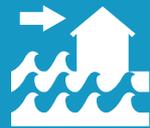


# NAP Costas

Plan Nacional de  
Adaptación Costera  
de Uruguay

Documento preparatorio

Listado de las bases de datos nacionales





**IH cantabria**  
INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**MVOTMA**  
Ministerio de Vivienda  
Ordenamiento Territorial  
y Medio Ambiente



**CTCN**  
CLIMATE TECHNOLOGY CENTRE & NETWORK



**DESARROLLO DE HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA EVALUAR LOS  
IMPACTOS, LA VULNERABILIDAD Y LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN  
LA ZONA COSTERA DE URUGUAY**

**ENTREGABLE 2.2. LISTADO DE LAS BASES DE DATOS NACIONALES**

IH cantabria

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. BASES DE DATOS CLIMÁTICAS .....	1
2.1. Oleaje .....	1
2.2. Nivel del Mar .....	3
2.3. Contribución hidrológica en la costa .....	6
3. BASES DE DATOS ASOCIADAS A LA EXPOSICIÓN COSTERA .....	6
3.1. Modelo digital del terreno y línea de costa .....	6
3.2. Batimetría .....	7
3.3. Información demográfica, usos de suelo, datos sociales y económicos en la costa. ....	7
4. BASES DE DATOS ASOCIADAS A LA VULNERABILIDAD COSTERA .....	8
5. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LAS BASES DE DATOS GENERADAS.....	8
5.1. Datos Climáticos.....	8
5.2. Datos relativos a la exposición costera .....	9
5.3. Datos relativos a la vulnerabilidad costera .....	9

## 1. INTRODUCCIÓN

Este documento se enmarca dentro de la actividad 2 “Bases de datos disponibles en Uruguay” y tiene como objetivo describir las bases de datos a utilizar en el marco de este proyecto.

A continuación, se detallan las bases de datos según su tipología: datos climáticos, datos asociados a la exposición costera, y datos asociados a la vulnerabilidad costera.

## 2. BASES DE DATOS CLIMÁTICAS

Las principales variables climáticas de interés están asociadas a las dinámicas marinas, ya que juegan un papel dominante para definir la peligrosidad costera. En el informe 1.2 se han descrito los requerimientos generales sobre estas bases de datos, así como las diferentes fuentes de datos existentes. En esta sección se detallan las bases de datos a utilizar y algunos aspectos técnicos, como la cobertura espacial, su resolución espacial y temporal, etc.

### 2.1. Oleaje

La recopilación realizada de los registros disponibles procedentes de boyas indica que no existen suficientes registros a lo largo del litoral uruguayo para realizar una caracterización climática del oleaje. Además, los registros disponibles son especialmente cortos en el tiempo para una adecuada estimación estadística de las condiciones climáticas y, en general, la información de los registros es escalar (no contiene información direccional). Se recomienda por tanto su uso para validaciones locales de otras bases de datos disponibles.

Existen varios productos procesados de medidas del parámetro del estado de mar altura de ola significativa ( $H_s$ ) procedentes de información satelital altimétrica. Teniendo en cuenta que se requiere información climática del oleaje se establecen como productos prioritarios las bases de datos que combinan varias misiones satelitales, han sido procesadas mediante un control de calidad registrado, y han sido inter-calibrados. En particular se aconsejan los productos multi-misión procesados procedentes de la institución IFREMER, Francia. El principal inconveniente de estas bases de datos es que proporcionan información instantánea irregular en el espacio y en el tiempo (figura 1). Es por ello, que se plantea utilizar esta base de datos para validar un producto ‘hindcast’ en la región objetivo, de forma que las conclusiones obtenidas al validar con los registros locales procedentes de boyas puedan ser ampliados espacial y temporalmente.

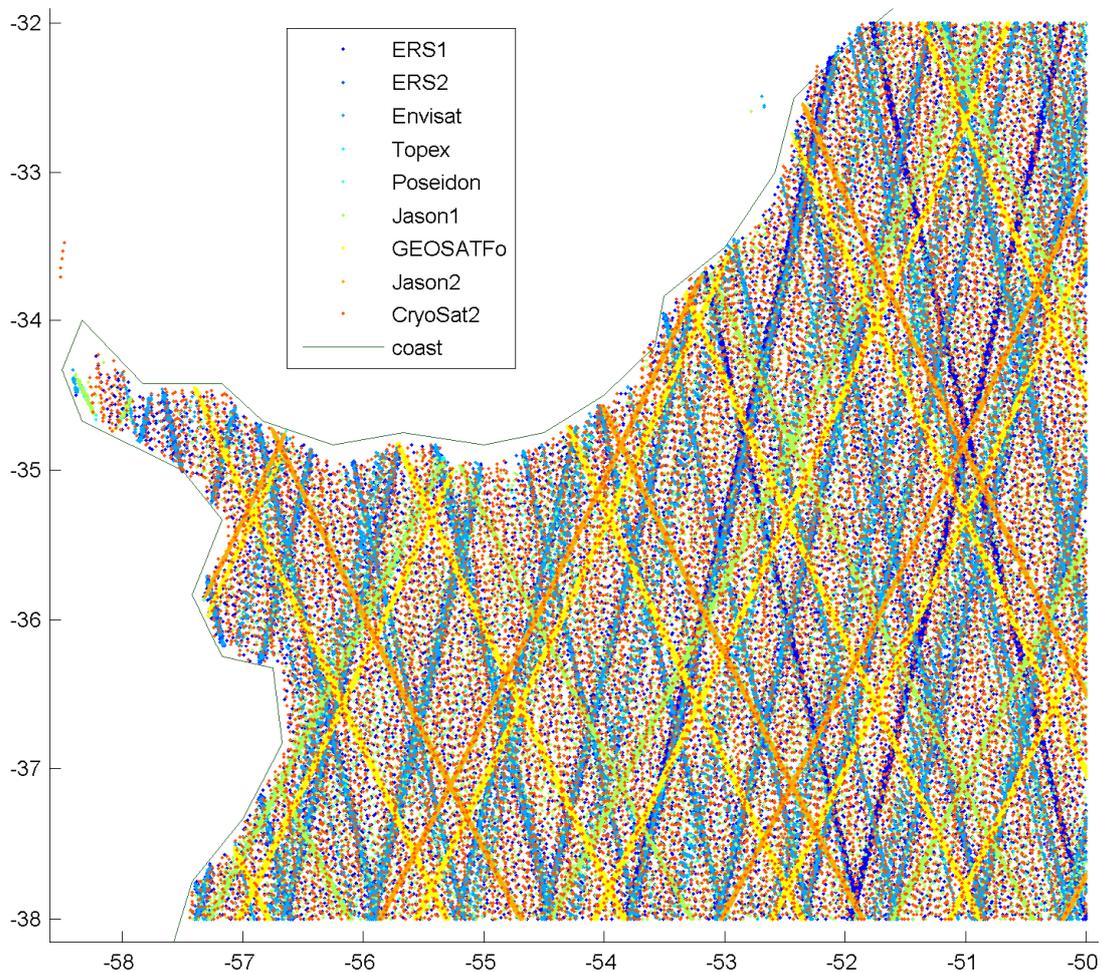


Figura 1. Distribución de la información satelital disponible de oleaje.

Tras la descripción de las bases de datos disponibles de oleaje procedentes de observaciones para la costa uruguaya, se hace necesario la generación de una reconstrucción histórica mediante el empleo de modelos de propagación y generación del oleaje (Hindcast). Los requisitos que debe cumplir el Hindcast se resumen a continuación:

- (1) La reconstrucción debe contener al menos 30 años de datos (para la estimación estadística de factores climáticos) y resolución horaria.
- (2) La simulación numérica debe ser realizada con la información batimétrica de mayor resolución posible para la región costera de Uruguay y el Rio de la Plata.
- (3) El Hindcast debe estar configurado de forma que incluya, por un lado, el oleaje generado en la cuenca atlántica sur (tipo swell) y, por otro lado, permita la caracterización del oleaje generado por viento en el rio de la Plata (tipo sea). Para simular este último es posible que sea necesario incluir la contribución de las variaciones del nivel del mar (y corrientes si es necesario) asociadas a la circulación oceanográfica en el Mar de la Plata.

- (4) Los parámetros del estado de mar: altura de ola significativa, periodo medio, periodo de pico, dirección media del oleaje y, a ser posible, información específica sobre las condiciones del oleaje tipo sea y swell (por ej. Particiones espectrales)
- (5) La configuración aplicada en el modelo numérico debe ser calibrada, así como los productos finales validados frente a medidas observadas procedentes de boyas y satélite. Es importante que la validación se realice específicamente para condiciones asociadas a eventos extremos ya que juegan un papel relevante en la determinación de impactos.
- (6) La base de datos hindcast a generar debe alcanzar una resolución menor a 3km próxima a la costa uruguaya.
- (7) Se debe tener en cuenta que, para las zonas piloto definidas en el proyecto, la resolución espacial de los datos de oleaje debe ser mayor (escala de cientos de metros). Es por ello que se plantea como mejor estrategia la aplicación de un proceso de downscaling en las zonas de estudio de detalle.

Por otro lado, en el marco del proyecto es necesario evaluar el impacto debido al cambio climático de las variables asociadas a las dinámicas marinas. Por ello, se debe generar una base de datos de oleaje asociada a proyecciones climáticas. Se detallan a continuación las características básicas que deben contener estos datos:

- (1) Los datos de oleaje deben contener información para los parámetros más utilizados del estado de mar.
- (2) Las series deben reproducir futuros escenarios climáticos en línea con los planteados por el panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en su último informe. Se aconseja realizar las proyecciones del oleaje al menos ante dos escenarios de cambio, RCP4.5 y RCP 8.5, a lo largo del siglo XXI.
- (3) Es necesario tener en cuenta la incertidumbre procedente de los modelos climáticos asociada a cambios en el sistema climático. Por ello, se deben generar proyecciones de oleaje multi-modelo que permitan estimar la media del ensemble y su varianza.
- (4) Se debe tener en cuenta que, para las zonas piloto definidas en el proyecto, la resolución espacial de los datos de oleaje debe ser mayor (escala de cientos de metros).

## 2.2. Nivel del Mar

La definición de las bases de datos asociadas a la variable nivel del mar es de especial importancia en este proyecto debido a su relevante contribución para estimar procesos de inundación y erosión costera.

La revisión de las observaciones in-situ existentes en Uruguay (registros procedentes de mareógrafos) pone de manifiesto que no son suficientes para caracterizar el clima presente e histórico del nivel del mar a lo largo de la costa uruguaya y, en especial para las zonas piloto. No obstante, la disponibilidad de estos registros complementa el resto de bases de datos y juega un papel fundamental en la validación de las bases de datos a generar. A lo largo de la costa uruguaya existen varios registros de

mareógrafos suficientemente largos para proporcionar información climática en este proyecto (figura 2). Estos registros son altamente valiosos para estudiar, tanto las variaciones históricas de aumento del nivel medio del mar, como los eventos extremos de nivel del mar que sobrepasen ciertos umbrales máximos (por ejemplo 3.5 metros de nivel del mar total). La institución nacional que dispone de esta información es el Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología (SOHMA).

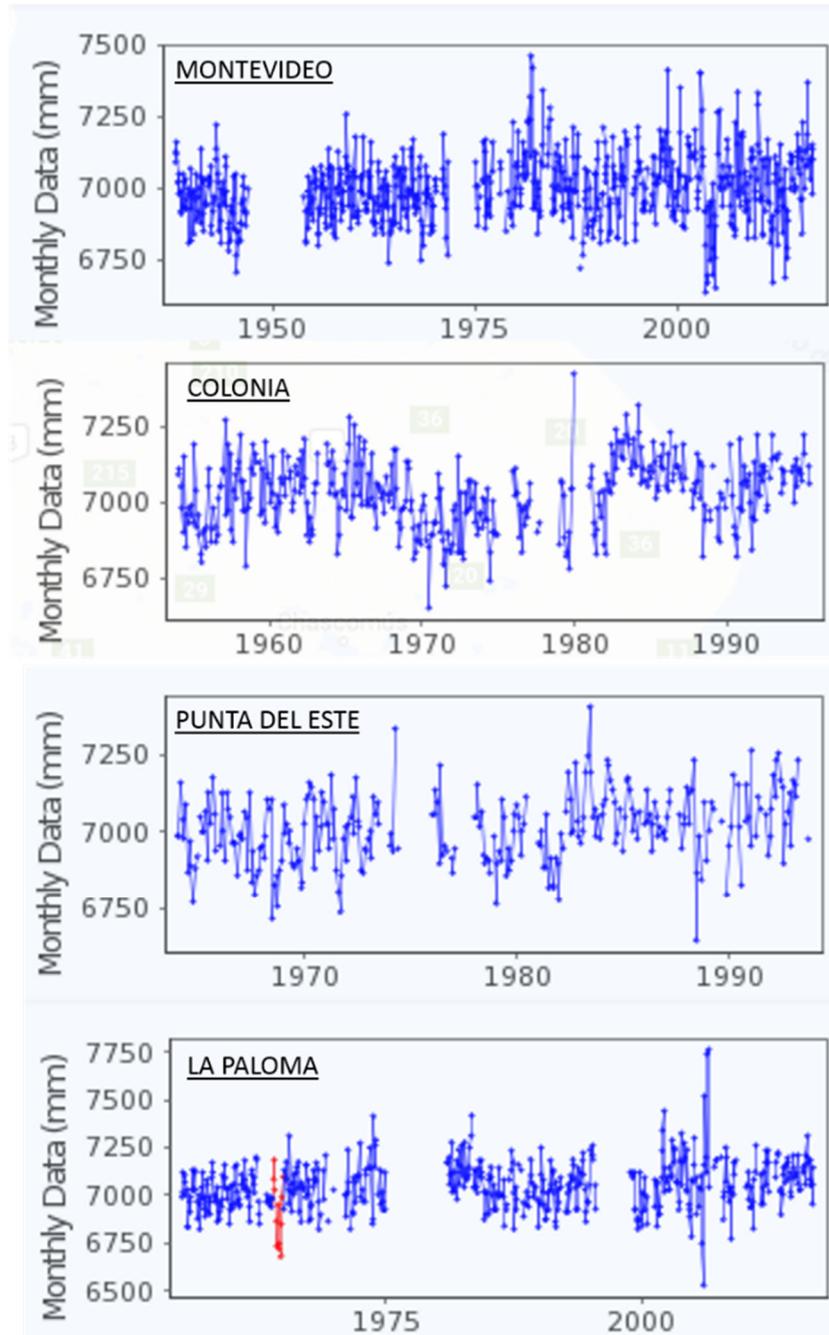


Figura 2. Registros mensuales procedentes de 4 mareógrafos uruguayos (fuente: PMSL)

Las variaciones del nivel del mar en la costa uruguaya presentan una complejidad singular. Esto es debido a que el nivel del mar resulta de la superposición de las contribuciones asociadas al aporte caudal de los grandes ríos que desembocan en el Mar de la Plata, las variaciones asociadas a la marea astronómica y las debidas a la marea meteorológica, principalmente debidas a la acción de los vientos soplando hacia la costa en el Mar de la Plata. Cada una de estas componentes presenta variaciones a diferentes escalas temporales y espaciales.

Se hace pues necesaria la generación de una reconstrucción histórica del nivel del mar mediante el empleo de modelos de circulación regionales (Hindcast). Los requisitos que debe cumplir el hindcast de nivel del mar se resumen a continuación:

- (1) La reconstrucción debe contener al menos 30 años de datos históricos (para la estimación estadística de factores climáticos) y resolución horaria.
- (2) La simulación numérica debe ser realizada con la información batimétrica de mayor resolución posible para la región costera de Uruguay y el Rio de la Plata.
- (3) El Hindcast debe estar configurado de forma que tenga en cuenta, el aporte fluvial en el nivel del mar en el Mar de la Plata, la marea astronómica y la contribución meteorológica (asociada a procesos regionales en el Mar de la Plata pero también sobre la plataforma continental de la cuenca oceánica del Atlántico Sur).
- (4) La base de datos del nivel del mar debe contener información sobre: la componente total del nivel del mar, la contribución de la marea astronómica y de la marea meteorológica. Información adicional asociada a corrientes marinas podría ser también útil.
- (5) La configuración aplicada en el modelo numérico debe ser calibrada, así como los productos finales validados frente a medidas observadas procedentes de mareógrafos. Es importante que se haga un análisis específico durante la validación para condiciones asociadas a eventos extremos ya que juegan un papel relevante en la determinación de impactos.
- (6) La base de datos hindcast a generar debe alcanzar una resolución menor a 5km en toda la costa uruguaya.

Teniendo en cuenta que el nivel del mar presenta una clara relación con el calentamiento global, es de especial importancia evaluar:

- (1) las tendencias asociadas al incremento en el nivel medio del mar ante escenarios climáticos, y
- (2) posibles cambios en los valores máximos de marea meteorológica ante escenarios de cambio climático futuro.

Por ello, se debe generar una base de datos de nivel de la mar asociada a proyecciones climáticas. Se detallan a continuación las características básicas que deben contener estos datos:

- (1) Las series deben reproducir futuros escenarios climáticos en línea con los planteados por el panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en su último informe. Se aconseja utilizar proyecciones del nivel del mar al menos ante dos escenarios de cambio, RCP4.5 y RCP 8.5, a lo largo del siglo XXI.
- (2) Es necesario tener en cuenta la incertidumbre asociada los cambios en el sistema climático procedente de los modelos climáticos. Por ello, se deben generar proyecciones multi-modelo que permitan estimar la media del ensemble y su varianza.

### **2.3. Contribución hidrológica en la costa**

La componente hidrológica en la costa puede contribuir de forma relevante a la peligrosidad asociada a tramos costeros específicos. Disponer de información asociada al aporte caudal de los ríos y precipitación local puede ser necesario para el caso de estudio de las zonas piloto durante la evaluación de impactos locales asociados a inundación y erosión. Se requiere para ello de información procedente de estaciones hidrológicas/meteorológicas en la costa o de información histórica recopilada de las variables hidrológicas. Parte de estos datos están gestionados y disponibles a través del Instituto uruguayo de meteorología (inumet).

## **3. BASES DE DATOS ASOCIADAS A LA EXPOSICIÓN COSTERA**

Las bases de datos asociadas a la exposición son indispensables para el estudio asociado a los impactos costeros. A continuación, se detallan las bases de datos asociadas a la exposición requeridas:

### **3.1. Modelo digital del terreno y línea de costa.**

A través del órgano nacional de Infraestructura de Datos Espaciales (IDEuy), se dispone de una base de datos asociada al modelo digital del terreno (MDT) de reciente creación para todo el litoral uruguayo. La resolución disponible del MDT presenta una resolución espacial de 2.5 metros de paso de malla con una resolución vertical de aproximadamente 1.5 metros. Además, se dispone de información con mayor resolución espacial para zonas urbanas específicas (resolución espacial de 1 metro de paso de malla con una resolución vertical de aproximadamente 30 cm). Complementando esta información, es de utilidad para el análisis de las zonas piloto, la disponibilidad de imágenes digitales en tramos costeros.

Dado que no existe una base de datos asociada a la línea de costa oficial a escala nacional, se plantea la reconstrucción de esta a partir de la información existente del MDT y batimétrica.

### 3.2. Batimetría

La principal fuente de información batimétrica en Uruguay se centraliza a través del Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada (SOHMA). La información necesaria en este proyecto se resume en los datos batimétricos asociados a las cartas náuticas más recientes.

En adicción, información de detalle disponible sobre batimetría asociada a las zonas locales de estudio permitiría una mejor evaluación local de los impactos.

### 3.3. Información demográfica, usos de suelo, datos sociales y económicos en la costa.

Las bases de datos asociadas a las variables relativas a la exposición desde el punto de vista social y económico a nivel nacional se encuentran disponibles a través del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Son especialmente destacables las unidades ‘Sistema de Información Territorial’, que disponen de información detallada y bien catalogada a través del visor: <http://sit.mvotma.gub.uy/js/sit>, así como las fichas procesadas por el organismo DINOT relativas a indicadores de impactos en costa (por ejemplo, tipo de suelo, % población a una distancia menor a 1000 metros de costa, valor del stock de capital construido, PIB, renta per cápita, etc.).



Figura 3. Ejemplo de datos sobre exposición (demografía por población) disponible a través del visor SIT del MOVOTMA.

## 4. BASES DE DATOS ASOCIADAS A LA VULNERABILIDAD COSTERA

La evaluación de la vulnerabilidad consiste en identificar la cantidad del cambio esperado a través de un indicador que, cuando se aplica a la exposición, determina el daño esperado debido al impacto de una determinada intensidad de peligro.

Las bases de datos orientadas a una evaluación de la vulnerabilidad costera deben contener información por tanto sobre activos y actividades y su evolución, para la elaboración de los correspondientes índices de vulnerabilidad (ej. escala nacional) o curvas de daño (ej. casos de estudio de detalle). Para ello, sería conveniente disponer de las pérdidas o daños asociadas a eventos extremos pasados sobre distintos sectores de interés (por ej. turismo, infraestructuras costeras, agricultura, zonas urbanas, etc). Algunos de estos indicadores se encuentran en datos e información disponible a través del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MOVTMA).

## 5. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LAS BASES DE DATOS GENERADAS

A continuación, se especifican algunos aspectos técnicos sobre las bases de datos mencionadas para su fácil manejo y análisis durante el transcurso del proyecto:

### 5.1. Datos Climáticos

Las bases de datos climáticas a generar se plantean para tres formatos en función de la información que contengan:

- a) Datos locales con series temporales de variables met-oceánicas

Ficheros en formato texto regular y/o excel con valores numéricos de cada parámetro por columnas. Estos ficheros deben contener un cabecero auto-explicativo que describa la fuente de los datos, el nombre de la variable y su magnitud, así como información asociada a las fechas.

- b) Datos espacio-temporales procedentes de productos Hindcast o proyecciones climáticas

Se propone el uso de ficheros NetCDF (Network Common Data Form) para este tipo de bases de datos debido a que estos archivos siguen una convención estándar y funcionan en todos los sistemas operativos. Los archivos NetCDF son autodescriptivos, portátiles y escalables (se puede acceder a un subconjunto de un gran conjunto de datos de manera eficiente). Además, existen herramientas para su lectura, representación, y análisis en diferentes sistemas.

- c) Indicadores climáticos procesados

Los indicadores de las variables climáticas procesados deben adaptarse al formato asignado a la plataforma donde finalmente se volcarán los resultados de este proyecto. La plataforma final todavía no ha sido completamente definida.

## 5.2. Datos relativos a la exposición costera

Los datos relativos a la exposición costera deben estar disponibles en formato raster (matriz de celdas o píxeles, organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información).

Este tipo de formatos permite su utilización en programas asociados a sistemas de Información Geográfica, necesario para el desarrollo de tareas específicas en este proyecto.

## 5.3. Datos relativos a la vulnerabilidad costera

Los datos sobre vulnerabilidad pueden presentarse en diferentes formatos:

- Formatos raster, de igual configuración que los descritos sobre exposición.
- Datos contenidos en tablas, síntesis asociadas a documentos de análisis socio-económicos pertinentes.