

Gulich



Estadísticos para mediciones espectrales

Francisco Nemiña^{1,2}
Dra. Anabella Ferral^{1,3}
Lic. Alba German^{1,3}
Dr. Marcelo Scavuzzo^{1,2}

¹ Instituto Gulich ² CONAE ³ CONICET



Hablemos primero sobre mediciones espectrales

¿Cómo comparo mediciones espectralradiométricas?

¿0.0055... es chico?

¿Entonces eran iguales?

Que nos queda de acá en adelante



Hablemos primero sobre mediciones espectrales

2



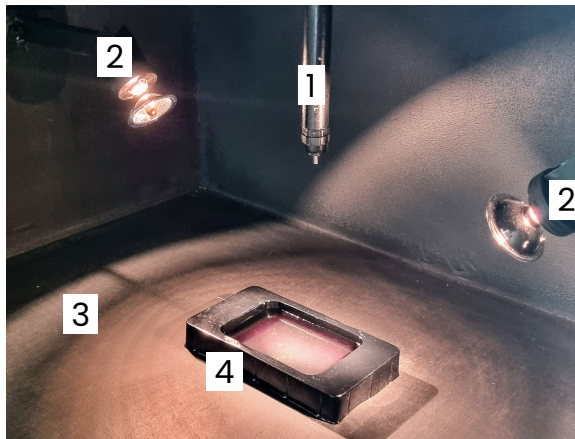
Setup de medición

1. Fibra óptica conectada a un espectroradiómetro **ASD FieldSpec 4 Hi-Res**
2. **Sol**
3. Muestra

Campo

- ▶ Permiten comparar directamente con el satélite.
- ▶ Sistemas naturales.
- ▶ Caminos ópticos largos.
- ▶ Condiciones de iluminación no controlables.
- ▶ Dificultados de medir a campo.





Setup de medición

1. Fibra óptica conectada a un espectroradiómetro **ASD FieldSpec 4 Hi-Res**
2. Lámparas **OSRAM HALOSPOT 48 20 W 12 V 8° GY4**.
3. Caja negra cerrada
4. Muestra



Laboratorio

- ▶ Permite armar muestras específicas.
- ▶ Condiciones de iluminación controlables y reproducibles.
- ▶ Caminos ópticos cortos.
- ▶ No permite comparar con el satélite.

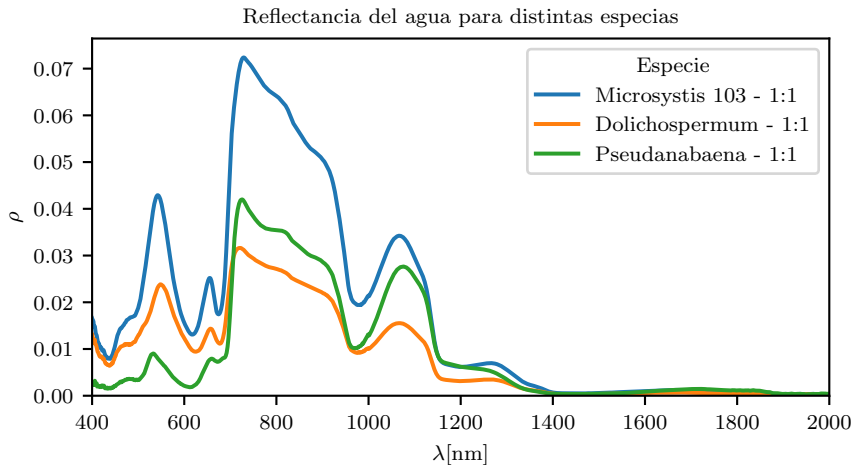


Figura: Mediciones de reflectancia para 3 especies de cianobacterias medidas en laboratorio.

Hagamos un modelo lineal para la mezcla de dos especies

$$\rho_{\text{Mezcla}} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} + \mathcal{O}\left(\frac{c_2}{c_1} - 1\right) \quad (1)$$

con c_1 y c_2 el coeficiente de extinción.

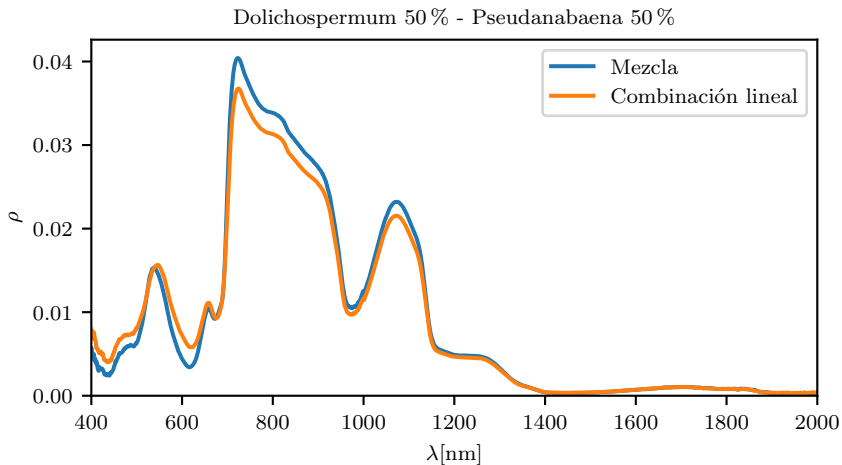


Figura: Comparación entre la reflectancia medida para una muestra de dos cianobacterias y el resultado obtenido a partir de la combinación lineal.



¿Cómo comparo mediciones espectroradiométricas?

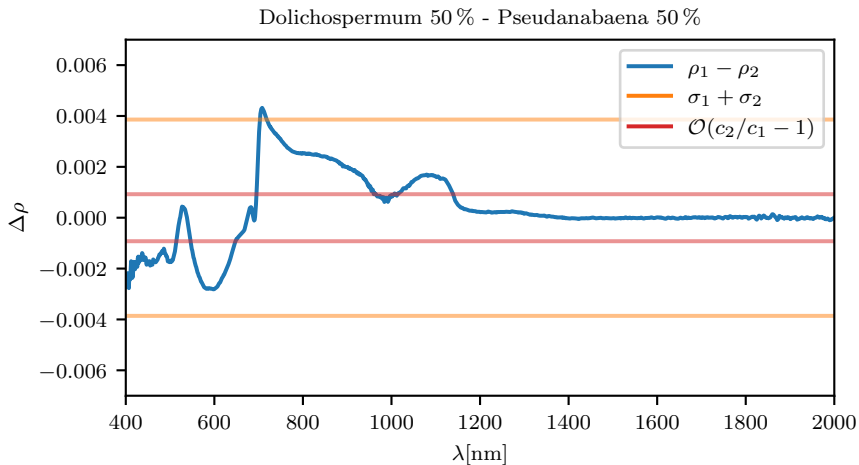


Figura: Comparación entre la diferencia de la medición hecha en laboratorio y la combinación lineal con su error.

De acá nos podríamos imaginar que

$$\rho_1 = \rho_2 \Leftrightarrow \rho_1 - \rho_2 < \sigma_1 + \sigma_2 \quad (2)$$

pero los espectros viven en \mathbb{R}^N así que comparar longitud de onda a longitud de onda puede no ser la mejor opción.

Lo que puedo hacer es mirar algún valor que me hable sobre que tanto se parecen ambos espectros

- ▶ $\|\rho_1 - \rho_2\|_n$
- ▶ $\cos \alpha(\rho_1, \rho_2)$
- ▶ etc

Normalized Spectral Similarity Score - NS^3

Podemos adaptamos el índice NS^3 (Nidamanuri y Zbell, 2010) para ver si dos espectros se parecen

$$NS^3 = \sqrt{D^2 + (1 - \cos \alpha)^2} \quad (3)$$

donde

$$D = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_j^M (\rho_{1,j} - \rho_{2,j})^2} \quad (4)$$

$$\cos \alpha = \frac{\sum_j^M \rho_{1,j} \rho_{2,j}}{(\sum_j^M \rho_{1,j}^2) (\sum_j^M \rho_{2,j}^2)} \quad (5)$$

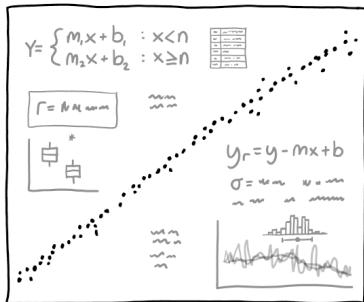
si es chico, los espectros se parecen.



¿0.0055... es chico?

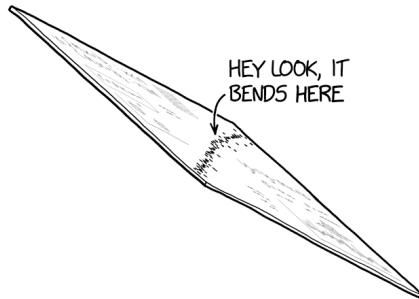
HOW TO DETECT A CHANGE IN THE SLOPE OF YOUR DATA

NOVICE METHOD:



DO A BUNCH OF STATISTICS

EXPERT METHOD:



TIP THE GRAPH SIDEWAYS

Figura: "Squinting at a graph is fine for getting a rough idea of the answer, but if you want to pretend to know it exactly, you need statistics." (Munroe, 2022)

Vamos a suponer:

- ▶ Que el error en la reflectancia es Gaussiano

$$\rho \sim \rho_0 (1 + \sigma \times \mathcal{N}(0, 1)) \quad (6)$$

- ▶ Que el valor de σ tal que tengamos error relativo fijo para todas las longitudes de onda.
- ▶ ρ_0 es un valor de reflectancia obtenido a partir una librería de firmas espectrales de cianobacterias (Slonecker y col., 2021).

Podemos bajo la hipótesis $H0 : \rho_1 = \rho_2$ obtener una distribución para el NS^3 usando el método de Montecarlo.

1. Elegimos un valor de ρ_0 .
2. Obtenemos dos realizaciones de la variable aleatoria ρ para dicho ρ_0 .
3. Calculamos y guardamos el valor de NS^3 .
4. Repetimos los pasos 1-3 hasta obtener la distribución.

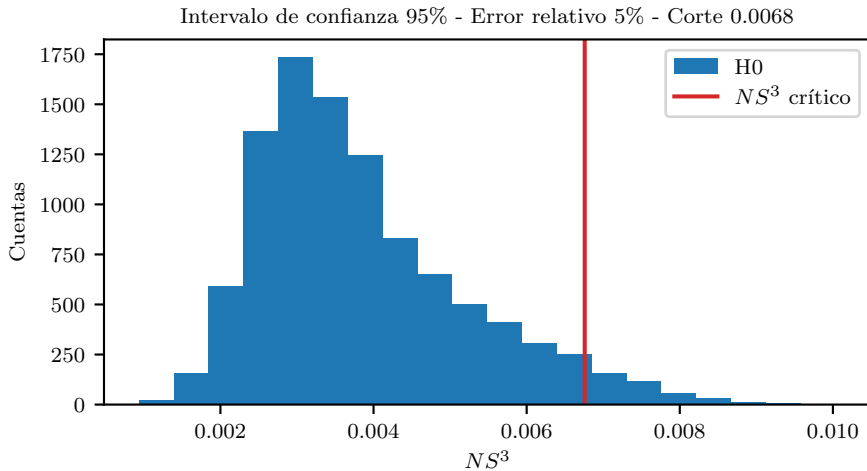


Figura: Distribución para el NS^3 para un error relativo del 5 % y un intervalo de confianza del 95 %.

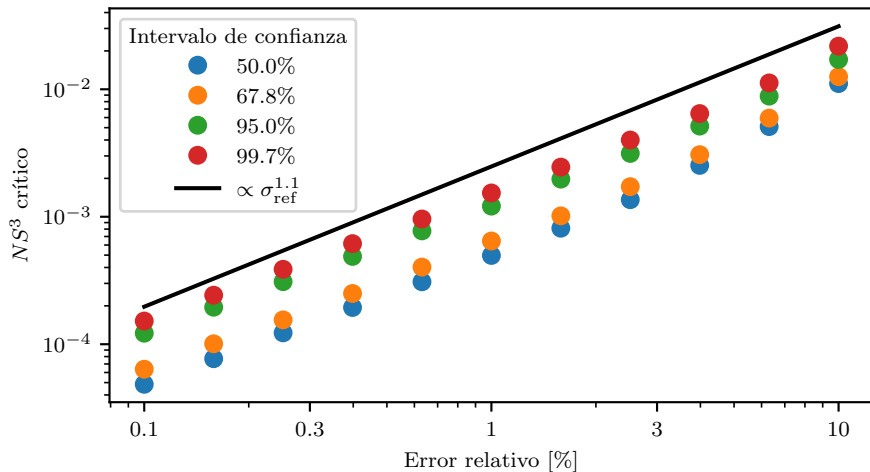


Figura: Variación del NS^3 crítico para distintos errores relativos y valores del intervalo de confianza.

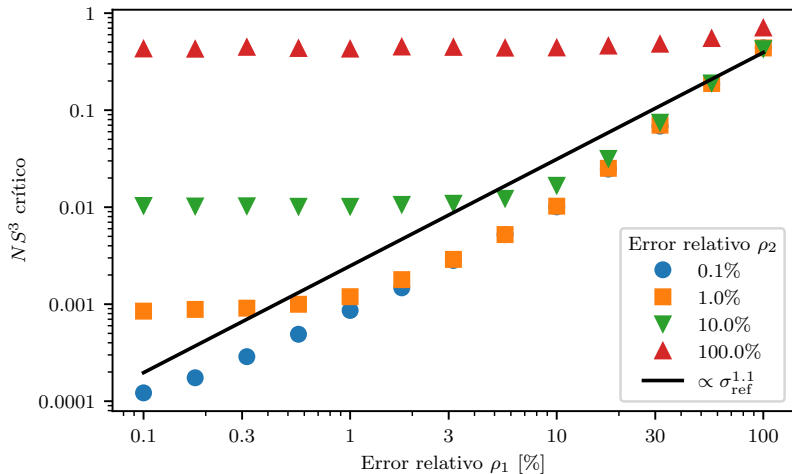


Figura: Variación del NS^3 crítico para un intervalo de confianza del 95 % pero con distintos errores relativos para cada espectro medido.

Si agregamos la hipótesis $H1 : \rho_1 \neq \rho_2$ obtener una distribución para el NS^3 usando el método de Montecarlo.

1. Elegimos dos valores de ρ_0 distintos.
2. Obtenemos dos realizaciones de la variable aleatoria ρ para dicho ρ_0 .
3. Calculamos y guardamos el valor de NS^3 .
4. Repetimos los pasos 1-3 hasta obtener la distribución.

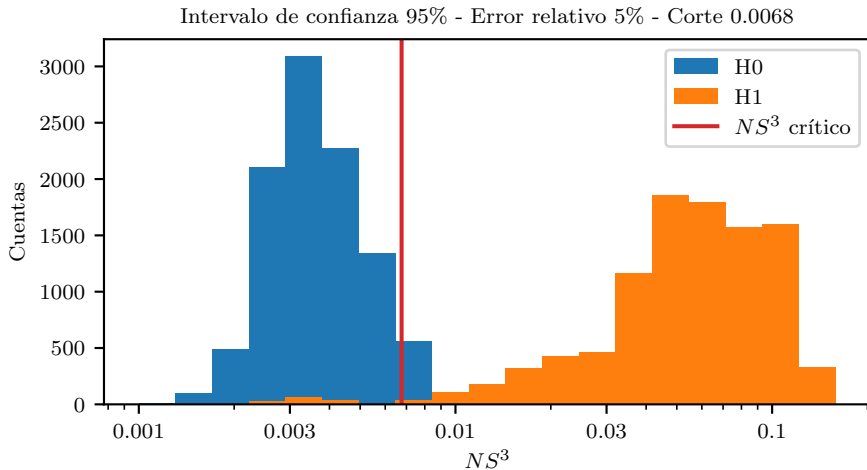


Figura: Distribución del NS^3 para la hipótesis nula H_0 y hipótesis alternativa H_1 .



¿Entonces eran iguales?

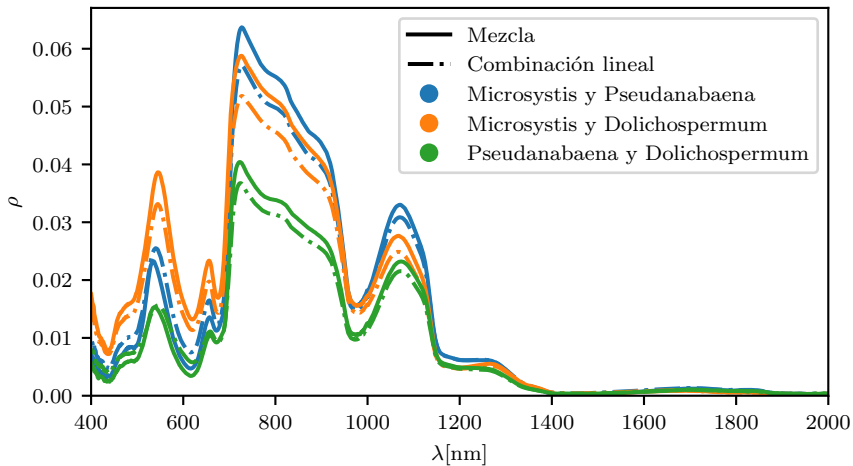


Figura: Comparación entre la reflectancia medida para una muestra de dos cianobacterias y el resultado obtenido a partir de la combinación lineal.

		Combinación lineal		
		Microsystis Pseudanabaena	Pseudanabaena Dolichospermum	Microsystis Dolichospermuma
Mezcla	Microsystis Pseudanabaena	0.0066	0.014	0.0350
	Dolichospermum Pseudanabaena	0.098	0.0055	0.0261
	Dolichospermum Microsystis	0.0165	0.0185	0.0042

Tabla: NS^3 para la comparación entre mezclas y combinaciones lineales de distintas especies de cianobacterias. Se muestra en verde las que coinciden para un valor crítico de 0.0068.



Que nos queda de acá en adelante




- ▶ Hacer una comparación entre aguas medidas en laboratorio y aguas naturales.
- ▶ Realizar estos análisis para simulaciones de la respuesta espectral de diferentes sensores hiper y multiespectrales: PRISMA, OLCI, Sentinel 2 MSI, LANDSAT 8 OLI, SABIAMar, etc.
- ▶ Hacer el mismo análisis con otros índices y distancias.
- ▶ Mirar la sensibilidad a partir de simulaciones numéricas de transferencia radiativa.
- ▶ Mejorar el modelo a partir de una distribución más realista para ρ .
- ▶ Resolver el problema analíticamente.



MUCHAS GRACIAS

¿Preguntas?

fnemina@conae.gov.ar

- 
 Munroe, Randall (2022). *Xkcd: Change in slope*. <https://xkcd.com/2701>.
- 
 Nidamanuri, Rama Rao y Bernd Zbell (2010). «Normalized Spectral Similarity Score (NS^3) as an Efficient Spectral Library Searching Method for Hyperspectral Image Classification». *En: IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 4.1, págs. 226-240.
- 
 Slonecker, Terrence y col. (2021). «Hyperspectral Reflectance Characteristics of Cyanobacteria». *En: Advances in Remote Sensing* 10.3, págs. 66-77.