



Cambios en la verificación de las predicciones emitidas por el Centro de Pronósticos del Tiempo del Instituto de Meteorología de Cuba



<https://cu-id.com/2377/v28n4e11>

Changes in the prediction's verification issued by the Weather Forecast Center of the Meteorological Institute of Cuba.

 Nathalí Valderá Figueredo^{1*},  Milagros Sarmientos Scull²

¹Centro de Pronósticos, Cuba

²Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba

RESUMEN: Se presentan las principales modificaciones que, a lo largo de la historia, ha presentado la verificación de las predicciones emitidas por el Centro de Pronósticos del Tiempo. Para ello se realizó un estudio retrospectivo basado en el análisis documental como parte del método histórico-lógico e inductivo-deductivo. Fueron utilizados los resultados diarios y los resúmenes mensuales de la efectividad de las predicciones válidos para 24 horas en el periodo 1978-2020, disponibles en formato impreso, digital y en base de datos. También se emplearon algunas fuentes bibliográficas, manuales de procedimientos y notas de la época. Las modificaciones detectadas se agruparon en tres grandes grupos: metodología, regionalización y softwares. Las variaciones metodológicas estuvieron relacionadas con la verificación de las temperaturas extremas, la dirección y fuerza del viento, principalmente en el umbral de la velocidad del viento en situaciones de calma, variable y brisa, así como con el rango de permisibilidad de los pronósticos de las temperaturas extremas. Se encontraron ocho regionalizaciones que van desde distribuciones con tres regiones de pronósticos hasta otras con seis. Se detectaron tres softwares de verificación.

Palabras Claves: Verificación, Pronósticos del Tiempo, Estudio Retrospectivo.

ABSTRACT: In this work it shows up the main modifications that, throughout history, have been the verification of the predictions issued by the Cuban Weather Forecast's Center. For this purpose, a retrospective study based on documentary analysis was executed as part of the historical-logical and inductive-deductive method. The daily results and the monthly summaries of the effectiveness of weather's predictions valid for 24 hours in the period 1978-2020, available in printed, digital and database format, were used. Also, some bibliographic sources, procedure manuals and notes of the epoch were used too. The modifications detected were grouped into three groups: methodology, regionalization and software. The methodological variations were related to the verification of extreme temperatures, the direction and wind speed, mainly in the threshold of the wind's in situations of calm, variable and breeze, as well as with the range of permissibility of the forecasts of extreme temperature. Eight regionalizations were found, ranging from distributions with three forecast regions to others with six. Three verification softwares were detected.

Key Words: Verification, Weather Forecast, Retrospective Study.

INTRODUCCIÓN

La verificación de los pronósticos del tiempo en Cuba data de finales de la década de los años 70 y desde entonces se han realizado modificaciones al procedimiento de verificación con el decursar de los años. Si bien es cierto que existen algunas versiones de las metodologías utilizadas, otros cambios realizados no aparecen recogidos en ningún registro y actualmente solo permanecen en la memoria de algunos especialistas. Por otra parte, el auge de la sociedad de la información y del conocimiento, basadas en el incremento de las Tecnologías de la Información y

las Comunicaciones; ha traído consigo una explosión documental sin precedentes en la que un documento puede tener más de una versión y no estar debidamente identificada, razón por la cual una entidad debe prestar atención y cuidado a la forma de organizar, administrar y archivar las fuentes documentales. Lo anterior sustenta la necesidad de un levantamiento de las principales modificaciones que ha sufrido la verificación a lo largo de la historia. Todo ello en aras de entender el presente, evitar repeticiones de posibles errores del pasado y poder establecer nuevas mejoras en el campo de la verificación de los pronósticos del tiempo.

*Autor para correspondencia: Nathalí Valderá Figueredo. E-mail: nathali.valdera@insmet.cu

Recibido: 13/05/2022

Aceptado: 10/10/2022

Ahora bien, ¿cuáles son las principales transformaciones que ha sufrido la metodología de la verificación de los pronósticos en Cuba? Para dar respuesta a esta pregunta es que se desarrolla el presente trabajo el cual se traza como objetivo: “Determinar las principales modificaciones que ha tenido la metodología de verificación de las predicciones emitidas por el Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología de Cuba”, constituyendo en primera instancia un estudio retrospectivo por lo que se justifica la presencia e interacción entre conceptos paradigmáticos como datos, información y conocimiento. Tiene como novedad el levantamiento, por primera vez en Cuba, de las principales variaciones que ha sufrido la verificación de los pronósticos en Cuba a lo largo de la historia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos utilizados

El análisis de las principales modificaciones realizadas a la metodología de verificación a lo largo de la historia se realizará en el periodo 1978-2020. Para ello se utilizaron los resultados diarios de la efectividad de las predicciones válidas para 24 horas, elaboradas por el Centro de Pronósticos (CenPro) del Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET).

A lo largo de 42 años, los resultados diarios de la verificación de las predicciones del CenPro variaron su formato encontrándose en los siguientes estados:

- 1978 - 2000: Información disponible en formato impreso o mecanografiado, en ocasiones en mal estado y de difícil lectura.
- 2001 - julio 2016: Información disponible en formato digital en archivos *.DAT, *.CSV y *.TXT.
- Agosto 2016 - 2020: Resultados diarios disponibles en el Sistema Integrado para la Verificación de los pronósticos de Tiempo (SIVER).

Reconstrucción del control de cambios

Tal y como el historiador que no pudo ser testigo de los acontecimientos pasados, se hizo obligatorio recurrir a fuentes a partir de las cuales fuera posible reconstruir el mayor número de información a partir de los “rastros” dejados en ellas. Posteriormente, y a través de la utilización conjunta de los métodos científicos histórico-lógico e inductivo-deductivo, se hizo necesario un trabajo de razonamiento lógico para reconstruirlos con la mayor fidelidad posible a partir de los rastros o evidencias hallados durante el análisis documental. Señalar que los conocimientos obtenidos por este método se caracterizan por la no observación de muchos de sus hechos y, por lo tanto, resultan inferidos. La primera etapa de la indagación histórica es la búsqueda de documentos y la clasificación de los mismos. Posteriormente fue necesario someter las fuentes de información al más riguroso examen crítico.

Según (Sánchez, 2005), la crítica externa de los documentos ofrece de por sí una serie de dificultades que requiere el más alto desarrollo del pensamiento crítico para poder determinar asuntos relacionados con la caligrafía, el idioma, la forma y la fuente del documento, entre otras. Por otra parte, la crítica interna tiene como propósito la determinación de las circunstancias bajo las cuales fue producido el documento. Implica la dificultad de analizar qué fue lo que el autor creyó haber observado y la consecuente interpretación de los sucesos observados.

La reconstrucción de las principales modificaciones del procedimiento de verificación se realizó a partir del análisis documental de las diferentes versiones existentes en formato digital y copia impresa de la “Metodología del Sistema Nacional de los Pronósticos del Tiempo”. Para ello se examinaron y detectaron visualmente los principales cambios producidos con la introducción en la práctica de cada metodología.

Como materiales para esta tarea se contó con el procedimiento recogido en (Carnesoltas, 1993) y las contribuciones de (Portela, 2000a, 2005), (INSMET, 2011) y (Moya *et. al.*, 2013), además de otros dos documentos, también de Portela. En este último caso, los documentos no cuentan con fecha de elaboración ni vigencia, razón por la cual se recurrió a la entrevista de unas pocas personas con larga trayectoria laboral en el CenPro, una de ellas con gran experiencia en la actividad de la verificación. Esta información se complementó además con el análisis de los metadatos de los documentos digitales.

Otra de las problemáticas a las que se enfrentó la reconstrucción fue la imposibilidad de contar con el método inicial de la verificación elaborado por (Soroehinski *et. al.*, 1975.). En este caso muy puntual se acudieron a los métodos inductivos-deductivos, específicamente al de ingeniería inversa. Mayormente se aplica en el mundo de las tecnologías infocomunicacionales y hace referencia a aquel proceso que permite obtener información a partir de un producto, para determinar sus componentes, la manera de interacción entre ellos y el proceso de fabricación.

La ingeniería inversa permite por sí sola la obtención de diversos beneficios dentro de los cuales se encuentra la recuperación y/o actualización de cambios de los que no se tiene detalle alguno o que no se documentaron en su momento. Lo anterior puede explicarse en este caso como la deducción de posibles modificaciones a través del levantamiento de los cambios detectados en los archivos de los resultados diarios. Sin embargo, es necesario aclarar que no siempre se llegan a obtener todos los detalles de los cambios realizados.

Para la confección de los mapas de la regionalización se utilizó el Sistema de Información Geográfica Quantum Gis en su versión 3.10 y se asumió la división política-administrativa de Cuba vigente en cada año analizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los principales cambios que ha sufrido el proceso de verificación desde sus inicios en 1978. En aras de lograr una mejor comprensión, se dividieron en tres aspectos fundamentales. El primero de ellos destinado al levantamiento de las modificaciones netamente metodológicas. En segundo lugar, se muestran las variaciones de la regionalización empleada en la verificación y por último los diferentes softwares confeccionados para llevar a cabo la tarea de verificar los pronósticos.

Cambios en la metodología de verificación

Son varias las modificaciones metodológicas que se han realizado con el decursar del tiempo, pero todas sobre el mismo procedimiento metodológico de la verificación. Los cambios detectados estuvieron relacionados mayormente con la verificación de las temperaturas extremas, la dirección y fuerza del viento, específicamente en los rangos permisibles para algunas variables y los porcentajes prefijados para que un pronóstico sea correcto. A continuación, se presentan las principales variaciones metodológicas detectadas.

Dirección y fuerza del viento

- Se considera correcta la predicción del viento variable si el valor de la fuerza del viento es inferior a un valor previamente prefijado, independientemente de la dirección. Este valor de fuerza del viento considerado como viento variable ha fluctuado de 6 m/s (21.6 km/h) en 1993 a 4 m/s, (14.4 km/h) durante la segunda mitad de la década del 90 y desde finales de 2011 a 15 km/h.
- El viento en calma se considera correcto si la fuerza del viento no supera los 4 m/s, cota que bajó desde el 2011 a 12 km/h para los pronósticos del CenPro y a 10 km/h para el caso de los Centros Meteorológicos Provinciales.
- Desde 1993 las brisas se restringieron sólo a las estaciones meteorológicas de la costa norte. No obstante, (Moya *et. al.*, 2013) limitaron la intensidad de la brisa a 25 km/h e incluyeron en la metodología de verificación los rangos de dirección de viento establecidos el pronóstico y la verificación de las brisas, obtenidos por (Barcia *et. al.*, 2012). Aclarar que la metodología de verificación de (Moya *et. al.*, 2013) no se implementó hasta el año 2016 con la introducción en la práctica operativa del SIVER.
- La dirección del viento se ha pronosticado y continúa pronosticándose basándose en la rosa de vientos de 16 rumbos. La predicción de esta variable es correcta cuando el reporte de la estación está comprendido en un rango de varios grados a ambos lados de la dirección pronosticada. La desviación

con respecto a la dirección del viento inicialmente era de 45° (Carnesoltas, 1993), pero en años posteriores a 1996 pasó a ser de 30°.

- (Portela, 2005a) planteó que los rangos conformados de esta manera no son exactos, pues en los mensajes de superficie la dirección del viento se reporta cada 10 grados por lo que el criterio anterior se ajusta a ángulos múltiplos de 10, aproximando de modo que se garantice el cumplimiento en los rangos antes señalados al aproximar. De esta manera propone los ángulos aceptables para el pronóstico de la dirección del viento con una desviación de $\pm 30^\circ$.
- La fuerza del viento ha sido considerada como correcta cuando la velocidad reportada por las estaciones meteorológicas difiere en 10 km/h o menos del valor pronosticado. Desde el año 2000, los 10 km/h fueron asignados para el CenPro mientras que para los grupos y departamentos de pronósticos provinciales se establecieron 8 km/h.

Temperaturas extremas

El rango de permisibilidad de los pronósticos de temperatura según Carnesoltas (1993), eran de 1.5 °C, el cual se incrementó a ± 2 °C desde finales de la década del 90 y hasta mediados del 2016. A partir de agosto del mismo 2016, entró en vigencia una nueva modificación de los rangos prefijados, que consideraron la época del año y la región del país. De esta manera, en el período lluvioso el pronóstico de temperatura se considera correcto cuando los valores de temperatura máxima como la mínima no excedan en 1.5 °C el valor pronosticado.

Por su parte, en el período poco lluvioso el año, desde Pinar del Río hasta Ciego de Ávila rige el ± 3.0 °C y en las estaciones desde Camagüey hasta Guantánamo, el ± 2.5 °C. En el período poco lluvioso del año, el pronóstico de la temperatura máxima se considera correcto cuando los valores reales no excedan en 2.5 °C el valor pronosticado en todas las estaciones del país. Así mismo, los pronósticos de temperatura se consideran correctos cuando se cumplen en más del 70 % de las estaciones de la región y un 50 % desde la segunda mitad de los años 90.

Nubosidad y precipitación

En cuanto a la nubosidad y la lluvia, puede decirse que han sido variables con muy pocas modificaciones de los criterios empleados para la verificación de ambos. Y es que la terminología a pronosticar, los rangos de octavos de cielo cubierto y el porcentaje de estaciones que reportaron lluvia han permanecido constantes desde 1993 hasta la fecha.

La precipitación sólo se verificó en sus inicios en los pronósticos del CenPro mientras que en los grupos/departamentos de pronósticos provinciales se in-

cluyó desde febrero de 2017. Para ello las lluvias se consideraron aisladas cuando se reporta precipitación en menos del 30 % de las estaciones de la región, algunas entre el 30 y 60 % y numerosas en más del 60 % del área.

También se dieron los primeros pasos para la verificación de la nubosidad y la lluvia utilizando la estimación de la nubosidad y las áreas con lluvia sobre Cuba a partir de las imágenes del satélite GOES-E. El procedimiento de estimación de la nubosidad de (Trujillo, 2011), fue optimizado por (Trujillo *et. al.*, 2017) para aquella nubosidad en imágenes infrarrojas con niveles de grises comparables con la superficie terrestre en el horario nocturno. Esta información se combinó con la temperatura más baja reportada por las estaciones meteorológicas de superficie que integran una región dada. (Trujillo *et. al.*, 2017) empleó las imágenes visibles de 1 km de resolución, el infrarrojo cercano de 3.9 μm y el infrarrojo de 10.7 μm .

De manera análoga, el estudio de (Trujillo *et. al.*, 2017) agrupó también los resultados alcanzados por (Quevedo, 2012) para la estimación de la lluvia sobre Cuba, la cual establece una relación entre la presencia o ausencia de lluvia con los niveles de grises de las imágenes VIS e IR y parámetros estadísticos derivados de ellos. El algoritmo diseñado es aplicable para todo el año, con validez para el periodo de 11:45 a 22:15 UTC.

El algoritmo diseñado para la nubosidad resultó confiable para todo el año, confianza que disminuye ante casos de nieblas densas, en las noches muy frías con poca nubosidad de la temporada invernal y cuando hay altas concentraciones de contaminantes atmosféricos. Por su parte, el de la precipitación, sobrestima la lluvia en las áreas de nublados con topes fríos y la subestima en aquellas áreas donde predominan los nublados relacionados con la convección poco profunda.

Ninguno de los dos algoritmos llegó a implementarse en tiempo real debido a la entrada en línea del satélite GOES-16. No obstante, llegaron a realizarse algunas pruebas con la verificación de la nubosidad a partir de la estimación por el método propuesto. Sin embargo, la data utilizada se correspondió con días o situaciones meteorológicas muy puntuales. Debido a la diferencia del enfoque entre un pronóstico de nubosidad a ser verificado por las estaciones meteorológicas y las de un pronóstico verificado por las imágenes de satélite, se capacitó al personal del Centro Meteorológico Territorial la Habana-Artemisa-Mayabeque y desde el 2016 se elabora un pronóstico “especial” de nubosidad y lluvia para ser verificado por las imágenes de satélite.

Otros elementos de interés

En el periodo 1993 -2020 también se introdujeron cambios en la metodología de verificación de los que se tiene conocimiento por entrevista con compañeros

con experiencia en la actividad. Dentro de ellos se encuentran:

- La verificación de las predicciones de los Grupos/Departamentos de Pronósticos Provinciales: se tienen registros a partir del año 2012, aunque la existencia de resultados de la verificación de la provincia La Habana entre el 2010 y el 2012 sugieren la posible existencia de resultados del resto de las provincias, los cuales no se encuentran disponibles al momento de este estudio.
- Eliminación de los promedios mensuales de determinados días que corresponden a la afectación de fenómenos meteorológicos peligrosos. Se supone que este cambio se haya introducido en la práctica desde el 2005 hasta el 2016.
- Desde comienzos del siglo XXI y hasta el mes de julio del año 2016 se incluyó en el pronóstico técnico la predicción del estado del mar para la costa norte y sur de Cuba, pero sus resultados nunca aparecieron en los resultados diarios, ni en los resúmenes mensuales de la verificación.
- A partir del año 2011 se comenzó a incluir la relación del tiempo presente con el viento y la nubosidad. En el caso de la primera, está estipulado la no evaluación en aquellas estaciones meteorológicas que reporten en el grupo de tiempo presente los siguientes fenómenos: 15, 16, 17, 25, 29 o mayor o igual que 50, los que se relacionan con la ocurrencia de lluvia o tormenta cerca o en la estación meteorológica durante la realización de la observación o en la hora precedente. Ello se debe a que en las áreas de chubascos la dirección del viento obedece a la circulación que imponen los procesos de mesoescala y al incremento de la fuerza del viento producido por los frentes de rachas de las tormentas (Valderá, 2017).
- (Valderá, 2017) desarrolló algoritmos para la generación de un pronóstico por persistencia de la nubosidad, precipitación, temperaturas extremas y el viento. Todo ello con el objetivo de considerar el grado de dificultad y la habilidad de los pronósticos en aras de discernir entre pronóstico en un día con influencia de las altas presiones y un anticiclón bien estructurado en toda la columna troposférica y otro en el que llega un frente frío a la región occidental de Cuba, por ejemplo. Aunque se realizaron algunas pruebas preliminares, el cálculo de la habilidad aún está sin implementar en la práctica operativa y por ende no se consideran actualmente en los resultados de la verificación.

Cambios en la regionalización

Inicialmente se evaluaron sólo tres regiones de pronóstico (Fig. 1), pero durante la realización del presente estudio no se pudo acceder a la metodología

original de (Sorochinski *et. al.*, 1975). No obstante, para el establecimiento de las fronteras de cada región se asumió la división política administrativa vigente en la época.

A partir de 1979 se incluye una cuarta región de pronóstico para el municipio especial Isla de la Juventud (Fig. 2), pero en 1986 se modificó nuevamente la estructura de las regiones de pronóstico quedando cinco distribuidas tal y como se muestra en la figura 3.

La regionalización anterior fue modificada en 1989 y mostró como principal cambio la separación de Ciudad de la Habana en una sola región (Fig. 4), modifi-

cación que fue revertida en el año 1990. La distribución de las regiones en el año 1990 también sufrió modificaciones en el orden de las regiones; debido a la asignación de la región 2 a la Isla de la Juventud. En la figura 5 se presenta la tipificación geográfica de las zonas de pronóstico en el año 1990.

(Carnesoltas, 1993) expone en el manual de procedimientos del Sistema Nacional de Pronósticos, la existencia de cinco zonas de pronósticos, similar a la del año 1990, con una única diferencia, y es que en la de 1993 la provincia de Granma aparece como parte de la región 5 (Fig. 6). Posteriormente, a comienzos

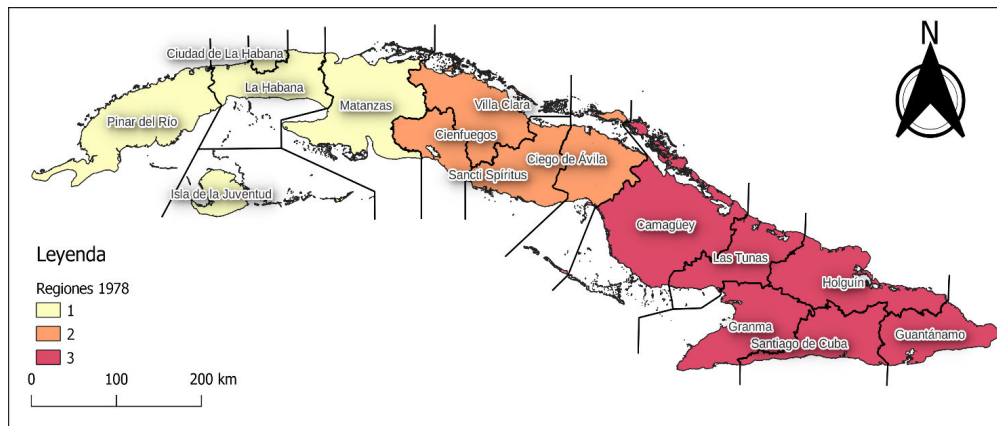


Figura 1. Tipificación geográfica vigente en el año 1978.

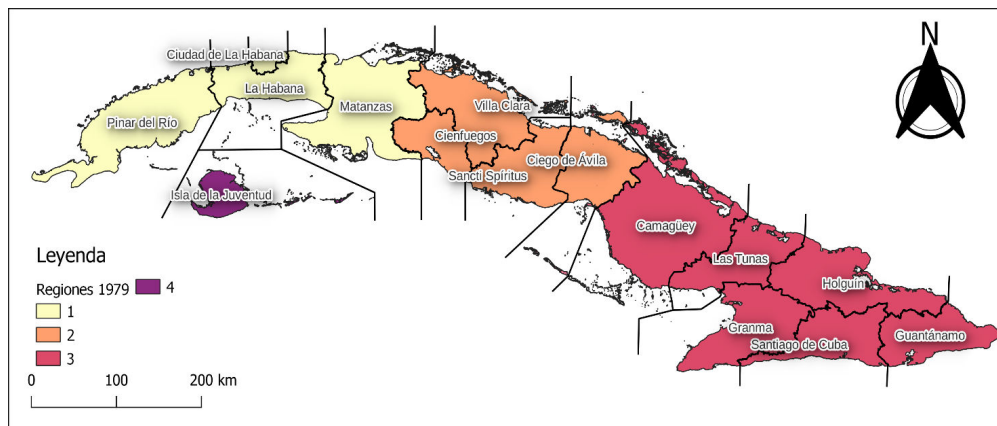


Figura 2. Tipificación geográfica vigente en el periodo 1979-1985.

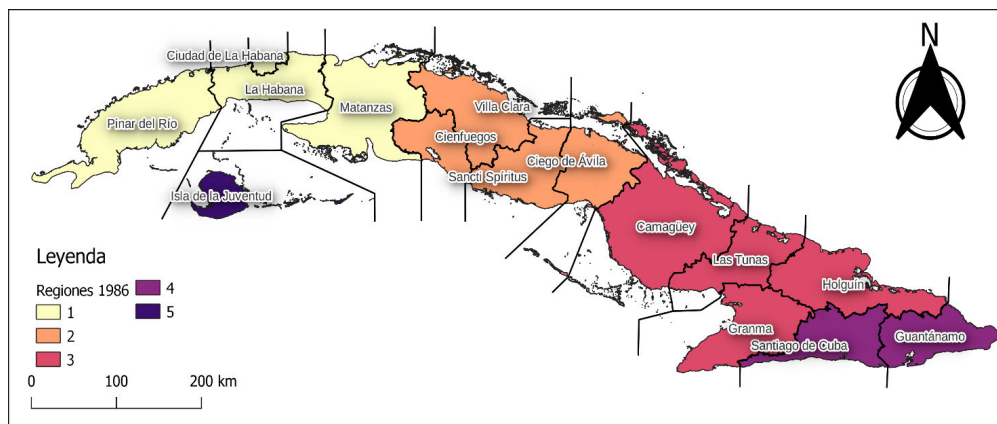


Figura 3. Tipificación geográfica correspondientes a los años de 1986 al 1988.

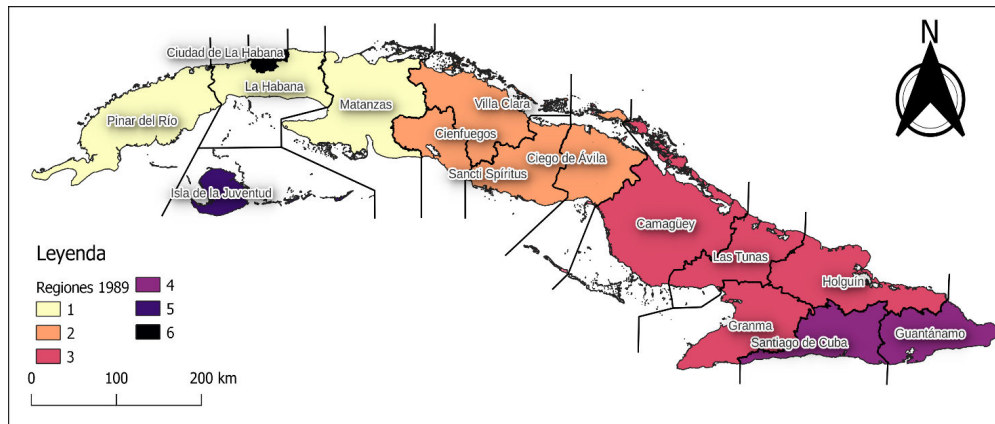


Figura 4. Tipificación geográfica año 1989.

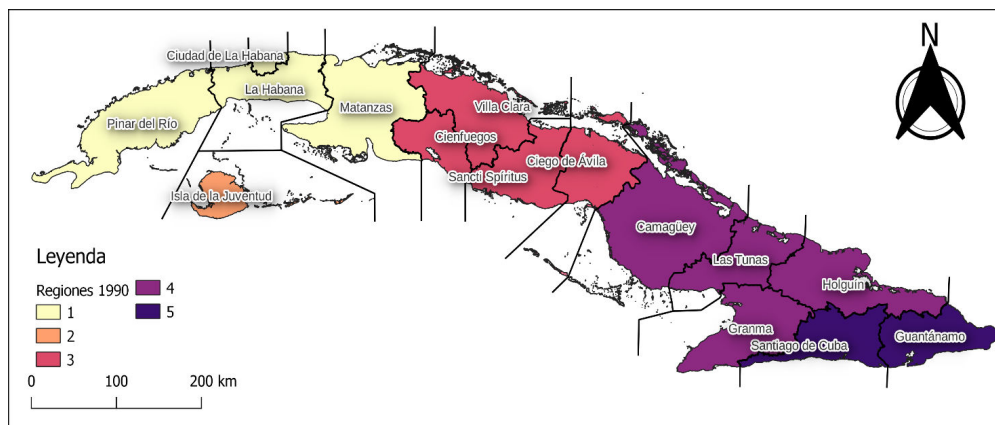


Figura 5. Tipificación geográfica año 1990.

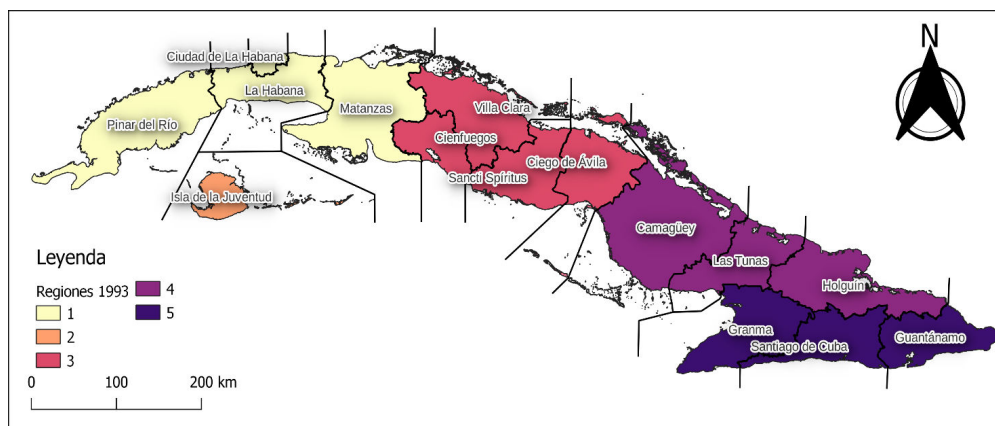


Figura 6. Tipificación geográfica del año 1993.

del siglo XXI fue eliminada la región de la Isla de la Juventud, incorporándose el municipio especial como parte de la región occidental (Fig. 7).

Sin embargo, aunque (Barcia *et al.*, 2012) plantearon que (Portela, 2004) realizó una modificación a la regionalización, al menos en la información y referencias consultada no se encontraron detalles al respecto, al menos en la escala de región. Lo anterior pudiera estar dado en que los cambios propuestos estén a nivel de zonas de pronósticos, no analizados en este informe. La división de las provincias para la evaluación de

las diferentes regiones del pronóstico del CenPro son las siguientes:

- Región 1: Pinar del Río, La Habana, Ciudad de la Habana, Matanzas e Isla de la Juventud.
- Región 2: Villa Clara, Cienfuegos, Sancti Spiritus y Ciego de Ávila.
- Región 3: Camagüey, Las Tunas, Holguín.
- Región 4: Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo.

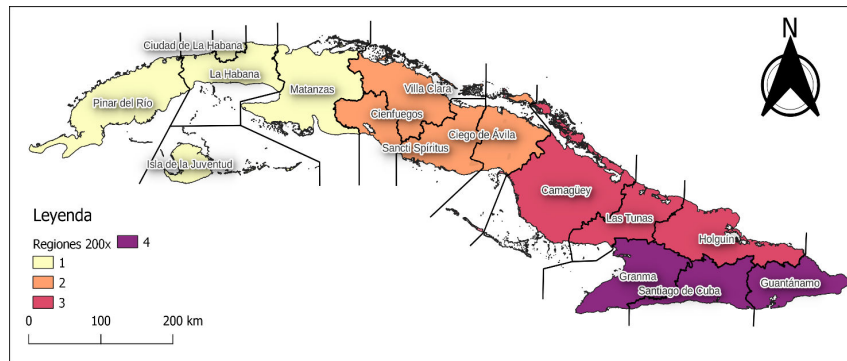


Figura 7. Tipificación geográfica vigente desde comienzos de la década del 2000 hasta julio de 2016.

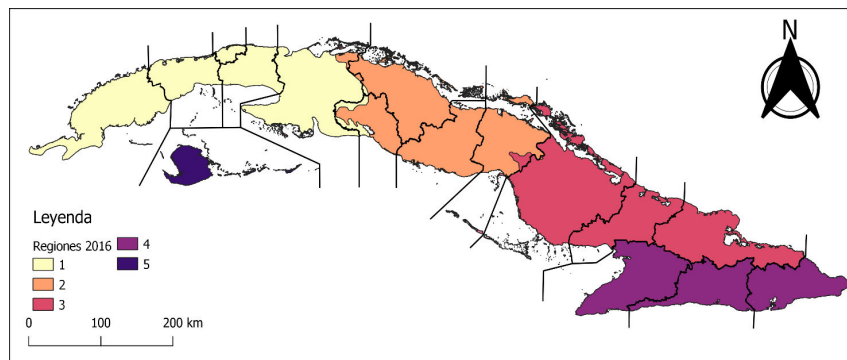


Figura 8. Tipificación geográfica de (Barcia *et al.*, 2012) vigente desde agosto de 2016.

Las regiones de esta manera se mantuvieron vigentes hasta julio de 2016. Paralelamente, (Barcia *et al.*, 2012) realizaron una nueva regionalización tratando de resolver la no representatividad de determinadas estaciones meteorológicas asignadas a una región debido al comportamiento no homogéneo de los elementos meteorológicos. Ella propone la división del país en cinco regiones, coincidentes en gran medida con la regionalización físico-geográfica de (Acevedo, 1983), no así con la división política administrativa actual.

Esta tipificación se puso en vigencia desde agosto de 2016 y es la que se utiliza en la actualidad. No obstante, es necesario destacar que su confección se hizo agrupando las estaciones meteorológicas según el comportamiento de las temperaturas extremas en cada periodo del año, variable que no es la que más afectan los resultados de la verificación según lo analizado por (González & Valderá, 2021). Esta es una de las razones por la cual la actual regionalización no haya solucionado completamente la problemática de la no representatividad de algunas estaciones meteorológicas de una región.

Cambios en los softwares de verificación

El primer programa elaborado para la verificación de los pronósticos del CenPro fue el de (Portela, 2000b), el mismo semi-automatizó el método de

(Sorochinski *et al.*, 1975). Este fue modificado por el mismo (Portela, 2004) y aunque con variaciones en las características del software, (CMP_VCL (2011) y (Moya *et al.*, 2013) le dieron continuidad a su predecesor. (Sánchez *et al.*, 2019) desarrollaron un nuevo sistema de verificación.

Sistema Automatizado de Evaluación del Pronóstico del Tiempo (Portela, 2000b, 2004)

El Sistema Automatizado de Evaluación del Pronóstico del Tiempo desarrollado por (Portela, 2000b) y actualizado en el 2004, estaba compuesto por 17 aplicaciones de consola, las cuales se pueden agrupar en cinco categorías según las funciones a realizar:

- Procesamiento de la Base de Datos¹: 6 métodos
- Creación de los ficheros a partir de los pronósticos para elaborarlos: 2 métodos.
- Evaluación diaria: 2 métodos.
- Evaluación mensual, trimestral y otros periodos: 8 métodos.
- Detección de errores: 3 métodos.

En la figura 9 puede apreciarse una captura a la pantalla de uno de los métodos utilizados en el sistema anterior.

¹Aunque originalmente se utiliza en las descripciones de las aplicaciones el término Base de Datos, lo que se utilizó verdaderamente fue un archivo de texto (*.txt).

Sistema Automatizado de Evaluación del Pronóstico del Tiempo (CMP_VCL, 2011; Moya et al., 2013)

Una modernización del software utilizado en la práctica operativa desde el año 2011 fue realizado por el Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara (CMP_VCL, 2011), actualizado por (Moya et al., 2013). A pesar de que este sistema presenta una gran mejoría sobre el de (Portela, 2004), posee una interfaz gráfica que, si bien no es muy intuitiva y puede “perder” al usuario que la utiliza, aumenta la productividad sobre la consola del anterior.

Esta aplicación ostenta un alto grado de personalización en cuanto a las regiones y los parámetros que se han de utilizar en la verificación, y realiza las tareas de recolección de la información y la verificación de manera automática. Estaba compuesta por cinco módulos: Editor de pronósticos (Fig. 10), Recolector de observaciones o Centinela, Recolector de pronósticos, Evaluador y Estadísticas.

El punto débil de este sistema radica en cómo se maneja la información producida en el proceso de verificación. Esta no se almacena en su estado más básico y, por ende, no es muy versátil en cuanto a los análisis estadísticos que permiten estos datos; además, al ser escritos en archivos de texto, representan un problema de seguridad e integridad, y es necesario realizar procesos de minería de datos para consultar esa información. Aunque es muy maleable, el grado de adaptabilidad del sistema es demasiado limitado a otro tipo de pronóstico e incluso al mismo tipo de pronóstico para el que fue concebido.

Sistema Integrado para la Verificación de los Pronósticos del Tiempo (Sánchez et al., 2019)

El “Sistema Integrado para la Verificación de los Pronósticos del Tiempo” (SIVER) se desarrolló a partir del año 2015 por (Sánchez et al., 2019). Fue implementado experimentalmente desde principios del año 2016 e introducido a la práctica operativa en agosto de 2017 (Valderá et al., 2020). El desarrollo de SIVER obedeció a los cambios establecidos en la regionalización por (Barcia et al., 2012), entre otros factores. El SIVER es un programa con arquitectura cliente-servidor, el cual cuenta con un núcleo del procesamiento de datos, un sitio web de los resultados y herramienta de confección de los pronósticos offline.

- Núcleo de procesamiento de datos: Esta es una aplicación modular escrita en JAVA que tiene como principal función realizar la verificación de los pronósticos confeccionados por los especialistas.
- Sitio web de los resultados: Para consultar los resultados de la verificación. Además, permite reali-

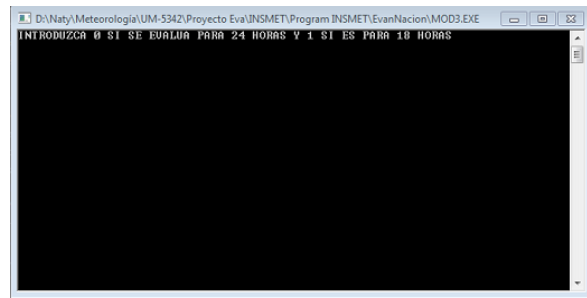


Figura 9. Método MOD3 del Sistema Automatizado de Evaluación del Pronóstico del Tiempo. Módulo encargado de resumir los resultados de la evaluación mensual y de la evaluación acumulada.

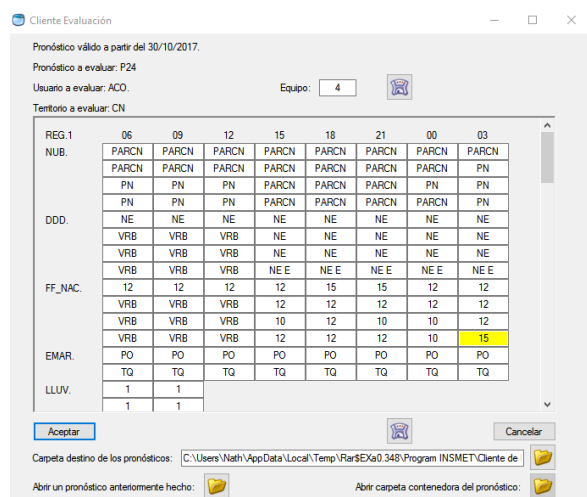


Figura 10. Módulo "Editor de Pronósticos"

zar la administración de toda la información disponible en la base de datos del SIVER y expone varias API para ser utilizadas por la herramienta de confección de pronósticos. Sólo permite el acceso al sitio web a desde una lista de direcciones IP previamente establecida debido a que la naturaleza de la información que se maneja. El sitio también incluye opciones para eliminar las evaluaciones de un determinado día o del periodo completo y poner el sitio en mantenimiento o regresarlo al estado normal.

- Herramienta de confección de pronósticos: Esta es una aplicación de escritorio desarrollada en JAVA mediante la cual se crea, edita y publica² el pronóstico del tiempo técnico. La herramienta no es más que una rejilla genérica que se construye a partir de la información que se encuentra en la base de datos. La aplicación maneja archivos de extensión *.pron, archivo binario generado para estos fines, el cual solo puede ser editado a través de la misma herramienta.

SIVER cuenta con el potencial necesario para el nuevo enfoque que se le quiere dar a los estudios de

²Se le llama publicación al proceso de enviar el pronóstico al servidor para que pueda ser verificado.

verificación, a través de la introducción práctica de la habilidad de las predicciones y de los errores absolutos medios de las temperaturas extremas y el viento. Asimismo, también podría integrar la verificación de la nubosidad y la precipitación utilizando las imágenes del satélite meteorológico. Sin embargo, a pesar que existen por separado los algoritmos para la creación del pronóstico por el método de la persistencia y de la estimación de la nubosidad y la precipitación por imágenes de satélite, sólo llegó a integrarse al sistema el cálculo del EAM para las temperaturas extremas y la fuerza del viento. Es por ello que hasta cierto punto se puede decir que es un software inconcluso. En las figuras de la 11 a la 13 se muestran capturas del SIVER.

Por último y a manera de resumen de lo recogido en este capítulo, en la figura 14 se muestra una línea de tiempo con los acontecimientos más relevantes en el ámbito de la verificación a criterio de los autores.

CONCLUSIONES

- Las variaciones metodológicas estuvieron relacionadas mayormente con la verificación de las temperaturas extremas, la dirección y fuerza del viento, principalmente en el umbral de la velocidad del viento en situaciones de calma, variable y brisa, así como con el rango de permisibilidad de los pronósticos de las temperaturas extremas.
- Se reconstruyó la serie temporal de las regiones utilizadas para la verificación de las predicciones del CenPro a lo largo de la historia. Se encontraron ocho regionalizaciones que van desde distribuciones con tres regiones de pronósticos hasta otras con seis.
- Se detectaron tres softwares de verificación: dos de ellos titulados “Sistema Automatizado de Evaluación del Pronóstico del Tiempo” y el “Sistema Integrado para la verificación de los Pronósticos del Tiempo”, implementados desde comienzos de la década del 2000, 2011 y 2016 respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar los conocimientos emanados de esta investigación en la elaboración de futuras metodologías y tipificaciones geográficas para la verificación de las predicciones válidas para 24 horas, tanto del Centro de Pronósticos como de los Grupos/Departamentos de Pronósticos Provinciales.
2. Mantener un estricto control de versiones y un levantamiento de cambios en las futuras metodologías de verificación.

REFERENCIAS

Acevedo, M. (1983). *Geografía de Cuba*. Tomo II. Editorial Pueblo y Educación, 389 p.

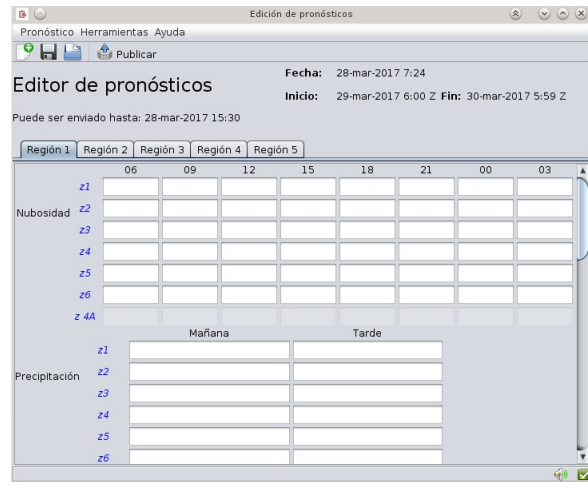


Figura 11. Rejilla de confección de los pronósticos válidos para 24 horas del Centro de Pronósticos del Tiempo.



Figura 12. Página principal del Sitio web del SIVER.

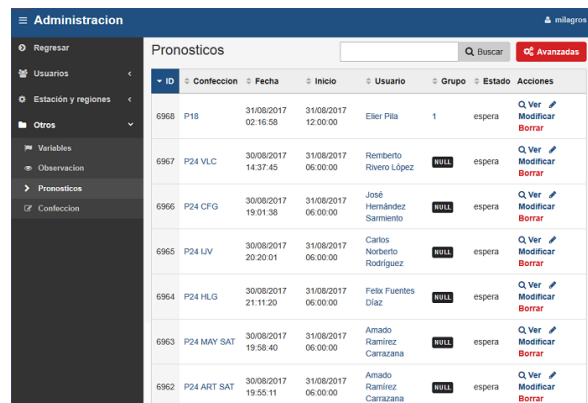


Figura 13. Vista principal de la administración.

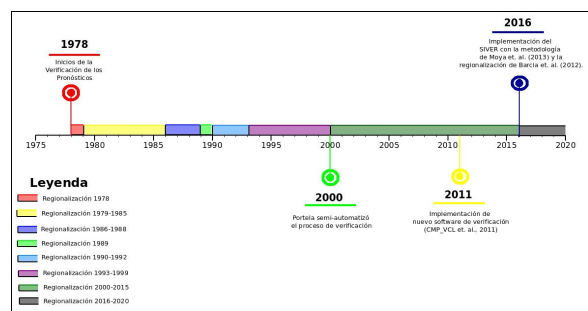


Figura 14. Línea de tiempo con los hitos más importantes en el ámbito de la verificación.

- Barcia, S., Ballester, M., Cedeño, Y., García, E., González, J. & Regueira, V. (2012). *Variabilidad espacio-temporal de las variables que intervienen en los pronósticos a corto plazo en Cuba*. Informe de Resultado Científico, Resultado 1, Proyecto Evaluación de los Pronósticos del Tiempo. Instituto de Meteorología INSMET. La Habana, Cuba, 68 p.
- Carnesoltas (1993). *Manual de la Vigilancia Meteorológica Nacional. Vol I: Sistema Nacional de Predicción Meteorológica*. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Meteorología INSMET. Ciudad de la Habana, Cuba, 127 p.
- CMP_VCL (2011). Software “Sistema Automatizado de Evaluación del Pronóstico del Tiempo”. Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara.
- COMET (2009). *Niebla de radiación*. University Corporation for Atmospheric Research, Cooperative Program for Operational Meteorology, Education, and Training COMET. Boulder, CO. Disponible en: http://meted.ucar.edu/index_es.php [Consultado el 16 de octubre de 2013].
- González, E. & Valderá, N. (2021). Verificación de las predicciones del tiempo emitidas por el Centro Nacional de Pronósticos del Instituto de Meteorología de Cuba en el período 1980-2019. *Revista Cubana de Meteorología*, 27(2): 7p.
- INSMET (2011). *Metodología del Sistema Nacional de Evaluación de los Pronósticos del Tiempo*. Instituto de Meteorología INSMET. La Habana, Cuba, 22 p.
- Moya, A.S., Estrada, A., Ballester, M. & González, C. (2013). *Evaluación de los pronósticos del tiempo a corto plazo*. Informe de Resultado Científico, Resultado 3, Proyecto Evaluación de los Pronósticos del Tiempo. Instituto de Meteorología INSMET. La Habana, Cuba, 55 p.
- Portela, M.A. (2000a). *Metodología del Sistema Nacional de Evaluación de los Pronósticos del Tiempo*. Instituto de Meteorología INSMET. La Habana, Cuba, 20 p.
- Portela, M.A. (2000b). Software “Sistema Automatizado de Evaluación del Pronóstico del Tiempo”.
- Portela, M.A. (2004). Software “Sistema Automatizado de Evaluación del Pronóstico del Tiempo”.
- Portela, M.A. (2005). *Metodología del Sistema Nacional de Evaluación de los Pronósticos del Tiempo*. Instituto de Meteorología INSMET. La Habana, Cuba, 30 p.
- Quevedo, J.L. (2012). *Estimación de las áreas de lluvia sobre Cuba a partir de las imágenes VIS e IR obtenidas del satélite GOES-E*. Tesis presentada en opción al Título de Licenciado en Meteorología. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas InSTEC. La Habana, Cuba, 53 p.
- Sánchez, A.L., Valderá, N., Sarmientos, M. & González, C.M. (2019). *Sistema Integrado para la verificación de los pronósticos del tiempo (SIVER)*. Centro Nacional de Derecho de Autor, CENDA. Número de registro software: 0444-02-2019.
- Sánchez, L.F. (2005). La historia como ciencia. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 1 (1): 54-82. ISSN: 1900-9895.
- Sorochinski, M., González, C., Rubio, G., Carcaño, G. & Martínez, R. (1975). *Métodos para la Evaluación de Pronósticos*. Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Meteorología INSMET, 12 p.
- Trujillo, G. (2011). *Estimación de la cobertura nubosa sobre Cuba a partir de las imágenes del satélite GOES-E*. Tesis presentada en opción al Título de Licenciado en Meteorología. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas InSTEC. La Habana, Cuba, 57 p.
- Trujillo, G., Ballester, M. & Sánchez, A.L. (2017). *Método para verificar los pronósticos de cobertura nubosa y porcentaje de área cubierta por lluvia*. Informe de Resultado Científico, Resultado 2, Proyecto Sistema de Verificación de los Pronósticos del Tiempo a corto plazo. Instituto de Meteorología INSMET. La Habana, Cuba, 106 p.
- Valderá, N. (2017). *Método de la persistencia para la estimación de la habilidad de las predicciones del Centro de Pronósticos del Tiempo del Instituto de Meteorología de Cuba*. Tesis presentada como requisito para la obtención del Título de Académico de Máster en Ciencias Meteorológicas. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas InSTEC. La Habana, Cuba, 96 p.
- Valderá, N., Sánchez, A.L., Ballester, M., Sarmientos, M., Barcia, S., González, C.M., González, C. & Pila, E. (2020). *Verificación de los pronósticos del tiempo de 24 horas*. Informe de Resultado Científico, Resultado 3, Proyecto Sistema de Verificación de los Pronósticos del Tiempo a corto plazo. Instituto de Meteorología INSMET. La Habana, Cuba, 65 p.

Conflicto de interés: declaramos, no tener ningún conflicto de interés

Contribución de autoría: **Concepción de la idea:** Nathalí Valderá-Figuero. **Manejo de los datos:** Nathalí Valderá-Figuero y Milagros Sarmientos-Scull. **Análisis de los datos:** Nathalí Valderá-Figuero y Milagros Sarmientos-Scull. **Investigación:** Nathalí Valderá-Figuero. **Metodología:** Nathalí Valderá-Figuero. **Supervisión:** Nathalí Valderá-Figuero. **Validación de los resultados:** Nathalí Valderá-Figuero y Milagros Sarmientos-Scull.

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/)