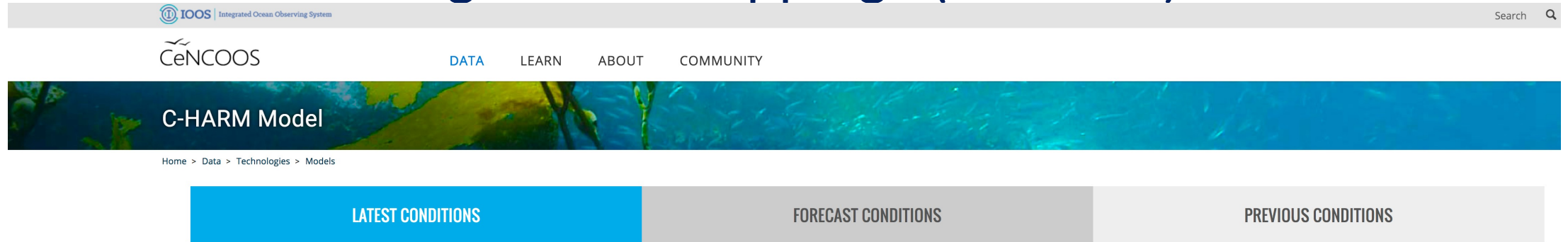
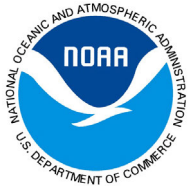


El Sistema de Mapeo de Riesgos de Algas Nocivas “California Harmful Algae Risk Mapping” (C-HARM)



Clarissa Anderson¹

Raphael Kudela², Fred Bahr³, Yi Chao⁴, Mati Kahru⁵, Dale Robinson⁶, and Richard Stumpf⁷



¹ Exec Director, Southern California Coastal Ocean Observing System (SCCOOS) @ SIO

² University of California, Santa Cruz

³ Central & Northern California Ocean Observing System (CeNCOOS)

⁴ UCLA JIFRESSE/RSS Inc.

⁵ Scripps Institution of Oceanography

⁶ NOAA CoastWatch

⁷ NOAA National Ocean Service

C-HARM: Necesidades de la comunidad, desarrollo y operaciones

- I. Justificación para una capacidad predictiva para el ácido domoico
- II. Desarrollo de la herramienta modelo
- III. C-HARM- Demostración y portal en línea público para usuarios
- IV. Evaluación de rendimiento del modelo (i.e. validación)
- V. Cruzando el “Valle de la Muerte” a un ambiente operativo; ¿oportunidades de desarrollo en otras regiones?

¿Por qué predecir HABs en California?

- El ácido domoico (DA por sus siglas en inglés), de las floraciones de *Pseudo-nitzschia*, es el **problema principal relacionado con HABs en la Costa Oeste de EEUU... ¡pero ahora está llegando a la Costa Este!**
- **Una HAB que cubrió la Costa Oeste completa como jamás se había visto cerró la pesca del cangrejo por la temporada; contribuyó a Eventos de Mortalidad Inusuales de especies sensibles y protegidas**
- Los piscicultores de mariscos, pescadores y grupos de rescate de mamíferos marinos quieren un sistema de alerta temprana que **will habilitará esfuerzos de mitigación de feros? y la gestión de recursos**

BASE INICIAL PARA LA GESTIÓN/TOMA DE DECISIONES

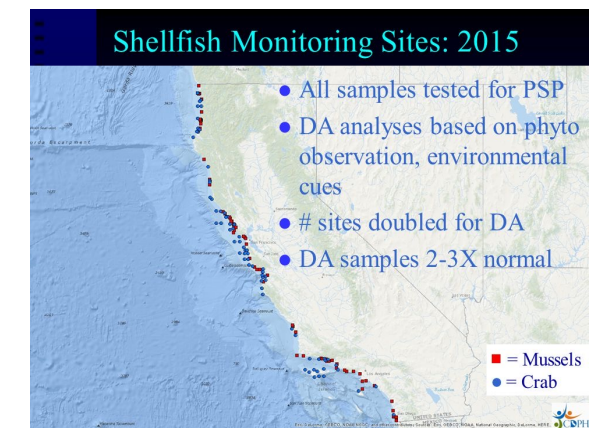
- El Dpto. de Salud Pública de California monitorea para DA si el diátomo está presente en cantidades abundantes en el agua
- Requiere períodos de cuarentena fijos



Lewitus et al. 2012



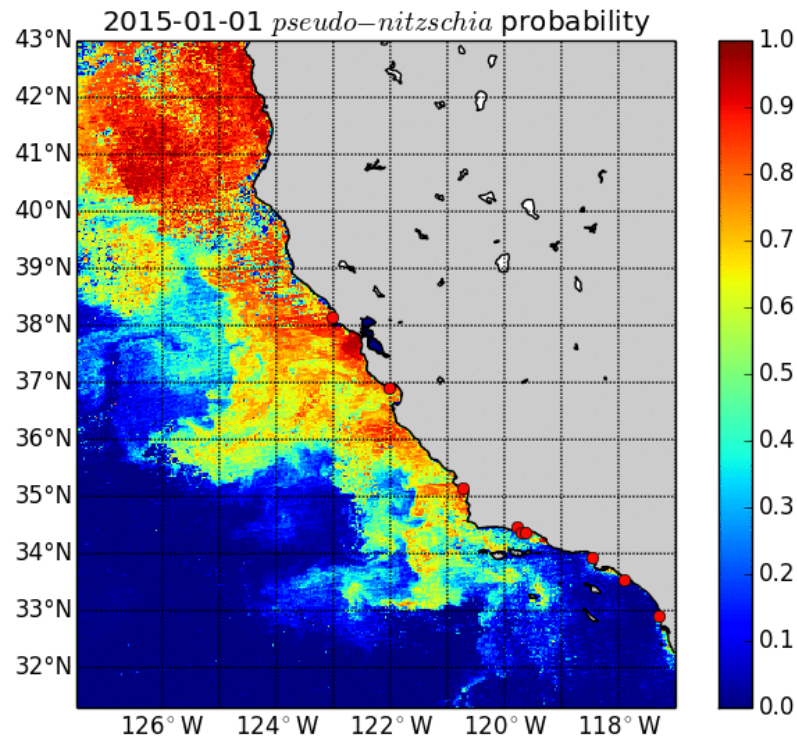
CA Dept of Public Health



California Harmful Algae Risk Mapping System

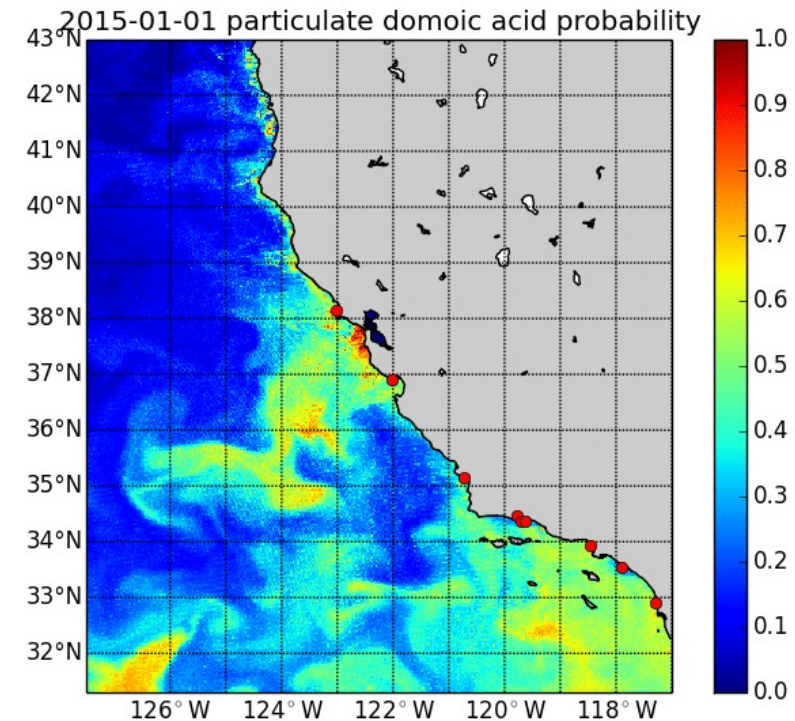
<http://www.cencoos.org/data/models/habs/>

Particulate Domoic Acid Nowcast



Cantidad actual de ácido domoico particulado

Particulate Domoic Acid Forecast



Pronóstico de ácido domoico particulado

¿Cómo concebimos y elaboramos el modelo de HABs?

Lane et al. (2009)

- Monterey Bay; floraciones de *Pn* tóxicas

Anderson et al. (2009, 2011)

- Santa Barbara Channel, "Plumes & Blooms" Cruises for baseline data
- Floraciones de *Pn*
- *Toxina de ácido domoico*

75%

salinity
chl a
 $R_{RS}(0^+, \lambda)$

$a_p(\lambda)$
 $a_g(\lambda)$
Día del año
 $\ln(\text{ácido silícico:nitrato})$
ácido silícico:fosfato

Absorción
a diferentes longitudes
de onda

$\geq 75\%$ (floraciones pronosticadas)

$\ln(chl a)$
ascenso
 $\ln(\text{el río Pajaro})$

temperatura

$\ln(\text{sácido silícico})$
nitrato

Blum et al. (2006)

- Lab + campo
- *Toxina de ácido domoico*

77%

fos:nitr
si:nitr
 $\ln(\text{si:fos})$
 $\ln(\text{fos:si})$
nitr:fos
 $\text{sqrt}(\text{nitr})$
 $\ln(\text{nitr})$
fos

$\ln(\text{nitr:fos})$
 $\ln(\text{nitr:si})$
 $\text{sqrt}(\text{si:nitr})$
 $\text{sqrt}(\text{si})$
 $\ln(\text{céluls})$

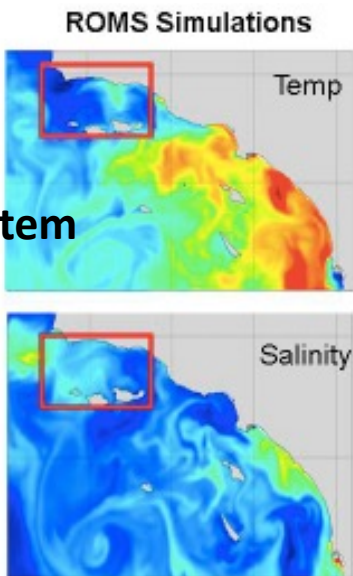
Modelos Lineales Generalizados – basados en la regresión lógica

Variable HAB (Umbral)	GLM Logístico que Mejor Queda $P_{\text{bloom}} = e^{(\lambda)} / [e^{(\lambda)} + 1]$	
<i>Pseudo-nitzschia</i> (10^4 cells mL ⁻¹)	$\lambda = 17.0 - 6.18[R_{rs} (510/555)] - 0.237[\text{Si(OH)}_4:(\text{NO}_3+\text{NO}_2)] - 0.482(\text{Mes}) - 0.225[\text{Si(OH)}_4:\text{PO}_4] - 1.286[R_{rs} (510)]$	
ÁCIDO DOMOICO	pDA (500 ng L ⁻¹)	$\lambda = -154.2 + 0.145[\text{Chl}] - 0.968[\text{Si(OH)}_4:(\text{NO}_3)] - 0.619(\text{Temp}) + 4.92(\text{Sal}) - 0.555(\text{NO}_3)$
	cDA (10 pg cell ⁻¹)	$\lambda = 10.7 - 0.618(\text{Temp}) - 0.659[\text{Si(OH)}_4] - 7.67[R_{rs} (510)]$

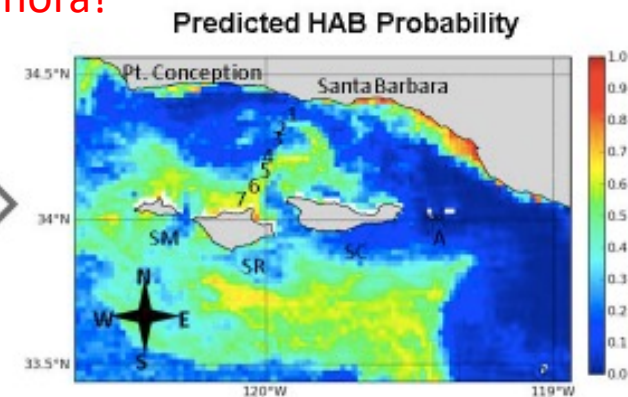
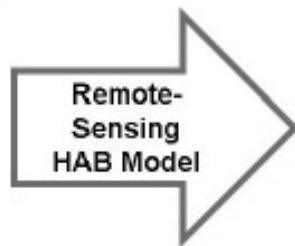
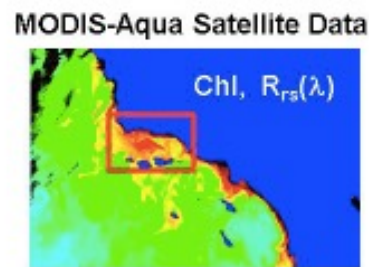
PERO..... no podemos adquirir estos datos de nutrientes en tiempo real o remotamente
 ASÍ QUE... no podemos utilizar estos modelos para el pronóstico rutinario de la probabilidad de un evento de DA

MÉTODO ALTERNATIVO: Elaborar modelos usando condiciones relacionadas con la fisiología nutritiva de un organismo pero que también pueden ser detectadas remotamente

Regional Ocean Model System (ROMS)
para parámetros físicos



¡VIIRS/Suomi NPP está en línea ahora!



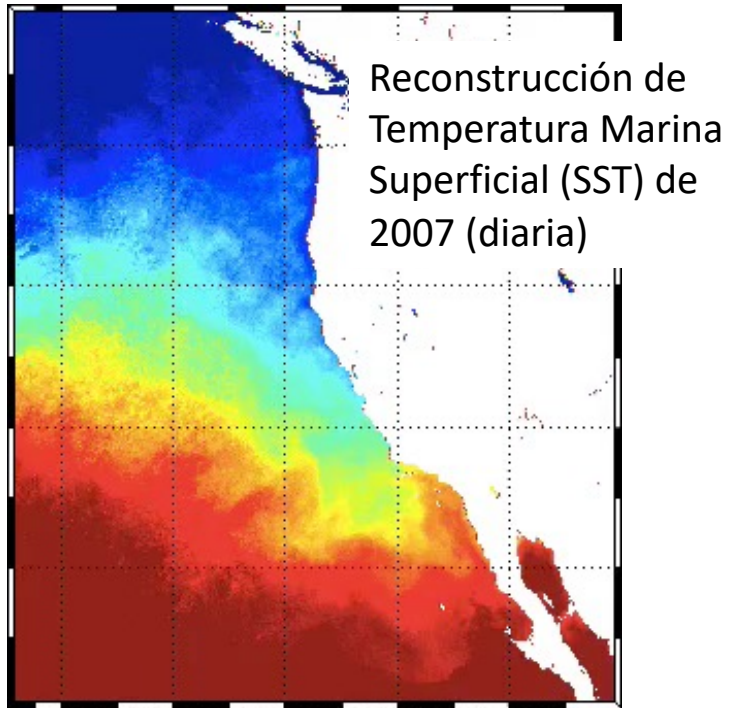
HAB Variable (Threshold)	Best-fit Logistic GLM - RS $P_{\text{bloom}} = e^{(\text{logit})} / [e^{(\text{logit})} + 1]$
<i>Pseudo-nitzschia</i> (10^4 cells mL^{-1})	(i) logit = 8.54 - 10.84*[$R_{rs}(510/555)$] - 0.216*[Month] + 4.67*[$R_{rs}(490/555)$] (ii) logit = 5.32 - 2.87*[$R_{rs}(490/555)$] - 0.165*[Month]
pDA (500 ng L^{-1})	logit = -134.3 + 0.253[Chl] + 4.0*[Sal] - 502*[$R_{rs}(555)$]
cDA (10 pg cell^{-1})	logit = -90.0 - 0.35*[Temp] - 666*[$R_{rs}(555)$] + 2.87*[Sal]

Reflectancia de Teledetección (a varias longitudes de onda)
Salinidad
Temperatura
Clorofila

Nitrato
Fosfato
Ácido Silícico

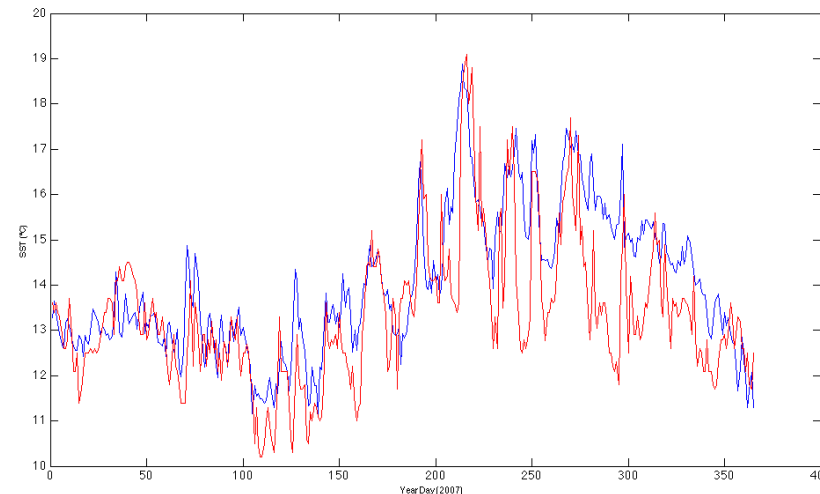
Para poder operar en tiempo casi real, necesitamos tratar con imágenes satelitales nubosas

Data Interpolating Empirical Orthogonal Functions (DINEOF)*



Reconstrucción estadística de datos satelitales resolviendo Funciones Ortogonales Empíricas espaciales y temporales simultáneamente (Beckers y Rixen, 2003)

Éste es un método de código abierto para “rellenar” lagunas en los datos estadísticamente, algo semejante al Optimal Interpolation. Depende de la variabilidad espacial inherente del conjunto de datos para el período de tiempo que uno ingresa al programa.

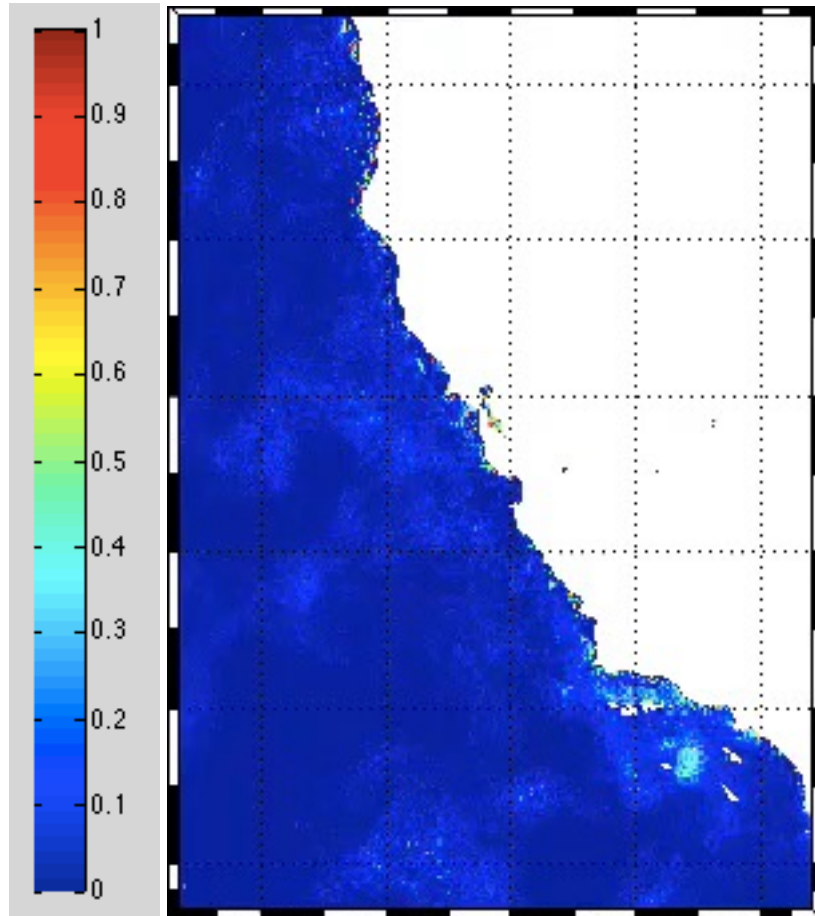


(NDBC 46054 West Santa Barbara)

- SST: $R^2=0.9$, RMSE (Error de raíz media cuadrada) < 1°C , tan bueno como Pathfinder AVHRR pero diario!

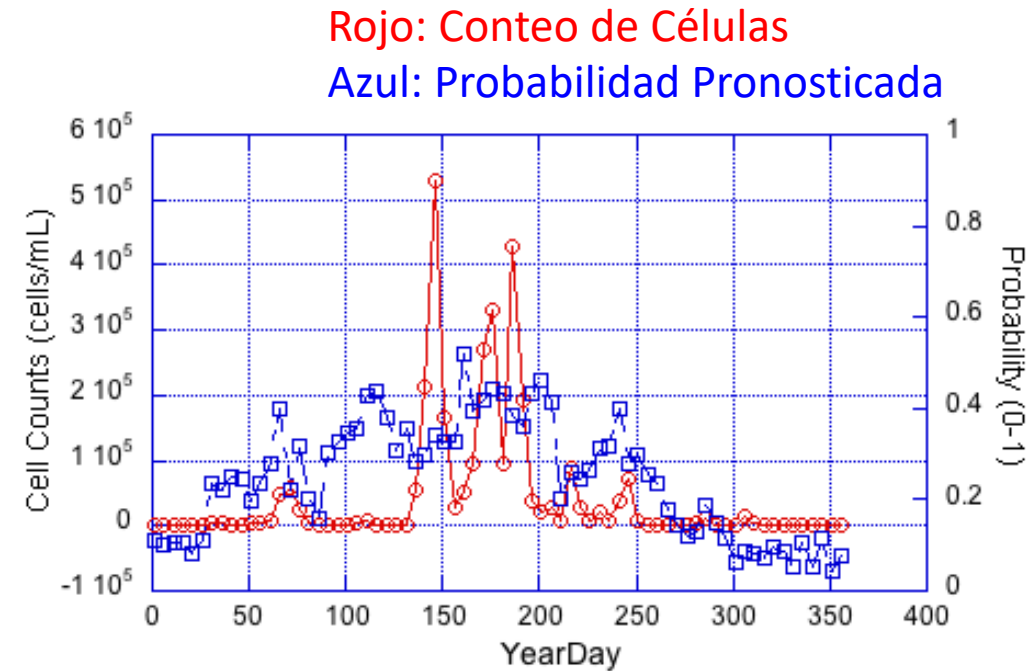
*Funciones ortogonales empíricas que interpolan datos

“Retro-nosticando” floraciones de *Pseudo-nitzschia*



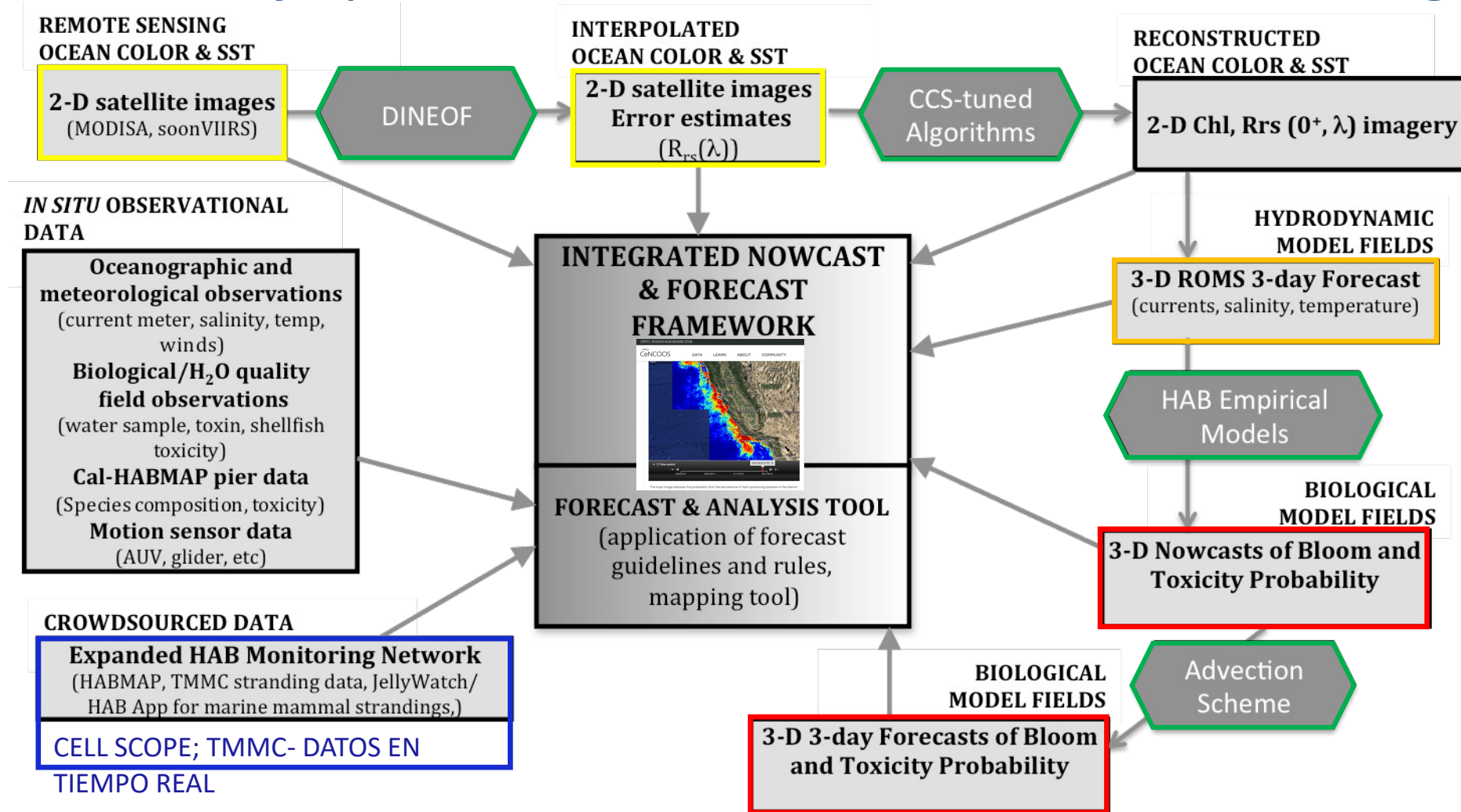
Probabilidad (0-1) de *Pseudo-nitzschia*, intervalos de 5 días, 2009

- Enfoque en 2009 ([Anderson et al. 2011](#))
- Reconstrucción DINEOF a intervalos de 5 días



2009- Retro-nóstico Conteo de Células, Santa Barbara

Flujo de trabajo para la herramienta C-HARM Forecasting Tool



PÁGINA EN LÍNEA PARA INTERACTUAR CON LA COMUNIDAD DE PARTES INTERESADAS

<http://www.cencoos.org/data/models/habs/>

HOMEOS INTEGRATED OCEAN OBSERVING SYSTEM Search

CENCOOS DATA LEARN ABOUT COMMUNITY

HARMFUL ALGAL BLOOM MODEL

Home > Data > Technologies > Models

LATEST CONDITIONS FORECAST CONDITIONS PREVIOUS CONDITIONS

Experimental Data - Use Cautiously

Pseudo-nitzschia Particulate Domoic Acid Cellular Domoic Acid

2015-01-10 pseudo-nitzschia probability

43°N 42°N 41°N 40°N 39°N 38°N 37°N 36°N 35°N 34°N 33°N 32°N

126°W 124°W 122°W 120°W 118°W

Pseudo-nitzschia

Predicted "nowcasts" of harmful algal bloom (HAB) conditions are created through a combination of 1) sophisticated circulation models that predict the ocean physics, 2) satellite remote-sensing data of the ocean "color" and chlorophyll patterns, and 3) statistical models for predicting bloom and toxin likelihoods. These predictions are generated daily to provide a snapshot of where you might encounter a *Pseudo-nitzschia* bloom and/or domoic acid event.

INFORMATION TUTORIAL

We are soliciting the community to consult our product and provide feedback, particularly if HAB predictions have the potential to help in decision-making activities. The quick survey will help guide improvements and allow us to report to NASA what you, as important end-users, think about our product.

USER SURVEY #

feedback

The map image displays the probability that the abundance of toxin-producing species of the diatom *Pseudo-nitzschia* in coastal waters is at or above the "bloom" threshold of 10,000 cells per liter. A value of 0.7, for example, means there's a 70% predicted probability of *Pseudo-nitzschia* blooms in that pixel.

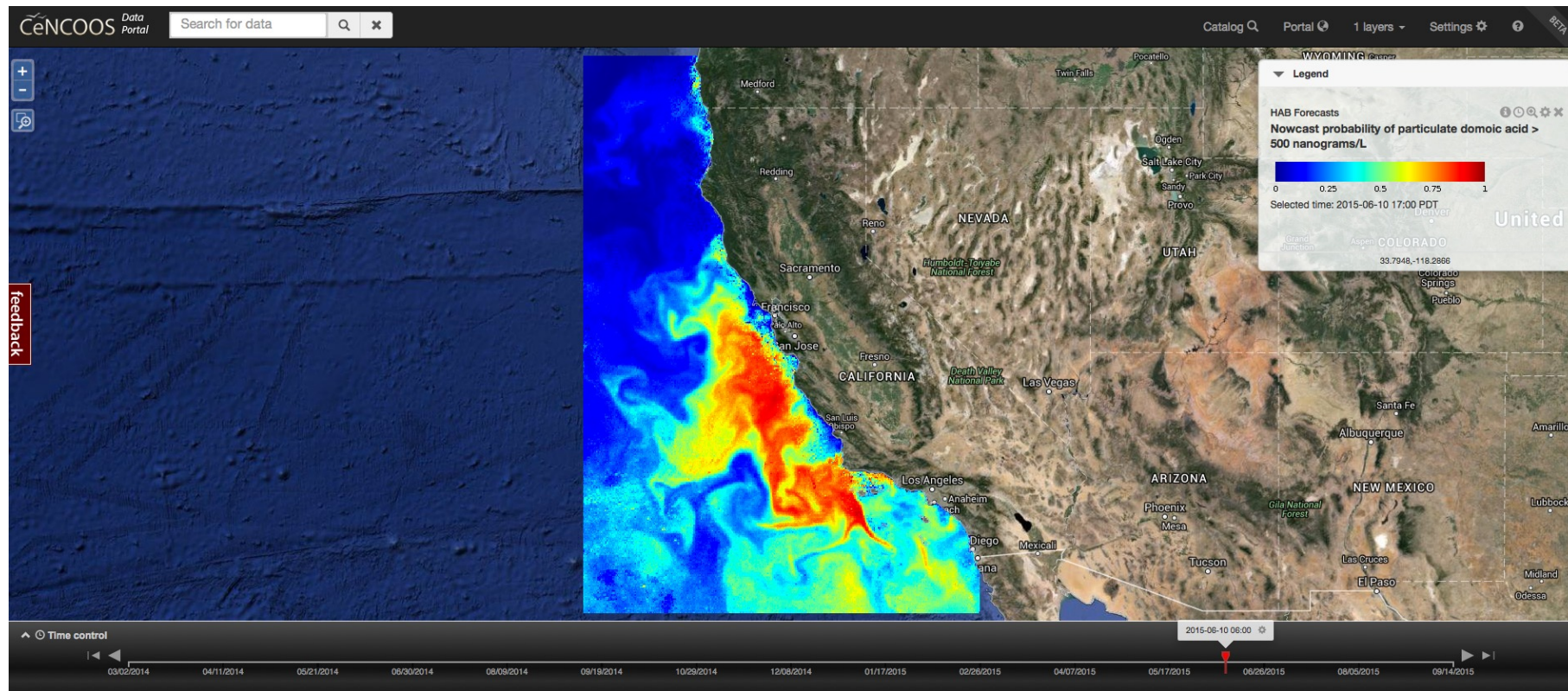
+ SHOW CHLOROPHYLL MAP

GOOGLE FORM (Feedback)
Comentarios de:

Gestores de Recursos Naturales
Usuarios
Colaboradores en @ NOAA NOS
y NWS

Portal de Datos Interactivo de CeNCOOS “Previous Conditions”

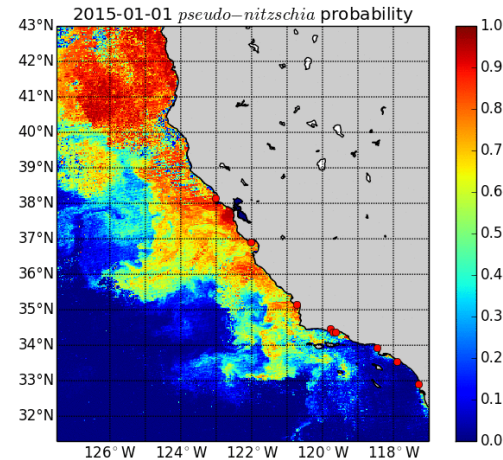
<http://www.cencoos.org/data/models/habs/previous>



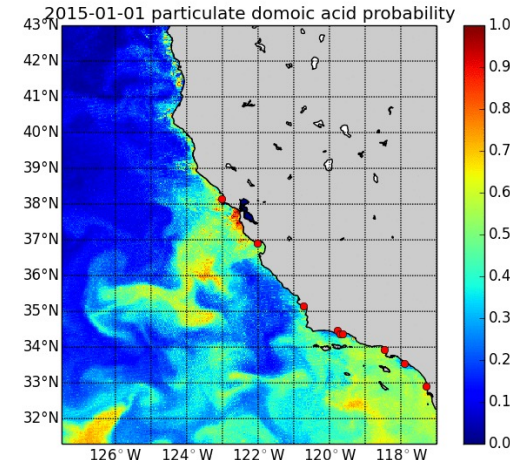
Portal Interactivo de Datos C-HARM- Datos Actuales y Pronósticos de 3 días

<http://www.cencoos.org/data/models/habs/>

Mapas de
Probabilidades



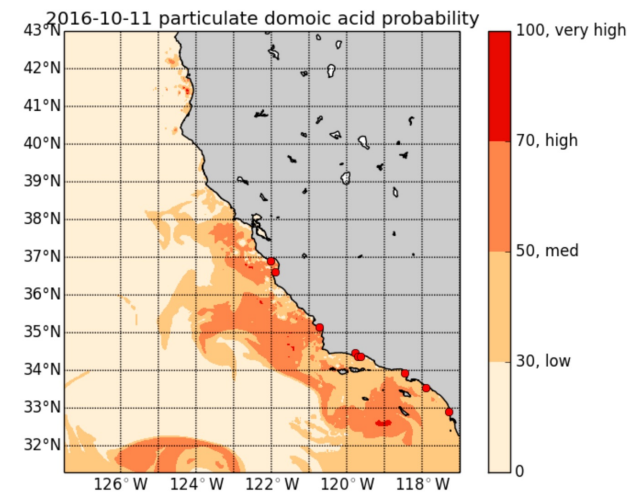
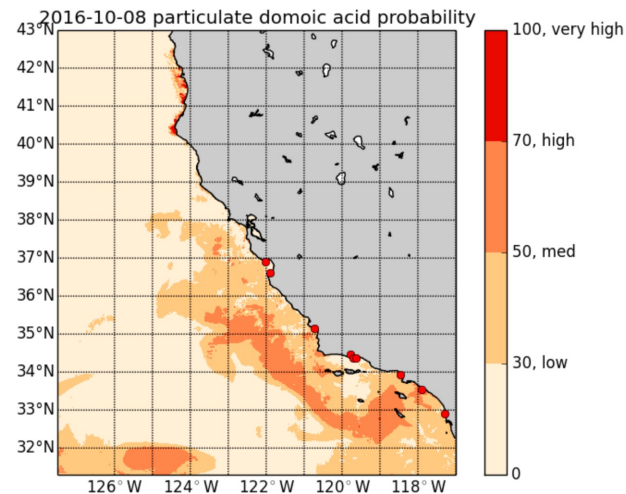
Particulate Domoic Acid Nowcast



Particulate Domoic Acid Forecast

Nowcast= palabra acuñada al combinar la palabra “now” = “ahora” con el sufijo –cast, última parte de la palabra “forecast” = pronóstico, literalmente “aviso de lo actual”

Mapas de Riesgos
basados en
comentarios de
partes interadas



Testimonios de Piscicultores de Mariscos y Centros de Rescate de Mamíferos Marinos



“Al igual que cada modelo que uso, tal como el tiempo o marea ventosa, los observo para ver cómo se aplica a mis condiciones locales y después determino mi propio grado de exactitud y los aplico a las decisiones que tomo en cuanto a la administración de los cultivos. Cuando ocurre un evento de DA cerca de mí, estaré revisando los modelos para ver cómo afecta mi situación.”

– **Bernard Friedman, Santa Barbara Mariculture Company, Santa Barbara, California**



“Como Director Médico de un centro de rehabilitación de mamíferos marinos en California Meridional, siempre necesito datos actuales sobre floraciones de ácido domoico en las aguas de California Meridional. Llevamos tiempo usando estos datos pictoriales para mantenernos al tanto de las tendencias estacionales de las floraciones domoicas que afectan a mamíferos marinos en las aguas de California Meridional. Por primera vez en 20 años podemos verificar las floraciones domoicas a tiempo, que podrían resultar en patologías moderadas o severas o muertes de mamíferos marinos en las aguas del condado de Orange. **Éste es un ejemplo clásico de ‘saber es poder’.** Pedimos que se continúen a destinar fondos para esta organización para permitirles que sigan produciendo datos tan valiosos.”

– **Dr. Richard Evans, The Pacific Marine Mammal Center, Laguna Beach, California**



“Ha habido llamados repetidos pidiendo semejante capacidad en los talleres y publicaciones de oceanógrafos, veterinarios, ecologistas y funcionarios de salud pública, puesto que estas floraciones tienen efectos dramáticos en la salud de mamíferos marinos así también como en la economía y salud humana. “

– **Frances Gulland, Cientista Encargado, The Marine Mammal Center, Sausalito, California**

Testimonios de Pescadores y Navegantes

“Como pescadores de cangrejos Dungeness, seguimos estos modelos a diario.”

“Como pescador en alta mar, esto se suma a los datos que necesito para pescar mar adentro.”

“Yo uso éstos para hacer kayak y otros tipos de recreo al aire libre y también para mantenerme al tanto con un entendimiento generalizado (y cuando estoy de visita aquí) de lo que está sucediendo en la bahía de San Francisco, hacia el norte y el sur. Comencé a hacer esto porque vivo en el centro-este de Illinois y hago kayak en los ríos y en el lago Michigan (en sí un mar interior) y cuando me di cuenta que puedo chequear la calidad del agua, marcó una enorme diferencia respecto a cuándo y dónde hago kayak y/o natación en aguas profundas.” **-Aisha Sobh, ciudadana interesada**

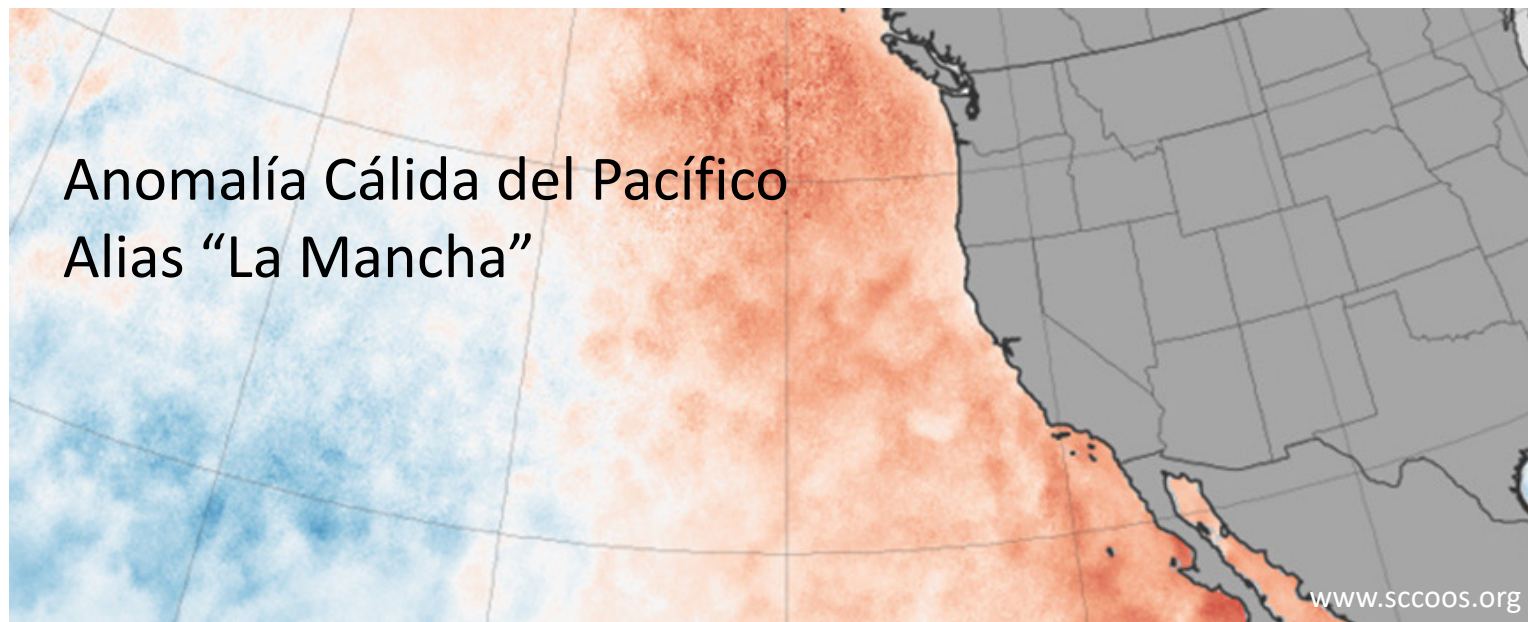


Photo: CA Fish and Wildlife

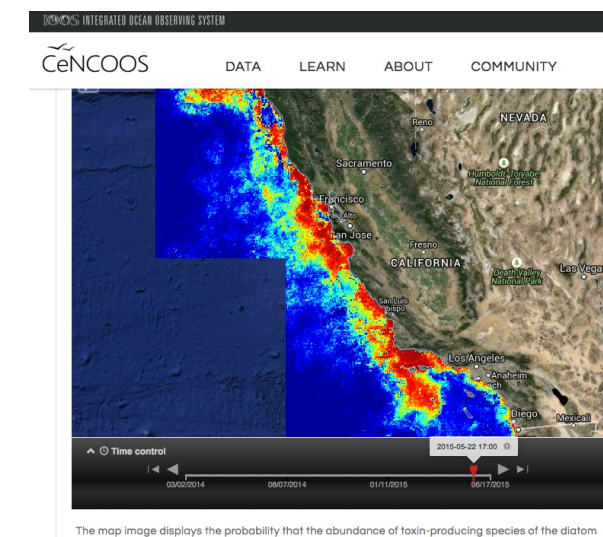


Photo - <http://kayakingcaldelta.blogspot.com>

FLORACIÓN de la MUERTE de 2015 asociada con “La Mancha”



Mapa C-HARM de *Pseudo-nitzschia*



Evento de Mortalidad Inusual – incluye rorcuales comunes



Cierre Histórico de la Pesca de Cangrejo Dungeness!

Captura Recreativa y Comercial

(noviembre-mayo)

Santa Cruz Sentinel
NEWS

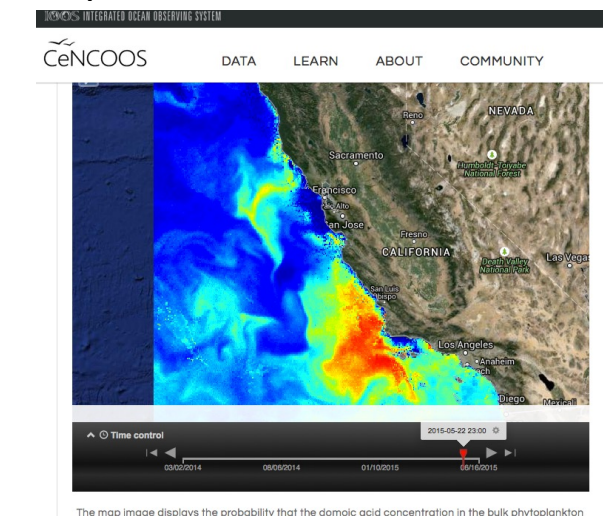
News Sports Business Entertainment Lifestyle Opinion Obituaries Place

Home News

California's crab-season delay claims Christmas

By Aaron Kinney akinney@bayareanewsgroup.com

Mapa C-HARM de Ácido Domoico



Geophysical Research Letters



RESEARCH LETTER

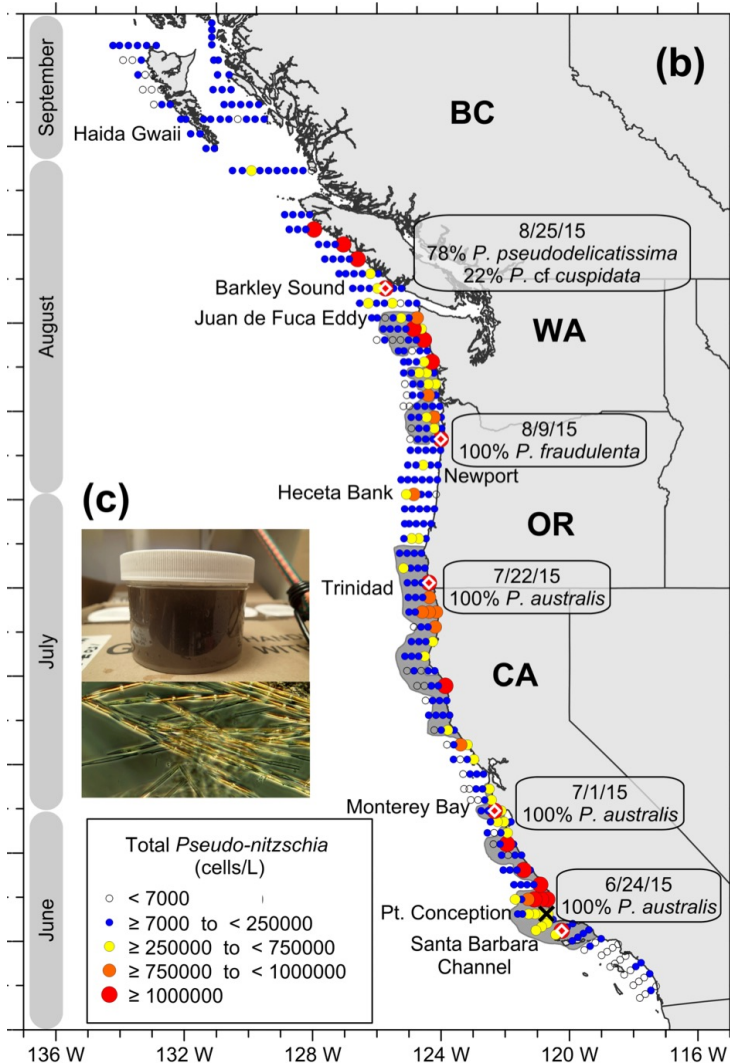
10.1002/2016GL070023

An unprecedented coastwide toxic algal bloom linked to anomalous ocean conditions

Special Section:

Midlatitude Marine Heatwaves: Forcing and Impacts

Ryan M. McCabe¹, Barbara M. Hickey², Raphael M. Kudela³, Kathi A. Lefebvre⁴, Nicolaus G. Adams⁴, Brian D. Bill⁴, Frances M. D. Gulland⁵, Richard E. Thomson⁶, William P. Cochlan⁷, and Vera L. Trainer⁴

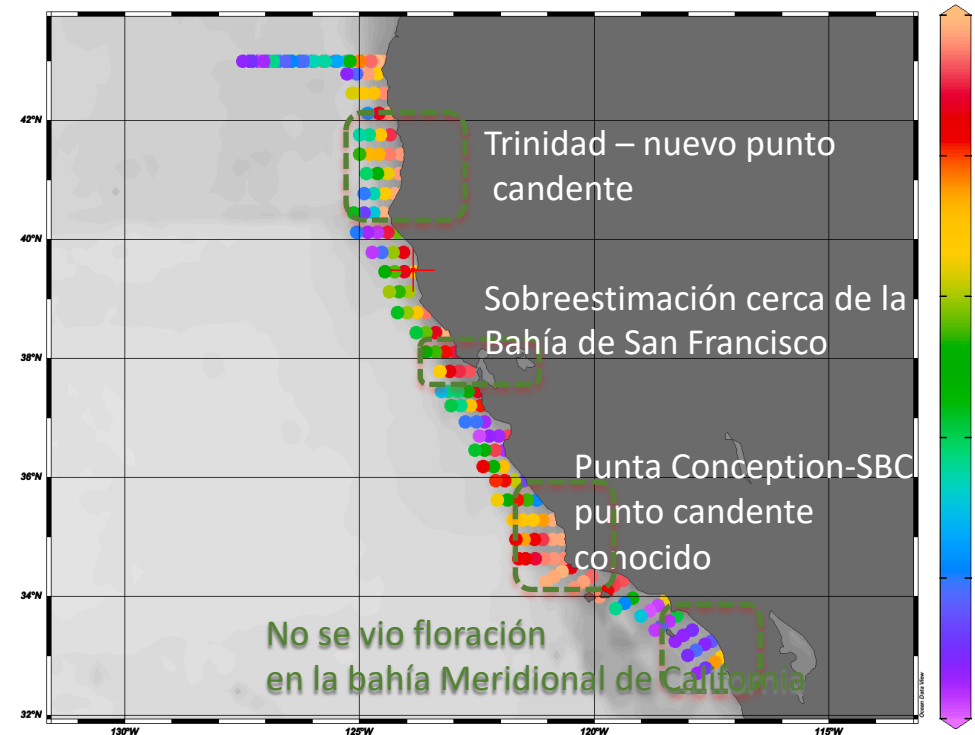


R/V Shimada NMFS Crucero de la Oportunidad

ESTIMACIONES C-HARM EN ESTACIONES DE CRUCEROS

Probabilidad de una floración de *Pseudo-nitzschia*

64% Accuracy, 31% False Positives



Geophysical Research Letters



RESEARCH LETTER

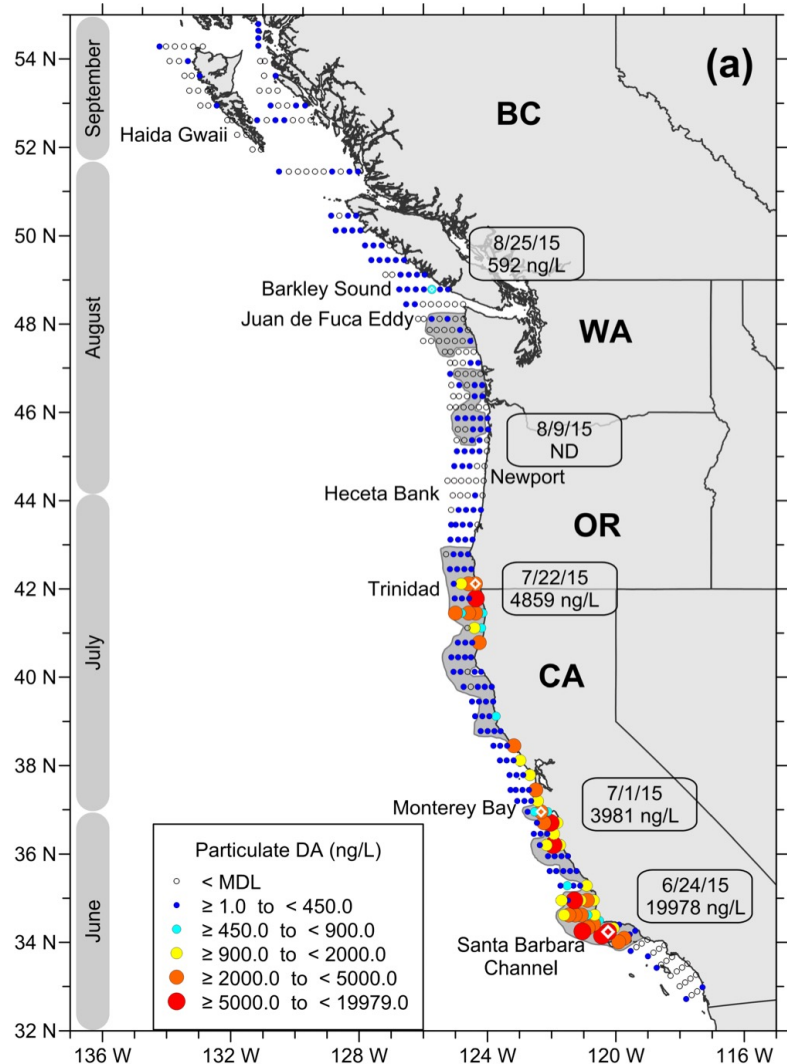
10.1002/2016GL070023

An unprecedented coastwide toxic algal bloom linked to anomalous ocean conditions

Special Section:

Midlatitude Marine Heatwaves: Forcing and Impacts

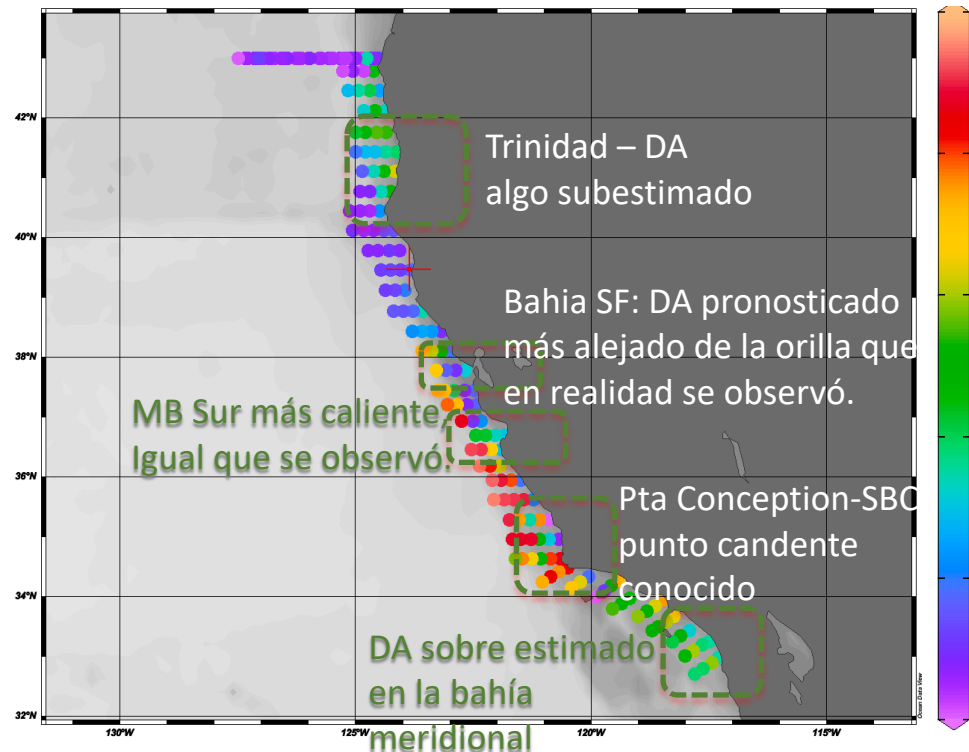
Ryan M. McCabe¹, Barbara M. Hickey², Raphael M. Kudela³, Kathi A. Lefebvre⁴, Nicolaus G. Adams⁴, Brian D. Bill⁴, Frances M. D. Gulland⁵, Richard E. Thomson⁶, William P. Cochlan⁷, and Vera L. Trainer⁴



R/V Shimada NMFS Crucero de la Oportunidad

ESTIMACIONES C-HARM EN ESTACIONES DE CRUCEROS

Proabilidad de niveles elevados de DA
71% de Exactitud, 20% Falsos Positivos



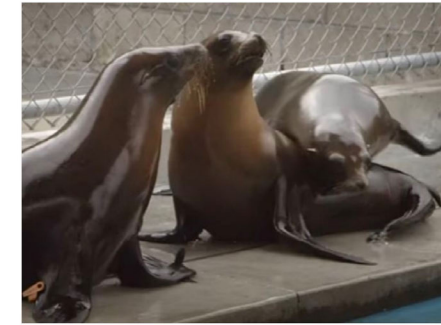
2017 –HAB Extensa en en Sur de California

Sea Lions Suffering From Domoic Acid Poisoning, Laguna Beach Rescue Says

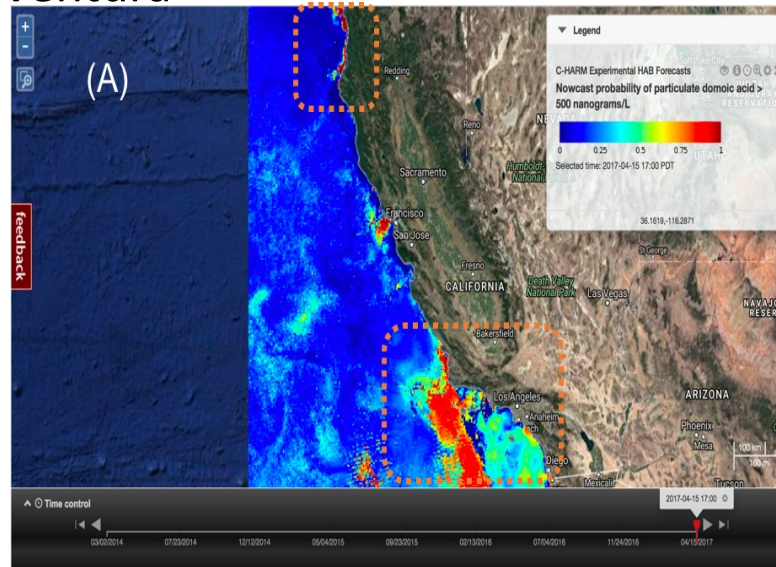
"In large concentrations, (the algae) produces neurotoxins that can destroy the brain," Pacific Marine Mammal Center said.

By Ashley Ludwig (Patch Staff) - April 11, 2017 12:23 pm ET

Like 181 Share

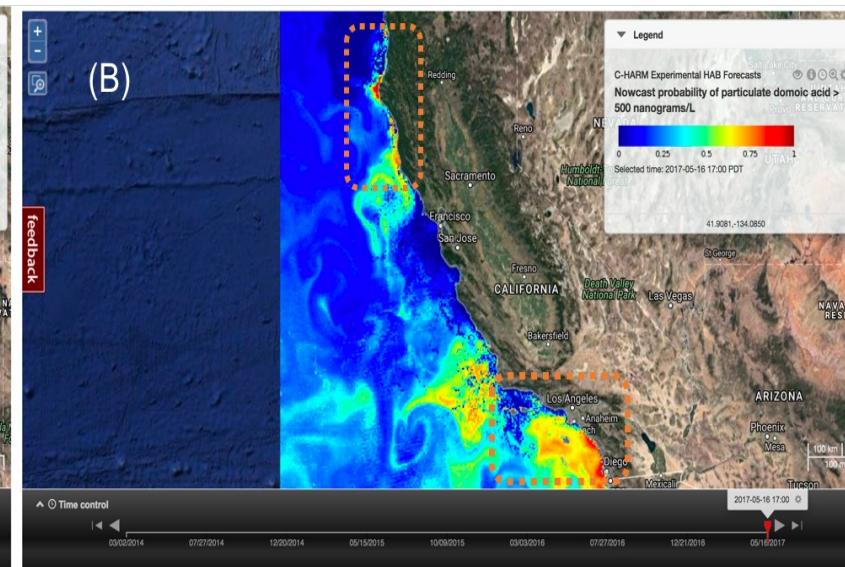


Impactos Amplios: **Animales varados/muertos** [Lobos marinos, Elefantes marinos, Lobos Finos de Guadalupe, Aves Marinas (Murre Comunes, Grebes, Pelícanos)]; **Avisos sobre Mariscos** en los condados de Santa Bárbara y Ventura



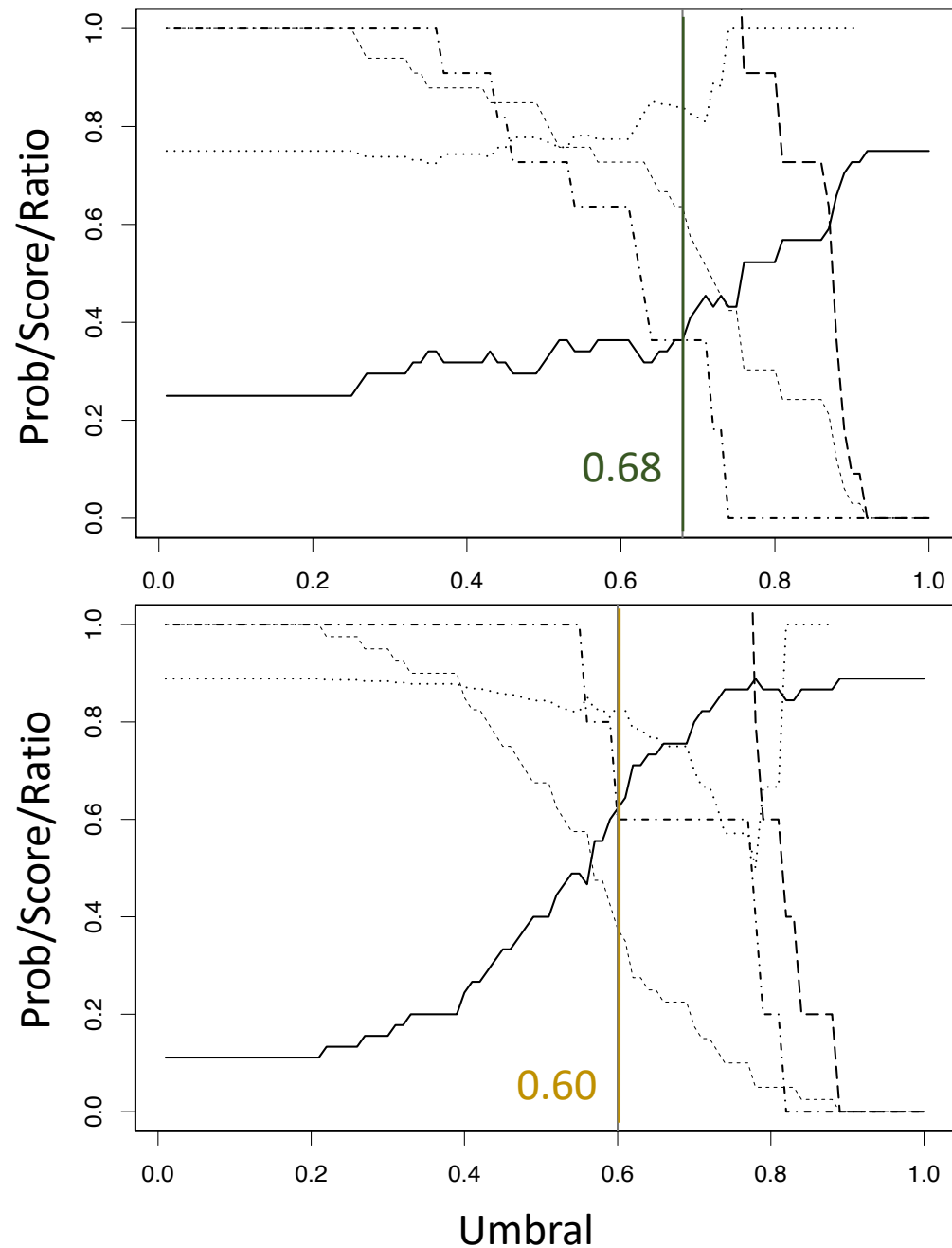
15 de abril 15 = Inicio de HAB

- Evento mar adentro
- Bajas mediciones de toxinas en los muelles
- Gran cantidad de animales varados



17 de mayo = La HAB se mueve al Sur y al Norte

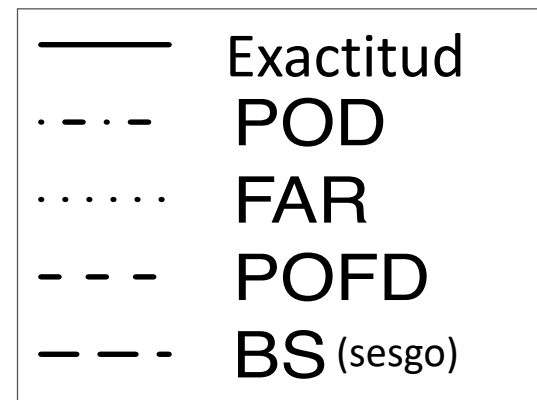
- Más impactos notados por San Diego
- HAB persiste en el Canal de Santa Barbara
- Cerraron la pesca de cangrejos en el Norte de CA



Gráficos de Contingencias para Evaluar el Rendimiento del Modelo – Optimizar Umbral de Probabilidades

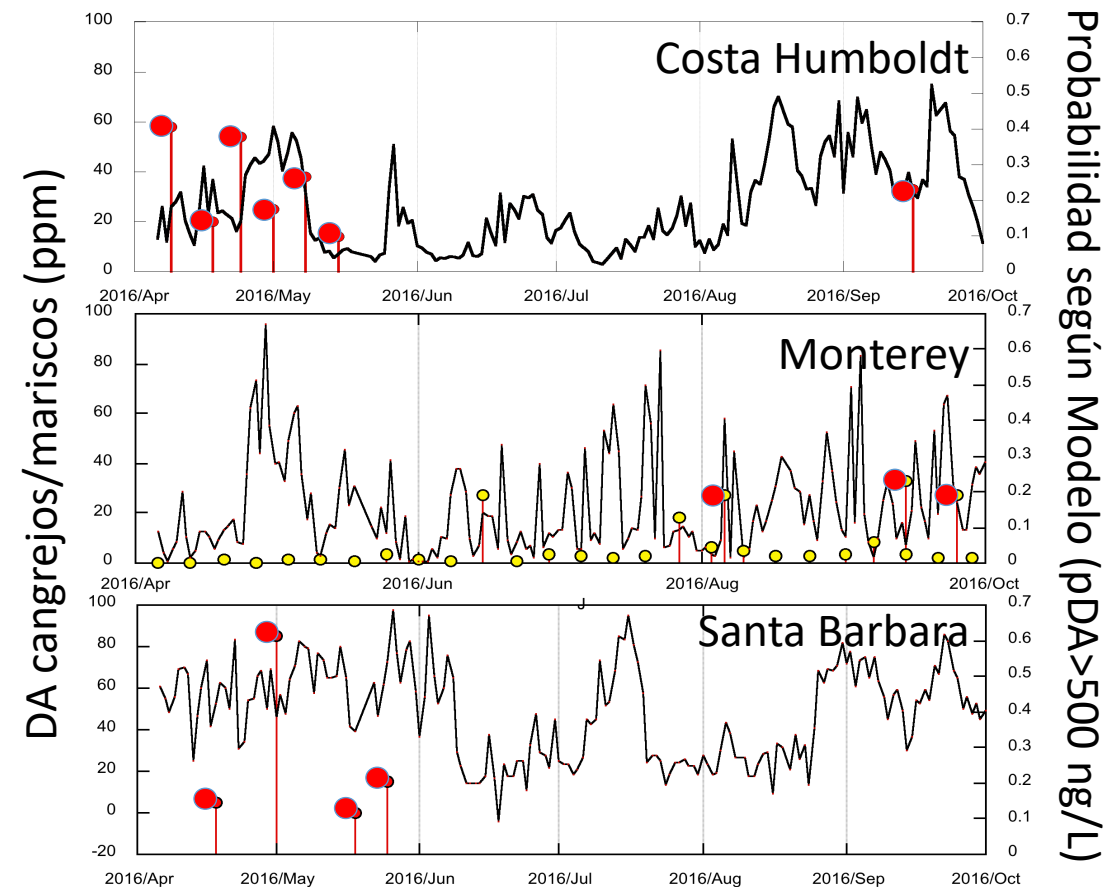
Pseudo-nitzschia en el Muelle SC vs. Modelo de Pixeles más Cercano

Ácido Domoico en el Muelle SC vs. Modelo de Pixeles más Cercano



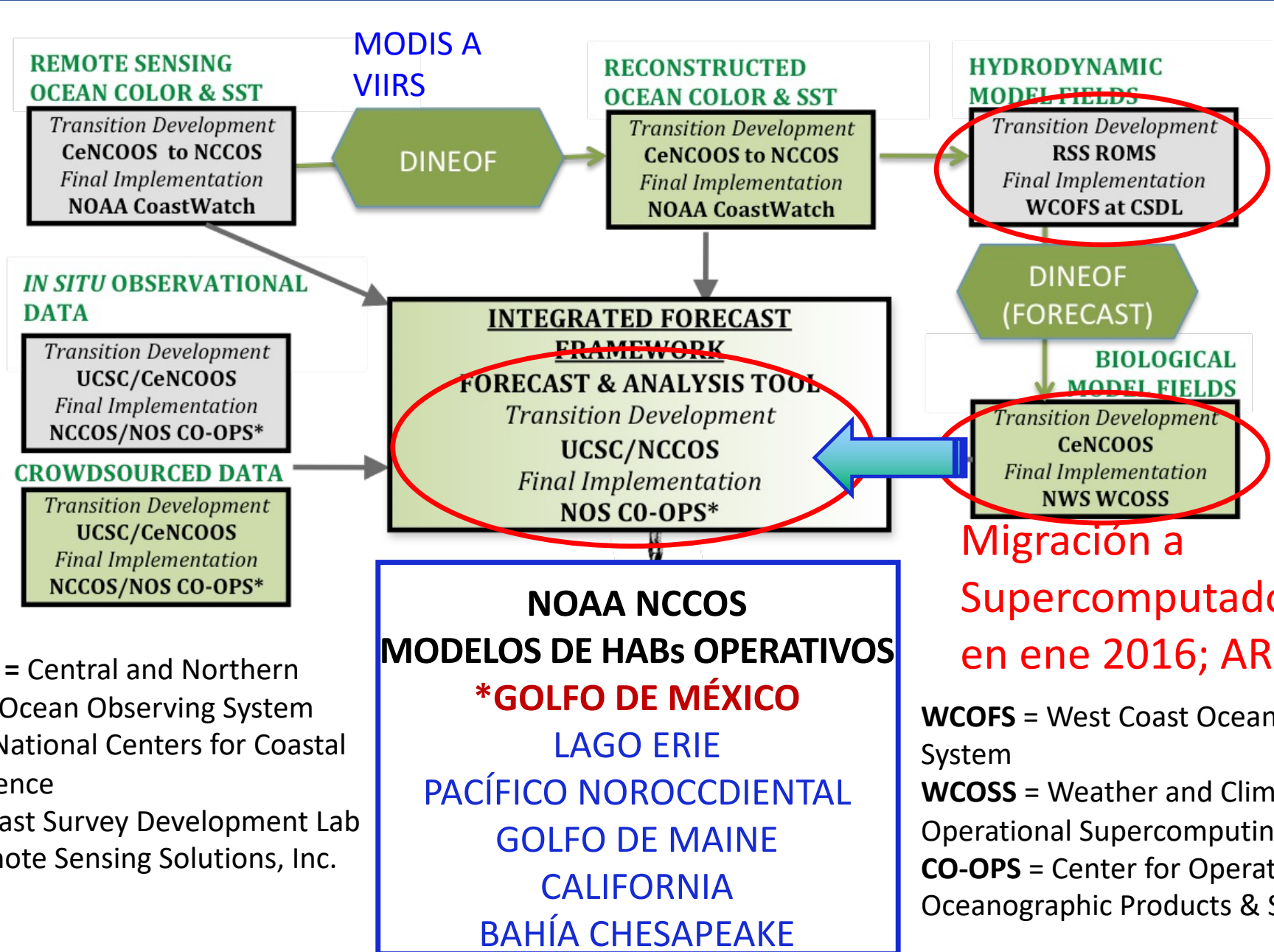
¿Qué nos dice C-HARM acerca de la toxicidad de los mariscos?

2016 – Toxicidad de Cangrejos y Mariscos según modelo de aguas costeras



Rojo=Cangrejo, Amarillo=Mejillón

Dato de cangrejos: <http://www.cdph.ca.gov/healthinfo/pages/fdbdomoicacidinfo.aspx>

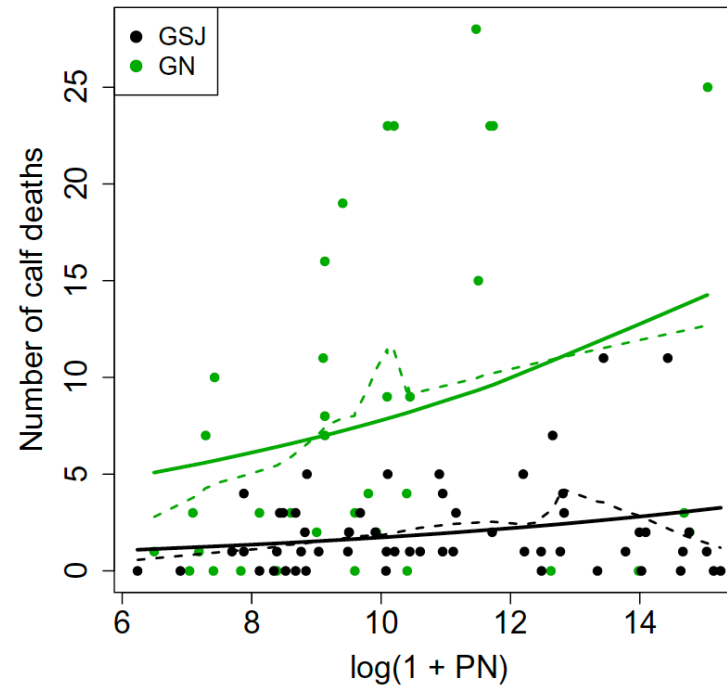
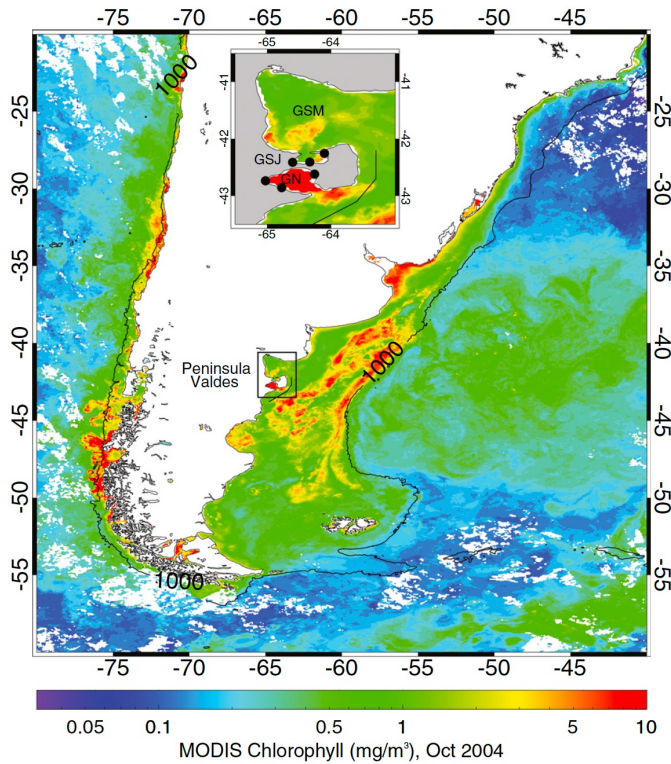


Migración a Supercomputadora S4 en ene 2016; ARL 7/8

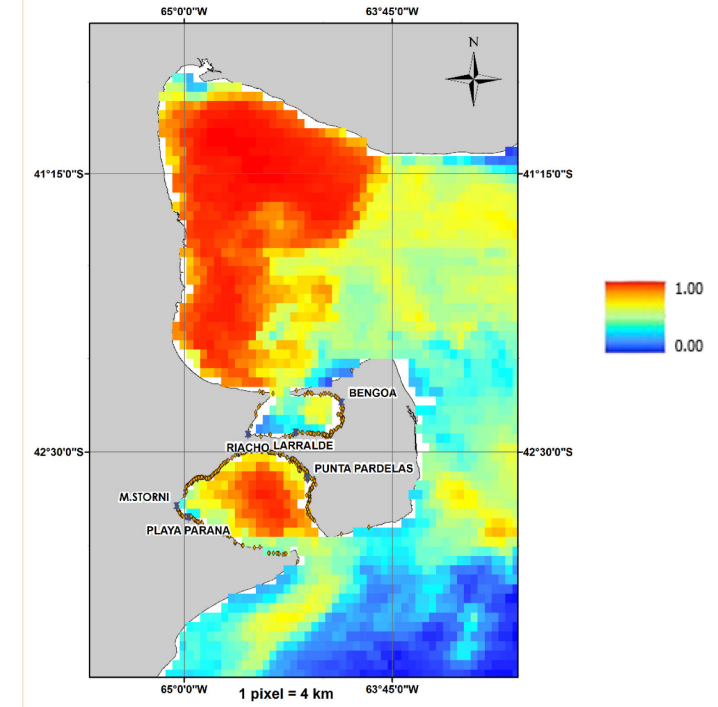
CeNCOOS = Central and Northern California Ocean Observing System
NCCOS = National Centers for Coastal Ocean Science
CSDL = Coast Survey Development Lab
RSS = Remote Sensing Solutions, Inc.

WCOFS = West Coast Ocean Forecast System
WCOSS = Weather and Climate Operational Supercomputing System
CO-OPS = Center for Operational Oceanographic Products & Services

Proyecto NASA DEVELOP Península Valdés, Argentina



Mapa de probabilidad de *Pseudo-nitzschia* (noviembre 2006)



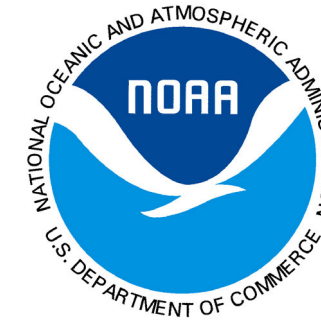
Wilson et al. (2016) Mortalidad de crías de la ballena *Eubalaena australis* en la Península Valdés, Argentina: ¿Las floraciones de algas nocivas tienen la culpa? *Marine Mammal Science* 32(2)

Voelker, E., Morrow, J., Smith, T., (2014). Analyzing Harmful Algal Blooms in Southern Right Whale Habitat Using a Suite of Earth Observations. NASA DEVELOP Technical Paper.

Se aplicaron los modelos C-HARM a esta región para evaluar La relación a largo plazo entre el varamiento de mamíferos, el monitoreo de HABs y eventos de HABs pronosticados



Ciencias Aplicadas de la NASA
Biología Oceánica y Biogeoquímica,
Ciclo Energético e Hidrológico



NOAA MERHAB & ECOHAB
NCCOS

**Muchas gracias a ARSET para esta oportunidad
de compartir C-HARM con la comunidad**

<http://www.cencoos.org/data/models/habs>

Neuvo Puesto en SIO-SCCOOS
clrande@ucsd.edu

