



UN ATLAS DE OLEAJE PARA CHILE

Informe Técnico 03:

Comparación altimetría satelital con alturas de boyas

Elaboró: Ariel Gallardo Y., Marco Álvarez R.
Revisó: José Beyá M., Patricio Winckler G.
Fecha: 16/01/2017

Un proyecto financiado por el Programa IDeA FONDEF- CONICYT.
Proyecto "IT13i". Código IT13I20006

Este documento forma parte de una serie de informes que se generaron con el objetivo de dar a conocer los procesos involucrados en la generación del Atlas de Oleaje de Chile. A continuación se mencionan dichos informes y, entre paréntesis, la forma en la que serán referenciados:

- Informe Técnico 01: Definición de estadígrafos de calidad de ajuste (IT01)
- Informe Técnico 02: Calibración del modelo Wavewatch III (IT02)
- Informe Técnico 03: Comparación altimetría satelital con alturas de boyas (IT03)
- Informe Técnico 04: Corrección de errores sistemáticos del modelo Wavewatch III (IT04)
- Informe Técnico 05: Comparación del Atlas con otras bases de datos (IT05)
- Informe Técnico 06: Proceso de datos de oleaje (IT06)

CONTENIDOS

1	COMPARACIÓN ALTIMETRÍA SATELITAL CON ALTURAS DE BOYAS	4
1.1	RESUMEN	4
1.2	METODOLOGÍA.....	4
1.3	RESULTADOS	7
1.4	CONCLUSIÓN	11
1.5	BIBLIOGRAFÍA.....	12

1 COMPARACIÓN ALTIMETRÍA SATELITAL CON ALTURAS DE BOYAS

1.1 RESUMEN

En este capítulo se realiza una comparación entre alturas medidas por misiones satelitales y boyas con el objeto de estudiar las diferencias entre ambas mediciones. Este tema es abordado por varios autores (Caballero et al., 2014, Melo dos Passos et al., 2013, entre otros) y los resultados demuestran diferencias importantes entre ambas mediciones.

1.2 METODOLOGÍA

Se utilizan mediciones de altura significativa de la página de AVISO (AVISO, 2015), las cuales se obtuvieron a partir de satélites como JASON, TOPEX, ERS-1 y 2, entre otros (Figura 2).

Para realizar la medición, el altímetro mide el tiempo que toma un pulso de radar en viajar desde la antena del satélite a la superficie y de vuelta al receptor satelital. Combinado con datos precisos de localización satelital, las mediciones de altimetría proporcionan alturas de oleaje de la superficie del mar (AVISO, 2015).

Para evaluar la calidad de la altimetría satelital se utilizaron 6 boyas ubicadas en 4 regiones de Chile. La Tabla 1 muestra la ubicación, los periodos de medición y la fuente de donde se obtuvo la información de boyas.

Tabla 1: Boyas disponibles para la comparación de altimetría satelital

Localidad	Ubicación		Periodo de medición		Fuente
	Lat. [°]	Lon. [°]	Inicio	Término	
Arica	-19.37	-84.37	2009-10-29	2013-12-31†	NDBC 32012
Valparaíso	-32.99	-71.82	2009-08-30	2010-10-10	SHOA1
Valparaíso	-32.93	-71.67	2000-08-01	2003-08-01†	SHOA2
V Región	-XX.XX	-XX.XX	2011-06-16	2013-12-21†	C-INNOVA1*
VII Región	-XX.XX	-XX.XX	2011-08-30	2013-07-30†	C-INNOVA2*
XIV Región	-XX.XX	-XX.XX	2012-11-21	2013-07-20	C-INNOVA3*

* La ubicación exacta de los instrumentos no puede ser revelada debido a un acuerdo de confidencialidad del proyecto CORFO-INNOVA 09CN14-5718 "Catastro del recurso energético asociado a oleaje para el apoyo a la evaluación de proyectos de generación de energía undimotriz". † Registros no continuos.

La altimetría satelital se extrajo de un área circular de 50 km de radio centrada en la ubicación de la boya (Figura 1), siguiendo la recomendación de Monaldo (1988). Los datos de las misiones satelitales se extrajeron cada vez que el satélite pasaba sobre el área definida anteriormente. Esta estadística no es continua, ya que los satélites tienen ciclos variables con recurrencias en el mismo sitio cada 3, 35 y 168 días. La Figura 2 presenta la extensión temporal de las misiones satelitales utilizadas para este estudio.

Debido a que las boyas SHOA y CORFO-INNOVA se encontraban demasiado cerca de la costa, se extrajo la altimetría satelital en ubicaciones cercanas a las coordenadas originales, asegurándose que estas estuvieran al menos a 50 km de la costa y en aguas profundas¹. Esto debido a que la medición satelital de altura significativa de la ola puede presentar errores cerca de la costa, tal como lo evidenció Deng et al. (2002), quien observó que el oleaje medido con ERS-2 y TOPEX/Poseidon podría verse afectado por la tierra hasta 20 km mar adentro de la costa australiana.

Para evaluar la calidad del ajuste de la altimetría satelital con las boyas, se calcularon los estadígrafos: coeficiente de determinación (R^2), sesgo (BIAS), raíz del error cuadrático medio (RMSE), error medio absoluto (MAE), índice de dispersión (SI) y habilidad de pronóstico (SS) (IT01). Otros autores también han utilizado algunos de estos estadígrafos para validación satelital, entre los cuales se puede mencionar a Caballero et al. (2014), quien compara mediciones del Envisat RA-2 (COASTALT) con observaciones de boya. De este análisis obtuvo un BIAS siempre positivo entre 0 y 1 m para puntos ubicados por lo menos 50 km alejados de la costa suroeste de la Península Ibérica. Melo dos Passos et al. (2013) comparó mediciones de Jason-2 y Envisat con mediciones de una boya NDBC y obtuvo valores de BIAS negativos y positivos respectivamente, R^2 superior a 0.9 para ambos satélites y RMSE cercanos a 0.16 m.

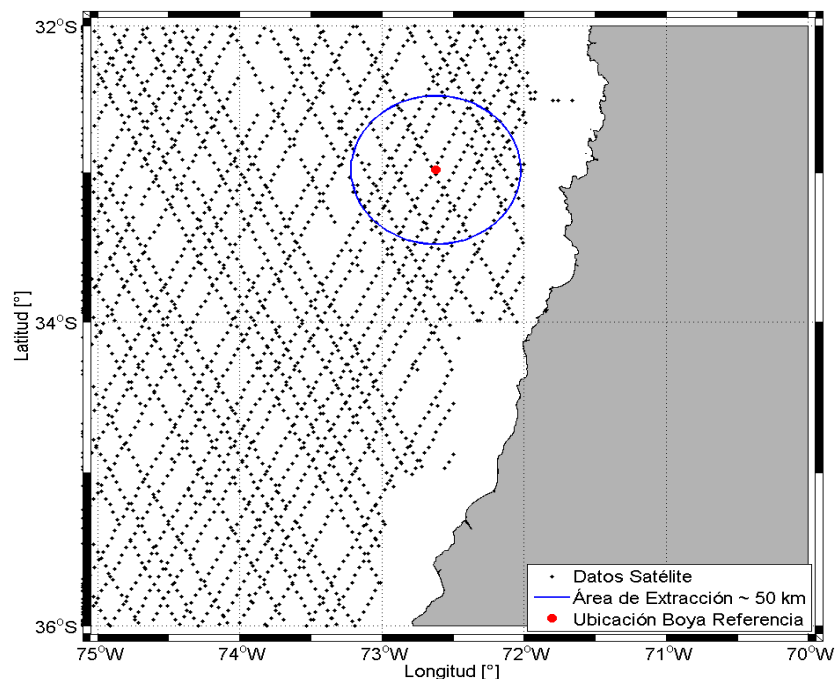


Figura 1: Extracción de datos satelitales (puntos negros) dentro de un círculo de radio de 50 km centrado en una boya de referencia (punto rojo)

¹ Si bien se respetó la distancia mínima de 50 km para los nodos de extracción, uno de ellos (35°S,73°O) pertenecía a un punto de la grilla adyacente a tierra y al parecer esto generó problemas de borde en el modelo

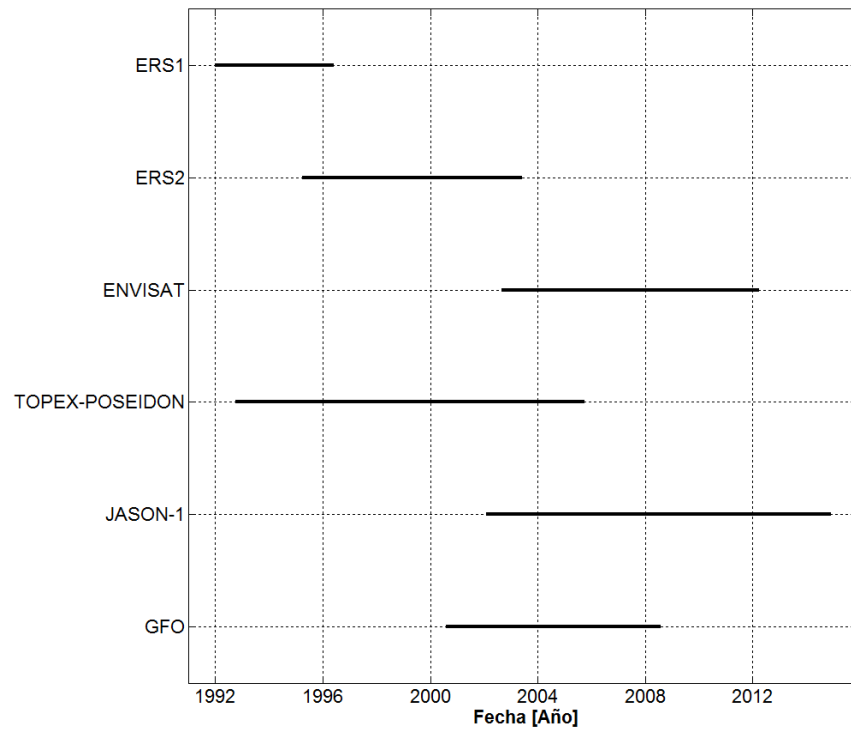


Figura 2: Extensión temporal de las bases de datos de las misiones satelitales que midieron oleaje por altimetría utilizadas en el presente estudio

1.3 RESULTADOS

La Figura 3 muestra el coeficiente de determinación (R^2), sesgo (BIAS), raíz del error cuadrático medio (RMSE), error medio absoluto (MAE), índice de dispersión (SI) y la habilidad de pronóstico (SS) para cada boya utilizada.

Se observan valores por sobre 0.70 de R^2 para todas las comparaciones de boyas con altimetría satelital. Las boyas SHOA1, SHOA2 y NDBC 32012 presentan los R^2 más altos, siendo esta última la que obtuvo el mejor $R^2=0.88$. La boya C-INNOVA2 es la que presenta el menor $R^2=0.71$.

Los sesgos son todos negativos lo que indica una sobrestimación de la altimetría satelital alcanzando un valor promedio de -0.32 m y un máximo de -0.37 m en la boya C-INNOVA3. La boya NDBC 32012 presenta el sesgo más bajo alcanzando -0.03 m.

La boya C-INNOVA3 es la que presenta sistemáticamente los niveles de ajuste más bajos y la boya NDBC 32012 es la que obtuvo los mejores ajustes considerando todos los indicadores estadísticos.

Las Figura 4 a 9 presentan los diagramas de dispersión entre la altimetría satelital y las boyas. En general todos los diagramas de dispersión de H_{m0} presentan un buen ajuste. Sin embargo, se presenta una sobrestimación por parte de la altimetría satelital para los eventos más energéticos. Este patrón se repite para todas las boyas utilizadas.

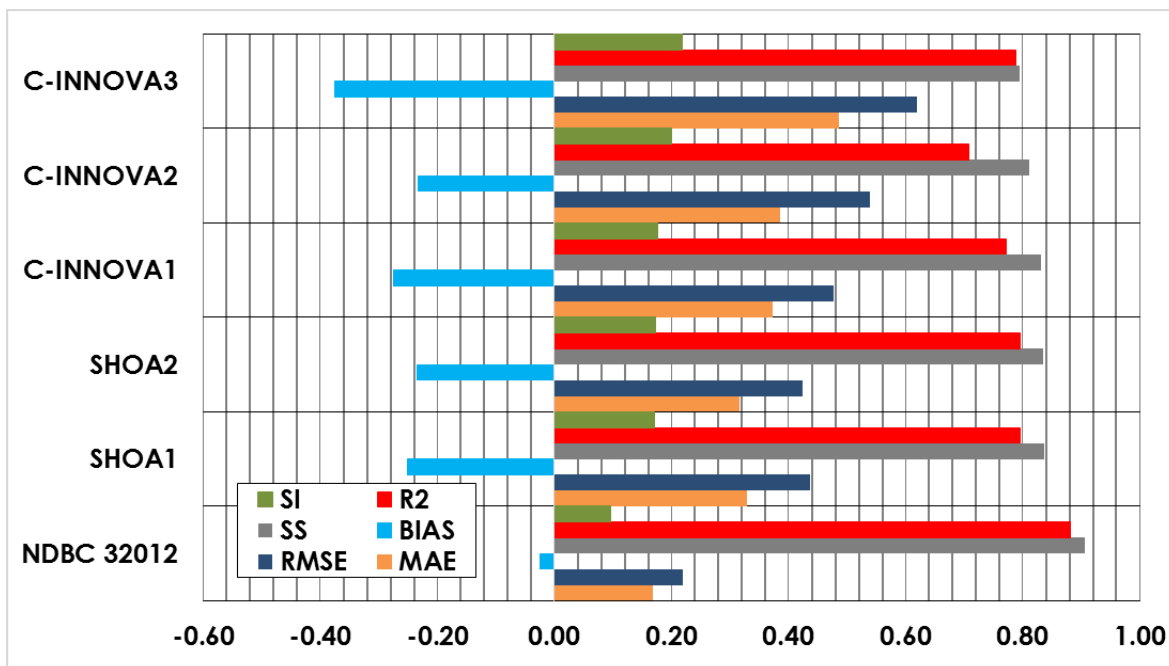


Figura 3: Estadígrafos que miden la calidad de ajuste de la altimetría satelital con las mediciones de boyas

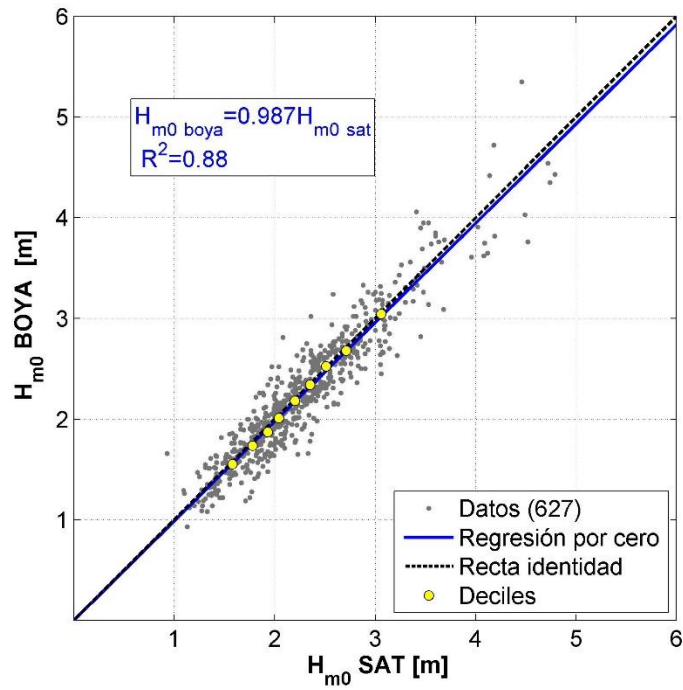


Figura 4: Diagrama de dispersión de H_{m0} . Comparación altimetría satelital versus alturas de la boya NDBC 32012. Se incluye ecuación de la regresión lineal forzada a pasar por cero (línea azul continua), recta identidad (línea segmentada) y deciles (puntos amarillos)

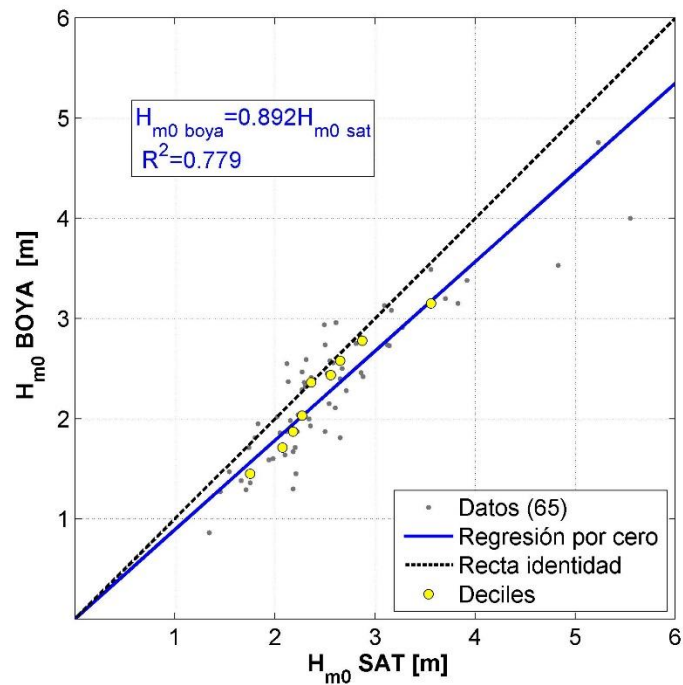


Figura 5: Diagrama de dispersión de H_{m0} . Comparación altimetría satelital versus alturas de la boya SHOA1. Se incluye ecuación de la regresión lineal forzada a pasar por cero (línea azul continua), recta identidad (línea segmentada) y deciles (puntos amarillos)

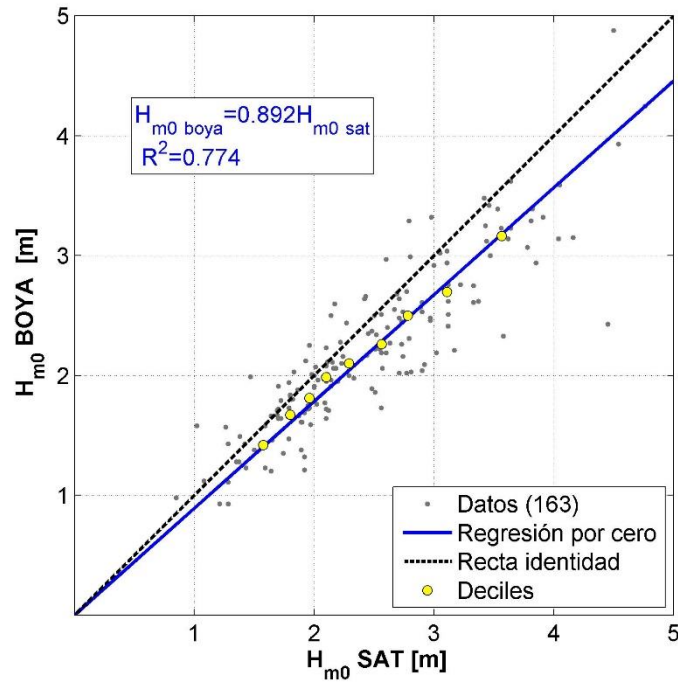


Figura 6: Diagrama de dispersión de H_{m0} . Comparación altimetría satelital versus alturas de la boya SHOA2. Se incluye ecuación de la regresión lineal forzada a pasar por cero (línea azul continua), recta identidad (línea segmentada) y deciles (puntos amarillos)

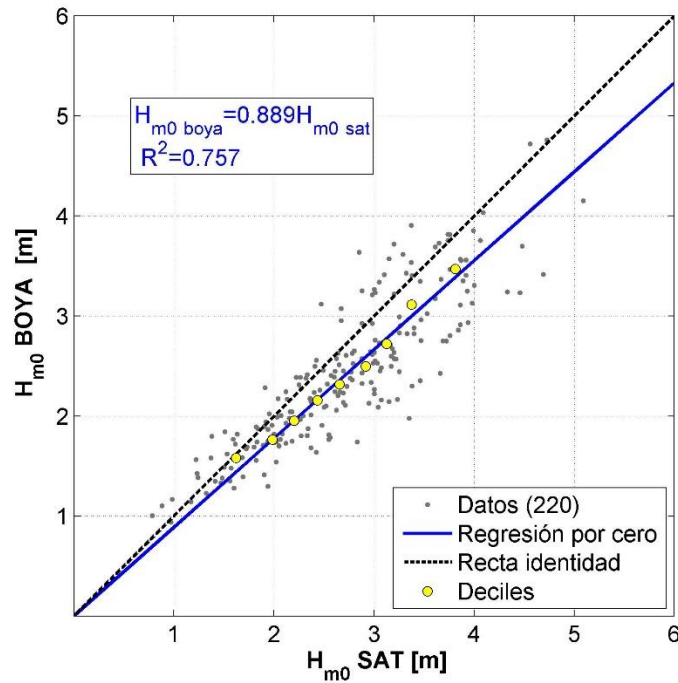


Figura 7: Diagrama de dispersión de H_{m0} . Comparación altimetría satelital versus alturas de la boya C-INNOVA1. Se incluye ecuación de la regresión lineal forzada a pasar por cero (línea azul continua), recta identidad (línea segmentada) y deciles (puntos amarillos)

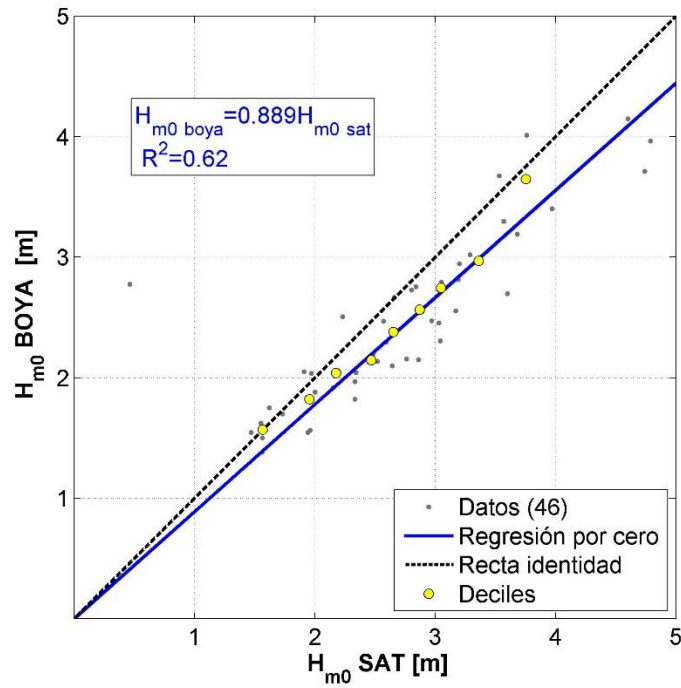


Figura 8: Diagrama de dispersión de H_{m0} . Comparación altimetría satelital versus alturas de la boya C-INNOVA2. Se incluye ecuación de la regresión lineal forzada a pasar por cero (línea azul continua), recta identidad (línea segmentada) y deciles (puntos amarillos)

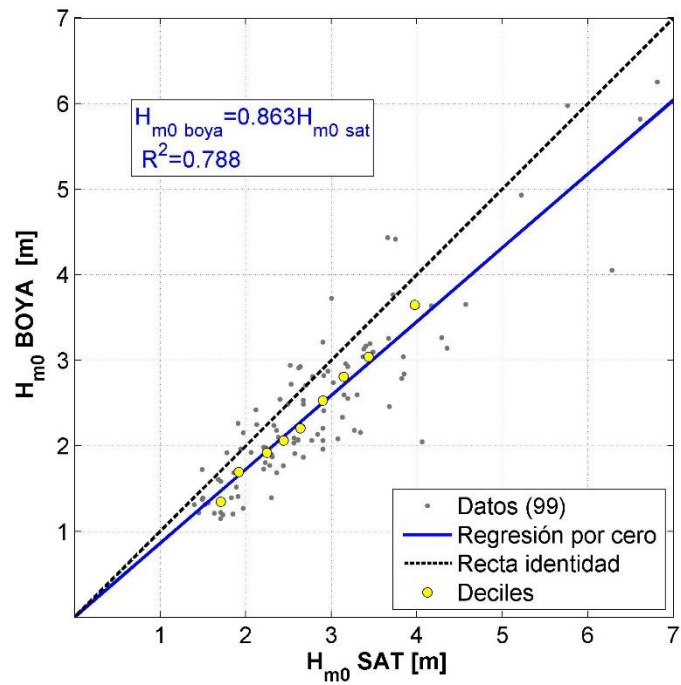


Figura 9: Diagrama de dispersión de H_{m0} . Comparación altimetría satelital versus alturas de la boya C-INNOVA3. Se incluye ecuación de la regresión lineal forzada a pasar por cero (línea azul continua), recta identidad (línea segmentada) y deciles (puntos amarillos)

1.4 CONCLUSIÓN

Se logran identificar diferencias importantes entre las alturas significativas satelitales y las mediciones de boya. Se identifica también una tendencia a la sobrestimación de las alturas medidas satelitales, las cuales muestran diferencias importantes en los eventos de mayor altura. Dicha diferencia se va incrementando de norte a sur.

Al evaluar las distintas mediciones, la boya NDBC 32012 es la que presenta el mejor ajuste. Esto puede deberse a que esta boya es la única que se encuentra en aguas profundas lo suficientemente alejada de la costa aunque también se sospecha que influya el hecho que es una boya operada por una institución con mucha más experiencia en este tipo de mediciones que las de las otras boyas. Sin embargo, no es posible descartar que la fuente de error sea la medición de las boyas nacionales.

Respecto a los estadísticos, se observa una sobrestimación de las mediciones satelitales. Esto concuerda con los resultados de otros autores que obtuvieron valores positivos de BIAS, pero que dejaron las mediciones de boya como variable independiente, a diferencia de lo que se hizo en este informe. Respecto a los demás estadísticos, existe una gran variabilidad respecto al tipo de medición in-situ y satelital. Esto lo dejó de manifiesto Melo dos Passos et al. (2013) que comparó sus resultados con los de otros autores.

Las diferencias entre mediciones de boya y satélites puede deberse a errores en la medición tanto de uno como de otro instrumento, sin embargo, para la generación del Atlas de Oleaje de Chile se le dio una mayor confianza a los datos de boya, los cuales fueron usados para calibrar el modelo.

Para este estudio se utilizaron boyas SHOA y CORFO-INNOVA debido a que éstas son las únicas disponibles en Chile que miden oleaje relativamente en aguas profundas y cerca de la costa con una cobertura temporal acorde a la de las alturas medidas por satélites.

1.5 BIBLIOGRAFÍA

AVISO (2015). AVISO Satellite Altimetry Data.

<http://www.aviso.altimetry.fr/es/techniques/altimetria/principio.html> (acceso: 2015.12.16)

Caballero I., Gómez-Enri J., Cipollini P. y Navarro G. (2014). "Validation of High Spatial Resolution Wave Data From Envisat RA-2 Altimeter in the Gulf of Cádiz". IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 11, no. 1.

Deng X., W. E. Featherstone, Hwang C., y Berry P. A. M. (2002). "Estimation of contaminations of ERS-2 and POSEIDON satellite radar altimetry close to the coasts of Australia". Marine Geodesy, 25(4), 249-271.

Melo dos Passos G. C., Violante-Carvalho N., Ferreira Pinho U., Pereira Cabral A. y Ostritz F. (2013). "Validation of Jason-2 and Envisat Wind Speed and Significant Wave Height Data in The Intertropical Zone". Revista Brasileira de Geofísica, 31(3): 483-493.

Monaldo F. (1988). "Expected differences between buoy and radar altimeter estimates on wind speed and significant wave weight and their implications on buoy altimeter comparisons". Journal of Geophysical Research, 93(C3): 2285-2302.