

**DEVELOPMENT OF A MARINE DYNAMICS DATABASE FOR THE PANAMANIAN COASTS TO ASSESS VULNERABILITY
AND CLIMATE**

CHANGE IMPACTS TO SEA LEVEL RISE

UN RFP NUMBER: 3100004805

Entregable 3.4

**“PRODUCTOS DE LA BASE DE DATOS Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA PARA
TRANSFERIR Y CONECTAR AL SISTEMA NACIONAL DE PANAMÁ”**

Tarea 3: Desarrollo de datos numéricos de las dinámicas marinas a alta resolución

ÍNDICE

ANTECEDENTES	2
1 INTRODUCCIÓN	3
2 PRODUCTOS GENERADOS	4
2.1 Datos espacio-temporales.....	5
2.1.1 Hindcast de oleaje y nivel del mar.....	6
2.1.2 Proyecciones de cambio climático del nivel medio del mar	8
2.2 Puntos costeros	9
2.2.1 Series temporales de oleaje y nivel del mar.....	10
2.2.2 Climatologías	12
2.2.3 Nivel de Agua Total.....	14
2.3 Resultados de inundación	16
2.4 Región marina	17
3 METADATOS	20
3.1 Archivos NetCDF	20
3.2 Bases de datos geoespaciales	22
4 INTEGRACIÓN en la ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	24
Bibliografía	26

ANTECEDENTES

El presente documento contiene información sobre las tareas asociadas a la creación, transferencia y conexión de las bases de datos generadas en el marco de la asistencia técnica denominada “Desarrollo de una base de datos de dinámicas marinas en las costas panameñas para evaluar impactos y vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar”, financiada por Naciones Unidas, a través del Centro y Red de Tecnología del Clima (CTCN, por sus siglas en inglés). Esta asistencia técnica está siendo desarrollada por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria, España), en colaboración con el Ministerio de Ambiente de Panamá.

El objetivo general de este proyecto es fomentar el aumento de la resiliencia presente y futura de las zonas costeras de Panamá frente a eventos extremos y al cambio climático (concretamente, al aumento del nivel medio del mar), mediante la generación de bases de datos de las dinámicas marinas de oleaje y nivel del mar, con cobertura nacional sobre todas las regiones costeras de Panamá. Se pretende, por un lado, elaborar unas herramientas y guías prácticas para la evaluación del riesgo costero utilizando los datos generados, así como establecer unas recomendaciones de medidas de adaptación costeras basadas en la naturaleza. Por otro lado, busca formar y capacitar a los expertos de la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente para que sean capaces de utilizar los datos generados y llevar a cabo el análisis de riesgos.

Este documento se enmarca dentro del producto 3 “Desarrollo de datos numéricos de las dinámicas marinas a alta resolución” y, específicamente, corresponde a la actividad 3.4 que se basa en el “diseño de la arquitectura del sistema” para conectar las bases de datos generadas con el portal nacional SINIA. A continuación, se detalla el formato, características y forma de acceso a la base de datos generada después de las diferentes reuniones, descripción de los protocolos de metadatos requeridos, revisión de ficheros preliminares y coordinación entre los agentes nacionales e IHCantabria. Información detallada sobre la generación y desarrollo de la base de datos de oleaje y nivel del mar se describe en el informe 3.2 “Generación de la Base de Datos Nacional de Dinámicas Marinas en Panamá”.

1 INTRODUCCIÓN

Los estudios de impactos costeros requieren de información de todas las variables implicadas con suficiente resolución espacio-temporal. En el caso de los impactos de inundación y erosión, estas variables son distintos parámetros del oleaje y el nivel del mar. En el marco de este proyecto, se han generado unas bases de datos de las condiciones históricas de oleaje y nivel del mar en las aguas oceánicas y costeras de la República de Panamá, con suficiente resolución espacio-temporal como para llevar a cabo análisis de impactos a nivel nacional.

Además de los estudios de impactos y riesgos costeros, estos datos generados sobre las dinámicas marinas a alta resolución en Panamá tienen múltiples aplicaciones. Entre ellas destacan los estudios de clima marítimo, de gestión costera, para el diseño de obras marítimas de defensa, para la caracterización de las condiciones offshore en las aguas territoriales, etc. Además, la información sobre las proyecciones de aumento en el nivel medio del mar es de especial relevancia en el desarrollo de estrategias de adaptación y planificación territorial.

Por todo ello, los potenciales usuarios de estos datos abarcan desde entidades gubernamentales, hasta organismos públicos, centros privados o de investigación, que trabajan en temas relacionados con la gestión o el análisis de las zonas costeras, la hidro-meteorología o el cambio climático. Los conocimientos y el nivel técnico de estos usuarios son muy variados.

Las bases de datos se han generado mediante simulación numérica, obteniendo como resultados las series temporales de las distintas variables de oleaje y nivel del mar en cada uno de los nodos de la malla numérica utilizada. Estos datos se han post-procesado y analizado a fin de generar una serie de productos con distinto nivel de post-procesamiento y complejidad, que puedan resultar útiles para el mayor número posible de usuarios. Entre dichos productos destacan, por ejemplo, los datos necesarios para llevar a cabo el análisis de riesgos e impactos costeros (como por ejemplo la inundación), o para la caracterización de las condiciones de las dinámicas marinas en la costa panameña.

Además, con el objetivo de que estos datos estén al alcance de todos los usuarios, el acceso a los mismos debe de ser sencillo y el formato comprensible. De esta manera, y de forma similar al resto de información ambiental disponible en el país, estos productos se albergarán en el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) del Ministerio de Ambiente de Panamá, de forma que se puedan visualizar y descargar de forma sencilla. El formato de estos archivos sigue los estándares nacionales y tienen una serie de metadatos que aportan información útil sobre el proyecto, el contenido del fichero, las características de los datos, etc. Este documento describe tanto los productos generados, como su formato, características y acceso.

2 PRODUCTOS GENERADOS

A partir de los datos de las dinámicas marinas generadas mediante modelado numérico en la zona costera y oceánica de Panamá, se han creado cuatro tipos de productos, cada uno con un nivel de procesado y posible aplicación diferente. La Figura 1 muestra un esquema de los mismos especificando, mediante un icono, el formato que tienen estos datos.

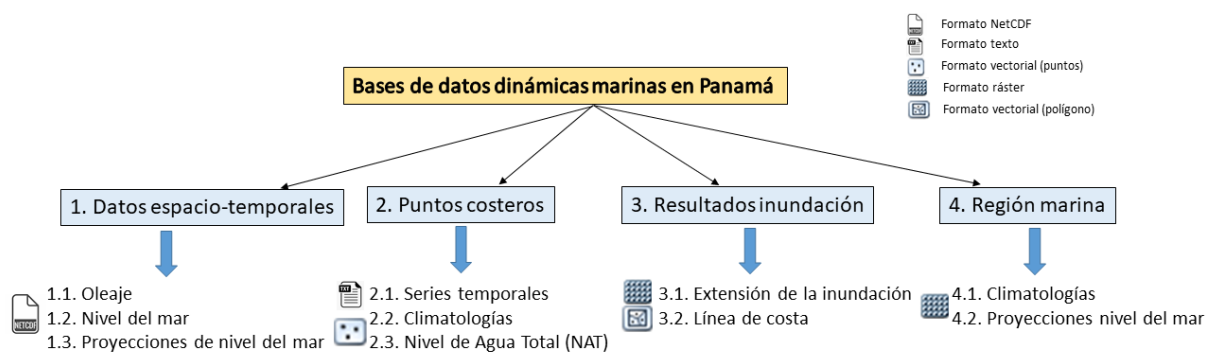


Figura 1. Esquema de los 4 tipos de productos generados a partir de los datos de las dinámicas marinas de oleaje y nivel del mar creadas en el marco del proyecto. Los iconos hacen referencia al formato en el que se entregan los datos.

Estos productos se describen en detalle en los siguientes sub-apartados, especificando el formato, contenido, tamaño y características de los archivos. Asimismo, se indica el proceso para la obtención de esos datos. A modo resumen, estos productos son:

- **Datos espacio-temporales:** Los datos generados con la información espacio-temporal de mayor resolución de las principales variables del estado de mar del oleaje y del nivel del mar están disponibles para usuarios con un nivel técnico avanzado en gestión de grandes bases de datos climáticas. Estos datos tienen aplicación directa para llevar a cabo estudios de modelado a nivel local a partir de los datos generados a escala nacional. Este producto proporciona información temporal horaria durante 29 años (periodo histórico 1993-2021) en cada uno de los puntos de malla del dominio numérico empleado, tanto en la costa Pacífico como Caribe de Panamá. Además, están disponibles las proyecciones de aumento en el nivel medio del mar para Panamá, procesadas a partir de los estudios que se resumen en el informe AR6 (IPCC, 2021), para los escenarios climáticos SSP2-4.5 y SSP5-8.5, con unos niveles de confianza medio y bajo.
- **Puntos costeros:** Se han definido 1454 puntos a lo largo del litoral panameño, que cubren la zona costera a una resolución aproximada de 2 km. Estos puntos presentan, en su mayoría, una profundidad entre 10-20 m. En estos puntos se entregan, por un lado, las series temporales horarias de las principales variables de oleaje y nivel del mar y, por el otro, una serie de índices (Nivel de Agua Total, NAT) y estadísticos. El índice de Nivel del Agua Total se ha calculado para el clima presente (periodo 1993-2021), así como para el horizonte 2050 bajo los escenarios climáticos descritos en el punto anterior. Además, se han estimado una serie de estadísticos para caracterizar las condiciones medias y extremas (valor máximo y percentil del

99%) de las principales variables del estado de mar del oleaje y nivel del mar en el periodo 1993-2021.

- **Resultados de la inundación:** los índices de NAT calculados en el apartado anterior en los 1454 puntos costeros se utilizan para el análisis del riesgo de inundación a nivel nacional, ya que sirven como datos de entrada en el modelo de inundación. Como resultado de aplicar dicho modelo se obtienen dos tipos de productos. Por un lado, la extensión de la inundación en tierra con su correspondiente calado (o altura de la lámina de agua), lo que permite determinar las zonas más vulnerables a los eventos extremos o al cambio climático (ascenso del nivel medio del mar). Por otro lado, se obtiene el polígono que delimita la línea de costa (o la envolvente de la mancha de inundación), para analizar la evolución de la línea de costa ante varios escenarios de cambio climático y/o condiciones extremas de oleaje y nivel del mar.
- **Región marina:** Estos datos dan a conocer los patrones espaciales y los rangos de variación de las dinámicas marinas en la región oceánica próxima a Panamá. En concreto, se han calculado estadísticos representativos de las condiciones climáticas medias y extremas (mediante el percentil del 99%) de las principales variables de oleaje y nivel del mar, así como los valores de las proyecciones de nivel medio del mar en el horizonte 2050 bajo los escenarios climáticos especificados anteriormente.

2.1 DATOS ESPACIO-TEMPORALES

En este apartado se describe el contenido y el formato de los ficheros que contienen las series temporales en los nodos de las mallas numéricas, tanto de las variables de oleaje y nivel del mar, como de las proyecciones de aumento en el nivel medio del mar debido al cambio climático. Corresponden con los datos procedentes de las simulaciones realizadas mediante modelos numéricos, que se han procesado para almacenarlos en archivos NetCDF con un formato estándar. El formato NetCDF (Network Common Data Form) es un formato ampliamente utilizado por la comunidad climática y meteorológica a nivel mundial. Estos archivos permiten almacenar datos en forma matricial y tienen la ventaja de que son auto-descriptivos, portables, escalables y agregables. La Figura 2 muestra un esquema de la arquitectura de los NetCDF generados.

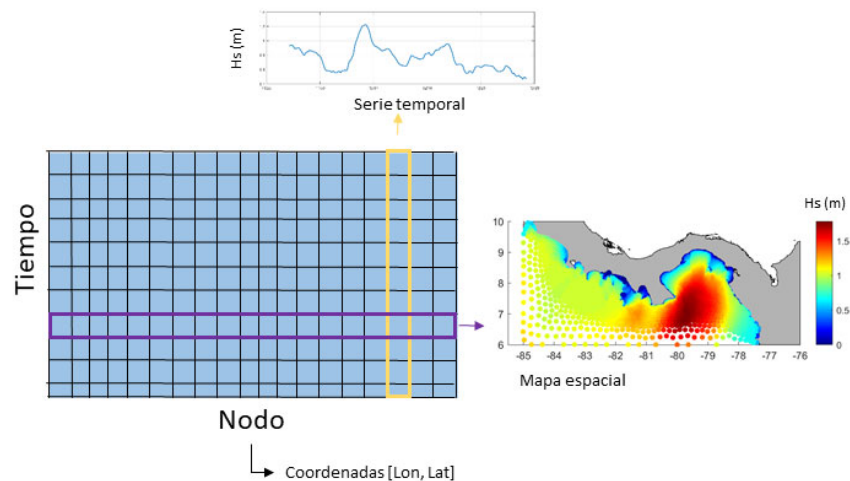


Figura 2. Arquitectura de los NetCDF generados para almacenar los datos espacio-temporales de las variables de oleaje y nivel del mar.

2.1.1 Hindcast de oleaje y nivel del mar

Con el objetivo de almacenar los resultados obtenidos de los modelos numéricos tanto de oleaje (salidas del modelo de oleaje SWAN) como de nivel del mar (salidas del modelo de circulación marina ADCIRC), se han convertido los ficheros brutos de salida de los modelos a unos ficheros con un formato más estándar y accesible (NetCDF).

Se han generado 4 bases de datos distintas: dos de oleaje y dos de nivel del mar, una para cada costa de Panamá (es decir, costa Caribe y Pacífico). Por ello, la organización de estos ficheros se presenta en 2 carpetas, una para la dinámica del oleaje y otra para la de nivel. Dentro de estas carpetas hay, a su vez, dos subcarpetas, una para cada costa. En cada una de estas subcarpetas, hay 348 archivos NetCDF (29 años x 12 meses), uno para cada mes de datos, desde enero de 1993 hasta diciembre de 2021. El tamaño de estos archivos oscila entre 36.7-52.6 MB y entre 169-261.3 MB para los archivos NetCDF de nivel del mar y de oleaje, respetivamente. Por tanto, en total hay 1392 archivos NetCDF que ocupan 172 GB.

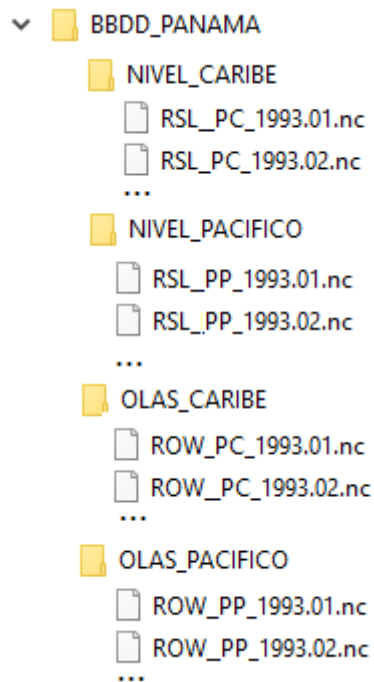


Figura 9. Organización de las carpetas que contienen los archivos NetCDF de oleaje y nivel del mar.

Los archivos NetCDF tienen la siguiente nomenclatura:

BaseDeDatos_cuenca_año.mes.nc

Donde “BaseDeDatos” toma los valores de RSL o ROW, correspondiente a las siglas de Regional Sea Level (RSL) o Regional Ocean Waves (ROW). La cuenca puede ser Caribe o Pacífico (PC o PP, de “Panamá Caribe” o “Panamá Pacífico”, respectivamente). Por último, se especifica el año y el mes al que corresponde cada archivo.

Dentro de cada archivo, se almacenan las series temporales horarias obtenidas en cada nodo de las mallas numéricas para las variables más relevantes obtenidas de los modelos. La Tabla 1 especifica el nombre y unidades de las distintas variables que se han almacenado. Las variables contenidas en estos archivos tienen dos dimensiones: el tiempo y el número de nodo. La dimensión tiempo corresponde a cada dato horario, mientras que el número de nodo, a cada nodo de las mallas numéricas (en total 11999 y 17952 nodos, para las mallas Caribe y Pacífico, respectivamente). Cada uno de estos nodos, a su vez, tiene asignadas unas coordenadas de longitud y latitud y una profundidad, que vienen definidas mediante variables de 1 dimensión (el número de nodo) (Figura 2). El sistema de coordenadas espaciales utilizado son coordenadas geográficas siguiendo el sistema geodésico WGS84.

Dinámica marina	Variable	Unidades
Oleaje	<i>Altura de ola significativa (hs)</i>	metros
	<i>Periodo medio (tm02)</i>	segundos
	<i>Periodo de pico (tp)</i>	segundos
	<i>Dirección media del oleaje (dir)</i>	grados

	<i>Dirección del oleaje asociada al periodo de pico (pdir)</i>	grados
	<i>Profundidad (z)</i>	metros
Nivel del mar	<i>Elevación del nivel del mar (level)</i>	metros

Tabla 1. Listado de variables contenidas en los ficheros NetCDF.

La Figura 3 muestra un ejemplo del contenido de un fichero NetCDF correspondiente a los datos de oleaje. En concreto, corresponde a los datos de oleaje en la malla Caribe en el mes de abril de 2005. La columna de la izquierda indica el nombre abreviado de cada variable, la columna central especifica la descripción de las variables, mientras que la columna derecha indica el tipo de variable (si es de 1 o 2 dimensiones).

▼ ROW_PC_2005.04.nc	Hindcast de oleaje, costa Caribe de Panamá	Local File
dir	wave mean direction	Geo2D
hs	significant height of wind and swell waves	Geo2D
latitude	latitude	1D
longitude	longitude	1D
pdir	wave peak direction	Geo2D
time	time instant	1D
tm02	mean period T02	Geo2D
tp	wave peak period	Geo2D
tri	position of the vertices associated to each cell	2D
z	model depth	1D

Figura 3. Contenido de un fichero NetCDF de oleaje

La Figura 4 muestra un ejemplo del contenido de un fichero NetCDF correspondiente a los datos de nivel del mar. En concreto, corresponde a los datos de nivel en la malla Pacífico en el mes de marzo de 1993.

▼ RSL_PP_1993.03.nc	Hindcast de nivel del mar, costa Pacífico de Panamá	Local File
latitude	latitude	1D
level	sea surface height above mean sea level	2D
longitude	longitude	1D
time	time instant	1D
tri	position of the vertices associated to each cell	2D
z	model depth	1D

Figura 4. Contenido de un fichero NetCDF de nivel

2.1.2 Proyecciones de cambio climático del nivel medio del mar

Los datos de las proyecciones de cambio climático del nivel medio del mar se han obtenido a partir de los resultados de estudios resumidos en el Sexto Informe del IPCC, el AR6 (Fox-Kemper et al., 2021). Estos datos contienen información decadal, desde 2020 hasta 2150 (para el nivel de confianza medio) y desde 2020 hasta 2300 (para el nivel de confianza bajo), con una resolución espacial de 1°x1°. Se han procesado los datos de las proyecciones para las trayectorias socioeconómicas compartidas SSP2-4.5

y SSP5-8.5, que corresponden con un escenario de estabilización media y otro de altas emisiones, respectivamente. Se han considerado, además, dos niveles de confianza de los datos: medio y bajo. Por otro lado, para poder cuantificar la incertidumbre, están disponibles los valores de 107 percentiles del ensemble multi-modelo (el 0, 0.001, 0.005, del 0.01:0.01:0.99, el 0.995, el 0.999 y el 1). Estos valores de aumento en el nivel medio del mar se dan respecto al periodo de referencia 1995-2014. La Tabla 2 resume los escenarios climáticos, periodo cubierto y cuantiles de los datos de aumento del nivel medio del mar que se entregan en este proyecto.

Escenarios climáticos	Periodo temporal	Cuantiles
SSP2-4.5, confianza baja	2020-2300	0, 0.001, 0.005, del 0.01:0.01:0.99, el 0.995, el 0.999 y el 1
SSP2-4.5, confianza media	2020-2150	
SSP5-8.5, confianza baja	2020-2300	
SSP5-8.5, confianza media	2020-2150	

Tabla 2. Características de la base de datos de proyecciones de cambio climático en el nivel medio del mar.

Esta base de datos se entrega en formato NetCDF para la región oceánica de Panamá, comprendida entre los -85º y los -75º de longitud y entre los 6º y 11º N de latitud. El tamaño de estos archivos oscila entre 0.4-0.8 MB. La nomenclatura de los archivos es la siguiente:

$$ANMM_escenario_nivel_confianza.nc$$

Donde ANMM hace referencia a la variable Aumento en el Nivel Medio del Mar. El *escenario* toma los valores de los escenarios climáticos considerados (ssp245 o ssp585) y *nivel_confianza*, el nivel de confianza de los datos, que puede ser medio o bajo (*medium_confidence* o *low_confidence*, respectivamente).

La Figura 5 muestra un ejemplo del contenido de uno de los archivos NetCDF de aumento del nivel medio del mar.

Name	Long Name	Type
ANMM_ssp245_low_confidence.nc	Proyecciones de aumento en el nivel medio del mar en Panamá ...	Local File
latitude	latitude	1D
longitude	longitude	1D
quantiles	cuantiles	1D
sea_level_change	aumento nivel medio del mar	Geo2D
years	año	1D

Figura 5. Contenido de un fichero NetCDF de las proyecciones de aumento en el nivel medio del mar

2.2 PUNTOS COSTEROS

Con objeto de dar información más específica de las condiciones de las dinámicas marinas en las costas panameñas, se han definido una serie de puntos a lo largo de la costa. Estos puntos se localizan a profundidades variables, dependiendo de la batimetría de la zona situándose, aproximadamente, entre las isobatas de 10-20 m. De esta manera, estos ficheros proporcionan información próxima a la costa, donde el oleaje ha experimentado los procesos de asomeramiento y refracción, aunque sin

alcanzar la zona de rompientes del oleaje muy próxima a la línea de costa. Estas condiciones del oleaje son utilizadas posteriormente para calcular el índice de Nivel de Agua Total (NAT), a partir del cual se analizan los procesos de inundación costera. En concreto, se han definido 1454 puntos de los cuales, 493 se encuentran en el litoral caribeño y 961, en el Pacífico (Figura 6).

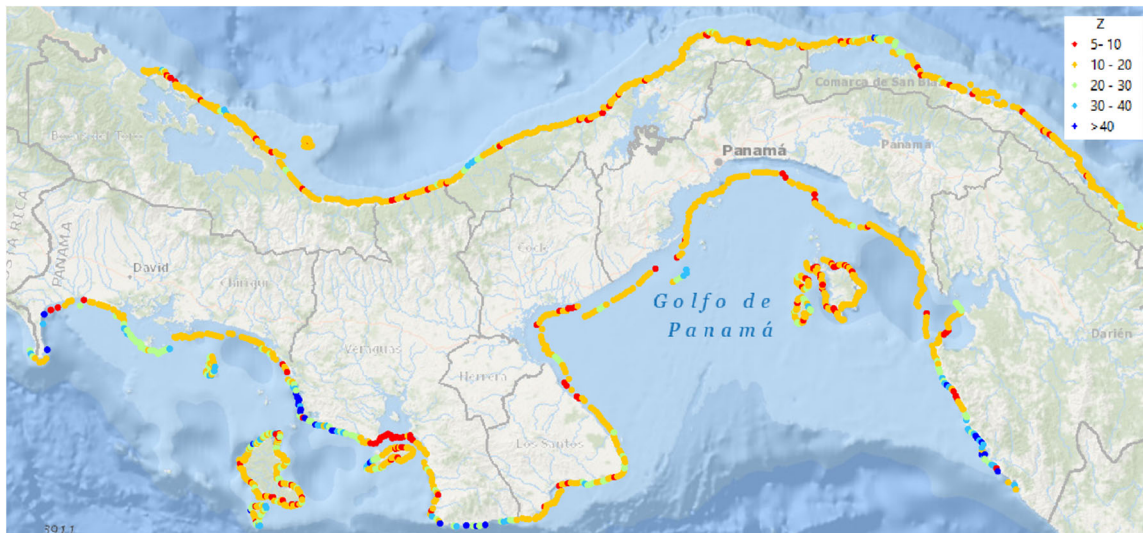


Figura 6. Puntos objetivo a lo largo del litoral panameño.

En cada uno de estos puntos se entregan tres tipos de productos: (1) las series temporales horarias de las principales variables del estado de mar del oleaje y del nivel del mar, (2) una serie de estadísticos para describir las condiciones climáticas e (3) índices para la caracterización de la inundación costera. Las series temporales corresponden con los datos brutos de la salida de los modelos numéricos, mientras que el valor de los estadísticos y de los índices se ha calculado a partir de estos datos brutos generados mediante modelado numérico.

2.2.1 Series temporales de oleaje y nivel del mar

Las series temporales horarias en los puntos costeros mostrados en la Figura 6 se entregan en formato de texto (.txt). Se ha creado un archivo para cada uno de los 1454 puntos, con un tamaño de 12.8 MB. Estos ficheros de texto están estructurados en una serie de filas y de columnas. Cada fila corresponde a un instante temporal (datos horarios desde enero de 1993 a diciembre de 2021), mientras que las columnas indican las variables. Además, contienen un cabecero que incluye información general sobre el proyecto, así como la localización del punto y la definición de las distintas variables con sus unidades (Figura 7).

```

=====
DATOS DE PUNTO DE LAS DINÁMICAS MARINAS DE OLEAJE Y NIVEL DEL MAR
=====

Esta base de datos se ha desarrollado en el marco del proyecto:
"Desarrollo de una base de datos de dinámicas marinas en las costas panameñas para evaluar impactos y vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar
Financiado por:
Centro y Red de Tecnología del Clima, CTCN
Desarrollado por:
Instituto de Hidráulica Ambiental, IHCantabria

LISTADO DE PARAMETROS
-----
254208 valores de:

Fecha: UTC [año mes día hora]
hs: altura de ola significativa (metros)
tm02: periodo medio (segundos)
tp: periodo de pico (segundos)
dir: dirección media del oleaje (grados sexagesimales, desde el Norte, sentido horario)
nivel: sobreelevación del nivel del mar por marea astronómica y meteorológica (metros)
marea: sobreelevación del nivel del mar por marea astronómica (metros)
* Convención de direcciones: Las direcciones indican de dónde viene el flujo

COORDENADAS
-----
Lon=82.3653 °O
Lat=9.44864 °N
Profundidad=12.49 m

yyyy mm dd hh hs tm02 tp dir nivel marea
1993 1 1 0 1.089 6.372 7.358 29.772 -0.021 0.002
1993 1 1 1 1.074 6.349 7.358 29.868 -0.047 -0.015
1993 1 1 2 1.058 6.326 7.358 30.005 -0.064 -0.041
1993 1 1 3 1.042 6.301 7.358 30.192 -0.103 -0.07
1993 1 1 4 1.025 6.275 7.358 30.436 -0.111 -0.09
1993 1 1 5 1.007 6.247 7.358 30.741 -0.126 -0.095
1993 1 1 6 0.989 6.217 7.358 31.106 -0.099 -0.08
1993 1 1 7 0.97 6.186 7.358 31.518 -0.076 -0.048
1993 1 1 8 0.952 6.155 7.358 31.959 -0.026 -0.004
1993 1 1 9 0.934 6.127 7.358 32.406 0.014 0.043
1993 1 1 10 0.917 6.101 7.358 32.843 0.063 0.087
1993 1 1 11 0.901 6.078 7.358 33.257 0.091 0.122
1993 1 1 12 0.887 6.055 7.358 33.639 0.114 0.14
1993 1 1 13 0.874 6.025 7.358 33.975 0.113 0.139
1993 1 1 14 0.864 5.984 7.358 34.256 0.091 0.118
1993 1 1 15 0.855 5.936 7.358 34.489 0.059 0.083
  
```

Figura 7. Contenido de uno de los archivos de texto con las series temporales horarias de las variables de oleaje y nivel del mar en un punto costero.

Las variables incluidas en estos ficheros se especifican en la Tabla 3 y un ejemplo de las series temporales de dichas variables en el punto costero con coordenadas [Lon:-82.36°, Lat: 9.448°] se muestra en la Figura 8.

Dinámica marina	Variable	Unidades
Oleaje	Altura de ola significativa (hs)	metros
	Periodo medio (tm02)	segundos
	Periodo de pico (tp)	segundos
	Dirección media del oleaje (dir)	grados
Nivel del mar	Nivel del mar compuesto (nivel)	metros
	Marea astronómica (marea)	metros

Tabla 3. Listado de variables contenidas en los archivos de texto para cada uno de los puntos costeros.

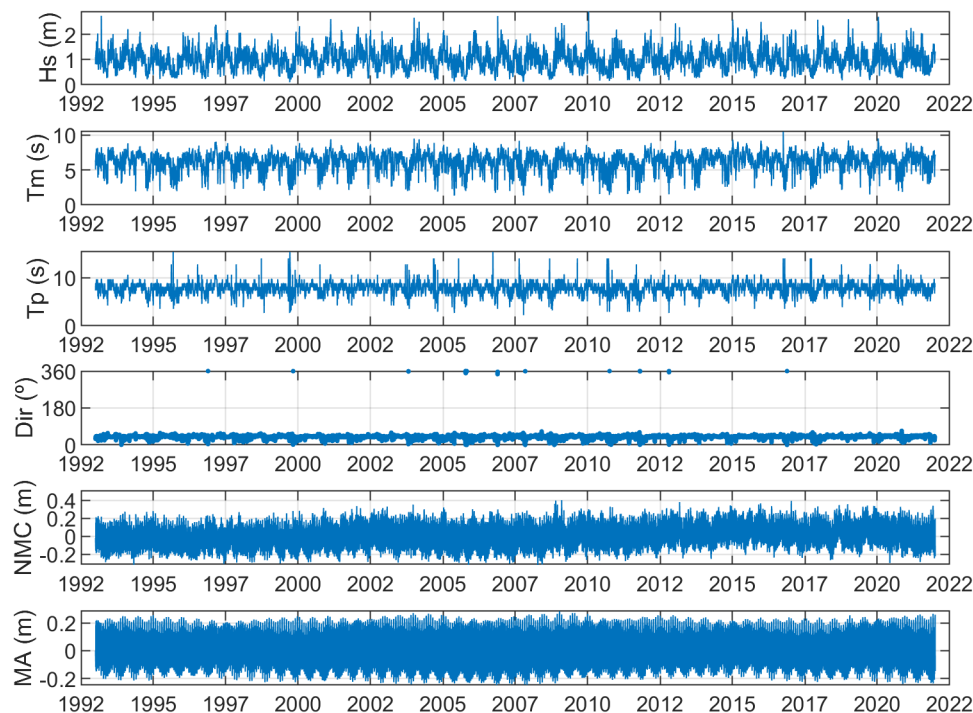


Figura 8. Series temporales de las variables del estado de mar (altura de ola (H_s), periodo medio y de pico (T_m y T_p) y dirección media (Dir)) del oleaje y de las componentes del nivel del mar (nivel del mar compuesto (NMC) y marea astronómica) en un punto costero en el litoral Caribe de Panamá. Coordenadas: Lon:-82.36°, Lat: 9.448°.

2.2.2 Climatologías

A fin de analizar las variaciones espaciales en las condiciones medias y extremas de las dinámicas marinas en las costas panameñas, se han calculado una serie de estadísticos (o climatologías) de las distintas variables de oleaje y nivel del mar. Para ello, a partir de las series temporales horarias en cada uno de los 1454 puntos costeros, se ha calculado el valor medio, máximo y el percentil del 99% de las distintas variables analizadas. Estas variables así como los estadísticos calculados se especifican en la Tabla 4.

Dinámica marina	Variable	Estadísticos
Oleaje	Altura de ola significativa (H_s)	Valor medio, máximo percentil del 99%
	Periodo medio (tm_{02})	Valor medio, máximo, percentil del 99%

	<i>Periodo de pico (Tp)</i>	Valor medio, máximo, percentil del 99%
	<i>Dirección media del oleaje (Dir)</i>	Valor medio
	<i>Run-up del oleaje (run-up)</i>	Valor máximo, percentil del 99%
Nivel del mar	<i>Nivel del mar compuesto (NMC)</i>	Valor máximo, percentil del 99%
	<i>Marea meteorológica (MM)</i>	Valor máximo, percentil del 99%
	<i>Marea astronómica</i>	Rango de marea

Tabla 4. Listado de estadísticos calculados para las distintas variables de dinámicas marinas

El formato en el que se entregan estos resultados es formato Base de Datos Geoespacial (File Geodatabase .gdb), donde cada variable/estadístico es representado en capas vectoriales, correspondientes a entidades de geometría puntual. Por tanto, esta base de datos geoespacial, llamada Climatologias.gdb, contiene 17 capas, una para cada variable y estadístico mostrado en la Tabla 4.

La Figura 9 muestra un ejemplo de la capa vectorial correspondiente al valor del percentil del 99% del nivel del mar compuesto (que incluye la contribución de la marea astronómica y meteorológica) en los 1454 puntos a lo largo de la costa panameña.

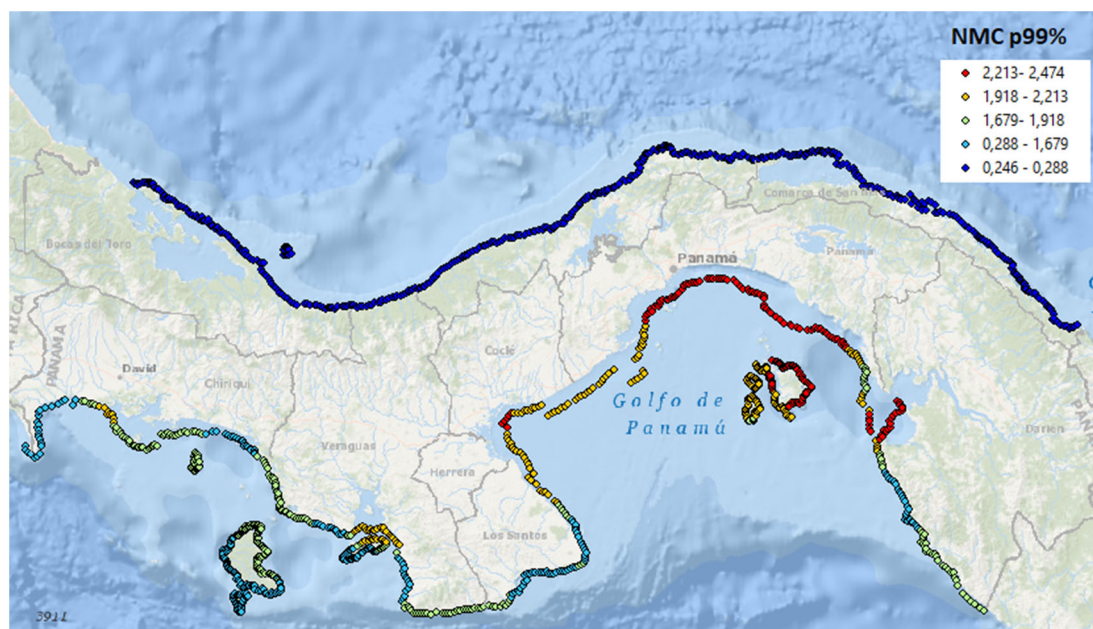


Figura 9. Capa vectorial del percentil del 99% del nivel del mar compuesto (NMC_99) incluida en la base de datos geoespacial de climatologías en los puntos costeros.

2.2.3 Nivel de Agua Total

Para caracterizar la inundación costera se trabaja con un índice del Nivel de Agua Total (NAT o TWL de sus siglas en inglés, Total Water Level), que se ha calculado en los puntos costeros mostrados en la Figura 6. La formulación utilizada para el cálculo de dicho índice se describe en detalle en el entregable 3.3 de este proyecto. Tal y como se explica en dicho documento, se pueden distinguir dos tipos de NAT: el NAT permanente y el asociado a eventos extremos. El primero de ellos es el nivel de agua debido a la acción combinada de las mareas y del ascenso del nivel medio del mar (ANMM). El segundo hace referencia al nivel de agua alcanzado bajo eventos extremos de las dinámicas marinas de oleaje y nivel del mar. Como condiciones extremas, se ha analizado los valores de NAT asociados a 10, 50 y 100 años de periodo de retorno. Además, estos valores extremos se han combinado con proyecciones futuras de incremento del NMM. Para los dos tipos de NAT, se ha considerado el ANMM en el año horizonte 2050, para los escenarios climáticos SSP2-4.5 y SSP5-8.5, niveles de confianza medio y bajo (*medium* y *low confidence*, respectivamente) y los valores de los percentiles del 5%, 50% y 95% del ensemble multi-modelo.

Por tanto, las situaciones analizadas de NAT son, en total, 52 que se muestran a modo esquemático en la Figura 10.

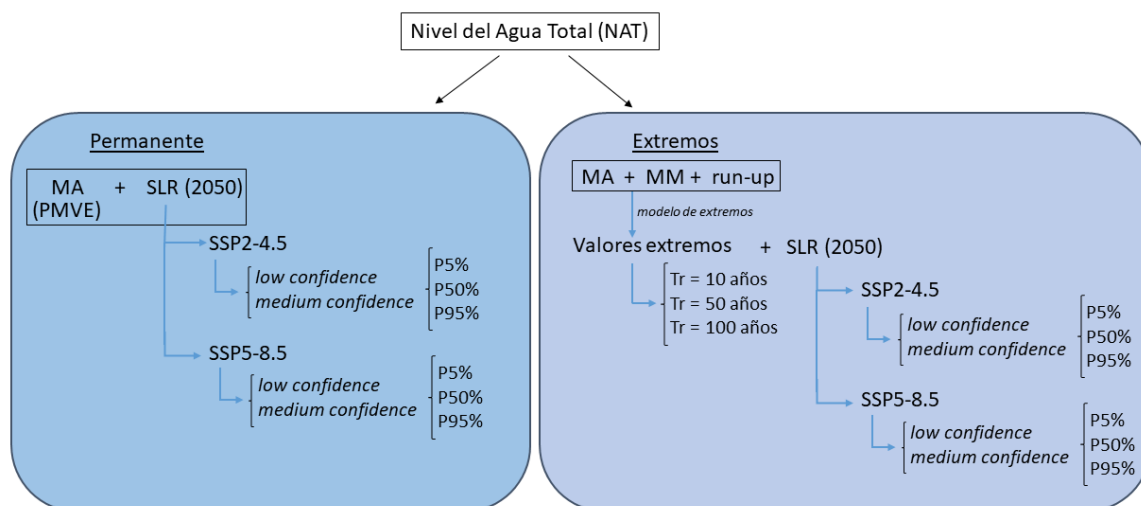


Figura 10. Esquema de los distintos casos de Nivel de Agua Total analizados, que se consideran potenciales de causar inundación costera.

La Tabla 5 resume los distintos índices de NAT calculados, así como los horizontes y escenarios de cambio climático considerados.

Índice	Periodo temporal/horizonte	Estadísticos	Escenarios de Cambio Climático
NAT permanente	histórico		
	2050	Percentiles del 5, 50 y 95% de ANMM	SSP2-4.5, confianza baja
			SSP2-4.5, confianza media
			SSP5-8.5, confianza baja

			SSP5-8.5, confianza media
NAT asociada a extremos	histórico	Tr = 10, 50 y 100 años	-
	2050	Tr = 10, 50 y 100 años y Percentiles del 5, 50 y 95% de ANMM	SSP2-4.5, confianza baja
			SSP2-4.5, confianza media
			SSP5-8.5, confianza baja
			SSP5-8.5, confianza media

Tabla 5. Listado de índices de NAT calculados

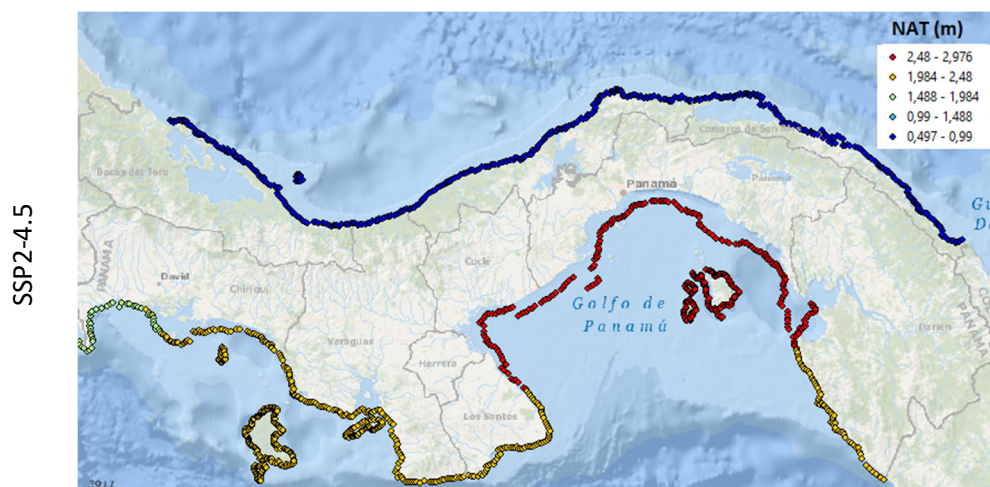
El formato en el que se entregan estos resultados es en Base de Datos Geoespacial (File Geodatabase .gdb), donde cada índice es representado en capas vectoriales, de entidad geométrica puntual, correspondientes a los distintos casos analizados (es decir, cada escenario, nivel de confianza y percentil). Por tanto, se ha generado una única base de datos geoespacial, denominada NAT.gdb, que contiene dos dataset de entidad: Permanente y Extremos. En cada uno de ellos, hay una serie de capas correspondientes a los distintos casos de NAT analizados, mostrados en la Figura 10 y resumidos en la Tabla 5. La nomenclatura de estas capas es la siguiente:

NAT_permanente_horizonte_escenario_nivelConfianza_percentil,

NAT_extremos_horizonte_escenario_nivelConfianza_PeriodoRetorno_percentil,

Donde horizonte puede ser “histórico”, para el clima presente o “2050” para el horizonte futuro 2050. El escenario es ssp245 o ssp585, para los escenarios climáticos SSP2-4.5 y SSP5-8.5, respectivamente. El nivel de confianza puede ser medio o bajo (“med” o “low”, respectivamente) y el percentil hace referencia al percentil del ensemble multi-modelo que puede ser el 5, el 50 o el 95% (p5, p50 o p95, respectivamente). Por último, para el NAT asociado a eventos extremos, también se indica el valor extremo (periodo de retorno) al que corresponde, que puede ser 10, 50 o 100 años (Tr10, Tr50 o Tr100, respectivamente).

La muestra las capas del NAT permanente en el año horizonte 2050, nivel de confianza bajo y percentil del 50% para los dos escenarios climáticos considerados.



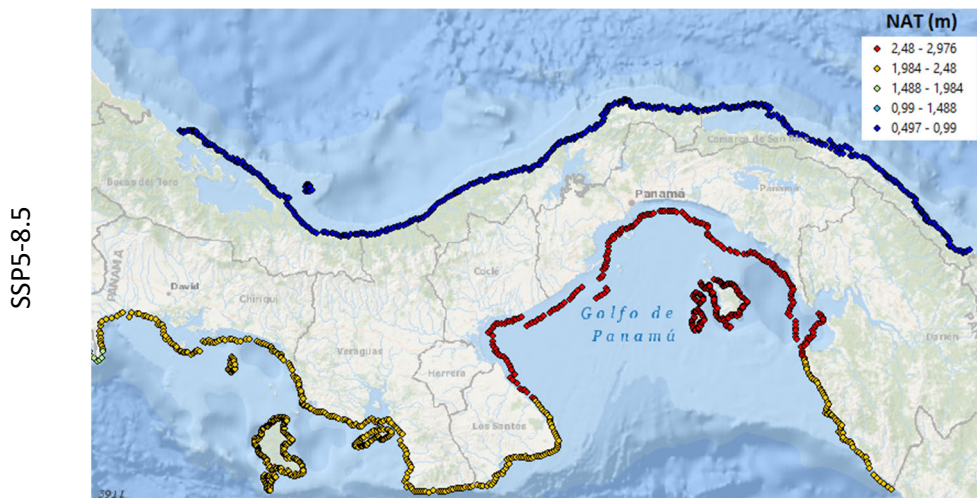


Figura 11. Capa vectorial del Nivel de agua total (NAT) asociada al efecto combinado de las pleamares y del aumento en el nivel medio del mar (NAT permanente) en puntos costeros a lo largo del litoral de Panamá. Los datos de ANMM corresponden con el horizonte 2050, nivel de confianza de los datos bajo y percentil del 50% del ensemble multi-modelo para los escenarios climáticos (arriba) SSP2-4.5 y (abajo) SSP5-8.5.

2.3 RESULTADOS DE INUNDACIÓN

En este proyecto se analizan los impactos de inundación costera a nivel nacional, como consecuencia del (i) aumento en el nivel medio del mar y (ii) de las condiciones extremas de las dinámicas marinas de oleaje y nivel del mar. Más concretamente, se desea estudiar el alcance de dicha inundación y la evolución de la línea de costa en Panamá bajo distintos escenarios/eventos extremos. Para ello, se utiliza el índice NAT calculado en el apartado anterior junto con la información topográfica disponible procedente del Modelo Digital del Terreno (MDT). Esta información sirve como datos de entrada en el modelo de inundación.

Este modelo y sus resultados se describen con más detalle en el documento 3.3 de este proyecto. Se ha analizado el alcance de la inundación para los 52 casos de NAT descritos en el apartado anterior. Así, se estudia tanto la ‘inundación permanente’, asociada al aumento del nivel medio del mar proyectado, como las inundaciones ante condiciones met-oceánicas desfavorables.

Para cada caso analizado, se obtienen dos tipos de resultados procedentes del modelo de inundación: (i) la extensión de la inundación en tierra con su correspondiente calado, y (ii) el polígono que delimita la línea de costa (o el límite en tierra hasta donde llega el agua).

Estos datos se almacenan en Bases de Datos Geoespaciales (File Geodatabase .gdb). En concreto, se han definido dos GDBs, una para los resultados de inundación permanente y otra para los de inundación por eventos extremos (InundacionPermanente.gdb y InundacionExtremos.gdb, respectivamente). Dentro de cada una de estas GDBs, hay dos tipos de productos por cada índice NAT calculado. Es decir, se han obtenido dos productos para cada uno de los 52 casos analizados: la extensión de la inundación con su calado correspondiente y la línea de costa. La información sobre la

extensión de la inundación y su calado se almacena en raster datasets, mientras que la información sobre la línea de costa se almacena en una capa vectorial con entidad geométrica de polígono.

La nomenclatura de estas capas es la siguiente:

Producto_causa_horizonte_escenario_nivelConfianza_PeriodoRetorno_percentil.

Donde Producto hace referencia al tipo de resultado, que puede ser la extensión de la inundación (“Inundacion”) o el polígono de la línea de costa (“LC”). La causa se refiere al tipo de inundación, ya sea permanente o de extremos. El horizonte puede ser “histórico” (para el clima presente) o 2050, para las proyecciones futuras. El escenario hace referencia al escenario de cambio climático SSP2-4.5 o SSP5-8.5, mientras que el nivel de confianza se refiere al nivel de confianza de los datos de las proyecciones (media, “med”, o baja, “low”). El percentil indica el percentil representado del ensemble multi-modelo (es decir, del conjunto de los modelos climáticos, GCMs, considerados). Este percentil puede ser el del 5% (p5), el del 50% (p50) o el del 95% (p95). Por último, para los casos de inundación por eventos extremos, “PeriodoRetorno” se refiere al valor extremo (periodo de retorno) al que corresponde, que puede ser 10, 50 o 100 años (Tr10, Tr50 o Tr100, respectivamente).

La Figura 12-izquierda muestra un ejemplo de la extensión de la inundación, con la escala de colores indicando la altura de la misma, obtenida para el caso de NAT permanente (es decir, la debida al efecto combinado de las pleamares y del ANMM) en el 2050 bajo el SSP2-4.5, nivel de confianza medio y percentil del 5% del ensemble multi-modelo. La Figura 12-derecha representa el polígono que delimita la línea de costa para este mismo caso.

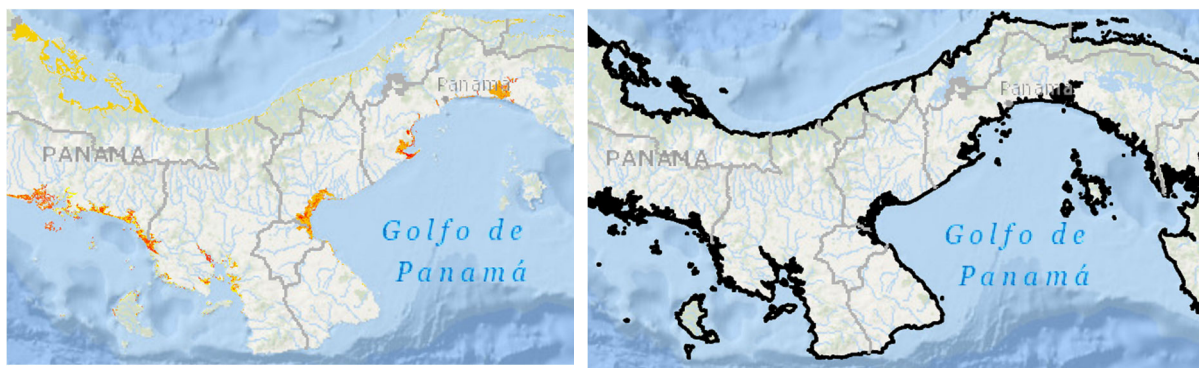


Figura 12. (Izquierda) Imagen ráster de la extensión de la inundación y (Derecha) línea de costa asociada, obtenidas para un NAT permanente en el horizonte 2050 bajo el escenario SSP2-4.5, nivel de confianza bajo y percentil del 5% del ensemble multi-modelo.

2.4 REGIÓN MARINA

Además de los puntos costeros mencionados en el apartado anterior, se han generado una serie de mallas regulares (o grillas) que abarcan la región oceánica (atlántica y pacífica) de Panamá. En concreto, estas mallas cubren la extensión comprendida entre -85° y -75° de longitud y desde 6° hasta 11°N de latitud (Figura 13). Estas mallas permiten visualizar, por un lado, los patrones espaciales en las

dinámicas marinas y, por otro, las proyecciones de cambio climático en el nivel medio del mar en la región marina.

Para generarlas, se ha definido una malla rectangular regular con una resolución de $0.2^\circ \times 0.2^\circ$ (cuadrícula azul de la Figura 13). En cada nodo de esta malla, se han interpolado los resultados obtenidos en las mallas no estructuradas de los modelos de oleaje y nivel (puntos negros de la figura 4). Los datos de las proyecciones de cambio climático en el nivel medio del mar se han obtenido interpolando la base de datos publicada en el AR6 (IPCC, 2021) con resolución de $1^\circ \times 1^\circ$.

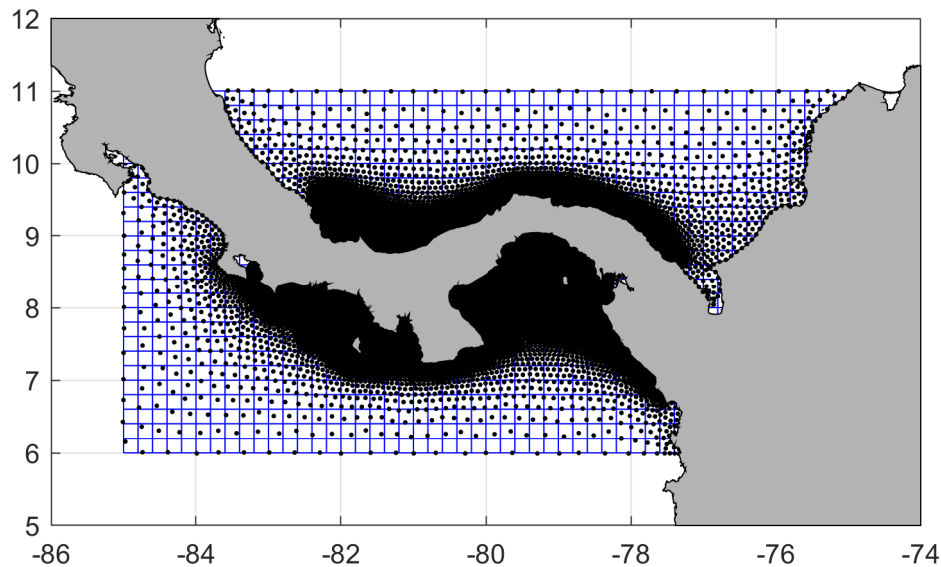


Figura 13. Extensión de los mapas espaciales creados. Los puntos negros indican los nodos de las mallas no estructuradas de los modelos numéricos de oleaje y nivel. La cuadrícula azul corresponde con los nodos de la malla rectangular definida para generar los mapas.

A continuación, a partir de las series temporales interpoladas en cada nodo de la malla regular, se ha calculado una serie de estadísticos de las dinámicas marinas de oleaje y de nivel del mar. En el caso de los datos de las proyecciones, se ha representado el valor proyectado de ANMM en el periodo horizonte 2050 bajo los distintos escenarios climáticos considerados.

Estos resultados se entregan en Base de Datos Geoespacial (File Geodatabase .gdb), con la información almacenada en raster datasets. En concreto, se han generado dos bases de datos, una para las climatologías (es decir, los valores de los estadísticos de oleaje y nivel del mar) (llamada Climatologias.gdb) y otra para las proyecciones de aumento del nivel medio del mar (ANMM.gdb). Dentro de cada GDB, hay una capa para cada estadístico/escenario de ANMM analizado. La *Tabla 6* resume los casos considerados.

Dinámica marina	Variable	Estadísticos
Oleaje	Altura de ola significativa (Hs)	Valor medio, percentil del 99%
	Periodo medio (tm02)	Valor medio, percentil del 99%
	Periodo de pico (Tp)	Valor medio, percentil del 99%

	<i>Dirección media del oleaje (Dir)</i>	Valor medio
Nivel del mar	<i>Nivel del mar compuesto (NMC)</i>	percentil del 99%
	<i>Marea astronómica</i>	Pleamar máxima viva equinoccial (PMVE)
Proyecciones de cambio climático del NMM	<i>ANMM SSP2-4.5, 2050, confianza baja</i>	Percentil del 5, 50 y 95%
	<i>ANMM SSP2-4.5, 2050, confianza media</i>	Percentil del 5, 50 y 95%
	<i>ANMM SSP5-8.5, 2050, confianza baja</i>	Percentil del 5, 50 y 95%
	<i>ANMM SSP5-8.5, confianza media</i>	Percentil del 5, 50 y 95%

Tabla 6. Listado de mapas espaciales generados

La Figura 14 muestra la imagen ráster de la altura de ola significativa media obtenida en el periodo 1993-2021 en la región marina próxima a Panamá. La Figura 15 representa los valores de las proyecciones de aumento en el nivel medio del mar, con un nivel de confianza medio, en la región marina próxima a Panamá en el horizonte 2050 y percentil del 50% bajo los escenarios climáticos SSP2-4.5 y SSP5-8.5.

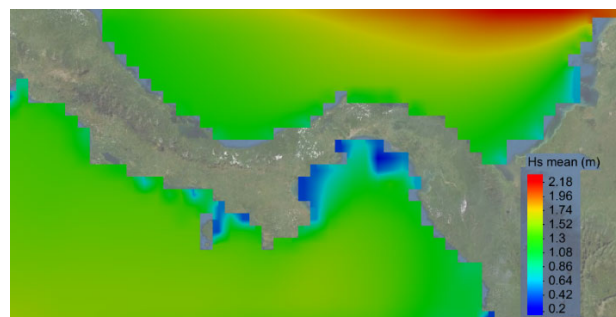


Figura 14. Imagen ráster de la altura de ola significativa media en el periodo 1993-2021 en la región marina próxima a Panamá.

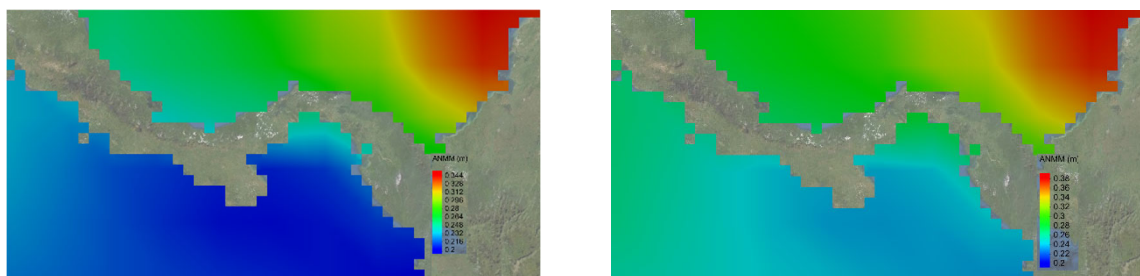


Figura 15. Imagen ráster de las proyecciones de aumento en el nivel medio del mar en 2050 con un nivel de confianza medio y percentil el 50% bajo los escenarios (izquierda) SSP2-4.5 y (derecha) SSP5-8.5 en la región marina próxima a Panamá.

3 METADATOS

Tal y como se ha detallado en el apartado anterior, se han generado 4 tipos de productos derivados de las bases de datos de oleaje y nivel del mar creadas en el marco de este proyecto. Estos productos se almacenan en dos tipos principales de archivos: NetCDF y bases de datos geoespaciales. Estas últimas pueden tener formato vectorial de punto o polígono y formato ráster.

Cada uno de estos archivos incorpora una serie de metadatos con información relevante acerca del proyecto, contenido y características del fichero, etc. Estos metadatos se han creado de acuerdo a unos estándares específicos que se detallan a continuación.

3.1 ARCHIVOS NETCDF

Cada archivo NetCDF contiene información acerca del contenido y características de los datos. Dicha información se proporciona en forma de atributos, tanto a nivel de archivo (atributos globales) como de variable. Los atributos globales aportan información relevante sobre la base de datos, como es el modelo numérico utilizado o la institución que lo ha creado. Algunos ejemplos de atributos globales incluyen la fecha de creación del fichero, la institución o el origen de los datos. Como ejemplo de atributos a nivel de variable, están las unidades o la definición de la misma (Figura 16). La descripción de los atributos, así como el nombre de las variables sigue las recomendaciones establecidas por Climate and Forecast (CF) Metadata Convention (<http://cfconventions.org/>).

File "RSL_PP_1993.03.nc"

File type: Hierarchical Data Format, version 5

```

netcdf file:/H:/BBDD_PANAMA/NIVEL_PACIFICO/RSL_ERAS_PP_1993.03.nc {
  dimensions:
    nvert = 17952;
    time = 744;
    ncell = 34190;
    numVert = 3;
  variables:
    double longitude(nvert=17952);
      :long_name = "longitude";
      :units = "degrees_east";
      :axis = "X";
      :_FillValue = NaN; // double
      :standard_name = "longitude";

    double latitude(nvert=17952);
      :long_name = "latitude";
      :units = "degrees_north";
      :axis = "Y";
      :_FillValue = NaN; // double
      :standard_name = "latitude";

    double z(nvert=17952);
      :long_name = "model depth";
      :positive = "down";
      :source = "GEBCO (2021) + batimetría proyecto \"Evaluación de las ecorregiones marinas en Mesoamérica\"";
      :units = "m";
      :_FillValue = NaN; // double
      :standard_name = "depth";

    double time(time=744);
      :_FillValue = NaN; // double
      :standard_name = "time";
      :long_name = "time instant";
      :units = "days since 1990-01-01T00:00:00Z";
      :calendar = "standard";
      :conventions = "relative julian days with decimal part (as part of the day)";
      :axis = "T";

    double tri(ncell=34190, numVert=3);
      :_FillValue = NaN; // double
      :standard_name = "vertices_pos";
      :long_name = "position of the vertices associated to each cell";

    float level(nvert=17952, time=744);
      :long_name = "sea surface height above mean sea level";
      :standard_name = "sea_surface_height_above_mean_sea_level";
      :globwave_name = "still_water_level_including_astronomical_and_meteorological_tide";
      :units = "m";
      :reference_level = "Mean sea level";

  // global attributes:
  :title = "Hindcast de nivel del mar, costa Pacifico de Panamá";
  :summary = "Base de datos de nivel del mar compuesto (incluye la marea astronómica y la meteorológica";
  :keywords = "nivel del mar, marea astronómica, marea meteorológica, Panama Pacifico";
  :source = "Modelo numérico ADCIRC, utilizando como forzamiento el reanálisis de ERAS y como condicion";
  :institution = "Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria (IHCantabria), España";
  :date_created = "19 de Septiembre 2022";
  :project = "\"Desarrollo de una base de datos de dinámicas marinas en las costas panameñas para evalua";
  :conventions = "CF conventions 1.3";
}

```

Figura 16. Ejemplo de los atributos globales y a nivel de variable de un archivo NetCDF de oleaje.

3.2 BASES DE DATOS GEOESPACIALES

Como se ha descrito anteriormente, los resultados en puntos costeros (de Niveles de Agua Total y Climatologías), los del modelo de inundación y los resultados en la región marina (Climatologías y ANMM), se entregan almacenadas en Base de Datos Geoespacial GDB (File Geodatabases .gdb) nativas de ArcGis, versión 10.7.1.

Cada geodatabase y, a su vez, cada información espacial almacenada en ella, contienen una serie de metadatos creados de acuerdo a la segunda versión del Perfil Latinoamericano de Metadatos (LAMP) que, a su vez se basa en la norma ISO 19115-1:2014.

A nivel de GDB se han definido una serie de metadatos, entre los que se incluyen el resumen del proyecto, la institución creadora del archivo, la descripción del contenido de la base de datos, etc. (Figura 17). Además, cada una de las capas incluidas en las GDBs tiene asociados una serie de metadatos, entre los que se incluyen la descripción de la variable, el lineaje (u origen de los datos), las palabras clave, la disciplina y tema al que pertenecen los datos, la calidad de los mismos, etc. (Figura 18).



Nivel de Agua Total

Tags
Nivel de Agua Total, Total Water Level

Summary
 Estos datos se han desarrollado en el marco del proyecto "Desarrollo de una base de datos de dinámicas marinas en las costas panameñas que permita evaluar el impacto del Cambio Climático, principalmente por el aumento del nivel del mar", financiado por el Centro y Red de Tecnología del Clima (CTCN, por sus siglas en inglés) y desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la universidad de Cantabria (IHCantabria, España) en colaboración con el Ministerio de Ambiente de Panamá. El objetivo principal de dicho proyecto es fomentar el aumento de la resiliencia presente y futura de las zonas costeras de Panamá frente a eventos extremos y al cambio climático (concretamente, al aumento del nivel medio del mar), mediante la generación de bases de datos de las dinámicas marinas de oleaje y nivel del mar, con cobertura nacional sobre todas las regiones costeras de Panamá.

Description
 El presente producto consiste en datos geo-espaciales con información sobre el Nivel de Agua Total (NAT o TWL, de Total Water Level en inglés) en 1464 puntos a lo largo de la costa de Panamá. El NAT es un índice que se utiliza como dato de entrada en los modelos de inundación costera. Los valores de NAT que se proporcionan describen 52 situaciones con potencial impacto de inundación, que incluyen, tanto las condiciones climáticas meteo-oceánicas extremas que dan lugar a temporales, como el efecto a futuro del aumento del nivel medio del mar. Los datos de NAT se estructuran en:
 - NAT para evaluar 'inundación permanente': niveles del agua asociados a situaciones de pleamar de la marea astronómica y variaciones de nivel medio del mar (se consideran distintos escenarios de cambio climático para el periodo horizonte 2050).
 - NAT para evaluar 'inundación ante eventos extremos': niveles del agua asociados a condiciones extremas en las dinámicas de oleaje y nivel del mar a partir de información histórica combinado con el aumento del nivel medio del mar, para el horizonte 2050 y distintos escenarios de evolución del cambio climático.

Credits
 Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria)
<https://ihcantabria.com/>

Use limitations
 There are no access and use limitations for this item.

Extent
 West 287466,529100 East 896168,084400
 North 1066120,260400 South 795193,985300

Scale Range
 Maximum (zoomed in) 1:500,000
 Minimum (zoomed out) 1:20,000,000

Figura 17. Ejemplo de metadatos definidos a nivel de GDB, para la base de datos geoespacial de Nivel de Agua Total (NAT).

Page 1 of 7	Page 2 of 7
<p>Nivel de Agua Total permanente en el horizonte 2050, con un aumento en el nivel medio del mar (ANMM) correspondiente al percentil del 5% del ensemble multi-modelo, un nivel de confianza bajo y para el escenario SSP2-4.5.</p> <p>File Geodatabase Feature Class</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p>Thumbnail Not Available</p> </div> <p>Tags pleamar maxima viva equinoccial, aumento nivel medio del mar, proyecciones</p> <p>Summary Nivel de Agua Total permanente 2050, SSP2-4.5, nivel confianza bajo, percentil 5%</p> <p>Description El Nivel de Agua Total permanente en el horizonte 2050 bajo el escenario SSP2-4.5, se ha calculado como la suma de la pleamar máxima viva equinoccial más el aumento en el nivel medio del mar (ANMM). Este ANMM equivale al valor del percentil del 5% del ensemble-multimodelo obtenido para un nivel de confianza bajo, el escenario SSP2-4.5 y el horizonte 2050.</p> <p>Credits Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria) https://ihcantabria.com/</p> <p>Use limitations There are no access and use limitations for this item.</p> <p>Extent West 287466.529100 East 896168.084400 North 1066120.26040 South 795193.985300</p> <p>Scale Range Maximum (zoomed in) 1:500,000 Minimum (zoomed out) 1:20,000,000</p> <p>ArcGIS Metadata</p> <p>Topics and Keywords</p> <p>* CONTENT TYPE Downloadable Data</p> <p>THEME KEYWORDS Pleamar maxima viva equinoccial, aumento nivel medio del mar, proyecciones</p>	<p>Citation</p> <p>TITLE Nivel de Agua Total permanente en el horizonte 2050, con un aumento en el nivel medio del mar (ANMM) correspondiente al percentil del 5% del ensemble multi-modelo, un nivel de confianza bajo y para el escenario SSP2-4.5. CREATION DATE 2022-09-15 00:00:00</p> <p>PRESENTATION FORMATS digital map FGDC GEOSPATIAL PRESENTATION FORMAT vector digital data</p> <p>Citation Contacts</p> <p>RESPONSIBLE PARTY INDIVIDUAL'S NAME Sheila Abad Herrero ORGANIZATION'S NAME Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria) CONTACT'S POSITION Tecnóloga CONTACT'S ROLE point of contact</p> <p>RESPONSIBLE PARTY INDIVIDUAL'S NAME Marta Ramirez Pérez ORGANIZATION'S NAME Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria) CONTACT'S POSITION Tecnóloga CONTACT'S ROLE point of contact</p> <p>RESPONSIBLE PARTY INDIVIDUAL'S NAME Íñigo J. Losada Rodríguez ORGANIZATION'S NAME Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria) CONTACT'S POSITION Responsable del Grupo de Clima Marino y Cambio Climático CONTACT'S ROLE principal investigator</p> <p>RESPONSIBLE PARTY INDIVIDUAL'S NAME Melisa Menéndez ORGANIZATION'S NAME Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria) CONTACT'S POSITION Investigadora CONTACT'S ROLE point of contact</p> <p>Resource Details</p> <p>DATASET LANGUAGES Spanish; Castilian (SPAIN) DATASET CHARACTER SET utf8 - 8 bit UCS Transfer Format</p> <p>SPATIAL REPRESENTATION TYPE vector</p> <p>SPATIAL RESOLUTION GROUND SAMPLE DISTANCE PRECISION OF SPATIAL DATA 2000 m (meter)</p> <p>* PROCESSING ENVIRONMENT Version 6.2 (Build 9200) ; Esri ArcGIS 10.7.1.11595</p> <p>Credits Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria)</p>

Figura 18. Ejemplo de parte de los metadatos definidos a nivel de capa, para la variable de NAT_permanente_2050_ssp245_low_p5.

4 INTEGRACIÓN EN LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Todos los productos generados están planteados para integrarse en el sistema de datos nacional de Panamá. En particular, en el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) del Ministerio de Ambiente de Panamá (<https://www.sinia.gob.pa/>) (Figura 19).



Figura 19. Pantalla de inicio en el portal web de SINIA (Panamá).

La Figura 20 muestra un esquema de la arquitectura del sistema de acceso a los productos generados. Respecto a los archivos NetCDF, hay un total de 1396 archivos que se organizan en las carpetas y subcarpetas descritas en la sección 2.1. Son archivos mensuales para diferentes bases de datos de dinámicas marinas, en la región del Pacífico y del Caribe. El uso de estos datos está orientado a usuarios con un nivel alto de experiencia en el manejo de estas grandes bases de datos climáticas de variables marinas. Por ello, se plantea el repositorio de esta base de datos (que ocupa un tamaño aproximado de 172 Gb) en el sistema nacional y su acceso mediante registro de credenciales (usuario y contraseña). Además, estos datos se entregan en formato físico (un disco duro externo) al Ministerio de Ambiente de Panamá.

El resto de productos presentan un formato de Geodatabase y se almacenan en el geoportal del sistema SINIA. De esta manera, están disponibles para visualización y descarga y serán de uso público. Estos datos incluyen las bases de datos geoespaciales de climatologías, de nivel del agua total, de inundación y línea de costa, y de región marina, así como las series temporales en los puntos costeros en formato de texto.

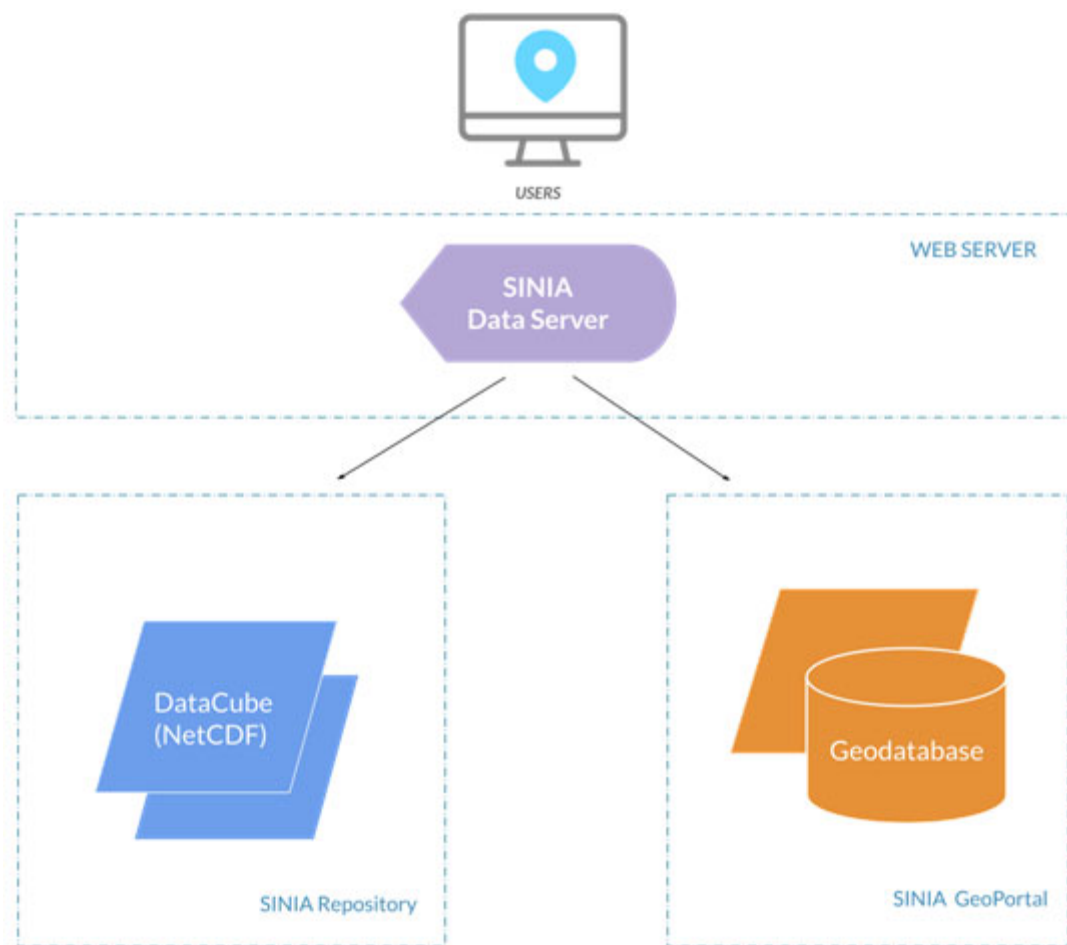


Figura 20. Arquitectura del sistema de acceso a los productos generados

BIBLIOGRAFÍA

Fox-Kemper, B., H. T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S. S. Drijfhout, T. L. Edwards, N. R. Golledge, M. Hemer, R. E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I. S. Nurhati, L. Ruiz, J-B. Sallée, A. B. A. Slangen, Y. Yu (2021). Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [MassonDelmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.