

Aplicaciones de teledetección en sistemas acuáticos para monitoreo de los objetivos de desarrollo sostenible

Semana AmeriGEOSS 2019 – Lima, Peru

Parte 1: Claudio Barbosa, National Institute for Space Research (INPE) Parte 2: Nima Pahlevan, NASA Goddard Space Flight Center (GSFC)





Parte 1: Fundamentos de la teledetección acuática Claudio Barbosa, INPE







http://www.dpi.inpe.br/labisa/index_en.html

PRINCIPIOS Y APPLICACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN EN SISTEMAS ACUÁTICOS

Cláudio Barbosa claudio.barbosa@inpe.br

Earth Observation General Coordination (OBT/DPI) Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) São José dos Campos- Brazil

August 21, 2019 SER 341 - 2017

Esquema – Parte 1

- > Los procesos de interacción entre luz y agua;
- Propiedades ópticas inherentes y aparentes;
- Componentes ópticamente activo de las aguas naturales;
- > Algoritmos bioópticos para recuperar componentes del agua;
- Teledetección de sistemas acuáticos;
- Estudios de caso;
- > Referencias.







Proporcionar un resumen general de los conceptos principales de óptica hidrológica y

teledetección del color del agua para utilizarlos mejor en la gestión de la calidad del agua.









Motivación



Uso de tecnología de teledetección para mejor gestión de la calidad del agua.

 Ofrecer un contexto general de óptica hidrológica para leer artículos científicos y producir información de calidad.







Motivación

La razón de la multiplicidad de colores de las aguas naturales y cómo la registran los sensores remotos









Figura 3.1. Exemplos de imagens de cor da água registradas sensores remotos orbitais a bordo de satélites.







El color del agua es el resultado de la interacción de la luz solar con los cuerpos de agua (Electromagnetic Radiation - EMR).

> La teledetección del color del agua está basado en esta interacción.

- Mediciones del color del agua son un buen indicador del tipo y de la cantidad de componentes presentes en el cuerpo de agua natural.
- Mapas de concentración y de variabilidad espacial de algunos parámetros de calidad del agua pueden derivarse de las mediciones del color del agua y ser utilizados para la gestión de la calidad del agua.





- > Cómo interactúa la luz con los cuerpos de agua naturales;
- > Las razones por las que aguas naturales tienen una multiplicidad de colores;
- Cómo definir, describir, y medir (cuantificar) los procesos de interacción entre la luz solar y los diferentes tipos de agua;
- Qué componentes del agua naturales interactúan con la luz solar;
- > Principales propiedades ópticas de las aguas naturales para la teledetección del color del agua;
- > Qué propiedades ópticas son inherentes y qué son aparentes (IOP, AOP) en un cuerpo de agua.





Conceptos clave que los usuarios deben saber

- Cómo se pueden relacionar las cantidades radiométricas con las propiedades ópticas de los componentes del agua.
- > ¿Cuáles son los impactos atmosféricos en la señal que llega al sensor orbital?.
- Estos conceptos se definen en ópticas hidrológicas describiendo el comportamiento de la luz en medios acuáticos.

Nota: El conocimiento de estos conceptos también es esencial para comprender nuevos enfoques en la teledetección de la calidad del agua publicados en revistas.

La primera parte de este taller (~100 minutos) será una visita a estos conceptos, en preparación a la segunda parte.





Trayectoria y los principales procesos en los que está sometida la luz solar antes de alcanzar el sensor orbital



P1- Algunos fotones son absorbidos o dispersados por los gases o aerosoles atmosféricos.

P2- Fotones que alcanzan la superficie del agua se reflejan o transmiten al agua.





Trayectoria y los principales procesos en los que está sometida la luz solar antes de alcanzar el sensor orbital



P3- Algunos fotones que ingresan al agua son absorbidos o dispersados por los componentes del agua (fitoplancton, CDOM, partículas minerales, moléculas de agua).

CDOM= Materia orgánica disuelta coloreada

P4- Parte de la luz dispersada hacia arriba por la atmósfera, por la superficie de agua, y por la columna de agua llegan a los sensores satelitales.

Nota: Parte de la luz absorbida por clorofila y CDOM es reemitido (fluorescencia).





Algunas referencias

- 1. Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems: John Kirk (Third Edition)
- 2. Light and Water Radiative Transfer in Natural Waters 1999: Curtis Mobley
- 3. Optical Properties and Remote Sensing of Inland and Coastal Water: Bukata et al 1995
- 4. <u>Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos: princípios e aplicações</u> <u>http://www.dpi.inpe.br/labisa/livro/</u> (free download)
- 5. <u>http://www.oceanopticsbook.info/</u>
- 6. <u>https://sites.google.com/site/oceanopticsclass/schedule</u>
- 7. Bio-optical Modeling and Remote Sensing of Inland Waters (Mishra et al, 2018).





Cómo interactúa la luz con los cuerpos de agua naturales







Luz solar vs. agua natural (contextualización)

Luz solar = radiación electromagnética con propiedades de onda y partículas (fotones)

Agua natural = una mezcla compleja de agua pura con sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas y partículas que difieren en tamaño, forma y composición química.



Limita el rango espectral por la teledetección de color del agua (400 nm a casi 900 nm)

➔ Teledetección óptica





Cómo la luz interactúa con los cuerpos de agua naturales

Solamente dos cosas suceden a los fotones en agua: ellos pueden ser absorbidos o dispersados.



Fotones son **absorbidos** cuando son capturados por moléculas de agua o de constituyentes del agua.

Fotones son **dispersados** cuando el agua o los componentes en agua cambia(n) su dirección de propagación.





Color del agua = Interacción entre luz y OAC

Componentes ópticamente activo (OAC) en aguas naturales: (interactúan con la luz solar)

- > Agua pura;
- > Materia orgánica disuelta coloreada (CDOM);









Proceso de absorción de luz

Cuando un fotón es absorbido, su energía se transfiere a una molécula



La absorción por el agua depende en gran medida de la longitud de onda.

La energía en un fotón varía con la frecuencia (longitud de onda).



http://lasp.colorado.edu/home/sorce/files/2011/09/fig01.gif







Proceso de dispersión de luz

La dispersión no elimina la luz. El fotón disperso permanece disponible pero se propaga en otra dirección.



- Para la mayoría de las partículas en la naturaleza, la dispersión alcanza su punto máximo en direcciones hacia adelante.
- La mayoría de las partículas encontradas por la luz en aguas naturales es mayor de 2 μm.





Proceso de dispersión de luz

La dispersión es un fenómeno importante para muchas aplicaciones de teledetección





laboratório de Instrumentação de Sistemas Aquáticos

Propiedades ópticas inherentes (IOP) de masas de agua







Propiedades ópticas inherentes (IOPs) de masas de agua

IOPs se especifican basado en las propiedades de la absorción de luz y de la dispersión de la masa de agua

Coeficiente de absorción $a(\lambda)$, Coeficiente de dispersión $b(\lambda)$ Función de la dispersión de volumen $\beta(\lambda)$



→ Ellos cuantifican absorción y dispersión de luz de una masa de agua en cualquier longitud de onda especificada.

$$R_{rs}(\lambda, 0^+) \cong \frac{f}{Q} \quad \frac{b_b(\lambda)}{a(\lambda) + b_b(\lambda)}$$



Fuente: Barbosa (2019)





Teoría IOP - $a(\lambda) b(\lambda)$

$c(\lambda)$ Atenuación del haz

→ (ver referencias)











 $b(\lambda) \Rightarrow$ fracción dispersa por unidad de distancia

 $c(\lambda) = a(\lambda) + b(\lambda)$ El coeficiente de atenuación



IOPs son propiedades conservadoras

 $a_T(\lambda) = a_{phy}(\lambda) + a_{NAP}(\lambda) + a_{CDOM}(\lambda) + a_w(\lambda)$

 $b_{b_T}(\lambda) = b_{bphy} + b_{bNAP} + b_{bw} + b_{bCDOM}$

$$R_{rs}(\lambda, 0^+) \cong \frac{f}{Q} \ \frac{b_{b_T}(\lambda)}{a_T(\lambda) + b_{b_T}(\lambda)}$$



Solo depende de la composición del agua





IOPs mediciones cuantitativas

2

0









IOPs comparación intraestacional - dependencia espectral de las IOPs superficies



Líneas solidas son la mediana de todas las estaciones calculadas dentro de 0.5 a 1-metros de profundidad.

Negra sólida /sombra gris- **febrero**. Discontinua negra/sombra azul – **Agosto**. Negra punteada/sombra roja - **Abril**.

Las sombras representan una desviación estándar.

IOPs son propiedades conservadoras

$$a_{T}(\lambda) = a_{phy}(\lambda) + a_{NAP}(\lambda) + a_{CDOM}(\lambda) + a_{w}(\lambda)$$
$$= R_{rs}(\lambda, 0^{+}) \cong \frac{f}{Q} \frac{b_{b_{T}}(\lambda)}{a_{T}(\lambda) + b_{b_{T}}(\lambda)}$$









Las **propiedades ópticas** son el vínculo entre el sistema acuático y la información que puede obtenerse por teledetección.





Campo de luz (repaso)

Conjunto de fotones o radiación electromagnética que se propaga dentro de un medio particular



Fuente: Barbosa (2019)

$$Q = \sum_{i=1}^{n} N_i \, \xi(\lambda_i)$$





Cantidades radiométricas (repaso)

Para describir cuantitativamente los campos de luz



labISA

claudio.barbosa@inpe.br





Medición de cantidades radiométricas

(repaso)







Propiedades ópticas aparentes (AOPs)





Propiedades ópticas aparentes (AOPs)

Depende de las IOPs y de la estructura direccional del campo de luz ambiental.

Ciertas proporciones de cantidades radiométricas son relativamente estables a los factores ambientales

Reflectancia irradiancia

 $R_{rs}(\lambda, 0^+) \equiv \frac{E_u(z, \lambda)}{E_d(z, \lambda)}$

Reflectancia de teledetección

 $R_{rs}(\lambda, 0^+) \equiv \frac{L_w(\theta, \phi, \lambda)}{E_s(\lambda)} \ [sr^{-1}]$

Coeficiente de la atenuación difusa vertical

$$K_d(z,\lambda) \equiv -\frac{1}{E_d(z,\lambda)} \frac{d E_d(z,\lambda)}{dz} [m^{-1}]$$

Ver referencias para demás AOPs







claudio.barbosa@inpe.br

Coeficiente de atenuación difusa vertical



labISA

claudio.barbosa@inpe.br





Reflectancia de teledetección (R_{rs})



La reflectancia de teledetección es una medida de la cantidad de luz descendente que incide en la superficie del agua que eventualmente regresa a través de la superficie en la dirección (θ , ϕ).

La composición del agua, a través del **OAC**, da forma al $R_{rs}(\lambda)$





Relaciones entre las cantidades utilizadas en ópticas hidrológicas





2019 AmeriGEO Week August 19-23 Peru – Lima

36
Propiedades ópticas de cada OAC







Agua pura

Sustancia químicamente pura compuesta de una mezcla de varios isótopos de agua, cada uno de diferente masa molecular.

> Libre de materia orgánica e inorgánica de origen terrestre y/o atmosférica.

Agua natural

Medios físicos-químicos-biológicos complejos que comprenden material vivo y no vivo.





Absorción por agua pura

La absorción de luz por el agua ocurre selectivamente en relación con la longitud de onda (altamente dependiente de ella)



- 1. Absorbe muy débilmente en las regiones azul y verde del espectro;
- 2. Comienza a elevarse por encima de los 550 nm;
- 3. Absorción es significativo en la región roja: capa de un metro de espesor absorbe ~35% de luz incidente a 680 nm.
- 4. Bandas de absorción mucho más fuertes en el infrarrojo (λ > 700 nm);

- 5. Dos "hombros" en la región visible: a ~514 nm y a ~604 nm (6º y 5º armónicos)
- 6. Aquellos de ~745 y de ~960 corresponden a 4º y 3º armónicos, donde el fundamental es de





Absorción por agua pura







Dispersión por agua pura

- Dispersión por agua pura es del tipo de fluctuación de densidad (refracción), y varía notablemente con la longitud de onda.
- Experimentalmente, dispersión varía de acuerdo con λ^{-4.32} en vez de λ⁻⁴, según lo predicho por la teoría de fluctuación de densidad.







Materia orgánica disuelta coloreada (CDOM) (Sustancia amarilla, gelbstoff)

- Fracción coloreada de los componentes de agua que pasan a través de un filtro de tamaño de poro de 0.2 μm.
- Derivado del proceso de descomposición del tejido vegetal por acción microbiana.
 (sustancias húmicas -> CDOM).
- En diferentes sistemas acuáticos, CDOM varía en tamaño molecular y composición química.
- Absorbe luz preferentemente en la región azul del espectro.









Absorción por CDOM

- Mientras que fitoplancton es normalmente el principal absorbente en el mar abierto, la absorción de aguas continentales y costeras está frecuentemente dominada por el CDOM.
- Las propiedades de absorción de luz de la CDOM pueden determinarse midiendo el espectral de absorción de una muestra de agua que se ha filtrado (0.2 μm tamaño poro) en celdas de 5 cm o 10 cm de longitud.







Absorción por CDOM



Espectros de absorción de CDOM típicos tienen muy baja absorción en el extremo rojo del espectro visible, aumentando constantemente a medida que la longitud de onda disminuye hacia el azul: la absorción es más alta en la región ultravioleta.

Concentración varía notablemente entre aguas marinas y aguas dulces, y también entre diferentes aguas continentales.





Absorción por CDOM (m⁻¹)

- El pendiente espectral (SCDOM) depende significativamente de la composición de la CDOM.
- El SCDOM se describe por una función exponencial (determinado en laboratorio).

$$a_{CDOM}(\lambda) = a_{CDOM}(\lambda_0)e^{-SCDOM(\lambda-\lambda_0)}$$









Dispersión por CDOM es insignificante, especialmente en aguas abiertos, y puede pasarse por alto (Dall'Olmo et al., 2009).

Sin embargo, algunos autores sugieren la existencia de dispersión visible para diferentes concentraciones de CDOM (Stramski & Wozniak, 2005), y, por lo tanto, se han realizado cuantificaciones de CDOM a través de mediciones de fluorescencia, que es un tipo de dispersión.





Fitoplancton (pigmentos fotosintéticos)

- Una comunidad típica de fitoplancton consta de cientos de especies, la mayoría de ellas con propiedades ópticas similares.
- Absorción de luz se realiza mediante pigmentos fotosintéticos presentes en las células de fitoplancton (clorofilas, carotenoides y biliproteínas)
- clorofila-a (chl-a) está presente en todas las especies y se usa como una medida de la concentración de células de fitoplancton.



August 19-23 Peru – Lima



Clorofila-a espectro de absorción

¿De qué color aparecerán el fitoplancton al ojo humano y por qué?









laboratório de Instrumentação de Sistemas Aquáticos

Absorción por fitoplancton

La cantidad de absorción de luz depende no solamente de la cantidad total de pigmentos fotosintéticos presente, sino también del tamaño y la forma de las células o colonias de algas dentro de las cuales se encuentran los pigmentos.



La presencia de otros pigmentos (dependiendo de especies y taxones) causará la ampliación del pico azul y la aparición de máximos de absorción adicionales.





Dispersión por fitoplancton

Valores de coeficientes de dispersión de fitoplancton, en comparación con el resto de las partículas no algales, son relativamente bajo, basado en su alto contenido de agua y propiedades de absorción fuertes.



Dispersión por diferentes fitoplancton en comparación con el Puerto San-Diego VSF de Petzold (1972).

Fuente: <u>http://www.oceanopticsbook.info/view/optical_constituents_of_the_ocean/_phytoplankton</u>







Absorción por partículas no algales (NAP)



claudio.barbosa@inpe.br

August 19-23 Peru – Lima

Absorción por fracciones de partículas en laboratorio



P13						
chlorophyll-a (µg/L)	phaeophytin (µg/L)	Secchi (meter)				
8.35	0.59					
158.35	2.99	1.80				
17.75	0.43					

TSM (mg/l)	TSIM (mg/l)	TSOM (mg/l)
4.13	1.13	3.00
14.80	2.20	12.60
1.75	1.13	0.63







52



Trabajo de campo en abril – absorción de espectrofotómetro de laboratorio



 $S_{(nap+cdom)}$ First Set

0.012

0.016

0.015

9.7 %

0.015

0.001

 $R_{rs}(\lambda, 0^+) \cong \frac{f}{Q} \frac{b_{b_T}(\lambda)}{a_T(\lambda) + b_{b_T}(\lambda)}$



2019 AmeriGEO Week August 19-23 Peru – Lima



laboratório de Instrumentação de Sistemas Aquáticos

Algoritmos bio-ópticos para recuperar componentes del agua







Algoritmos bio-ópticos para recuperar componentes del agua



Algoritmos bio-ópticos para recuperar componentes del agua

Semi-empíricos (SE)





Algoritmos semi-analíticos

Ecuaciones de transferencia radiativa para establecer relaciones entre AOPs y IOPs R_{rs} (λ) modelada R_{rs} (λ) estimada Modelagem direta $r_{rs}(\lambda)$ Nível 1 Modelos bio-Modelagem inversa ópticos $r_{rs}(\lambda) = f \frac{b_b(\lambda)}{a(\lambda) + b_b(\lambda)}$ Algoritmos bio-ópticos Nível 2 $a_t(\lambda) \quad b_{bp}(\lambda)$ $a(\lambda), bb(\lambda) por$ unidade de concentração $\begin{array}{c} a_{\rm phy}(\lambda) \\ a_{\rm cdm}(\lambda) \end{array}$ Concentrações Concentrações Nível 3 medidas de COAs estimadas de COAs

Ver las referencias para mayores detalles





Bandas de sensores vs. Absorción de clorofila-a



claudio.barbosa@inpe.br

laboratório de

Instrumentação de Sistemas Aquático

Bandas de sensores vs. Reflectancia de aguas naturales













Algoritmos bio-ópticos (clorofila-a)

Semi-empíricos (SE) & Semi-analíticos (SA)

Algorithm	Туре	Bands (nm)	Sensor	output	Concentration interval
QAA (670)	SA	$\lambda_1 = 670$	SeaWiFS, MODIS, MERIS, VIIRS	a _{nw} (λ), a _{ph} (440, 670)	ch1-a < 30 mg/m ³
chia=10(1.76x+1.61), x= $\log_{10}\left(\frac{R_{rs}(\lambda_2)}{R_{rs}(\lambda_1)}\right)$	SE	$\lambda_1 = 531$ $\lambda_2 = 667$	MODIS, SeaWiFS	[chl-a]	chl-a: 1-50 mg/m ³
$FLH = R_{rs}(\lambda_2) - \left[R_{rs}(\lambda_1) + \left(\frac{R_{rs}(\lambda_3)}{R_{rs}(\lambda_1)} \right) \times \frac{(\lambda_2 - \lambda_1)}{(\lambda_3 - \lambda_1)} \right]$	SE	$\lambda_1 = 665$ $\lambda_2 = 680$ $\lambda_3 = 708$	MERIS	FLH, [chl-a]	chi-a: 1.9 - 70.5 mg/m ³
$MCI=R_{rs}(\lambda_2)-\left[R_{rs}(\lambda_1)+\left(R_{rs}(\lambda_3)-R_{rs}(\lambda_1)\right)\times\frac{(\lambda_2-\lambda_1)}{(\lambda_3-\lambda_1)}\right]$	SE	$\lambda_1 = 680 \\ \lambda_2 = 708 \\ \lambda_3 = 753$	MERIS	FLH, [chl-a]	chl-a: 1.9 - 70.5 mg/m ³
chla= $[R_{rs}^{-1}(\lambda_1) \times R_{rs}(\lambda_2)]$ (2 bandas) chla= $[R_{rs}^{-1}(\lambda_1) - R_{rs}^{-1}(\lambda_2)] \times R_{rs}(\lambda_3)$ (3 bandas)	SE	$\lambda_1 = 560$ $\lambda_2 = 665$ $\lambda_3 = 705$	MERIS	[chl-a]	-
Slope= $\left(\frac{R_{rs}(\lambda_2) - R_{rs}(\lambda_1)}{(\lambda_2 - \lambda_1)}\right)$	SE	$\lambda_1 = 665$ $\lambda_2 = 705$	MERIS	Slope, [chl-a]	-
NDCI= $\left(\frac{R_{rs}(\lambda_2) - R_{rs}(\lambda_1)}{R_{rs}(\lambda_2) + R_{rs}(\lambda_1)}\right)$	SE	$\lambda_1 = 665$ $\lambda_2 = 705$	MERIS, Sentinel-2	NDCI, [chl-a]	-
$\log_{N}(\text{chla})=2.5231 \times \log_{N}\left(\frac{R(\lambda_{2})}{R(\lambda_{1})}\right)+2.9052$	SE	$\lambda_1 = 650$ $\lambda_2 = 840$	TM, ETM	[chl-a]	ch1-a: 6 - 76809 µg/L





Algoritmos bio-ópticos (TSM)

Semi-empíricos (SE) & Semi-analíticos (SA)

Algorithm	Туре	Bands (nm)	Sensor	input	output	Concentration interval
TSS= $0.7517^{65.736 \times \left(\frac{R(\lambda_1) + R(\lambda_2)}{2}\right)}$ TSS= $0.7581^{61.683 \times \left(\frac{R(\lambda_1) + R(\lambda_2)}{2}\right)}$	SE	$\lambda_1 = 550 \text{ nm},$ $\lambda_2 = 665 \text{ nm}$	SPOT, Landsat TM	R	TSS	< 50 mg/l
TSS= $A^{\rho}\left(\frac{R_{w}}{1-\frac{R_{w}}{C^{\rho}}}\right)$	SA	λ = 520 a 885 nm	SeaWiFS, MODIS, MERIS	Ap e Cp (LUT), R (λ)	TSS	< 100 mg/l
$R(\lambda_1) = f \frac{b_b}{a} = \frac{L_w}{\frac{0.54 \text{ Fo}}{\pi} + 0.48 \text{ L}_w}$ $\frac{b_b}{a}(\lambda_1) = \frac{b_{bw} + (TSS) \times b_{TSS}^* \times b_b/b}{\frac{a_w}{2}}$	SA	$\lambda_1 = 748 \ \mathrm{nm}$	MODIS	Lw	TSS	< 30 mg/l
$\log_{N}(TSS)=3.18263 \times \log_{N}(R(\lambda_{1}))-1.40060$	SE	$\lambda_1 = 860 \text{ nm}$	Landsat ETM+	R	TSS	< 2000 mg/l
TSS=2.272+ $\left(\frac{R(\lambda_1)}{2.469}\right)^{2.188}$	SE	$\lambda_1 = 665 \text{ nm}$	Landsat TM, LISS/IRS	R	TSS	< 200 mg/l





Algoritmos bió-ópticos (CDOM)

Semi-empíricos(SE) & Semi-analíticos (SA)

Algorithm	Туре	Bands (nm)	Sensor	Output
$\log_{N}(a_{CDOM}(412)) = a_{0} + a_{1}R(\lambda_{1}) + a_{2}\left(\frac{R(\lambda_{1})}{R(\lambda_{2})}\right)$	SE	$\lambda_1 = 483 \text{ ou } 565$ $\lambda_2 = 830 \text{ nm}$	Landsat-5 TM	log _n a _{cdom} entre 2 e 6 m ⁻¹
$a_{CDOM}(412)=exp\left(-a+bR(\lambda_1)+c\left(\frac{R(\lambda_2)}{R(\lambda_3)}\right)\right)$	SE	$\lambda_1 = 660$ $\lambda_2 = 565$ $\lambda_3 = 483 \text{ nm}$	Landsat-5 TM e Landsat-7 ETM+	< 12 m ⁻¹
$a_{CDOM}(\lambda) = a \times \left(\frac{R(\lambda_1)}{R(\lambda_2)}\right)^b$	SE	$\lambda_1 = 565,$ $\lambda_2 = 483 \text{ nm}$ e variações	MERIS	< 9 m ⁻¹
$a_{CDOM}(\lambda)=a+b\left(rac{R(\lambda_1)}{R(\lambda_2)} ight)$	SE	$\lambda_1 = 510,$ $\lambda_2 = 555 \text{ nm}$ e variações	SeaWiFS Level 2B	<i>a_{cdom}</i> (412) < 3 m⁻¹





Estudios de caso





Demanda de la sociedad/usuarios/administradores: Productos de calidad del agua – Concentración o clases





Estudio de caso: Intensidad de floraciones algales







Estudio de caso: Intensidad de floraciones algales



2019 AmeriGEO Week

August 19-23 Peru – Lima

Fuente: Caroline Cairo, 2019



Estudio de caso: Mapeo de intensidad de floraciones algales







Estudio de caso: Mapeo de intensidad de floraciones algales



Laboratorio de claudio.barbosa@inpe.br

Estudio de caso: Mapeo de intensidad de floraciones algales



> claudio.barbosa@inpe.br

labISA

Estudio de caso: Mapeo de concentración de clorofila





Un modelo híbrido de clorofila-a para Sentinel-2 en diferentes estados tróficos de un reservorio brasileño tropical

Cairo, C. et al. 2019






Recuperar sedimentos suspendidos totales y inorgánicos en los lagos de la llanura de inundación da Amazónia: Un enfoque multi-sensor

Maciel, D. et al. 2019 <u>https://www.mdpi.com/2072-4292/11/15/1744/htm</u>

<u>http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3SLFNB5</u> (Dissertation in Portuguese)





Estudio de caso: Mapeo de sedimentos







Mapeo de sedimentos: Conjunto de datos



Landsat-8/OLI (10/08/2017)



Tres trabajos de campo (94 muestras)

- Concentración de componentes
- Medidas radiométricas
- Imágenes de OLI y MSI







Mapeo de sedimentos: Pasos metodológicos

Monte Carlo Simulation with 10.000 trials (70% of samples for training and 30% for validation) using linear, log-transformed and band-ratio models for both sensors



labISA

Instrumentação de Sistemas Aquáticos

Mapeo de sedimentos: Algoritmos



Semi-analíticos

Semi-empíricos

labISA

claudio.barbosa@inpe.br

August 19-23 Peru – Lima

Mapeo de sedimentos: Resultados







Estimaciones TSS de los pasos de OLI y MSI - mismo día







Monitoreo de la sedimentación de agua causada por la minería de oro a pequeña escala utilizando imágenes de satélite múltiple

Capítulo del libro (acceso libre, texto en inglés)

<u>https://www.intechopen.com/books/limnology-some-new-aspects-of-inland-water-ecology/monitoring-water-</u> siltation-caused-by-small-scale-gold-mining-in-amazonian-rivers-using-multi-satelli









Parte 2: Una herramienta de análisis satelital para la evaluación rápida de ambientes acuáticos (STREAM) Nima Pahlevan, NASA Una herramienta de análisis satelital para la evaluación rápida de ambientes acuáticos (STREAM)





- ¿Es este el momento correcto para incorporar datos satelitales en la gestión de la calidad del agua?
 - 1. Política de datos abiertos para datos satelitales de la NASA/USGS/ESA
 - 2. Capacidad de procesamiento
 - 3. Arquitectura del sistema para aplicaciones casi en tiempo real (near-real time, NRT)





Investigación --- >> operaciones



Datos satelitales gratis

Desarrollo de productos

Usuario final Entrega de productos casi en tiempo real







Datos satelitales gratis

• Sensores/productos satelitales mejorados (cantidad)





Constelaciones de satélites hasta ~2028 Tiempo de revisita de 2-3 días resolución de 20-300m





Capacidades de software

- Sistema de análisis de datos SeaWiFS (SeaDAS)
- Un sistema de procesamiento de datos de código abierto bastante maduro
 - Incluye algoritmos de color oceánico ampliamente validados
 - Flexible para incorporar nuevos algoritmos





Herramientas existentes en tiempo casi real (NRT) para la detección de incendios



Alarma emitida cuando se detecta una anomalía

1 fires/hotspots of	detected during the most recently processe satellite overpass
	(Country: Colombia)
	nor areates of trace de Parenelle des Planeauxes (en de Areates of trace de Parenelle des Planeauxes (en de Areates de Parenelle des Planeauxes (en des Plane
View n	nap image on NASA FIRMS server
NOTE: Cloud	cover might obscure active fire detections.
This email was	s generated on 2017-06-08 20:08:16 UTC
NASA FIR	MS Data Source: MODIS Collection 6

Construir una herramienta satelital en tiempo casi real (NRT) para el monitoreo de la calidad del agua

- Simplificar las integraciones de productos satelitales en la toma de decisiones
- Mínima necesidad de entrenamiento
- Funcionalidad principal
 - Detección de anomalías



- Productos de referencia
 - TSS, turbiedad, claridad, Chl, índice máximo de cloforila la elección está limitada por el sensor satelital





¿Dónde estamos ahora en relación con ese objetivo?

- Creación de prototipos de este concepto NRT para sitios seleccionados
 - Sitios en los EE.UU
 - Sudamérica (e.g., Perú)
 - África



Casos de uso









¿Cómo puede contribuir?

• Apoye la validación de productos







¡Gracias!