

Principales impactos de la instrumentación del Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN) en el Sistema Nacional de Salud

 Omar Morales Valdés¹,  Lorenzo Hernández Tabares¹,  Guillermo Mesa Pérez¹,
 Eduardo Arista Romeu²,  Pedro Larrea Cox¹,  Sandra Fernández Yanes¹

¹Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN). Calle 30 esq. 5ta Ave. Miramar, Playa, La Habana.

²Laboratorio de Biofotónica, ESIME Zac, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México 07738, México.

omar@ceaden.edu.cu

Resumen

Se realiza un resumen de las líneas fundamentales de equipos médicos destinados a la salud pública cubana desarrollados por el Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN). Estas líneas se agrupan en dos direcciones fundamentales: la instrumentación óptica y la instrumentación nuclear para el diagnóstico en la medicina, el control de la calidad y la dosimetría.

Se exponen los principales desarrollos e impactos alcanzados en estas dos direcciones en el Sistema Nacional de Salud, así como sus perspectivas de desarrollos presentes y futuras.

Palabras clave: equipo; salud pública; protección contra las radiaciones; dosimetría; diagnóstico; terapia, láseres.

Main impacts of the implementation of the Center for Technological Applications and Nuclear Development (CEADEN) in the National Health System

Abstract

A summary of the fundamental lines of medical equipment for Cuban public health developed by the Center for Technological Applications and Nuclear Development (CEADEN) is made. These lines are grouped in two fundamental directions: optical instrumentation and nuclear instrumentation for medical diagnosis, quality control and dosimetry.

The main developments and impacts achieved in these two directions in the National Health System are exposed, as well as their perspectives for present and future developments.

Key words: nuclear medicine; single photon emission computed tomography; radiation protection; image processing; images; standardization; positron computed tomography.

Introducción

Desde la creación del Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN) su trabajo se vincula al avance de la instrumentación científica basada en las técnicas nucleares, la óptica y el láser. Han sido varios los equipos desarrollados en todos estos años dirigidos a las aplicaciones médicas en las especialidades de estomatología, ortopedia y traumatología, rehabilitación, medicina natural y tradicional, oncología, endocrinología, medicina deportiva, entre otras [1-10].

El CEADEN acumula una valiosa experiencia en el desarrollo, producción y aplicaciones de instrumentos ópticos y de perfil nuclear que se han introducido con éxito en el país, exportándose algunos de ellos a países latinoamericanos, además la institución organiza perió-

dicamente los eventos internacionales TECNOLASER y NURT cuyas ediciones cuentan con secciones de aplicaciones en la medicina donde se refleja el quehacer del centro en el campo médico en sus dos líneas principales: la instrumentación óptica y la instrumentación nuclear para el diagnóstico, el control de la calidad y la dosimetría.

En este trabajo se ilustran los principales impactos del CEADEN en el sistema de salud pública cubano en ambas líneas de desarrollo y sus principales retos en el próximo periodo.

Desarrollo

Cuba no ha estado ajena a la introducción de la radiación láser en la medicina, y durante años ha existido

un esfuerzo sostenido en las investigaciones y el desarrollo de tecnologías en esta esfera.

Desde finales de la década de 1970 se introduce en nuestro país el uso de la terapia con láser gaseoso de HeNe, y a partir de los años 80 con diodos láseres de baja potencia, como vía alternativa para el tratamiento de diversas afecciones [2]. Los resultados presentados en eventos científicos y las publicaciones realizadas avalan la aplicación de dicha técnica, lo que determinó se decidiera por la construcción de los equipos láseres médicos, contándose actualmente con más de 300 equipos distribuidos en todo el Sistema Nacional de Salud (SNS) cubano, además de exportarse un número considerable a varios países de América Latina.

En 1985 se decide la introducción y extensión de la tecnología láser en los hospitales. Como el precio de los sistemas disponibles era prohibitivo para el país, se organizó un programa para el diseño, el desarrollo y la producción de equipos láseres médicos. A principios de 1987, el Centro de Desarrollo de Equipos e Instrumentos Científicos (CEDEIC) entregó el primer equipo láser médico cubano, de HeNe, con 2 mW de potencia de salida (LASERMED 1), el cual comenzó a utilizarse en aplicaciones de láserpuntura y fisioterapia, en pequeñas lesiones dermatológicas y estomatológicas.

En 1990, luego de evaluados sus resultados, se tomó la decisión de financiar una producción de los modelos LASERMED 101M, LASERMED 401M y FISSER III.

La aparición de nuevos láseres semiconductores, con precios muy ventajosos respecto al HeNe, trajo una revolución en el desarrollo de estos productos, dando lugar a los nuevos LASERMED 670 y LASERMED 830 en 1996, producidos por la Empresa mixta TECE, SA y, más recientemente, el FISSER 21 y el FISSER 25, desarrollados en el CEADEN [3].

Los resultados de esa etapa tienen una expresión científica, recogida en varias publicaciones internacionales, el establecimiento de una Maestría en Óptica y Láser, la organización del Programa Ramal de la Óptica y el Láser (PROL), y la realización del evento internacional TECNOLÁSER.

El desarrollo de esta línea tiene su expresión en diferentes momentos como se refleja en la figura 1.

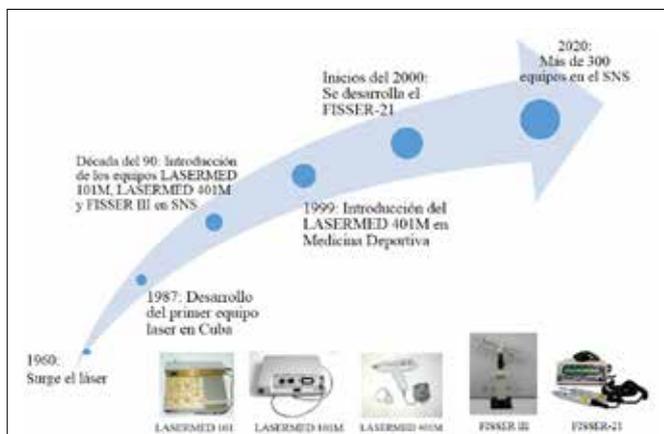


Figura 1. Principales momentos de introducción de la instrumentación láser en el sistema de salud.

La marca FISSER incluye varios equipos de fisioterapia láser, entre los que se encuentra el FISSER-21 (figura 2). Este modelo ostenta el registro médico otorgado por el Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (CECMED), y debido a su gran versatilidad puede ser empleado prácticamente en todas las afecciones donde se utiliza la terapia láser, destacándose las siguientes especialidades: odontoestomatología, medicina natural y tradicional (MNT), medicina física y rehabilitación, dermatología, cirugía plástica y reconstructiva, angiología, otorrinolaringología, ortopedia y traumatología.



Figura 2. Equipo Láser FISSER 21

Desde hace varios años, el CEADEN ha contribuido con la inserción de los equipos láser en el Sistema Nacional de Salud, con los siguientes resultados:

- 158 equipos FISSER-21 en servicios de estomatología.
- 102 equipos FISSER-21 en servicios de MNT.
- 69 equipos FISSER-21 en otras especialidades.
- Graduados 782 especialistas en cursos sobre las aplicaciones del láser en medicina y estomatología.
- Más de 450 libros distribuidos en los servicios de salud.
- Exportación: + 90 equipos (México, Colombia, Argentina, Panamá, Honduras, Ecuador, Perú, Congo, Venezuela y República Dominicana)

Respecto a la línea de instrumentación nuclear para el diagnóstico en la medicina, el control de la calidad y la dosimetría se ha acumulado una valiosa experiencia en el desarrollo, producción e introducción con éxito en los módulos de medicina nuclear del sistema nacional de salud dentro los que podemos citar los contadores de pozo para la determinación de hormonas y marcadores tumorales en suero sanguíneo por la técnica RIA-IRMA y el sistema DETECT-PC para el estudio de la glándulas tiroideas.

Los instrumentos desarrollados han alcanzado un nivel competitivo y muchos de ellos se han validado y aplicado en las instituciones médicas del país.

La técnica RIA/IRMA es de amplia aplicación en el diagnóstico de diversas enfermedades y llegó a ser trabajo de rutina de un gran número de técnicos y profesionales en los servicios de medicina nuclear

del sistema nacional de salud, pero las roturas y obsolescencia del equipamiento importado instalado para la medición a principios de la década pasada dio al traste con la labor a que se enfrentaban diariamente dichos profesionales ocasionando problemas de validación de resultados, rechazo de datos, no estandarización de procesos, interpretación y comportamientos anómalos de los procesos, etc., quedando solo la técnica disponible en algunos servicios a nivel nacional y el servicio centralizado de determinación en el CENTIS lo que provocaba traslados de muestras y de pacientes entre diferentes provincias y demora en la entrega de los resultados en más de 20 días.

En el CEADEN para finales de esa misma década se desarrolló un sistema para la adquisición y procesamiento de los datos provenientes de los KITS RIA/IRMA tratando de suplir las necesidades en la técnica e incorporando las facilidades tecnológicas actuales dando lugar al sistema SRN1C-02 (figura 3), equipo que cumple los estándares internacionales para la fabricación de equipos médicos, lo que le permitió alcanzar su registro sanitario para la aplicación RIA-IRMA con el número I 0060105381100. Es a partir de este momento que se traza una estrategia de conjunto con el Centro de Isó-

pos (CENTIS) y el Grupo de Control del Cáncer del MIN-SAP para restablecer dichos servicios a nivel nacional.

Introducción del contador de pozo en 18 servicios de medicina nuclear y laboratorios clínicos, en 11 provincias, para el estudio de hormonas, marcadores tumorales y control de calidad de radiofármacos.

Principales estudios realizados con la técnica RIA-IRMA:

- Tiroideas: Kit RIA T3, Kit RIA T4, Kit IRMA TSH, tiroglobulina, calcitonina, Kit RIA Free T3, Kit RIA Free T4
- Reproducción: Kit IRMA Prl, Kit IRMA FSH, progesterona, cortisol, Kit IRMA LH
- Crecimiento: Kit IRMA GH
- Diabetes: Kit RIA Ins
- Marcadores tumorales: PSA, FPSA, CEA, CA 19-9, CA 15-3, CA 125
- Trasplantes: ciclosporina

En la actualidad hay 26 sistemas instalados en 15 servicios de 11 provincias según se muestra en la figura 4 que realizan estas determinaciones con este sistema instalado a nivel nacional garantizando una cobertura nacional.

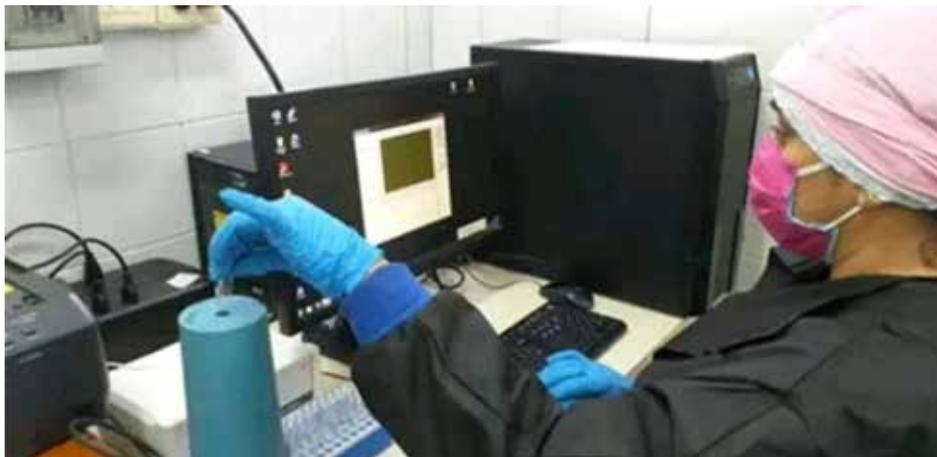


Figura 3. Sistema SRN1C-02 para medición de kits RIA e IRMA acoplado a PC.



Figura 4. Distribución de los Sistema SRN1C-02 para la medición de kits RIA e IRMA acoplado a PC.

Otro instrumento que ha alcanzado impacto en esta línea es el Sistema DETECT-PC para evaluar el funcionamiento de la glándula tiroidea.

Las enfermedades producidas por trastornos en la glándula tiroidea tienen una gran incidencia en la población. Cualquier hospital general atiende decenas de casos mensuales y hay lugares en los que este padecimiento es endémico. La captación de Yodo en tiroides se utiliza como método de diagnóstico desde la década del 50. Los estudios de captación de yodo se orientan en aquellos casos que se desee evaluar el estado funcional de la glándula tiroidea como son: hipertiroidismo, bocio tóxico difuso, bocio nodular, cáncer de tiroides y otros, lo que permite la evaluación de resultados terapéuticos y la planificación del tratamiento ¹³¹I [11].

El sistema DETEC-PC es básicamente un dispositivo para la realización de radiometría por un canal de detección. Se compone de tres partes fundamentales: el detector con su colimador, el módulo ciego de medición SRN1C-02 y el software de la aplicación como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Sistema DETEC-PC para la captación de yodo.

Estos sistemas han sido introducidos en 11 servicios de medicina nuclear, para la captación de yodo en tiroides y estudios de dosimetría interna lo que ha permitido una cobertura a nivel nacional (tabla 1).

Tabla 1. Distribución de los Sistemas DETEC-PC en el sistema nacional de salud.

Ubicación	Provincia
Hospital Hermanos Ameijeiras	La Habana
Instituto Oncología y Radiobiología	La Habana
Instituto de Hematología	La Habana
Hospital Salvador Allende	La Habana
Hospital Camilo Cienfuegos	Sancti Spiritus
Hospital Oncológico Marie Curie	Camagüey
Hospital Ernesto Guevara	Las Tunas
Hospital Celia Sánchez Manduley	Manzanillo
Hospital Univ. Vladimir Ilich Lenin	Holguín
Hospital Oncológico Conrado Benítez	Santiago de Cuba
Hospital Agostinho Neto	Guantánamo

Los resultados de esta línea tienen una expresión científica, recogida en varias publicaciones internacionales, y la realización del evento internacional NURT.

El colectivo multidisciplinario que se desempeña en estas líneas trabaja en el desarrollo de nuevos instrumentos, que tengan un importante impacto en la salud, para alcanzar los siguientes resultados:

- Equipos basados en el láser, la óptica y tecnologías conexas, portátiles y de nuevas prestaciones.
- Desarrollo de sistemas láser para cirugía, en estomatología y otras especialidades.
- Dosímetros de zona y monitores de contaminación superficial con nuevas prestaciones para módulos de medicina nuclear y otros sectores de la economía.
- Nuevos sistemas radiométricos y espectrométricos para el diagnóstico clínico y para las investigaciones en la física nuclear experimental.
- Modernización de instrumentación nuclear instalada en instituciones médicas del país.

Dentro de los desarrollos de mayor impacto está el Láser quirúrgico para aplicaciones estomatológicas.

En comparación con la técnica tradicional del uso del bisturí, en las intervenciones quirúrgicas con láseres de alta potencia los pacientes experimentan menos dolor postoperatorio por lo que suelen ser también menores las dosis prescritas de analgésicos para controlarlo. Debido a la actividad antimicrobiana del láser el procedimiento se realiza en un campo operatorio con cantidad disminuida de microorganismos. También se propicia la reducción del tiempo de cicatrización, del tiempo de cirugía y de la presencia de tejido cicatrizado [12-15].

El tipo de diodo láser pertinente para una aplicación así sería uno que emita en una longitud de onda entre los 810 y 980 nm. Estas longitudes de onda son altamente absorbidas por los tejidos blandos no así por el tejido dentario u óseo. Estos tipos de láseres son unidades pequeñas, manejables y transportables, económicamente más accesibles y con gran rendimiento costo-beneficio [16].

Existen en el mercado diversos equipos de láser semiconductor de alta potencia con aplicaciones en estomatología: Denlase Dental Diode Laser, Biolase Inc. Epic X Deka Laser Diode, Smart, OrotigMed LASER Pocket, Sirona SIROLaserAdvance [8]. Sin embargo, este tipo de equipamiento no se produce en el país y es uno de los recientes desarrollos que se ha propuesto el centro con el objetivo de ampliar la introducción de dispositivos y equipos basados en la óptica y el láser en nuestros centros de salud.

El equipo en desarrollo está compuesto por dos tarjetas electrónicas, diseñadas especialmente para la aplicación y que controlan su funcionamiento, más varios módulos comerciales: módulo láser (G980-10WD-14HHL-PTFS), driver láser (LDP-CW 18-05), driver TEC o enfriador termoeléctrico (PL-TEC 2-1024), una com-

putadora monoplaca del tipo Raspberry Pi y una pantalla táctil de 7" [9].

Todos estos elementos están integrados dentro de un mueble al que se le conecta una fuente de alimentación externa, un interruptor a pedal y una fibra óptica terminada en un aplicador (figura 6).



Figura 6. Equipo láser de potencia para cirugía estomatológica FISSEHighBeam10w.

La principal función del equipo es generar la emisión de radiación láser a través del aplicador, que se apunta a la zona de cirugía del paciente. Para esto, el sistema debe ser capaz de habilitar y accionar la emisión de un diodo láser y controlar y variar su potencia de emisión. Se controla también la emisión del láser guía y la temperatura del enfriador del módulo láser. El sistema se comunica con la pantalla, desde la cual recibe las órdenes de operación introducidas por el usuario y se visualiza el estado del equipo.

A través de la pantalla táctil se realiza básicamente toda la interfaz con el usuario. Esta utilidad hace flexible y actual el diseño del equipo, brindando varias opciones tanto para la operación y configuración del equipo por parte del usuario como la calibración y ajuste de él por el fabricante.

Un equipo así podría utilizarse en cirugía de los tejidos blandos (curetaje, corte de la encía y de la mucosa bucal), incisión y drenaje de abscesos, biopsias, para obtener hemostasia en los procedimientos quirúrgicos con excesivo sangrado, en el tratamiento de la periimplantitis. Por su efecto bactericida, tiene indicaciones específicas en periodoncia (incisiones y escisiones gingivales) y en endodoncia (como sistema de desinfección: descontaminación y remoción de bacterias) [10].

En la actualidad el equipo se encuentra en pruebas técnicas para iniciar ensayos clínicos.

Conclusiones

El desarrollo e introducción de estos instrumentos y sus resultados ha permitido disponer de tecnologías biomédicas nacionales, con alta utilidad en aplicaciones de diagnósticos y terapéuticas, posibilitando el uso de sus prestaciones al alcance de toda nuestra población además de garantizar la estabilidad de dichos servicios lo que repercute de forma muy positiva en la seguridad y bienestar a los pacientes.

Es importante destacar que el uso de la tecnología láser constituye un medio absolutamente indoloro, ino-cuo, no invasivo y aséptico que con su empleo reduce los gastos en la adquisición de medicamentos, así como la disminuye el tiempo de estadía de los pacientes hospitalizados, y la rápida recuperación de los pacientes ambulatorios, junto a su pronta incorporación a la vida social.

El desarrollo e introducción de la tecnología nacional ha permitido elevar el número de unidades asistenciales con estas técnicas, al disminuirse los costos de producción que, unidos a la asistencia técnica y la implementación del sistema de entrenamiento ha permitido alcanzar mejores resultados en la introducción de las tecnologías y garantizar un servicio estable en la red nacional de salud.

Se ha logrado el desarrollo de un prototipo de láser quirúrgico estomatológico con diodo láser de 976 nm, una potencia de hasta 7 W y de emisión continua (CW) a la par que se asimila un *know-how* propio relacionado con la tecnología de los láseres para cirugía estomatológica, como parte del desarrollo del primer equipo de láser semiconductor para aplicaciones quirúrgicas en el país. Esto podrá beneficiar a miles de pacientes con una amplia variedad de afecciones dentales y bucales que asisten a las clínicas estomatológicas existentes en el país, otro de sus beneficios sería la introducción de esta técnica en las facultades de estomatología, para su empleo en la docencia y en la investigación científica garantizando la formación de las nuevas generaciones.

Referencias bibliográficas

- [1]. ARISTA E, TOLEDO R and DOTRES A. A new curimeter with advanced software capabilities. Third International Symposium on Nuclear and Related Techniques. October 22-26, 2001. Havana, Cuba.
- [2]. BOLAÑOS L, ALONSO D, ARISTA E, ARTECHE R, AND LEMUS O. Software for thyroid uptake equipment based on PC. In: Validation Procedures of Software Applied in Nuclear Instruments. IAEA-TECDOC-1565. 2007. pp. 113-119.
- [3]. LARREA P, HERNANDEZ TABARES L, SUÁREZ C, *et al.* Evaluación de densitómetro automático con diodo láser. Rev. Cuba. Física. 2010; 27(1): 102-106.
- [4]. ALONSO ABAD D and ARISTA ROMEU E. Thyroid uptake software. Nucleus. 2004; (35): 20-24.
- [5]. ARISTA ROMEU E, ALONSO ABAD D, ARTECHE DÍAZ R. Captador de Yodo Acoplado a PC destinado al Sistema Nacional de Salud. Nuclues. 2003; (34): 44-48.
- [6]. COMBARRO ROMERO AM, ORELLANA MOLINA AA, A. HERNÁNDEZ DÍAZ PJ, *et al.* Láser de baja potencia, física y aplicaciones médicas. La Habana: Cubaenergía, 2011.
- [7]. FUNDORA SARRAFF T, HERNÁNDEZ REYES LH, MESA PÉREZ G, *et al.* Apoyo tecnológico cubano a la medicina nuclear en hematología. Rev. Cubana. Hematol. Inmunol y Hemoter. 2017; 33(1): 1-4.
- [8]. LARREA COX P, HERNÁNDEZ TABARES L, VALDÉS SANTURIO E, *et al.* Improvement of the first cuban laser densitometer. Rev. Cubana. Física. 2015; 32(2): 106-108.
- [9]. GONZÁLEZ PÉREZ M, VAZQUEZ HERNÁNDEZ I, HERNÁNDEZ TABARES L, *et al.* Sistema de control para laser semiconductor de alta potencia. Rev. Cubana. Física. 2018; 35(1E): E31-E33.
- [10]. HERNÁNDEZ DÍAZ A. El láser terapéutico en la práctica médica actual. 2da ed. La Habana: Editorial Científico-Técnica, 2007.
- [11]. ARISTA ROMEU E. Detect-PC Software Version 3.0. Proceedings of the XIII Workshop on Nuclear Physics and VII International

- Symposium on Nuclear and Related Techniques.. WONP-NURT 2011. February 7-11, 2011. Havana, Cuba.
- [12]. PULIDO ROZO MA, TIRADO AMADOR LR and MADRID TROCONIS CC. Gingivoplastia y frenilectomía labial con láser de alta intensidad: presentación de caso. *Rev. Clínica Periodoncia, Implantol. y Rehabil. Oral.* 2015; 8(2): 157-162.
- [13]. AZMA E and SAFAVI N. Diode laser application in soft tissue oral surgery. *J. Lasers Med. Sci.* 2013; 4(4): 206-211.
- [14]. PATEL R, VARMA S, SURAGIMATH G, *et. al.* Comparison of labial frenectomy procedure with conventional surgical technique and diode laser. *J. Dent. Lasers.* 2015; 9(2): 94-99. doi: 10.4103/0976-2868.170565.
- [15]. AGRAMONTE I, RODRÍGUEZ G, HERNÁNDEZ Y and DORREGO MD. Cirugía de blefaroplastia por técnica convencional versus láser de CO₂. *Rev. Cubana. Oftalmol.* 2013; 26(3). [en línea]. Disponible en: <https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/206/html>.
- [16]. PÉREZ RODRÍGUEZ MJ. Tener un láser en la consulta de ortodoncia: ¿Por qué?. *RCOE: Revista del Ilustre Consejo General de Colegios de Odontólogos y Estomatólogos de España.* 2014; 19(4): 295-301.

Recibido: 23 de enero de 2023

Aceptado: 17 de febrero de 2023

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización, ni la comunicación del presente trabajo.

CRedit / Conceptualización: Omar Morales Valdés, Guillermo Mesa Pérez, Eduardo Arista Romeu, Lorenzo Hernández Tabares, Pedro Larrea Cox, Sandra Fernández Yanes. **Fuentes:** Lorenzo Hernández Tabares, Guillermo Mesa Pérez, Eduardo Arista Romeu, Pedro Larrea Cox. **Curación de datos:** Guillermo Mesa Pérez, Eduardo Arista Romeu, Pedro Larrea Cox. **Software:** Guillermo Mesa Pérez, Eduardo Arista Romeu. **Análisis formal:** Guillermo Mesa Pérez, Eduardo Arista Romeu, Pedro Larrea Cox. **Supervisión:** Guillermo Mesa Pérez, Eduardo Arista Romeu, Pedro Larrea Cox. **Adquisición de fondos:** Omar Morales Valdés. **Validación:** Guillermo Mesa Pérez, Eduardo Arista Romeu, Pedro Larrea Cox. **Investigación:** Omar Morales Valdés, Guillermo Mesa Pérez, Eduardo Arista Romeu, Lorenzo Hernández Tabares, Pedro Larrea Cox, Sandra Fernández Yanes. **Visualización:** Omar Morales Valdés, Sandra Fernández Yanes. **Metodología:** Guillermo Mesa Pérez, Eduardo Arista Romeu, Lorenzo Hernández Tabares, Pedro Larrea Cox. **Administración de proyecto:** Omar Morales Valdés, Guillermo Mesa Pérez, Eduardo Arista Romeu. **Redacción – borrador original:** Omar Morales Valdés, Lorenzo Hernández Tabares. **Redacción – revisión y edición:** Omar Morales Valdés, Lorenzo Hernández Tabares, Sandra Fernández Yanes.