

**INSTITUTO DE OCEANOLOGÍA
MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**INSTITUTO DE METEOROLOGÍA
MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**VARIABILIDAD Y PRONÓSTICO DE LA COMPONENTE APERIÓDICA DEL
NIVEL DEL MAR DE ORIGEN METEOROLÓGICO
EN EL ARCHIPIÉLAGO CUBANO**

**Tesis presentada en opción al grado científico de
Doctor en Ciencias Meteorológicas**

Autor: Marcelino Hernández González

Asesor: Dr. Rafael Pérez Parrado

La Habana
Instituto de Oceanología
2015

Citar como:

Hernández-González, M. (2015) Variabilidad y pronóstico de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en el archipiélago cubano. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Meteorológicas. La Habana, Instituto de Oceanología. ISBN 978-959-298-035-8

ISBN 978-959-298-035-8



9 789592 980358

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa por el apoyo constante en la realización de este trabajo.

A mi asesor, Dr. Rafael Pérez Parrado, por sus valiosos consejos y recomendaciones.

Mis más sinceros agradecimientos también a mis colegas del Instituto de Oceanología por sus útiles recomendaciones y señalamientos, y a mis colegas del Instituto de Meteorología por sus inestimables consejos e información brindados.

Agradezco especialmente a mis colegas de la Red Mareográfica Nacional y de la Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia del MINFAR, a los que ya no están y a los que hoy se empeñan tesoneramente en mantener la mareografía cubana.

SÍNTESIS

Se caracteriza por primera vez la variabilidad de la componente aperiódica del nivel del mar, captada por la Red Mareográfica Nacional para la banda de frecuencias 0,07 – 1,00 ciclos por día, correspondiente a variaciones con períodos de uno a quince días. Se determinan el patrón de la estructura espectral en todo el archipiélago y las causas que dan lugar al mismo a escala local en Siboney, La Habana. Se toman en consideración las escalas de tiempo al analizar la influencia de eventos de la variabilidad del clima. Se diseña y fundamenta un esquema de filtrado para series horarias de nivel del mar, presión atmosférica y viento, que permite obtener y analizar las componentes aleatorias estacionarias de dichas variables. Se modelan las variaciones aperiódicas con fines de pronóstico mediante el método espectral. Los resultados obtenidos posibilitarán el continuo perfeccionamiento de esta línea, con aplicación en el pronóstico de las variaciones del nivel del mar.

ÍNDICE

Pág.

INTRODUCCIÓN.	1
1. RESEÑA BIBLIOGRÁFICA.	4
2. MATERIALES Y MÉTODOS.	8
2.1. Características de la región de estudio	9
2.2. Fundamentos teóricos.	12
2.3. Datos e información primaria.	15
2.4. Los métodos.	18
2.4.1. Restablecimiento de valores ausentes de las series temporales de alturas horarias del nivel del mar	18
2.4.2. Obtención de la componente aperiódica del nivel del mar, de la presión atmosférica a nivel del mar y del viento en la escala sinóptica de frecuencias	19
2.4.3. Caracterización de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias y de la influencia de la presión atmosférica y del viento.	20
2.4.4. Caracterización de las anomalías mensuales y anuales del nivel del mar.	23
2.4.5. Pronóstico de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias.	24
3. VARIABILIDAD DE LA COMPONENTE APERIÓDICA DEL NIVEL DEL	

<u>MAR DE ORIGEN METEOROLÓGICO EN LA ESCALA SINÓPTICA DE FRECUENCIAS EN AGUAS DEL ARCHIPIÉLAGO CUBANO.</u>	29
3.1. Principales características estadísticas de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias.	30
3.2. Principales características estadísticas de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias de los semestres diciembre - mayo y junio - noviembre.	37
3.3. Estructura espectral del nivel del mar observado y de su componente aperiódica de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias.	41
3.3.1. Estructura espectral anual del nivel del mar observado.	41
3.3.2. Estructura espectral anual de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias.	44
3.3.3. Estructura espectral de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias de los semestres diciembre - mayo y junio - noviembre.	50
3.4. Propagación de las variaciones aperiódicas del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias en el archipiélago cubano.	56
4. <u>INFLUENCIA DE LOS EVENTOS METEOROLÓGICOS SOBRE LAS VARIACIONES APERIÓDICAS DEL NIVEL DEL MAR DE ORIGEN METEOROLÓGICO EN LA ESCALA SINÓPTICA DE FRECUENCIAS.</u>	59
4.1. Estructura espectral de la presión atmosférica y del viento.	60
4.2. Influencia del viento y la presión atmosférica sobre las variaciones de la	

componente aperiódica del nivel del mar.	67
4.3. Variaciones aperiódicas extremas del nivel del mar bajo la influencia de ciclones tropicales.	77
4.4. Variaciones aperiódicas extremas del nivel del mar bajo la influencia de sistemas frontales.	92
5. <u>VARIABILIDAD MENSUAL Y ANUAL DE LA COMPONENTE APERIÓDICA DEL NIVEL DEL MAR DE ORIGEN METEOROLÓGICO.</u>	100
5.1. Variabilidad mensual del nivel del mar.	101
5.2. Anomalías mensuales del nivel del mar.	104
6. <u>CÁLCULO Y PRONÓSTICO DE LAS VARIACIONES APERIÓDICAS DEL NIVEL DEL MAR DE ORIGEN METEOROLÓGICO EN LA ESCALA SINÓPTICA DE FRECUENCIAS.</u>	113
6.1. Información utilizada.	114
6.2. Método empleado.	114
6.3. Intervalo de tiempo de la muestra dependiente.	115
6.4. Selección de las variables meteorológicas como predictores potenciales.	115
6.5. Resultados.	117
6.6. Evaluación del pronóstico.	123
6.7. Posible aplicación del pronóstico operativo.	124
6.8. Limitaciones y consideraciones finales.	126
CONCLUSIONES	128
RECOMENDACIONES	129
GLOSARIO DE TÉRMINOS	130

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
Anexos	i
Anexo 1 Características de los mareógrafos del sistema de flotador y contrapeso que registraron los datos utilizados en el presente trabajo	ii
Anexo 2 Fórmulas y expresiones matemáticas utilizadas en la presente tesis	iv
Anexo 3 Características de las principales componentes parciales de la marea	viii
Anexo 4 Estaciones boya del Centro Nacional de Datos de Boyas de los Estados Unidos	x
Anexo 5 Cálculo de las funciones de coherencia múltiple y parcial y de los espectros restablecidos con diferentes combinaciones de las variables analizadas	xi
Anexo 6 Máximos y mínimos de los valores medios mensuales	xiv
Anexo 7 Máximos y mínimos de la intensidad mensual del nivel del mar	xv
Anexo 8 Máximos y mínimos de las anomalías del valor medio mensual.	xvi

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población y de las actividades económicas, con el consecuente aumento de los elementos en riesgo en las zonas costeras ante las penetraciones del mar, provocó un rápido incremento de las investigaciones acerca de las variaciones aperiódicas del nivel del mar, de origen meteorológico, desde mediados del siglo XX; éstas continúan en la actualidad con el desarrollo de nuevos métodos de medición, análisis y pronóstico.

Las variaciones de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias poseen, en el dominio del tiempo, períodos característicos de algunas horas hasta 15 días (Efimov, 1985; Guerman y Levikov, 1988; IOC, 1990; Pugh, 1996). Responden a la variabilidad espacio-temporal de los campos de la presión atmosférica y del viento, y en las zonas costeras dependen de las características del relieve del fondo marino y de la configuración de la línea de costa. Las más notorias variaciones aperiódicas del nivel del mar se producen en algunas regiones del mundo, como los mares del Norte y Báltico, el Golfo de Bengala y el Mediterráneo Americano.

Tomando en consideración lo anteriormente expuesto, en calidad de hipótesis se consideró que la energía de las variaciones aperiódicas del nivel del mar de origen meteorológico se distribuye con una estructura espectral similar hacia las bajas frecuencias, en el intervalo sinóptico en aguas del Archipiélago Cubano, y con una respuesta altamente lineal a los factores meteorológicos, lo cual permitirá la aplicación de métodos espectrales a la caracterización y pronóstico de las mismas.

Con la finalidad de demostrar la hipótesis, el presente trabajo se planteó el siguiente objetivo general: Caracterizar las variaciones aperiódicas del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias en el Archipiélago Cubano.

Se trazaron cuatro objetivos específicos:

- 1) Caracterizar la variabilidad de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico, en la escala sinóptica de frecuencias.
- 2) Caracterizar la influencia de los eventos meteorológicos sobre las variaciones aperiódicas del nivel del mar de origen meteorológico, en la escala sinóptica de frecuencias.
- 3) Caracterizar la variabilidad estacional e interanual de las variaciones aperiódicas de origen meteorológico.
- 4) Elaborar un procedimiento para el pronóstico de las variaciones aperiódicas del nivel del mar de origen meteorológico, en la escala sinóptica de frecuencias.

De acuerdo a los objetivos antes expuestos, el presente trabajo se fundamentó teóricamente en el análisis de las variaciones aperiódicas del nivel del mar de origen meteorológico, obtenidas mediante el filtrado numérico, a la luz de la teoría de los procesos aleatorios estacionarios (Efimov, 1985; Bendat y Piersol, 1986; Guerman y Levikov, 1988).

La novedad científica del presente trabajo consiste en que, por primera vez para Cuba, se diseñan esquemas de filtrado para la obtención de las componentes aleatorias estacionarias del nivel del mar, la presión atmosférica y del viento. Se caracteriza el patrón de la

estructura espectral de las variaciones aperiódicas del nivel del mar de origen meteorológico, registradas por la Red Mareográfica Nacional, para diferentes condiciones físico – geográficas. Se establece la relación entre las variaciones aperiódicas y las anomalías mensuales y anuales del nivel del mar. Se obtiene, por primera vez, un modelo de regresión espectral de las variaciones aperiódicas del nivel del mar.

Los resultados obtenidos contribuirán al perfeccionamiento de los modelos de pronóstico, de las evaluaciones de impacto y de los estudios de riesgo de las inundaciones costeras por penetración del mar; así como a la ejecución de proyectos ejecutivos de ingeniería de costas. Asimismo, brindarán información para la elaboración de proyecciones del impacto del ascenso del Nivel Medio del Mar en el archipiélago cubano.

El texto de la tesis se organizó de la siguiente forma: Introducción, y los capítulos Reseña Bibliográfica, Materiales y Métodos, Variabilidad de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias en aguas del Archipiélago Cubano, Influencia de los eventos meteorológicos sobre las variaciones aperiódicas del nivel del mar en la escala sinóptica de frecuencias, Variabilidad mensual y anual de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico, Cálculo y pronóstico de las variaciones aperiódicas del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias. A continuación, Conclusiones, Recomendaciones, Glosario de Términos y Referencias Bibliográficas. El texto ocupó 100 páginas. Se insertaron en el mismo 4 tablas, 174 figuras y se sumaron 14 páginas de Referencias Bibliográficas y 16 páginas correspondientes a los anexos.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AVMA: Anomalía del valor medio anual.

AVMM: Anomalía del valor medio mensual.

CAM: Ciclo anual medio.

CAV: Ciclo anual de la intensidad.

CA-CEV: Componente aperiódica de la componente efectiva de la dirección del viento.

CA-GP: Componente aperiódica del gradiente de la presión atmosférica.

CA-NM: Componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en la escala sinóptica de frecuencias.

CA-PA: Componente aperiódica de la presión atmosférica a nivel del mar en la escala sinóptica de frecuencias.

CA-Wy: Variaciones aperiódicas de la componente meridional del viento en la escala sinóptica de frecuencias.

CA-Wx: Variaciones aperiódicas de la componente zonal del viento en la escala sinóptica de frecuencias.

CEV: Componente efectiva de la dirección del viento.

cpd: ciclos por día (unidad de frecuencia).

CP-HCEV.P: Función de coherencia parcial de la CA-NM con la CA-CEV sin la CA-PA.

CP-HCEV.GP: Función de coherencia parcial de la CA-NM con la CA-CEV sin la CA-GP.

CP-HGP.CEV: Función de coherencia parcial de la CA-NM con la CA-GP sin la CA-CEV.

CP-HP.CEV: Función de coherencia parcial de la CA-NM con la CA-PA sin la CA-CEV.

CP-HP.Wy: Función de coherencia parcial entre CA-NM y CA-PA sin CA-Wy.

CP-HP.Wx: Función de coherencia parcial entre CA-NM y CA-PA sin CA-Wx.

CP-HWy.P: Función de coherencia parcial entre CA-NM y CA-Wy sin CA-PA.

CP-HWx.P: Función de coherencia parcial entre CA-NM y CA-Wx sin CA-PA.

cpm: ciclo por mes (unidad de frecuencia).

ENOS: El Niño-Oscilación del Sur.

f: frecuencia.

FA: Función de autocorrelación.

FC: Función de Coherencia.

FCM: Función de coherencia múltiple.

FCP: Función de coherencia parcial.

FE: Función espectral.

FF: Función de fase.

FFD: Frente frío débil.

FFF: Frente frío fuerte.

FFM: Frente frío moderado.

GPA: Gradiente de la presión atmosférica.

GLOSS: Global Sea Level Observing System (Sistema Global de Observación del Nivel del Mar).

H(CEV-P): Espectro restablecido con CEV y PA.

H(CEV-GP): Espectro restablecido con CEV y GPA.

NMO: Nivel del mar observado.

NMM: Nivel Medio del Mar.

NM pro: Nivel del mar pronosticado.

PA: Presión atmosférica a nivel del mar.

RMN: Red Mareográfica Nacional.

SCP: Sobre el cero del puesto (referido al cero geodésico del país).

SF: Sistema frontal.

T= Período.

VA: Varianza anual.

VM: Varianza mensual.

VMA: Valor medio anual.

VMD: Valor medio diario.

VMM: Valor medio mensual.

VMS: Vientos máximos sostenidos.

Wy: Componente meridional del viento.

Wx: Componente zonal del viento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA TESIS.

1. ACC (1989): Nuevo Atlas Nacional de Cuba. La Habana: IGT / ICGC.
2. Abuziarov, Z.K., K.I. Kudriava, E. I. Seriakov, L.I. Skriptunova (1988): Pronósticos Marinos. Leningrado, Hidrometeoizdat. 319 pp [en ruso].
3. Alvarez, L. (2001): Características de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-17 hasta 1999-2000. Boletín SOMETCUBA [Internet], 6 (2). Disponible en: <http://www.met.inf.cu>.
4. AMA (2005): Evaluación rápida de los efectos ambientales de las inundaciones costeras por penetración del mar en la Ciudad de la Habana, al paso del huracán Wilma. Informe científico – técnico. Archivo AMA, 68 pp.
5. Avila, L.A. y E.N. Rappaport (1996): Atlantic Hurricane Season of 1994. Monthly Weather Review, 124: 1558 – 1578.
6. Ballester, M., J. Rubiera y O. García (2000): Temporada ciclónica, 1999. Atlántico Norte. Departamento de pronósticos. Instituto de Meteorología. CITMA, 23 pp.
7. Ballester, M., y J. Rubiera (2002): Temporada ciclónica de 2001 en el Atlántico Norte. La Web del Tiempo en Cuba [Internet]. Disponible en: <http://www.met.inf.cu/asp/genesis.asp?TB0=PLANTILLAS&TB1=TEMPORADA&TB2=/Temporadas/temporada 2007.html>.
8. Belov, B.R. y U.G. Filippov (1985): Modelación numérica de las variaciones sumarias del nivel del mar del Mar Blanco. Meteorologuia y Guidrologuia. ISSN 0130-2906, 7: 63-69 [en ruso].

9. Bendat, J.S., y A.G. Piersol (1986): Random Data: Analysis and Measurement Procedures. Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., 512 pp.
10. Beven, J. I., A. Avila, Eric S. Blake, Daniel D. Brown, James I. Franklin, Richard D. Knabb, Richard J. Pasch, Jamie R. Rhome y Stacy R. Stewart (2008): Atlantic Hurricane Season of 2005. Monthly Weather Review. March, 136: 1109 – 1173.
11. Blázquez, E. L. (1981): Algunos aspectos del régimen de la temperatura en la plataforma Noroccidental de Cuba y la región oceánica adyacente. Inf. Cient. Téc. Acad. Cienc. Cuba, 171: 1 -28.
12. Blázquez, E. L., (1989): Anomalías del Nivel del Mar en La Habana, Cuba, durante el evento Oscilación del Sur - El Niño (OSEN), de 1982-83. Reporte de Investigación 6 (11), 8 pp.
13. Caldwell, P. Sea Level Data Processing on IBM-PC Compatible Computers, Version 3.0 (Year 2000 Compliant) (1998) JIMAR Contribution No. 319, SOEST, University of Hawaii, 72 pp.
14. Cárdenas, P.A. (1998): Papel de índices teleconectivos y del ENOS en la predictibilidad de la lluvia en Cuba. Boletín SOMETCUBA [Internet], 4 (2). Disponible en: <http://www.met.inf.cu>
15. Carnesoltas, M. (2002): La circulación local de brisa de mar y tierra. Conceptos fundamentales. Revista Cubana de Meteorología. ISSN 0-864-151-X. 9 (1): 39 – 59.
16. Casals, R.T. (2002): Cronología de las inundaciones costeras ocurridas en el sur de la provincia La Habana. Revista Cubana de Meteorología, ISSN-864-9, 9(1): 90 – 95.
17. Case, R. A. (1986): Atlantic Hurricane Season of 1985. Annual Summary. Monthly Weather Review. 114: 1390 – 1405.

18. Case, R. A. y H. P. Gerrish (1988): Atlantic Hurricane Season of 1987. Annual Summary. Monthly Weather Review. 116: 939 – 949.
19. Centella, A., J. Llanes, L. Paz, C. López y M. Limia, (eds) (2001): Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Grupo Nacional de Cambio Climático. Instituto de Meteorología. CUBAENERGIA. ISBN 959-02-0333-7. 169 pp.
20. Chao, S. Y. y L.P. Pietrafesa (1980): The subtidal response of sea-level to atmospheric forcing in the Carolina Capes. Journal of Physical Oceanography, 10: 1246-1255.
21. Chelton, D.B. y D.B. Enfield (1986): Oceans Signals in Tide Gauge Records. Journal of Geophysical Research, August 10, 91 (B9): 9081-9098.
22. Christensen, N., R.V. de la Paz y G.V. Gutiérrez (1983): A study of sub-inertial waves off the west coast of Mexico. Deep Sea Research. 30 (8a): 835 – 850.
23. Dotsenko, S.V. (1983): Los procesos aleatorios en las mediciones hidrofísicas. Leningrado, Hidrometeoizdat. 238 pp. [en ruso].
24. Earth System Research Laboratory. Physical Science Division, Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time Series (2007) US. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. NOAA Research [Internet]. Disponible en: <http://www.cdc.noaa.gov/ClimateIndices/List/>.
25. Efimov, V.V. (1985): Las ondas en las zonas fronterizas del océano. Hidrometeoizdat, Leningrado. 280 pp [en ruso].

26. Enfield, D.B. y J.S. Allen (1980): On the structure and dynamics of monthly mean sea level anomalies along the Pacific coast of North and South America. *Journal of Physical Oceanography*, 10 (4), April: 555 - 578.
27. Enfield, D.B. y J.S. Allen (1983): The generation and propagation of sea level variability along the Pacific coast of Mexico. *Journal of Physical Oceanography*. 13: 1012-1033.
28. Enfield, D.B. (1989): El Niño, Past and Present. *Reviews of Geophysics*, 27: 159 - 187.
29. Enfield, D.B. (1990): Statistical Analysis of El Niño/Southern Oscillation over the Last 500 Years. *Tropical Oceans.Global Atmosphere*. 1, 4 pp.
30. Enfield, D.B. (1992): Historical and prehistorical overview of El Niño/Southern Oscillation. Cambridge, Cambridge University Press, 95-117.
31. Firsov, P.B. (1984): Estudio y pronóstico de las surgencias de tormenta en la costa oeste del mar de Japón. HM-D84. 51 pp [en ruso].
32. Furrázola, G. y K. Núñez, eds. (1997): Estudios sobre Geología de Cuba. La Habana: CNDIG, 527 pp.
33. García, O., M. Ballester y J. Rubiera (1999): Temporada ciclónica 1998 en el Atlántico Norte. La WEB del tiempo en Cuba [Internet]. Disponible en: <http://www.met.inf.cu/asp/genesis.asp?TB0=PLANTILLAS&TB1=TEMPORADA&TB2=/Temporadas/temporada2007.html>.
34. Geocuba Geodesia (2004) MET 30-34. Archivo de Geocuba Geodesia. 42 pp.

35. González, C. (1999): Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916 – 1917 hasta 1996 – 1997. Revista Cubana de Meteorología, ISSN-864-9, 6(1): 15 – 19.
36. González, C. (2000): Características de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-17 hasta 1999-2000. Boletín SOMETCUBA [Internet] 6 (2). Disponible en: <http://www.met.inf.cu>.
37. Groves, G.W (1955): Numerical filters for discrimination against tidal periodicities. American Geophysical Union, 36 (6). December; 1073 - 1084.
38. Groves, G.W. y E. J. Hannan (1968): Time series regression of sea level on weather. Reviews of Geophysics. Vol.6, No. 2. May: 129-174.
39. Guerman, V.J. y S.P. Levikov (1988): Análisis probabilístico y modelación de las variaciones del nivel del mar. Edit. Hidrometeoizdat. Moscú, 1988. 229 pp. [en ruso].
40. Hamon, B.V. (1962): The Spectrums of Mean Sea Level at Sydney, Coff's Harbour, and Lord Howe Island. Journal of Geophysical Research. 67 (13), December: 5147 - 5155.
41. Hamon, B.V. y E.J. Hannan (1963): Estimating relation between time series. Journal of Geophysical Research, 68 (21): 6033 – 6042.
42. Hamon, B.V. (1968): Spectrum of Sea Level at Lord Howe Island in Relation to Circulation. J.Geoph.Res.,vol. 73, N22: 6925 – 6927.
43. Hannan, E.J. (1963): Regression for Time Series, Chapter 2 of Time Series Analysis. New York: Rosenblatt. John Wiley & Sons.

44. Hernández, M. y G. Díaz (2001a): Influences of ENSO on Seasonal and Inter-annual Sea Level Variability in the Cuban Archipelago. Serie Oceanológica [Internet] No. 0. ISSN: 2072-800X. Disponible en: <http://oceanologia.redciencia.cu>.
45. Hernández, M. y G. Díaz (2001b): Algunos aspectos de la variabilidad mensual del nivel del mar en La Habana, Cuba. Afro América GLOSS News [Internet] UNESCO-COI. Disponible en: <http://www.mares.io.usp.br/aagn/ind.html>.
46. Hernández, M. y G. Díaz (2003): Some considerations about the variability of sea level synoptic component in the Gulf of Batabanó. Serie Oceanológica [Internet]. No.1. ISSN:2072-800X. Disponible en: <http://oceanologia.redciencia.cu>.
47. Hsue, Y. y R. Romea (1983): Winter time winds and coastal sea-level variability along the northeast China coast. Part I: Observations. Journal of Physical Oceanography. 13 (1100); 2091-2106.
48. Hugh, A.M. y A. Dai (2004): The spatial and temporal structure of ENSO nonlinearity. Journal of Climate. 17, Agosto: 3026-3036.
49. IOC (1985): Manual on sea level measurement and interpretation. Vol. I: Basic Procedures. Manuals and Guides, 14, .78 pp.
50. IOC (1990): Global Sea Level Observing System (GLOSS) Implementation Plan. Technical Series, 35. 90 pp.
51. IOC (2006): Manual on sea level measurement and interpretation. Manual and Guides No. 14. Vol. IV: An Update to 2006. 80 pp.
52. Jenkins, G.M. y D.G. Watts (1968): Spectral analysis and its applications, Holden Day, San Francisco, 513 pp.

53. Juantorena, Y. y P.L Beauballet (1996): Método de cálculo para la predicción del mar de leva. Boletín SOMETCUBA [internet] 2 (2), Disponible en: <http://www.met.inf.cu>.
54. Juantorena, Y., P.L Beauballet y M. Sosa (1999): Cálculo de la propagación de la componente espectral de la energía de las olas. Revista Cubana de Meteorología, ISSN-864-9, 6 (1): 3 - 7.
55. Juantorena, Y., P.L. Beauballet, R. Casals, N. Hernández (2000a): MET – OLAS, Sistema para el pronóstico de las inundaciones costeras y sus aplicaciones. Revista Cubana de Meteorología, 7 (1): 3 – 7.
56. Juantorena, Y., I. Mitrani y P. Beauballet (2000b): Las inundaciones por oleaje en el Malecón Habanero con el escenario actual y el previsto por posible cambio climático. Boletín SOMETCUBA [Internet], 6 (2). Disponible en: <http://www.met.inf.cu>.
57. Juantorena, Y. y P. Rosales (2003): Análisis de las interacciones no lineales en espectros bimodales y su aplicación en el pronóstico de las olas. Revista Cubana de Meteorología. ISSN 0-864-151-X. 3 (2): 3 – 8.
58. Julian, P. R. y A. H. Murphy (1972): Probability and Statistics in Meteorology: A Review of some Recent Developments. Bulletin of the American Meteorological Society, 53 (10) 957-965.
59. Komen, G.J. (1980): Non-linear contributions to the frequency spectrum of wind-generated water waves. Journal of Physical Oceanography. 10 (5): 779-790.
60. Lecha, L., L. R. Paz y B. Lapinel (1994): El Clima de Cuba. La Habana: Instituto de Meteorología, 186 pp.

61. Lewis, J.K. (1992): The Physics of the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*. 97 (C2), February: 2141 – 2142.
62. Lewis, J.K. y S.A. Hsu (1992): Mesoscale Air-Sea Interactions Related to Tropical and Extratropical Storms in the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*. 97 (NC2): 2215 – 2227.
63. Limia, M. E. (2002): Modelo dinámico estadístico para la predicción del movimiento de los ciclones tropicales desde 12 hasta 72 horas. *Revista Cubana de Meteorología*. ISSN-864-9 (1): 79 – 89.
64. Lluís, M. (1972): Estudios hidrológicos del Golfo de Batabanó y de las aguas oceánicas adyacentes. *Serie Oceanológica* (14), 49 pp.
65. Lluís, M. (1977): Estudios hidrológicos de la plataforma suroriental de Cuba y aguas oceánicas adyacentes. *Academia de Ciencias de Cuba*, (16), octubre, 29 pp.
66. Matuchevski, G.B. y V.E. Pribalski (1968): Filtrado de las series temporales en hidrometeorología. *Oceanología*. T. VIII, 502 – 511 [en ruso].
67. Miles, B. L. y J. M. Gross (1989): Atlantic Hurricane Season of 1988. *Monthly Weather Review*. 117: 2248 – 2259.
68. Mitrani, I., R. Vega, R. Pérez Parrado e I. Salas (1999): Determinación de las características extremas del viento, el oleaje, y la sobreelevación del nivel del mar en las costas de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*. ISSN-864-9, 6 (1): 38-42.
69. Mitrani, I., I. Salas, M. Ballester e Y. Juantorena (2000): Penetraciones del mar en la zona costera del Golfo de Batabanó por afectación de sures, con escenario actual y previstos por posible incremento del nivel medio del mar. *Boletín SOMETCUBA* [Internet], 6 (1). Disponible en: <http://www.met.inf.cu/>.

70. Mitrani, I. y O.O. Díaz (2000): Influencia de los factores hidrometeorológicos en el medio marino de la zona suroccidental de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*. ISSN-864-151-X. 7 (1): 45-50.
71. Mitrani, I., R. Parrado, I. Salas, M. Ballester, C. Rodríguez, A. Pérez. Monografía, (2001): Las penetraciones del mar en las costas de Cuba, las zonas más expuestas y su sensibilidad al Cambio Climático [Inédito]. UDICT – INSMET, La Habana, Cuba.
72. Mitrani, I., L. Álvarez e I. Borrajero (2003): Aplicación optimizada del MM5V3 sobre territorio cubano mediante el uso de computadora personal. *Revista Cubana de Meteorología*. ISSN-864-151-X. 10 (1): 84 – 94.
73. Miyata, M. y W.G. Groves (1971): A Study of the Effects of Local and Distant Weather on Sea Level in Hawaii. *Journal of Physical Oceanography*. 1, July: 203 – 213.
74. Mojena, E.L., L.T. Yañez, A.G. Ortega, R.A. Báez, V.H.V. Bastida, J.S. Leyva, G.F. Rodríguez (2004): Pronóstico del desplazamiento de los frentes fríos sobre el Golfo de México, Península de Yucatán y región occidental de Cuba. Campo de viento y lluvia asociado. *Revista Cubana de Meteorología*, ISSN-864-9, 11(1): 27 – 64.
75. Morales, A.; H. Rondón, D. López, G. Díaz, L. Rubiera y A. Cervato (1995): Estudio de las causas que originan las penetraciones del mar en el malecón habanero y principales características hidroquímicas y dinámicas de las aguas del litoral. Informe Científico Técnico. Especialidad de Oceanografía. Proyecto: Malecón Habanero. GEOCUBA Estudios Marinos. 42 pp. + anexos.
76. Moreno, A. e I. Salas (1976): Surgencias originadas por tormentas tropicales, sus causas y efectos. *Archivo Científico del Instituto de Meteorología*, La Habana, 23 pp.

77. Moreno, A., R. Pérez, G. Omar, P. Miguel, I. Salas, I. Mitrani, R. Casals, A. Pérez, C. Rodríguez, J. Peguero, J. Guerra, M. Hernández, J. Simanca, J. Batista y M. Sánchez (1997): Desarrollo de las técnicas de Predicción de las Inundaciones Costeras. Prevención y Reducción de su Acción Destructiva. Informe final de proyecto PNUD. Archivo Científico de los Institutos de Meteorología y Oceanología ,1997. 172 pp + anexos.
78. Murty, T.S. y M.I. El – Sabh (1981): Interaction between Storm Surges and Tides in Shallow Waters. *Marine Geodesy*. 5 (1): 19 – 33.
79. Murty, T.S. (1984): Storm surges - meteorological ocean tides. *Canadian Bulletin of Fisheries Aquatic Sciences*, 212. 897 pp.
80. Newland, E.D. (1983): *Vibraciones aleatorias*. Madrid: AC, 282 pp.
81. Otnes, R.K. y L. Enochson (1983): *Análisis aplicado a las series cronológicas*. Moscú: MIR [en ruso].
82. Pasch, R. J. y L. A. Ávila (2001): Atlantic Hurricane Season of 1996. *Monthly Weather Review*. 129, 3085 – 3123.
83. Pasch, R. J. y L. A. Ávila (1999): Atlantic Hurricane Season of 1998. *Monthly Weather Review*. 127, 581 – 610.
84. Pérez – Parrado, R., I Salas y J. Dole (2003): Modelo Numérico para pronosticar la surgencia que provocan los huracanes en las costas de Cuba (MONSAC3). *Revista Cubana de Meteorología*, ISSN-864-9, 10 (2): 66 – 70.
85. Pérez, P. J., R. Casals, A. Hernández y L. Díaz (2001): Análisis de los fenómenos meteorológicos que provocaron penetraciones del mar en el malecón habanero. *Revista Cubana de Meteorología*. ISSN-864-151-X. 8 (1): 50 – 58.

86. Pérez P. J., R. Casals y A. del Sol (1994): Bajas extratropicales: Su influencia en la costa norte del occidente cubano. *Boletín Meteorológico Marino*. 70: 2 – 6.
87. Pizarro, O., S. Hormazabal, A. González y E. Yáñez (1994): Variabilidad del viento, nivel del mar y temperatura en la costa norte de Chile. *Investigaciones Marinas*, Valparaíso, 22: 85 – 101.
88. Portela, M. (1998): Elaboración de un método sinóptico – estadístico para el pronóstico de la ocurrencia de inundaciones costeras en Cuba, Proyecto Cuba/94/003. Instituto de Meteorología – PNUD, 46 – 63.
89. Pugh, D. (1986): *Tides, Surges and Mean Sea-Level*. Natural Environment Research Council. Swindon, UK. John Wiley & Sons. ISBN 0 471 91505 X. Chichester • New York • Brisbane • Toronto • Singapore, 486 pp.
90. Ramírez, I. (1991): Propagación de señales en registros de nivel del mar, en la costa occidental del México. *Atmósfera*, 4, 23-35.
91. Ramírez, O. y J. Candela (2003): Respuesta del nivel del mar al forzamiento atmosférico en las costas del Golfo de México. Serie Oceanológica [Internet] No. 1. ISSN: 2072-800X. Disponible en: <http://oceanologia.redciencia.cu>.
92. Ramírez, O. y M. Hernández (2006): Ondas atrapadas a la costa en el sector noroccidental de Cuba. Serie Oceanológica [Internet] No. 2. ISSN:2072-800X. Disponible en: <http://oceanologia.redciencia.cu>.
93. Rasmusson, E.M. y T.H. Carpenter (1982): Variations in tropical sea surface temperature and surface wind field associated with the Southern Oscillation/ El Niño. *Monthly Weather Riview*, 110, 354 – 384.

94. Rodas, L. y M. Hernández (1994): Análisis del comportamiento de los niveles medios y extremos del mar en la costa sur de Cuba. *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 23 – 24.
95. Rodríguez, R. M., P.C. González y J. Q. Valdés (1984): Cronología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde la temporada de 1916-17 hasta la temporada de 1982-83 (67 temporadas). ACC, Reporte de Investigación, 9: 15 pp.
96. Rodríguez, M. y M. Ballester (1991): Cronología de los Sures que han afectado a la mitad occidental de Cuba (Provincias de Pinar del Río, La Habana, Matanzas e Isla de la Juventud) desde la temporada invernal de 1916-1917 hasta la temporada 1990-1991. Reporte de Investigación, INSMET, ACC, 10 pp.
97. Rodríguez, J. y J.F. Rodríguez (1983): Las mareas en las costas cubanas. Reporte de Investigación. 6, Enero, 34 pp.
98. Rory, O. R. y Y. Thompson (1983): Low pass filters to suppress inertial and tidal frequencies. *Journal of Physical Oceanography*, 13 (1), 1077-1083.
99. Rubiera, J. y A. Caymares (1998): Eventos del tiempo severo inducidos por el ENSO en la temporada invernal cubana. UNESCO [Internet]. Disponible en: <http://www.unesco.org.uy/phi/libros/enso/rubiera.pdf>.
100. Salas, I., R. Pérez, C. Rodríguez, A. L. Pérez, M. Riva, N. Morales y S. Soto (2004): Vulnerabilidad de la zona costera de Santa Cruz del Sur por surgencia asociada a los ciclones tropicales. *Revista Cubana de Meteorología*. ISSN-864-151-X. 11 (1): 76 – 83.

101. Salas I., R. Pérez Parrado, S. Samper y J. Dole (2005): Mapas de peligro por surgencias por Ciclones Tropicales. Archipiélago de Los Canarreos y Sabana Camagüey. Revista Cubana de Meteorología. ISSN-864-151-X. 12 (1): 85 – 92.
102. Salas I., R. Pérez – Parrado, S.T. Samper, J. D. Chávez, A. L. Pérez, C. Rodríguez, B. Pantaleón, L. Favier y R. Restivo (2006): Impacto de la Surgencia en el Archipiélago Cubano, considerando los Cambios Climáticos. Informe de proyecto del Programa Nacional de Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano. Archivo Científico del Instituto de Meteorología, 220 pp + anexos.
103. Salas I., R. Pérez, S. Samper, J. Dole, A. Pérez, C. Rodríguez y B. Pantaleón (2003): Aplicación del modelo numérico de alta resolución MONSAC3 durante la temporada ciclónica de los años 2001 y 2002. Archipiélago de Los Canarreos. Revista Cubana de Meteorología. ISSN 0-864-151-X. 10 (2): 50 - 64.
104. Savelev, A.V. (1984): Cálculo de los niveles máximos de poca probabilidad para la costa del mar de Ojotsk. Trabajos del DVNII. 111, 68 – 83 [en ruso].
105. Smirnov, G.N. (1987): Oceanología. Leningrado. Hidrometeoizdat . 407 pp [en ruso].
106. Smith, N.P. (1979): Meteorological Forcing of Coastal Waters by the Inverse Barometer Effect. Estuarine and Coastal Marine Science, 8, 149-156,
107. Sukhovey, V.F. (1980): Hidrología del Mar Caribe y el Golfo de México. Leningrado. Hidrometeoizdat. 120 pp. [en ruso].
108. Sukhovey, V.F. (1986): Mares del Océano Mundial. Leningrado. Hidrometeoizdat. 287 pp [en ruso].

109. Toledo, M., H. Alfonso, F. Piedra, L. Díaz, B. Molina, M. Ribot, S. Matousek, H. Carrasco, M. Hernández, I. Hernández, J. L. Chang (2005): Características geológico – geomorfológicas de las costas cubanas. Incidencia en la vulnerabilidad de éstas y su dinámica litoral. [CD-ROM], La Habana: Sociedad Cubana de Geología. 12 pp
110. Victoria, I., M. Hernández, L., Rodas, J. Simanca, A. Cabal, H. Puentes (1990): Características Oceanográficas de la Fosa de Jagua y de la Zona Económica Exclusiva al Sur de Cuba. Informe final de proyecto. Archivo Científico del Instituto de Oceanología. 296 pp.
111. Voitoiriez, B. y J. Guy (1999): El Niño. Realidad y ficción. Foro de los Océanos. Ediciones UNESCO, 142 pp.
112. Walton, T.L. (Jr). (2007): Projected sea level rise in Florida. *Ocean Engineering* 34, 1832 – 1840.
113. Wang, D. P. (1979): Subtidal Sea Level Variations in the Cheseapeake Bay and Relations to Atmospheric Forcing. *Journal of Physical Oceanography*. March. 9 (20) 413-421.
114. Wyrтки, K. (1977): Sea level during the 1972 El Niño. *Journal of Physical Oceanography*. 7, November, 779 – 787.

ANEXOS

Anexo 1. Características de los mareógrafos del sistema de flotador y contrapeso que registraron los datos utilizados en el presente trabajo.

Puesto mareográfico	Firma y marca	Procedencia	Velocidad del papel	Escala de altura
Los Morros 1973 - 2000	SEBA Hydrometrie, DELTA	Alemana	2 mm/hora	1:10
Siboney 1966 - 1991	OTT	Alemana	16 mm/hora	1:5
Siboney 1992 - 2005	SEBA Hydrometrie, DELTA	Alemana	2 mm/hora 10 mm/hora	1:5 1:5
La Isabela 1973 - 1999	GUER-38	Rusa	2 mm/hora	1:10
La Isabela 2000 - 2008	SEBA Hydrometrie, DELTA	Alemana	2 mm/hora	1:10
Gibara 1976 - 2008	SEBA Hydrometrie, DELTA	Alemana	2 mm/hora	1:10
Maisí 1995-2001	GUER-38	Rusa	2 mm/hora	1:10
Santiago de Cuba 1993-2000	GUER-38	Rusa	2 mm/hora	1:10

Puesto mareográfico	Firma y marca	Procedencia	Velocidad del papel	Escala de altura
Santiago de Cuba 2001-2008	SEBA Hydrometrie, DELTA	Alemana	2 mm/hora	1:10
Cabo Cruz 1993-2008	SEBA Hydrometrie, DELTA	Alemana	2 mm/hora	1:10
Manzanillo 1993-2008	SEBA Hydrometrie, DELTA	Alemana	2 mm/hora	1:10
Santa Cruz del Sur 1994-2001	GUER-38	Rusa	2 mm/hora	1:10
Casilda 1972 - 1995	GUER-38	Rusa	2 mm/hora	1: 5
Cayo Loco 1992-2000	GUER-38	Rusa	2 mm/hora	1:10
Cayo Loco 2001-2008	SEBA Hydrometrie, DELTA	Alemana	2 mm/hora	1:10
Cayo Largo 1983	SEBA Hydrometrie, DELTA	Alemana	4 mm/hora 2 mm/hora	1:5
Batabanó 1991	GUER-38	Rusa	2 mm/hora	1:10
La Coloma 1991-2001	GUER-38	Rusa	2 mm/hora	1:10

Anexo 2. Fórmulas y expresiones matemáticas utilizadas en la presente tesis.

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n \quad (2.1)$$

$$\hat{R}_r = \hat{R}_x(rh) = \frac{1}{N-r} \sum_{n=1}^{N-r} x_n x_{n+r}, r = 0,1,2,\dots,m, \quad (2.2)$$

Dónde: \bar{X} - momento puro de primer orden (valor medio); r - paso de la función de autocorrelación; m - número máximo de pasos; \hat{R}_r - estimación de la función de autocorrelación para un paso r correspondiente al desplazamiento rh .

$\tau_{m\acute{a}x} = mh$, es el desplazamiento máximo temporal y se recomienda tomar el valor del número máximo de pasos m no mayor que $1/10$ del número de miembros de la serie N , cuya máxima longitud $T_r = Nh$. El número máximo de pasos se relaciona con la frecuencia de la siguiente forma:

$$f = \frac{k f^c}{m}, k = 0,1,2,\dots,m \quad (2.3)$$

La Función de Autocorrelación \hat{R}_r caracteriza la relación lineal del valor de un proceso físico en un momento dado del tiempo con su valor en otro momento (Bentat y Piersol, 1986). El gráfico de \hat{R}_r de un proceso armónico, como la marea, se repite cíclicamente y el de un proceso aleatorio, como las variaciones aperiódicas del nivel del mar, tiende a cero.

También se calcularon los momentos puros (2.4) y mixtos (2.5) de segundo orden.

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^n (x_n - \bar{X})^2 \quad (2.4)$$

$$\hat{G}_k = \hat{G}_x \left(\frac{k f_c}{m} \right) = 2h \left[\hat{R}_0 + \sum_{r=1}^{m-1} D_r R_r \cos \frac{\pi r k}{m} \right] \quad (2.5)$$

Donde \hat{G}_k es la Función espectral suavizada. Con la finalidad de suavizar la función de correlación se utilizó la ventana de Parzen (2.4.6), donde $D_0 = 1$ y $D_m = 0$. Esta ventana permite obtener estimaciones de la coherencia entre -1 y 1 en correspondencia con la teoría.

$$D_r = \begin{cases} 1 - 6\left(\frac{r}{m}\right)^2 + 6\left(\frac{r}{m}\right)^3, & r = 0, 1, 2, \dots, m/2 \\ 2\left(1 - \left[\frac{r}{m}\right]\right)^3, & r = \frac{m}{2} + 1, \dots, m \\ 0, & r > m \end{cases} \quad (2.6)$$

En Física, la frecuencia y la amplitud de las variaciones determinan la intensidad de un proceso; la cual puede estimarse elementalmente mediante la varianza (Bendat y Piersol, 1986). Como \hat{G}_k se expresa en el dominio de las frecuencias, caracteriza la estructura espectral, la distribución de energía o la variabilidad medio cuadrática de la muestra para la banda de frecuencias analizada. La integral del espectro energético tiene un valor finito, el cual es proporcional al área comprendida entre el gráfico de la función espectral y los ejes de coordenadas, por lo que caracteriza también la intensidad promedio del proceso analizado.

Los gráficos de \hat{G}_k se elaboraron con una escala logarítmica, ya que su transformación logarítmica posee una distribución más cercana a la normal que su distribución original. En los procesos estacionarios \hat{G}_k se relaciona con \hat{R}_r a través de la Transformada de Fourier.

Se calculó además la función de coherencia, para frecuencias discretas (2.4.4), la cual determina el nivel de la relación lineal entre dos variables para valores específicos de frecuencia (Bendat y Piersol, 1986; Abuziarov, 1988), mediante la fórmula:

$$\gamma_k^2 = \frac{C_k^2 + Q_k^2}{G_{k,x} G_{k,y}} \quad (2.7)$$

Las funciones de coherencia múltiple y parcial:

$$\gamma_{i,x}^2(f) = 1 - \left[G_i(f) G^i(f)^{-1} \right]^1 \quad (2.8)$$

$$\gamma_{1y,2}^2(f) = \frac{|G_{xy}(f)|^2}{G_{xx}(f) G_{yy}(f)} \quad (2.9)$$




Donde: \hat{C}_k^2 - Coespectro; \hat{Q}_k^2 - Espectro de cuadratura; $\hat{G}_{k,x} \hat{G}_{k,y}$ - Función espectral de los procesos analizados; $G^i(f)$ - elementos de la diagonal principal de la matriz $|G_{xx}(f)|^{-1}$, de $N \times N$ entradas.

Anexo 3. Características de las principales componentes parciales de la marea (Tomado de Smirnov, 1987).

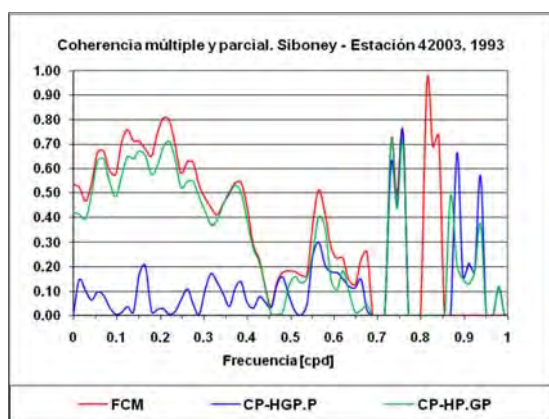
Tipo de onda	Nombre de la componente	Símbolo	Período (T_0) [h]	Velocidad angular (ω) [$^\circ$ /h]
Semidiurnas (OS)	Lunar principal	M_2	12,420 h	28,984
	Solar principal	S_2	12,000 h	30,000
	Elíptica lunar mayor	N_2	12,658 h	28,440
	Declinacional lunar – solar	K_2	11,957 h	30,082
Diurnas (OD)	Lunar principal	O_1	25,819 h	13,943
	Solar principal	P_1	24,066 h	14,959
	Elíptica lunar mayor	Q_1	26,868 h	13,399
	Declinacional lunar – solar	K_1	23,934 h	15,041
De aguas someras (OAS)	1/3 diurna lunar - solar	MK_3	8,177 h	44,025
	¼ diurna lunar	M_4	6,210 h	57,968
	¼ diurna solar	MS_4	6,100 h	59,016
	1/5 diurna declinacional lunar solar	$2MK_5$	4,931 h	73,009
	1/6 diurna lunar	M_6	4,140 h	86,952

De largo período (OLP)	Lunar bisemanal	<i>Mf</i>	13,198 d	1,098
	Lunar mensual	<i>Mm</i>	26,622 d	0,544
	Solar anual	<i>Sa</i>	352,870 d	0,041
	Solar semianual	<i>Ssa</i>	176,439 d	0,082

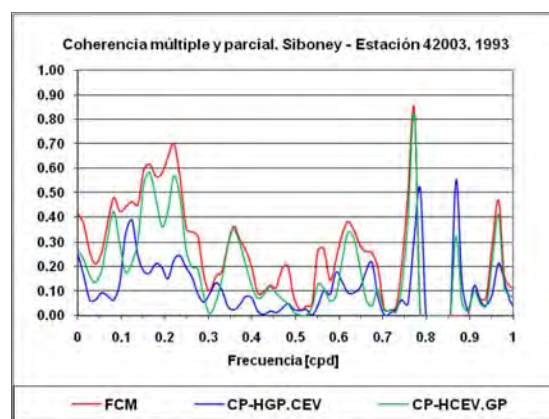
Anexo 4. Estaciones boya del Centro Nacional de Datos de Boyas de los Estados Unidos (NDBC – por sus siglas en inglés - National Data Buoy Center) cuyos datos se utilizaron en el presente trabajo (<http://www.ndbc.noaa.gov/maps/Florida.shtml>).

Denominación y tipo	Tipo de boya	Altura y unidades de medición de los instrumentos.	Coordenadas, localidad y profundidad
Estación 42003 ARES 4.4 payload		Altura del barómetro: a nivel del mar [hPa] Altura del anemómetro: 5 m sobre el nivel del mar [m/s]	En los 25.966 N 85.594 W (25°57'56" N 85°35'40" W) en la región oriental del Golfo de México, a 262 millas náuticas al Sur de Panama City, Florida, a una profundidad de 3282,7 m
Estación 42001 ARES payload		Altura del barómetro: a nivel del mar [hPa] Altura del anemómetro: 10 m sobre el nivel del mar [m/s]	En los 25.900 N 89.667 W (25°54'0" N 89°40'0" W), en la región central del Golfo de México, a 180 millas náuticas al Sur de Southwest Pass, Luisiana, a una profundidad de 3246,0 m.
Estación 42019 DACT payload		Altura del barómetro: a nivel del mar [hPa] Altura del anemómetro: 5 m sobre el nivel del mar [m/s]	En los 27.913 N 95.360 W (27°54'47" N 95°21'36" W) al Sur de Freeport, Texas, a una profundidad de 83.2 m.

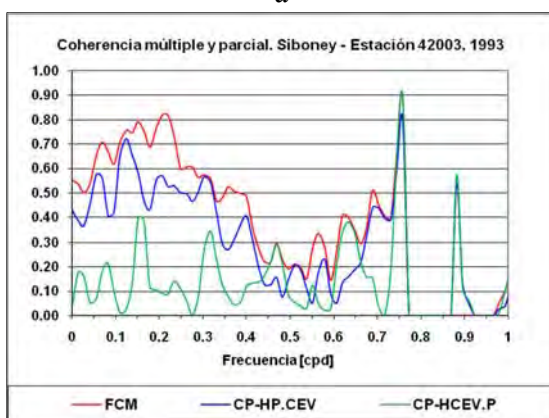
Anexo 5. Cálculo de las funciones de coherencia múltiple y parcial y de los espectros restablecidos con diferentes combinaciones de las variables analizadas. CEV - componente aperiódica de la componente efectiva del viento; P - componente aperiódica de la presión atmosférica a nivel del mar en Casablanca; GP - componente aperiódica del gradiente de la presión atmosférica a nivel del mar entre Casablanca y la estación boya; H – componente aperiódica del nivel del mar.



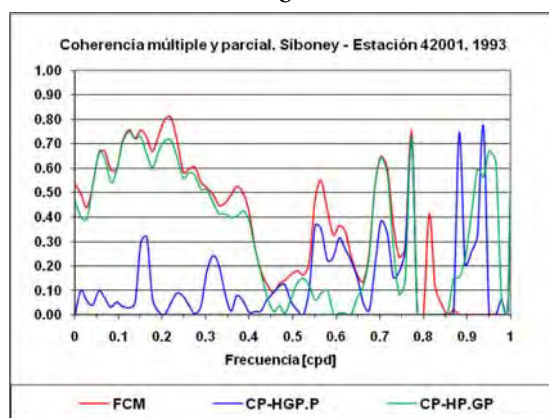
a



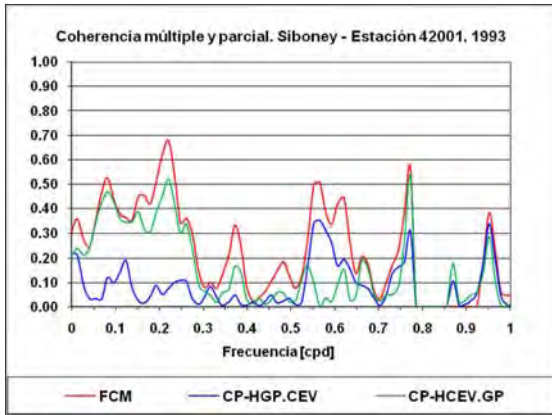
b



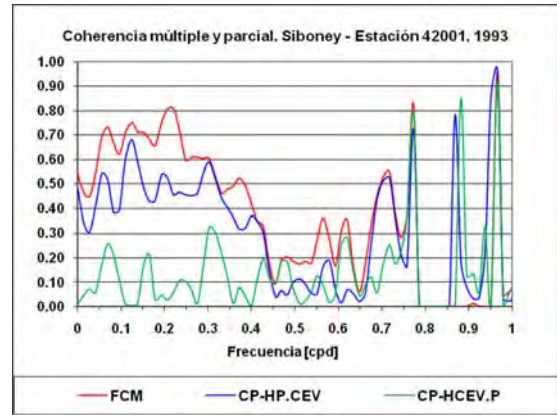
c



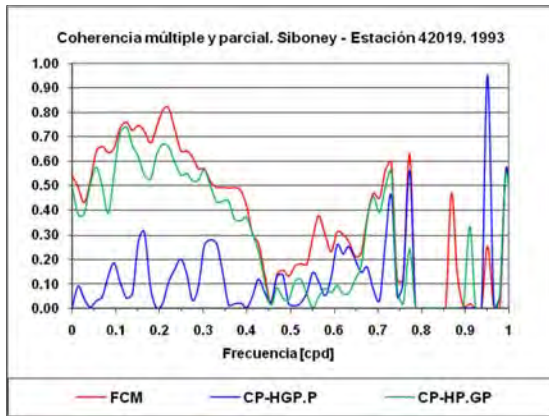
d



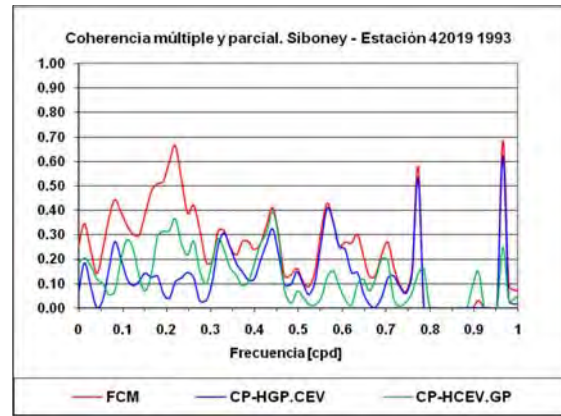
e



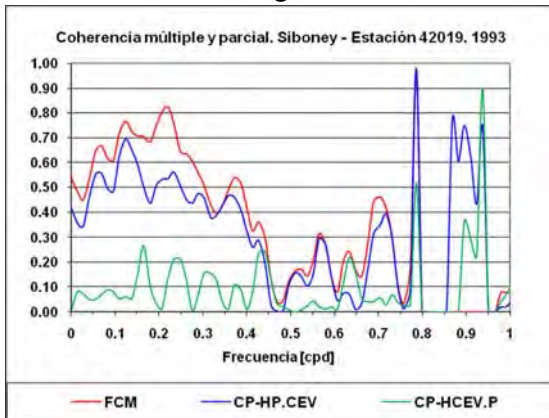
f



g

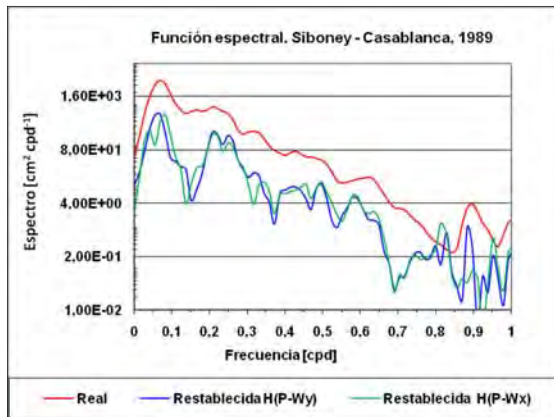


h

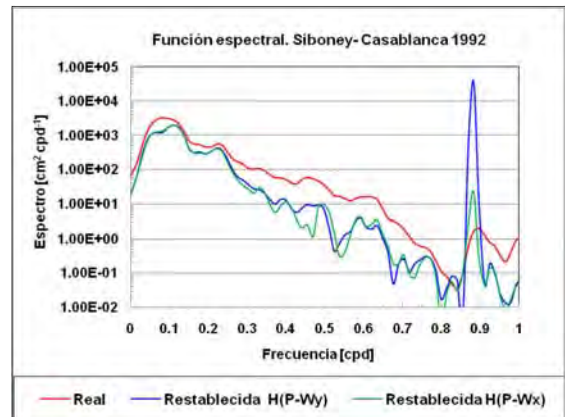


i

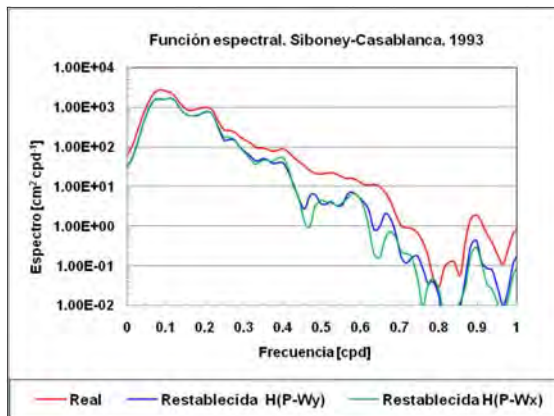
Figura 5.1. Funciones de coherencia múltiple y parcial de la componente aperiódica del nivel del mar para el intervalo 0,07 – 1,00 cpd de la escala sinóptica de frecuencias a partir de variables meteorológicas, locales y lejanas.



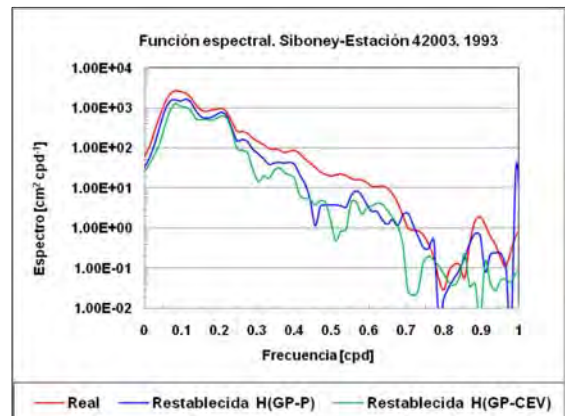
a



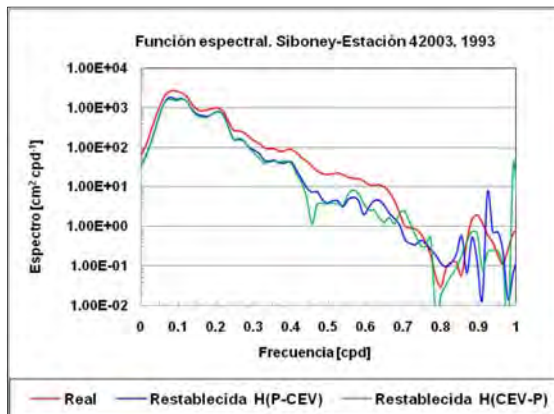
b



d



e



f

Figura 5.2. Función espectral restablecida de la componente aperiódica del nivel del mar para el intervalo 0,07 – 1,00 cpd de la escala sinóptica de frecuencias a partir de variables meteorológicas, locales y lejanas.

Anexo 6. Máximos y mínimos de los valores medios mensuales.

Localidad	Máximo valor medio mensual		Mínimo valor medio mensual	
	VMM (cm)	Mes/año	VMM (cm)	Mes/año
Los Morros	-17,26	X / 1997	-16,85	II / 1981
Siboney	30,84	X / 2003	-10,54	I / 1977
La Isabela	36,78	XI / 1997	-11,74	IV / 1990
Gibara	32,74	X / 2007	-9,12	II / 2000
Maisí	26,13	IX / 2001	-10,06	I / 1997
Santiago de Cuba	27,24	X / 2003	-3,55	I / 2000
Cabo Cruz	32,71	X / 2003	2,37	II / 2002
Manzanillo	31,53	IX / 2004	-6,09	I / 2000
Santa Cruz del Sur	22,57	IX / 2001	-9,48	I / 2000
Casilda	24,06	VI / 1972	-11,61	III / 1988
Cayo Loco	29,14	X / 2002	-6,55	II / 2000
La Coloma	30,39	IX / 1998	-5,60	IV / 2000

Anexo 7. Máximos y mínimos de la intensidad mensual del nivel del mar.

Localidad	Máxima intensidad mensual		Mínima intensidad mensual	
	VM (cm ²)	Mes/año	VM (cm ²)	Mes/año
Los Morros	66,61	V / 1998	0,13	VIII / 1974
Siboney	123,97	II / 1992	2,11	III / 1991
La Isabela	109,92	II / 1992	1,79	VII / 1977
Gibara	50,87	III / 1988	0,99	VII / 1978
Maisí	81,54	I / 1996	1,84	VII / 1996
Santiago de Cuba	34,24	IX / 2008	1,67	XII / 2002
Cabo Cruz	40,68	XI / 2001	1,53	VII / 1974
Manzanillo	105,18	XI / 2004	2,83	V / 2006
Santa Cruz del Sur	78,34	XI / 2001	3,76	VII / 2000
Casilda	54,29	VIII / 1989	2,48	V / 1991
Cayo Loco	84,51	VIII / 2008	1,06	IX / 2006
La Coloma	190,46	I / 2001	2,46	IV / 1993

Anexo 8. Máximos y mínimos de las anomalías del valor medio mensual.

Localidad	Máxima anomalía del valor medio mensual		Mínima anomalía del valor medio mensual	
	AVMM (cm)	Mes/año	AVMM (cm)	Mes/año
Los Morros	20,65	I / 2001	-12,31	XI / 1976
Siboney	29,37	I / 2006	-15,20	IV / 1996
La Isabela	28,30	II / 1998	-16,45	V / 1996
Gibara	13,76	III / 2003	-15,92	XI / 2000
Maisí	26,13	IX / 2001	-10,06	I / 1999
Santiago de Cuba	12,13	II / 1998	-9,64	I / 2001
Cabo Cruz	13,47	II / 1998	-9,87	VI / 1996
Manzanillo	14,04	II / 1998	-12,02	V / 1996
Santa Cruz del Sur	16,72	II / 1998	-10,51	X / 2000
Casilda	10,87	VI / 1972	-12,30	XII / 1976
Cayo Loco	14,45	II / 1998	-11,47	X / 2000
La Coloma	15,92	II / 1998	-20,09	X / 2000