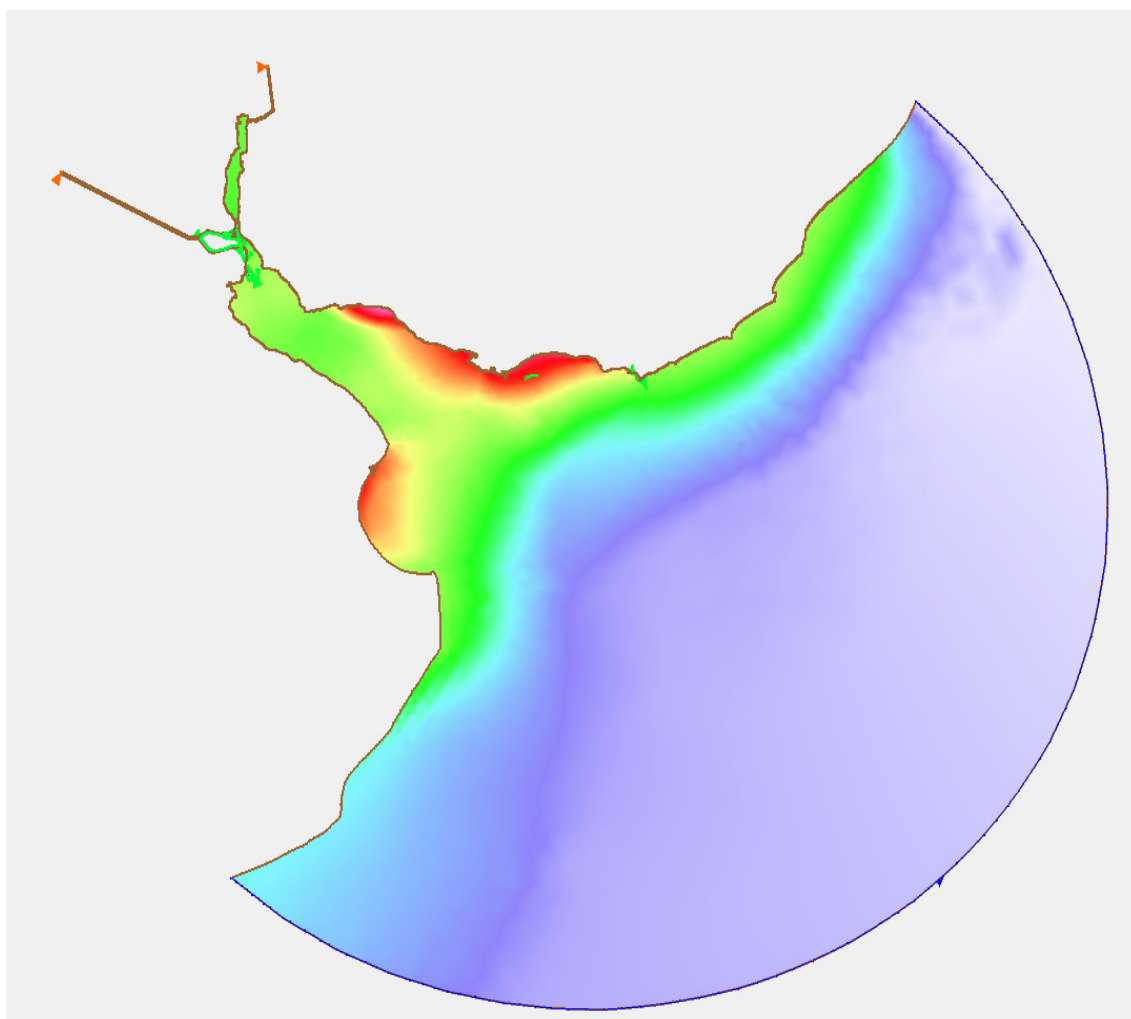




IH cantabria
INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



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

**ENTREGABLE 1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES REQUERIDAS ASOCIADAS A LAS
DINÁMICAS MARINAS**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. BASES DE DATOS ASOCIADAS A LAS DINÁMICAS MARINAS	1
3. PROPUESTA DE VARIABLES CLIMATICAS	4

1. INTRODUCCIÓN

Este documento se enmarca dentro de la actividad 1 “Revisión de las experiencias internacionales y propuesta de las variables de las dinámicas marinas necesarias para el estudio de la zona costera”. En primer lugar, en el siguiente apartado se describen los tipos de bases de datos existentes en función de su fuente asociadas a las dinámicas marinas de interés. Posteriormente se exponen las variables climáticas a tener en cuenta para el desarrollo de los objetivos de este proyecto.

2. BASES DE DATOS ASOCIADAS A LAS DINÁMICAS MARINAS

Las bases de datos asociadas a las dinámicas marinas se clasifican en dos grandes grupos:

- **Bases de datos procedentes de observaciones**

Este apartado engloba todos aquellos datos que contienen valores medidos en campo. Cabe destacar que las bases de datos procedentes de observaciones son imprescindibles para verificar la calidad del otro gran grupo de fuentes de datos (los datos simulados), ya que permiten validar las simulaciones numéricas. Según la tecnología y/o método aplicado para su registro, las observaciones se clasifican como:

- (a) *Medidas de datos visuales marinos tomados desde embarcaciones.* Este conjunto de datos con cobertura mundial se engloba dentro de la iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial para registrar a través de personal voluntario medidas meteo-oceánicas durante las travesías de buques. La fuente principal de bases de datos mediante este sistema se denomina VOS (Volunteer Observing Ship). Sus principales cualidades consisten en que se dispone de medidas en regiones oceánicas sin registros in-situ disponibles y que presentan registros históricos especialmente largos (incluso desde 1.888). No obstante, estas bases de datos presentan varios inconvenientes: (i) no proporcionan medidas continuas en el tiempo ni en el espacio, (ii) los datos asociados al oleaje presentan cierta subjetividad asociada al observador y (iii) los valores extremos son incompletos debido a que los buques en ruta evitan las condiciones de tormenta.
- (b) *Medidas remotas.* Se engloba dentro de esta categoría a todos aquellos datos registrados a partir de sensores que no miden directamente en campo, sino a una distancia lejana. En la actualidad, la principal fuente de datos de este tipo proviene de los satélites. Es de particular interés la información asociada al oleaje y nivel del mar procedente de altimetría, ya que proporciona datos desde la década de los 90. Estos datos proporcionan información sobre la superficie marina en áreas donde ninguna otra fuente de observación esta disponible. No obstante, se enumeran sus principales limitaciones: las misiones disponibles requieren de inter-calibración para obtener registros largos, solo el parámetro del oleaje altura de ola significativa puede ser medido, la información que proporcionan estas observaciones es irregular en el tiempo y en el espacio, y presentan problemas técnicos específicos cerca de la costa.

(c) *Medidas in-situ.* Las medidas in-situ asociadas a las dinámicas marinas más relevantes en este proyecto son aquellas asociadas al oleaje, mediante registro a través de boyas, y al nivel del mar, mediante registro a través de mareógrafos. Además, pueden ser de interés para este proyecto la existencia de estaciones costeras con medidas meteorológicas disponibles, como temperatura, lluvia, etc. La existencia de registros largos (se recomienda al menos una década) procedente de esta fuente es especialmente valiosa a pesar de que la información registrada es únicamente local. Este tipo de base de datos suele presentar una alta resolución temporal, no obstante, la calidad de las medidas tomadas debe someterse a un proceso de control de calidad, ya que los registros pueden presentar problemas debidos a cambios de situación de las estaciones, errores de precisión/calibración, postprocesado, etc.

- ***Bases de datos generadas mediante simulación numérica.***

En la actualidad, los avances tecnológicos asociados a la computación informática han permitido la generación de datos asociados a las dinámicas marinas con alta resolución espacial y temporal y representación desde el punto de vista climático (durante al menos 30 años). La generación de datos simulados que sean capaces de reproducir las condiciones climáticas históricas, presentes y futuras suele llevarse a cabo mediante la utilización de modelos hidrodinámicos. Estos modelos se configuran mediante la definición de los dominios espaciales, resolución espacial y temporal, forzamientos, parametrizaciones físicas, etc. más apropiados para una determinada región. Esta fuente de datos es especialmente valiosa en este proyecto, ya que se requiere de la generación de series de datos homogéneas y continuas en el espacio y en el tiempo, para todo el ámbito nacional y, con mayor resolución, para los sitios de estudio de detalle. A continuación, se enumeran algunos de los modelos numéricos de interés para resolver las dinámicas marinas más relevantes: el oleaje y el nivel del mar.

Las olas son el resultado del efecto del viento soplando sobre una gran extensión en mar abierto, lo que origina una transferencia de energía hacia la superficie del océano. Una de las propiedades características de las olas es su capacidad de desplazarse a grandes distancias sin apenas pérdida de energía. Por ello, la energía generada en cualquier parte del océano acaba en el borde continental, de esta manera, su energía se concentra en las costas. Debido a este proceso de generación del oleaje, la metodología completa para la determinación de la base de datos asociada al oleaje debiera tener en cuenta por un lado y en primer lugar un análisis regional que considere los cambios en el régimen de oleaje en aguas profundas a nivel climático (por afección de borrascas, exposición a la cuenca oceánica del Atlántico Sur, etc.). En segundo lugar, se deben de considerar los cambios en el oleaje cuando se acerca a la costa.

Los modelos numéricos de oleaje disponibles se definen como modelos de generación y propagación del oleaje de tercera generación (o modelos promediados en la fase). Los modelos de oleaje promediados en la fase se suelen utilizar hoy en día para reconstruir series históricas del oleaje a partir de reanálisis atmosféricos o como modelos operacionales. Uno de los modelos de generación de oleaje más extendidos es el modelo WAVEWATCH III. Otro modelo muy conocido es el modelo SWAN. El modelo SWAN difiere del anterior en que ha incorporado fenómenos exclusivos de profundidades someras, como la rotura del oleaje.

Las variaciones del nivel del mar que alcanza la costa son el resultado de la correspondiente circulación de las masas de agua marina debidas a diferentes agentes. En la costa de Uruguay, son de especial importancia los siguientes tres agentes: la marea astronómica, la componente meteorológica (asociada a los vientos que soplan sobre la superficie marina y los cambios en de presión atmosférica) y la componente hidrológica (principalmente debida al aporte fluvial de los ríos Paraná y Uruguay). Los modelos que permiten simular los cambios en el nivel del mar asociado al menos a estas 3 componentes se denominan modelos de circulación hidrodinámicos. Son modelos cuyas ecuaciones de movimiento generalmente siguen la aproximación hidrostática y cuyas ecuaciones se definen mediante las parametrizaciones asociadas a las tensiones de Reynolds y flujo turbulento. Debido a su alto coste computacional, la generación de datos históricos esta limitada a su simplificación en modo barotrópico. Los modelos de circulación ROMS o TELEMAC son los más utilizados actualmente para escalas regionales.

Las bases de datos pueden proceder de fuentes diversas, pero en cualquier caso lo deseable es que:

- a) proporcionen información climática, para ello deben contar con series temporales de larga duración (se consideran estimaciones climatológicas rigurosas cuando representan al menos 30 años); y
- b) representen una distribución espacial de la información que caracterice la zona de estudio mediante una resolución espacial suficiente y homogénea. Generalmente, es difícil conseguir información instrumental que cumpla estos requisitos, por ello se recurre al uso de series simuladas, más concretamente a modelos numéricos que permiten reconstruir a nivel histórico (reanálisis) el comportamiento de las variables ambientales.

En ocasiones, la información de la que parten estos modelos numéricos impide alcanzar la resolución espacial deseada en un solo paso, por lo que muchas veces es necesario aplicar técnicas de regionalización (downscaling) que permitan aumentar la resolución espacial. El proceso de regionalización puede realizarse mediante diversas técnicas estadísticas (downscaling estadístico), mediante una nueva simulación numérica a través del anidamiento a dominios espaciales con menor resolución (downscaling dinámico), o mediante una combinación de ambos procesos (downscaling híbrido).

Los datos simulados, aunque tienen la gran ventaja de garantizar series temporales suficientemente largas y una distribución espacial de la información homogénea, siempre deben de validarse con medidas reales. Los datos simulados tienen por tanto una probabilidad de contar con errores, ya sean inherentes al modelo numérico utilizado, debidos al esquema de integración numérica configurada o errores inducidos desde las variables de contorno o forzamientos. Por ello, el siguiente paso en la metodología debe ir destinado a la validación y, en caso necesario, calibración de la información numérica mediante la utilización de la información instrumental disponible. La falta de validación/calibración mediante datos procedentes de observaciones podría dar lugar a resultados erróneos.

3. PROPUESTA DE VARIABLES CLIMATICAS

La selección de las variables asociadas a las dinámicas marinas se ha realizado teniendo en cuenta dos aspectos elementales en este proyecto. Por un lado, que la información que aporten las bases de datos seleccionadas permita desarrollar con rigor un análisis de impactos costeros asociados a los fenómenos de inundación y erosión. Ello implica identificar previamente aquellos agentes dinámicos que dan lugar a estos dos tipos de impactos. Por otro lado, que la selección de variables permita una correcta caracterización climática de la costa uruguaya, lo que implica seleccionar todas aquellas variables climáticas que juegan un papel relevante en la situación geomorfológica costera, de forma que cambios en su comportamiento puedan alterar la actual situación.

Variables prioritarias:

- Oleaje
- Nivel del mar (incluye la contribución del nivel medio del mar, marea astronómica y meteorológica)

Variables complementarias:

- Viento sobre la superficie marina
- Corrientes marinas
- Descarga fluvial en costa
- Presión atmosférica a nivel del mar
- Precipitación acumulada en la costa