las demandas de equipos nacionales que son conformados con los deportistas que radican en las Escuelas de Formación de Atletas de Alto Rendimiento (ESFAAR). Sin embargo, no ha sido visualizado que uno de los componentes básicos de cualquier Sistema de Preparación Olímpica lo constituye la preparación de la reserva deportiva (Platonov, 2011)

La identificación de esta problemática, a partir de los estudios realizados durante la fase diagnóstica del proyecto de investigación de la preparación integral de la reserva deportiva cubana, ha permitido comprobar que su estado actual constituye una seria amenaza a la sostenibilidad de los éxitos del Sistema de Preparación Olímpica de Cuba. De ahí surge la necesidad de ampliar la actividad de apoyo científico-tecnológico del Centro, evidenciando la integridad entre los componentes básicos del sistema, como una cualidad inherente a cualquier sistema complejo.

La ampliación de esa actividad desde el área de pruebas de esfuerzo cardiorrespiratorio, representó un reto para el CIDC. Las pruebas a realizar deben ser concebidas a gran escala, y ello constituye un riesgo elevado para el equipamiento de esa área, no diseñada para realizar más de cuatro pruebas de esfuerzo máximo diarias.

En este escenario, confluye una contradicción entre la necesidad de apoyar la preparación de la reserva deportiva cubana desde el control de las variables cardiorrespiratorias asociadas a la manifestación de Potencia Aerobia Máxima y la poca factibilidad práctica del uso del laboratorio en mediciones de gran escala. Se delimitó como objetivo de investigación diseñar un protocolo de control mediante test incremental de terreno para la evaluación de la Potencia Aerobia Máxima en los deportistas que integran la reserva deportiva cubana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación aplicada, con finalidad diagnóstica, en el marco del paradigma cuantitativo, procesándose los datos mediante estadígrafos descrip-

tivos de interrelación. El protocolo fue aplicado a 19 deportistas de la Escuela Integral de Deporte Escolar (EIDE) "Luis Augusto Turcios Lima" de la provincia Matanzas, en el horario comprendido entre las 10:00 am y las 1:00 pm. Para el diseño del mismo fue utilizado el método de análisis documental mediante una búsqueda bibliográfica en la literatura especializada. Se utilizó como condicionantes de búsqueda: Potencia Aerobia Máxima, Control del entrenamiento y Test indirectos. Se realizó una lectura en profundidad y se descartaron varios protocolos atendiendo a su complejidad operativa, a su complejidad interpretativa y a su complejidad tecnológica. Los resultados de ese filtrado permitieron acotar como literatura fundamental a los textos:

- [García Manso, Navarro Valdivielso & Ruiz Caballero \(1996\)](#). Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte.
- [García-Verdugo & Leibar \(1997\)](#) Entrenamiento de la resistencia de los corredores de medio fondo y fondo.

El acotamiento bibliográfico permitió determinar que el protocolo que mejor responde a las exigencias básicas planteadas en el problema, es el Test de Velocidad Progresiva propuesto por Lacour (1987) y modificado por [Gacon \(1994\)](#), el cual declara como medios imprescindibles: un lápiz o bolígrafo, papel, un cronómetro, un silbato, una pista de 400m con indicadores cada 50 m.

Como medios prescindibles se declara los cardiofrecuencímetros, que en este caso se sustituyó por dos sistemas telemétricos MOVICORDE que permiten medir electrocardiograma con precisión hasta 200 m de distancia.

Como información imprescindible se orientó la previa medición de la frecuencia cardíaca en reposo en un minuto a los deportistas que fueron objeto de control. Como información complementaria se determinó el valor de saturación de oxígeno en reposo.

Para acceder a esa información, el método fundamental empleado fue la medición directa de la saturación de oxígeno en reposo y de la frecuencia cardíaca de reposo. Mediante un oxímetro de pulso Cms50d Contec y por cada uno de los palieres de intensidad creciente, así como de la frecuencia cardíaca al final del ejercicio y de recuperación a los 30 segundos, al primer minuto, al segundo minuto, al tercer minuto y al quinto minuto, mediante el sistema telemétrico MOVICORDE.

Como método complementario fue empleado el estadígrafo descriptivo de interrelación: Ecuación de regresión lineal, que permitió, sobre la base de los datos directos de intensidad del ejercicio y la frecuencia cardíaca, determinar la Frecuencia Cardíaca Máxima y el Máximo Consumo de Oxígeno (FCM y VO₂ máx, en lo adelante). Mediante el uso de ecuaciones algebraicas, permitió el cálculo del Pulso de Oxígeno (FC del

VO2 max) y los valores de frecuencia cardíaca correspondientes a cada zona de intensidad de ejercicio.

Todos los datos primarios copiados fueron introducidos en Hoja de Cálculo de Microsoft Excel 2016, estableciendo casillas dinámicas a partir de la introducción de las ecuaciones necesarias para el cálculo del VO2 máx y las Zonas de Intensidad según la frecuencia cardíaca.

El valor de VO2 máx fue estimado mediante la ecuación propuesta por Margaria. (Arcelli, 1989)

$$VO2\ max = Fcmax(V''O2 - V'O2) + \frac{Fc''*V'O2 - Fc'*V''O2}{Fc'' - Fc'}$$

Y como ecuación simplificada mediante la conversión de la velocidad en km/h se procesó directamente:

$$VO2 = 2.917*v + 0.000617*v^2$$

El Pulso de Oxígeno fue determinado mediante la ecuación propuesta por Tokmakidis (1989):

$$FC\ del\ VO2max((ml*kg - 1*p) = VO2max/FC\ (ppm)$$

Las zonas de Intensidad fueron calculadas mediante la ecuación propuesta por Karvonen (1957), como se citó en Quintana Díaz (2021:91):

$$ZONAS = [(FCM - FCR)*\ %/100] + FCR$$

donde:

70% equivale al umbral aerobio

80 % equivale al umbral anaerobio

90 % equivale al máximo consumo de oxígeno

El test de Velocidad Progresiva (TVP en lo adelante) consiste en la repetición de una distancia desde 100-400 m con una recuperación incompleta (15"-30") y con una intensidad creciente y gradual (3-5 %). En cada repetición se toma la FC, y el test se culmina cuando se establece una meseta en el incremento del rendimiento.

Posteriormente, se localiza la FCM y se opera en la primera fórmula de Karvonen, así como el punto de ruptura entre la linealidad entre la intensidad del ejercicio y la frecuencia cardíaca, toda vez que esta deja de manifestar esa correspondencia lineal cuando el metabolismo aerobio deja de aportar energía para la producción del ATP.

La intensidad del ejercicio que se corresponde con ese punto de ruptura es lo que se denomina Potencia Aerobia Máxima (Intensidad del ejercicio que demanda del máximo consumo de oxígeno) y que, mediante la ejecución de un test indirecto se expresa en Velocidad Aerobia Máxima (VAM).

Este test es uno de los procedimientos indirectos de determinación del VO2 máx.; todos los cuales se basan en la relación lineal entre la carga de trabajo y la frecuencia cardíaca (Lacour, 1987) (Gacon, 1994) citados por García Verdugo (1997).

Los valores de VO2 máx. varían en función de cómo sea el ejercicio empleado para su medición, ya que depende de la cantidad de masa muscular implicada y la forma en que ella trabaje.

Para determinar el máximo nivel de intensidad que reclute la frecuencia cardíaca máxima, se propone el ejercicio de carrera, el cual cumple con el requisito de ser la forma de locomoción que mayor demanda de energía por unidad de tiempo requiere para su ejecución.

Las variaciones estables del VO2 máx. producidas por efecto del entrenamiento son consideradas respuestas adaptativas específicas al tipo de actividad sobre el que ha sido controlado (Shiraishi, et al; 2018). A pesar de ello, el VO2 máx., no es un factor de gran importancia para determinar las posibilidades reales en el rendimiento deportivo, sino más bien en cuanto a la disponibilidad funcional del organismo para someterse al entrenamiento de la resistencia aerobia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El protocolo fue aplicado a 19 deportistas de la (EIDE) "Luis Augusto Turcios Lima" de la provincia Matanzas, el día 10 de marzo de 2022, en el horario comprendido entre las 10:00 am y las 13:00 pm, dentro de un protocolo integral de mediciones antropométricas y psicológicas.

La composición del grupo de 19 deportistas clasificados como atletas de perspectiva inmediata (API) estuvo integrado por 6 del sexo masculino (uno de ciclismo, uno de halterofilia, uno de fútbol, uno de tenis de mesa y dos de canotaje), y 13 del sexo femenino (una de judo, tres de balonmano, dos ajedrecistas, dos de tenis de mesa, dos de clavados, y una de ciclismo, halterofilia y lucha respectivamente). En cuanto a las categorías etarias, los tres de tenis de mesa y un pesista se agruparon en la categoría 12-14 años, mientras que los quince restantes representaron las categorías 15-16 y 17-18 años.

Se relaciona un ejemplo de aplicación, ya que el procesamiento de regresión lineal es válido solo a nivel individual. (Tablas 1, 2, 3 y 4)

Todos los criterios de evaluación de los indicadores de Consumo de Oxígeno Máximo relativos al peso corporal y de Pulso de Oxígeno fueron aplicados desde la clasificación del tipo de deporte (Fuerza Rápida o Resistencia) propuestos por Tokmakidis en sus escalas originales. Estos son relacionados en la Tabla 6.

Considerando estos criterios de evaluación, los resultados generales del grupo estudiado aportaron los criterios de distribución que se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 1. Resultados del procesamiento y criterios evaluativos del kayacista EBC.

Tensión arterial (TA)	% Saturación O2	FC inic (ppm)	FC max (ppm)	RFC (ppm)	V.A.M (m/s)	V.A.M (km/h)	VO2 max (ml*kg-1*min-1)	Eval. Deporte Resistencia (Tokmakidis)	FC del VO2 max (ml*kg-1* p)	Escala evaluativa para Deportes de Resistencia
120/70	96	68	206	138	4,483	16,14	63,64	REGULAR	30,89	MUY BUENO

Tabla 2. Datos primarios de ejecución del kayacista EBC.

Palier	D (m)	t (s) plan.	v (km/h) plan.	t (s) real	v (m/s) real	v (km/h) real	FC (ppm)
1	200	72	10,0	81	2,469135802	8,888888889	120
2	200	68	10,5	68	2,941176471	10,58823529	150
3	200	65	11,0	63	3,174603175	11,42857143	150
4	200	62	11,5	55	3,636363636	13,09090909	156
5	200	59	12,1	49	4,081632653	14,69387755	168
6	200	56	12,7	46	4,347826087	15,65217391	180
7	200	54	13,4	38	5,263157895	18,94736842	186
8	200	51	14,0	35	5,714285714	20,57142857	192
9	200	49	9	33	6,060606061	21,81818182	192
10	200	46	10	30	6,666666667	24	198

Tabla 3. Cálculo indirecto del VO₂ max.

Vi	Vi 2	FCi	VO2i	Vii	Vii 2	FCii	VO2ii	FC max	VO2ii- VO2i	Fii * VO2i - Fi * VO2ii	Fii - Fi	VO2 max
10,59	112,14	150	30,96	18,94	358,72	186	55,469	198	24,509	-2561,79	36	63,63

Tabla 4. Comportamiento de la recuperación post-esfuerzo.

	Final	30 s	60 s	2 min	3 min	5 min
FC. Recup (ppm)	198	180	168	144	132	120

Tabla 5. Evaluación de la recuperación post-esfuerzo (Virus, 2011; Verjoshanski, 2002; Zintl, 1991)

FC carga (Virus, 2011:177)	Ind. Adapt. (Verjoshanski, 2002)		Eval. Recup. (Zintl, 1991)	
210 ppm	1er min: 30 ppm	No Adaptado	5to min: 120 ppm	SATISFACTORIA
	2do min: 54 ppm	Asimilación		

Tabla 6. Criterios de evaluación del comportamiento de los indicadores: máximo consumo de oxígeno relativo al peso corporal y pulso de oxígeno, según Tokmakidis (1989)

Criterio de evaluación del VO ₂ relativo (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹) Deportes de Fuerza Rápida		
Evaluación	Masculino	Femenino
MUY BUENO	55	50
BUENO	50	45
REGULAR	45	40
MALO	35	30
MUY MALO	<35	<30

Criterio de evaluación del VO ₂ relativo (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹) Deportes de Resistencia		
Evaluación	Masculino	Femenino
MUY BUENO	75	65
BUENO	70	60
REGULAR	60	50
MALO	50	40
MUY MALO	<50	<40

Criterio de evaluación del VO ₂ / FC ((ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹) * pulsación) Deportes de Fuerza Rápida		
Evaluación	Masculino	Femenino
MUY BUENO	20	18
BUENO	16	13
REGULAR	13	10
MALO	10	8
MUY MALO	<10	<8

Criterio de evaluación del VO ₂ / FC ((ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹) * pulsación Deportes de Resistencia		
Evaluación	Masculino	Femenino
MUY BUENO	28	23
BUENO	23	18
REGULAR	19	15
MALO	15	10
MUY MALO	<15	<10

El indicador Consumo Máximo de Oxígeno, relativo al peso corporal como el de mayor correlación con la medición de la Potencia Aerobia Máxima (Brandet, 1988), mostró un mejor comportamiento en los deportistas del sexo femenino y en los deportes de fuerza rápida, posiblemente asociados a la mayor exigencia de los baremos que se aplican en los deportes de resistencia, al ser mayores los valores absolutos de estos últimos.

Los resultados demostraron que el estado de la potencia aerobia máxima en el grupo estudiado es un indicador que demuestra una satisfactoria disponibilidad funcional del organismo para someterse al entrenamiento de la resistencia aerobia, como base para el buen desarrollo del proceso de entrenamiento deportivo.

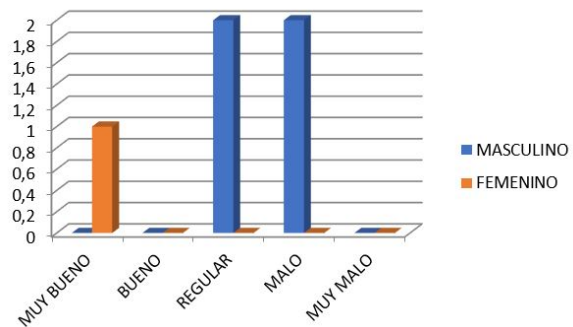
El protocolo propuesto mostró ser eficaz en la consecución de información relevante para el control del entrenamiento y capacidad de sostenibilidad. Posibilitó su aplicación a 19 deportistas en solo tres horas, sin gasto de combustible y sin necesidad de sobrecargar a los ergómetros del CIDC, por lo que devela su aplicabilidad para el estudio de los indicadores cardiorespiratorios en la reserva deportiva cubana.

CONCLUSIONES

El estudio de las fuentes documentales especializadas posibilitó discriminar el Test de Velocidad progresiva como el más indicado para su aplicación en gran escala a la reserva deportiva cubana, a partir de su factibilidad tecnológica e interpretativa.

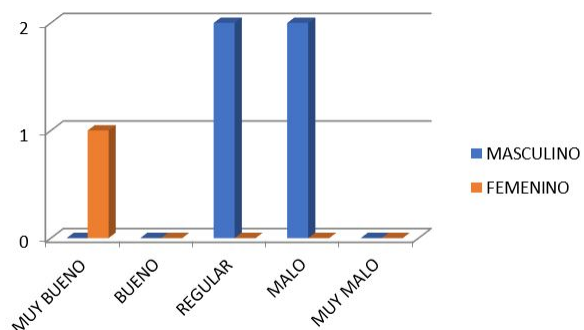
El protocolo se basa en la aplicación de palieres de intensidad creciente y permite la localización del punto de ruptura entre la linealidad entre la intensidad del ejercicio y la frecuencia cardíaca para la determinación de la Potencia Aerobia Máxima, como indicador más importante del Sistema de Aporte de Oxígeno, constituyendo un procedimiento sostenible y factible de aplicación.

La aplicación del protocolo permitió determinar que la Potencia Aerobia Máxima demuestra una satisfactoria disponibilidad funcional del organismo para someterse al entrenamiento de la resistencia aerobia, independientemente del deporte de los sujetos que integraron el grupo de estudio.



X VO₂ max SEXO MASCULINO= 54.53 ml*kg⁻¹*min⁻¹
 X VO₂ max SEXO FEMENINO= 49.96 ml*kg⁻¹*min⁻¹

Figura 1. Distribución de frecuencias y media aritmética del Indicador Máximo Consumo de Oxígeno según la clasificación de los Deportes de Fuerza Rápida (Tokmakidis, 1989)



X VO₂ max SEXO MASCULINO= 60.28 ml*kg⁻¹*min⁻¹
 X VO₂ max SEXO FEMENINO= 59.77 ml*kg⁻¹*min⁻¹

Figura 2. Distribución de frecuencias y media aritmética del Indicador Máximo Consumo de Oxígeno según la clasificación de los Deportes de Resistencia (Tokmakidis, 1989)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcelli, E. (1989). Lóra di corsa a la velocitá di sogli anaerobica. *Atletica Leggera*, (325), 52-53
- Brandet, J.P. (1988). Phénomènes aérobies. *RED*, 2(3), 30-41.
- Duany Díaz, T.D.; Colás Viant, M. (2021). Ergometría en el entrenamiento de alto rendimiento cubano. *Revista Cubana de Medicina*, 60(3). <http://revmedicina.sld.cu/index.php/med/article/view/1683/2108>
- Gacon, C. (1994). La notion de dérive pulsative dans le suivi de l'entraînement du coureur de demi-fond. *Association des entraîneurs français d'athlétisme*, (127), 26-38.

- García Manso, J. M.; Navarro Valdivielso, M.; Ruiz Caballero, J. A. (1996). Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte. Madrid, Editorial Gymnos, 17-82.
- García-Verdugo, M; Leibar, X. (1997). Entrenamiento de la resistencia de los corredores de medio fondo y fondo. Madrid, Editorial Gymnos, 62-91.
- Platonov, V. N. (2011). El deporte de alto rendimiento en diferentes países y la preparación hacia los juegos olímpicos. Caracas, Editorial Episteme, p.21.
- Quintana Díaz, A. (2021). Sistema de control del entrenamiento para el equipo nacional cubano de triatlón olímpico. [Tesis de doctorado] Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el Deporte "Manuel Fajardo".
- Shiraishi, Y., Katsumata Y., Sadahiro, T. (2018). Real-time analysis of the heart rate variability during incremental exercise for the detection of the ventilatory threshold. *J. Am. Heart Assoc*, 7(1). <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.006612>
- Tokmakidis, S. P. (1989). Search for the threshold response with mathematical models (abstract). *Medical Science Sport Exercise*. 21(2), 22.
- Verjoshanski, Y. (2002). Teoría y metodología del entrenamiento deportivo. Editorial Paidotribo, p.374.
- Viru, A.; Viru, M. (2011). Análisis y control del rendimiento deportivo. Barcelona, Editorial Paidotribo, p.177.
- Weineck, J. (2005). Entrenamiento total. Barcelona, Editorial Paidotribo, p.73.
- Zintl, F. (1991). Entrenamiento de la resistencia: fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento. Barcelona, Ediciones Roca, p.165.

Declaración de conflicto de interés: Los autores manifiestan no tener ningún conflicto de interés

Contribuciones de autoría: **Conceptualización:** Alfredo Quintana Díaz. **Curación de datos:** Omar Mendoza de Lara y Amel Echevarría Gil. **Análisis formal:** Teresita D. Duany Díaz y Lliliam García Chacón. **Investigación:** Alfredo Quintana Díaz y Teresita D. Duany Díaz. **Metodología:** Omar Mendoza de Lara y Amel Echevarría Gil. **Administración del proyecto:** Lliliam García Chacón. **Supervisión:** Teresita D. Duany Díaz y Lliliam García Chacón. **Validación:** Alfredo Quintana Díaz y Teresita D. Duany Díaz. **Redacción-borrador original:** Alfredo Quintana Díaz. **Redacción-revisión y edición:** Alfredo Quintana Díaz

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)