

Simposio Internacional de Expertos “Manejo de Sequías”

‘Creando una Comunidad de Práctica en Herramientas de Manejo de la Sequía’
19 – 21 de noviembre 2014, Santiago, Chile



PREDICCIÓN DEL COMIENZO DE LA SEQUÍA EN LA COSTA NORTE DE PERÚ USANDO EL NDVI, DATOS IN-SITU Y LOS DATOS EL NIÑO OSCILACIÓN SUR (1982-2013)



Dr. Joel Rojas Acuña y Mg. Tony Anculle Condorchoa



Laboratorio de Teledetección - Departamento de Física Interdisciplinaria
Facultad de Ciencias Físicas - Universidad Nacional Mayor de San Marcos

ÍNDICE

1. Planteamiento del problema
2. Área de Estudio
3. Regiones Oceánicas
4. Datos In-Situ
5. Datos Imágenes
6. Metodología
7. Resultados
8. Conclusiones
9. Agradecimientos

Planteamiento del Problema

¿Cómo determinar si en una región existe un evento de sequía?

¿Es posible monitorear la sequía espacial y temporalmente a través del NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)?

¿Existe una relación entre el NDVI, precipitación y temperatura de superficie de mar (TSM)?

¿Cómo afectó el evento El Niño del 97-98 a la vegetación en todo Perú?, ¿ocasionó un evento de sequía?

¿Podemos anticipar un evento de sequía agrícola?

Área de Estudio

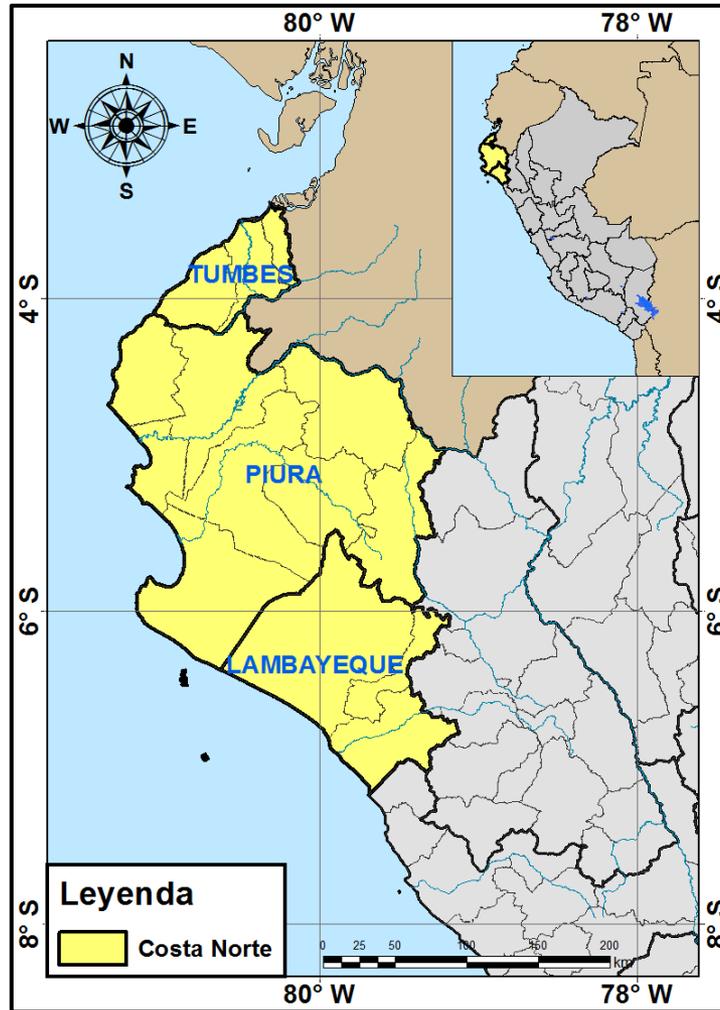


Figura 1. Ubicación del área de estudio representado en amarillo (Tumbes, Piura y Lambayeque).

Regiones Oceánicas El Niño

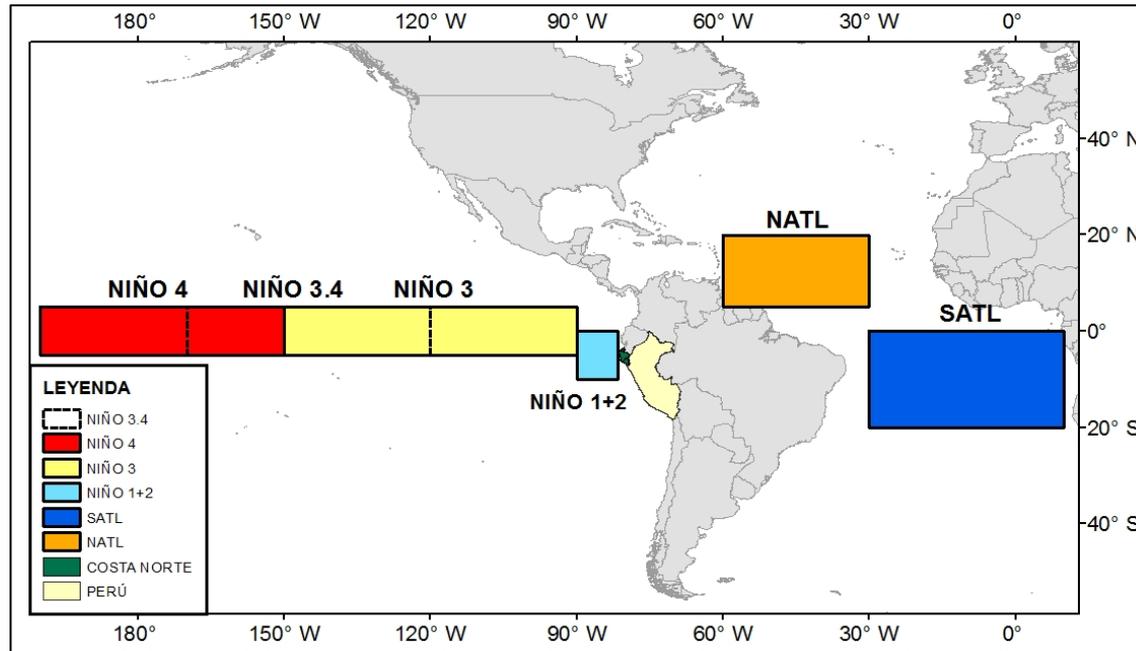


Figura 2. Localización de regiones oceánicas Niño 4 (rojo), Niño 3 (amarillo), Niño 3 y 4 (región punteada), Niño 1 y 2 (celeste), NATL=Atlántico Norte (anaranjado) y SATL=Atlántico Sur (azul).

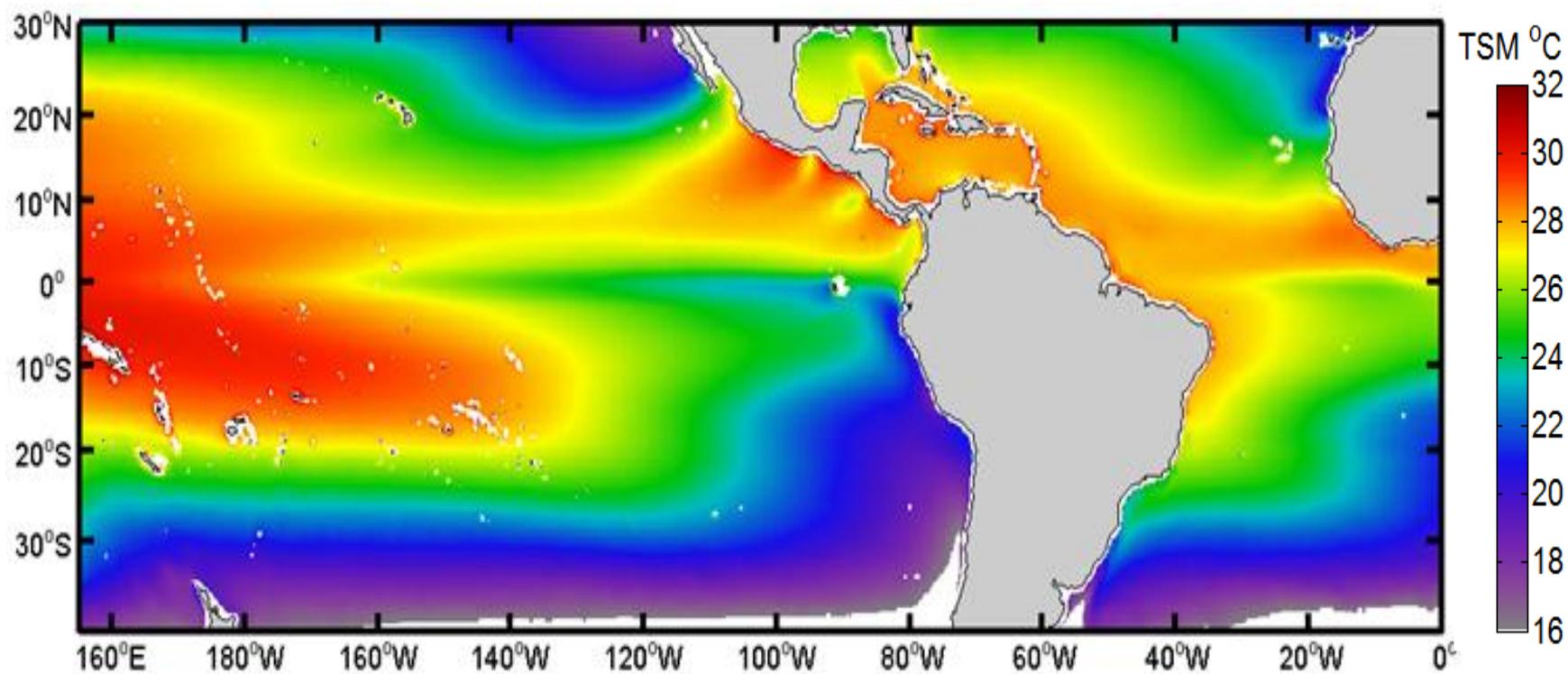


Figura 5. Mapa promedio de TSM (1982-2013), datos proporcionados por la NOAA.

Imágenes NDVI

NDVI / AVHRR (8 km)

NDVI / VGT (1 km)

NDVI / MODIS (1 km)

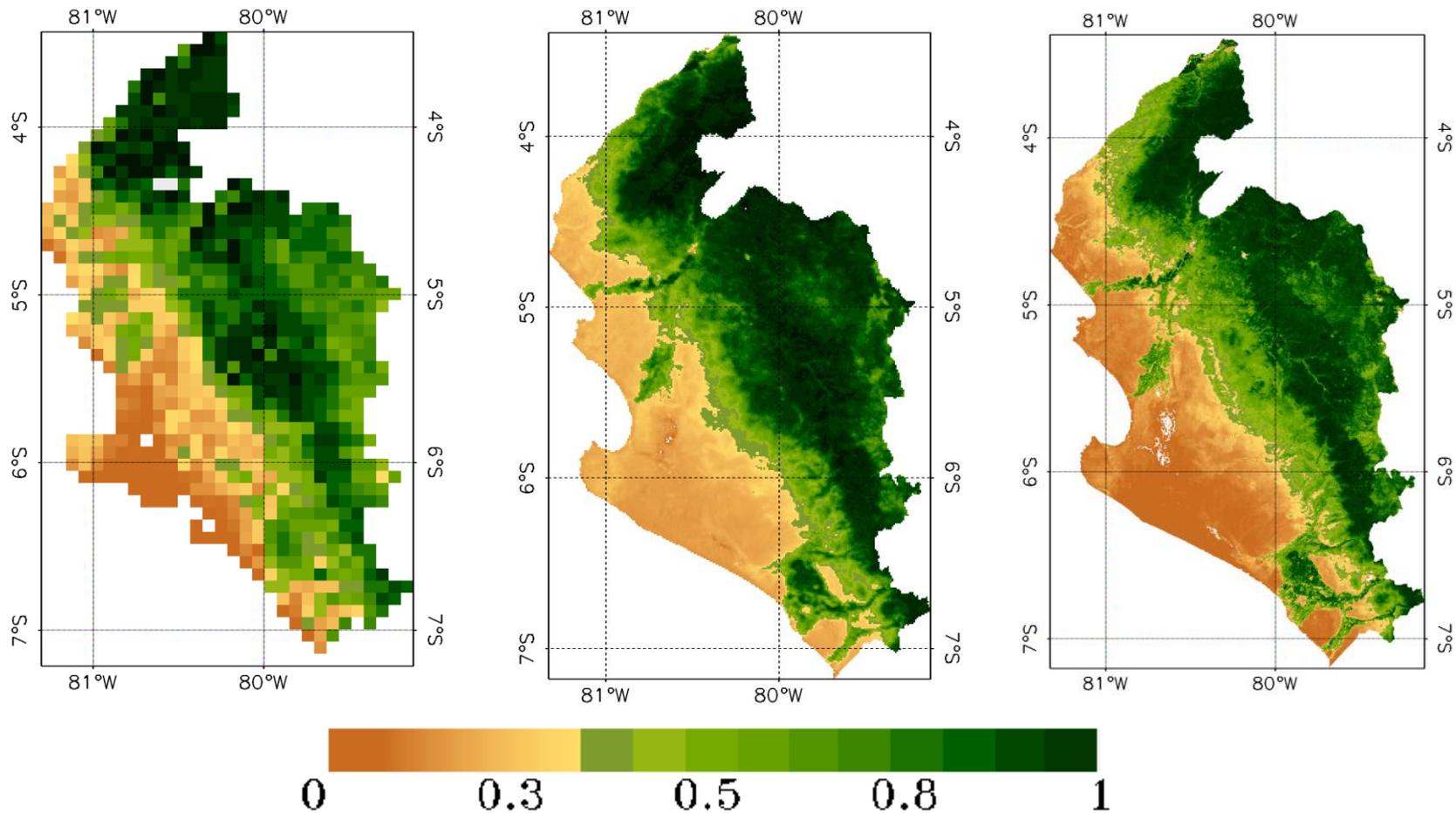


Figura 3. Datos imágenes de NDVI a distinta resolución espacial de izquierda a derecha: AVHRR-8km (1981-2006), VGT-1 km (1998-2013) y MODIS-1km (2000-2013). (Abril del 2006).

Estaciones Meteorológicas

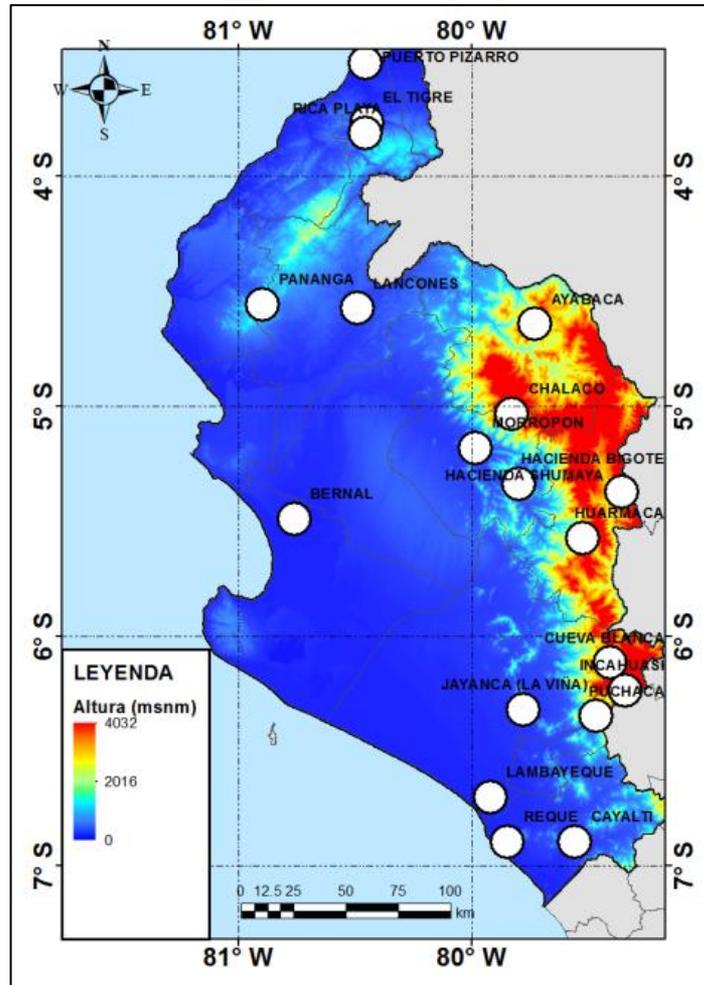


Figura 4. Ubicación de estaciones meteorológicas en la costa norte de Perú, (1970-2010), datos proporcionados por la Autoridad Nacional del Agua.

Metodología

$$L_\lambda = A^*(ND) + B$$

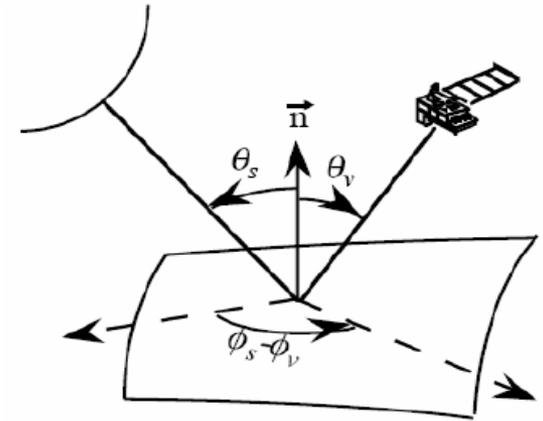
$$\rho_{TOA_\lambda} = \frac{\pi L_\lambda d^2}{E \cos \theta}$$

$$\rho_{TOA}(\theta_s, \theta_v, \Delta\phi) = t_g(\theta_s, \theta_v) \left\{ \rho_a(\theta_s, \theta_v, \Delta\phi) + \frac{T(\theta_s)T(\theta_v)\rho_c}{1 - \rho_c S} \right\}$$

$$T(\theta_s) = e^{-\tau/\mu_s} + td(\theta_s) \text{ y } T(\theta_v) = e^{-\tau/\mu_v} + td(\theta_v)$$

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R}$$

$$A = (X_t - \bar{X})/s$$



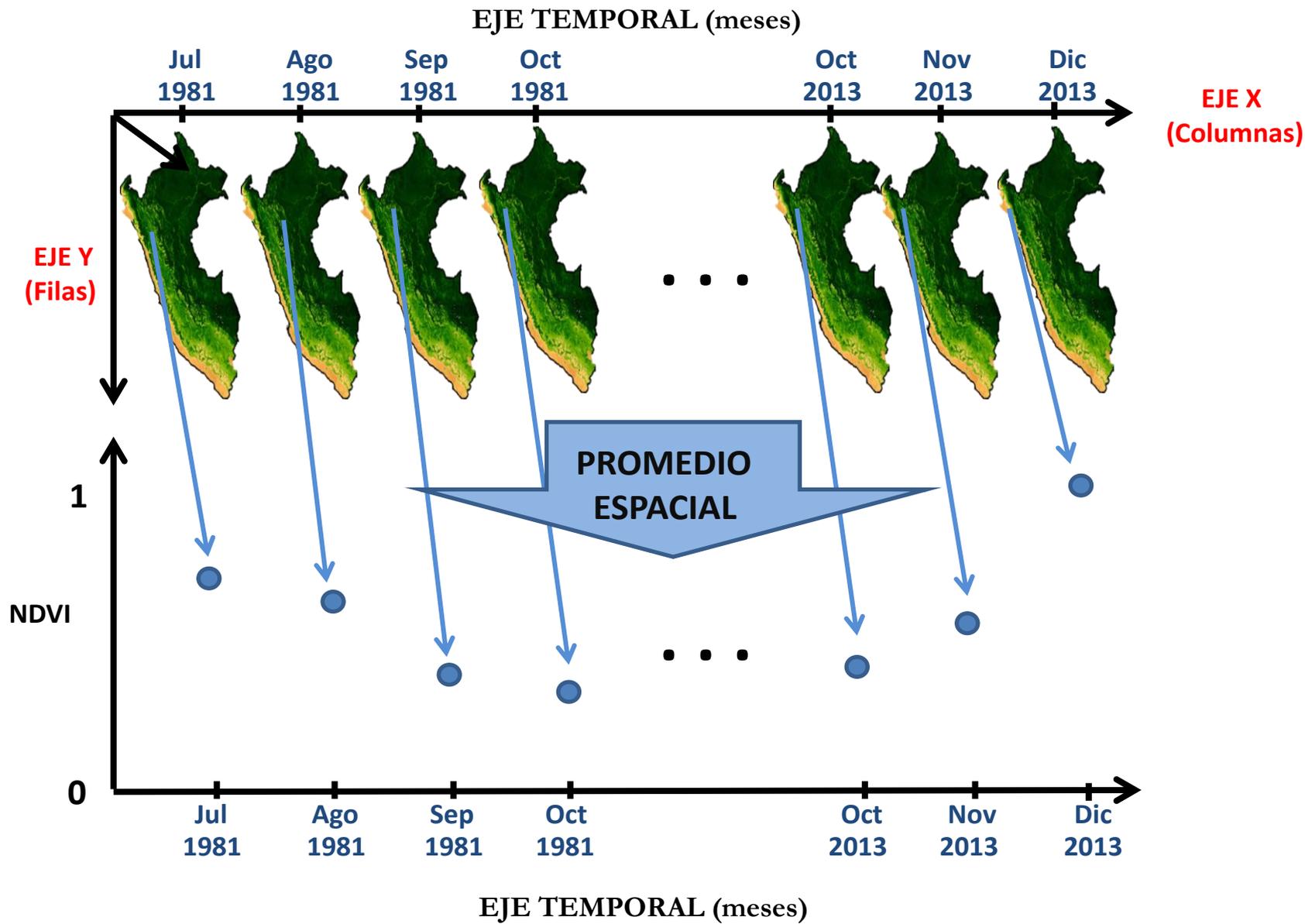


Figura 6. Esquema de la formación de la serie de tiempo de NDVI

Metodología

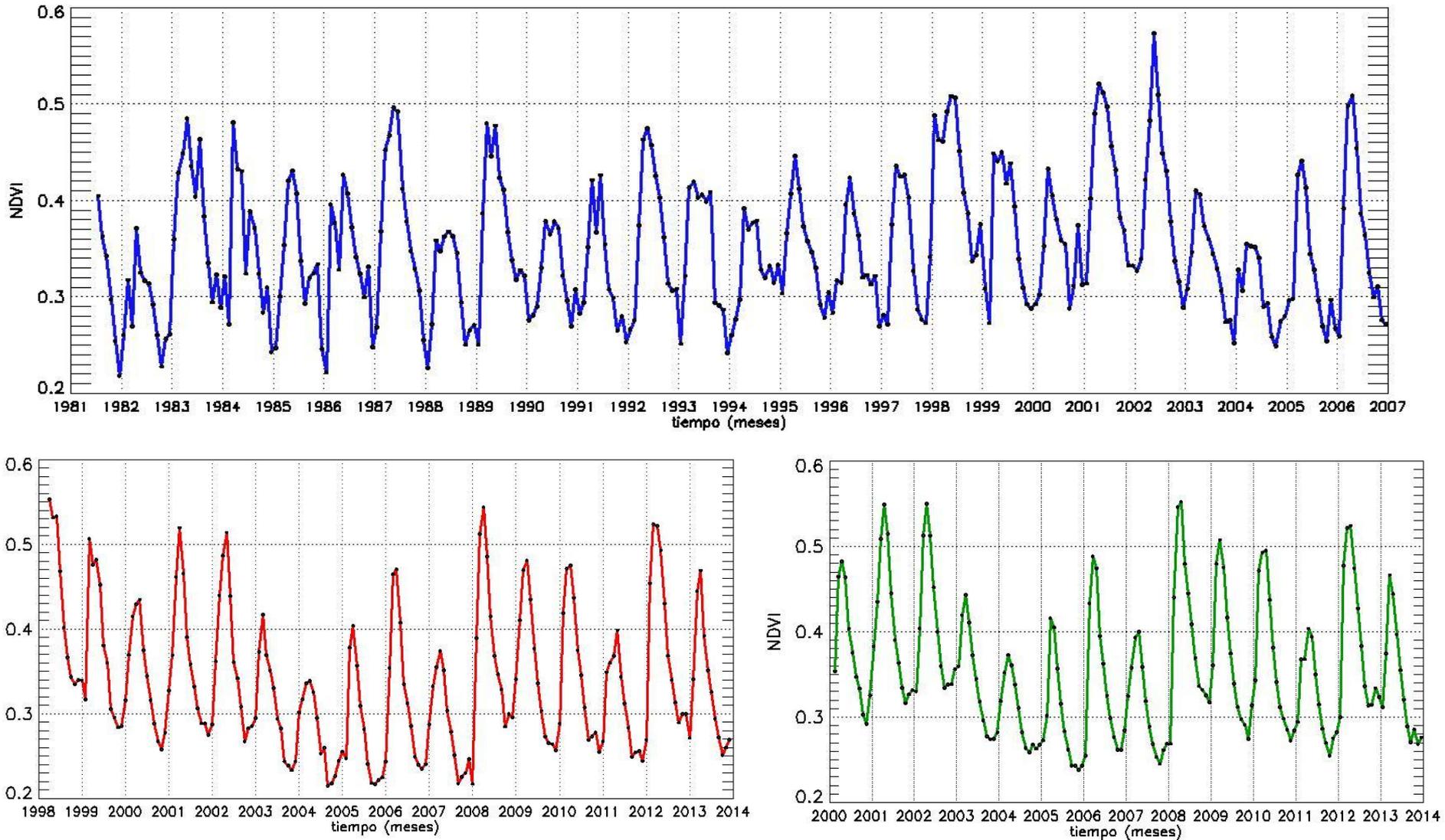


Figura 7: Series tiempo NDVI-AVHRR-NOAA (azul), serie de tiempo VG-SPOT (rojo) y serie de tiempo MODIS-TERRA (verde).

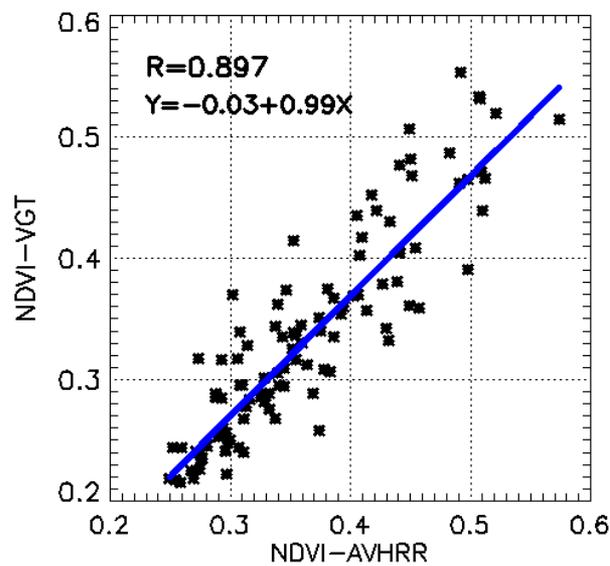
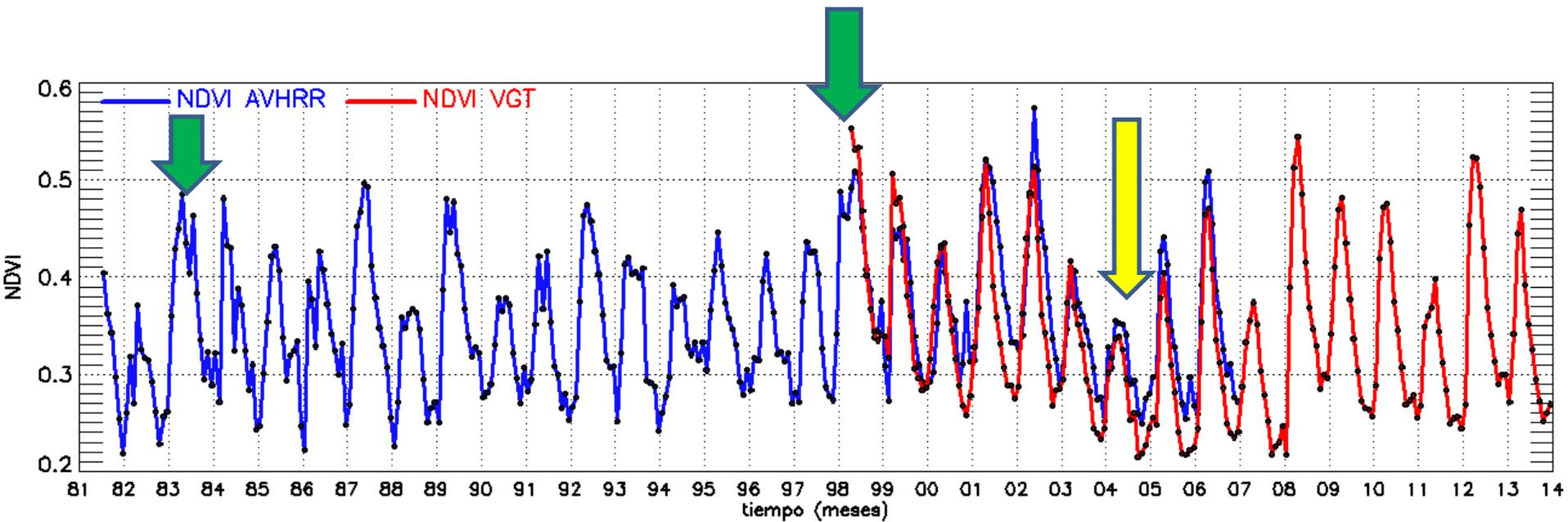


Figura 8. Serie de NDVI acoplada en la parte superior, en la parte inferior grafica de dispersión entre en el NDVI-AVHRR y NDVI-VEGETATION

Estacionalidad del NDVI

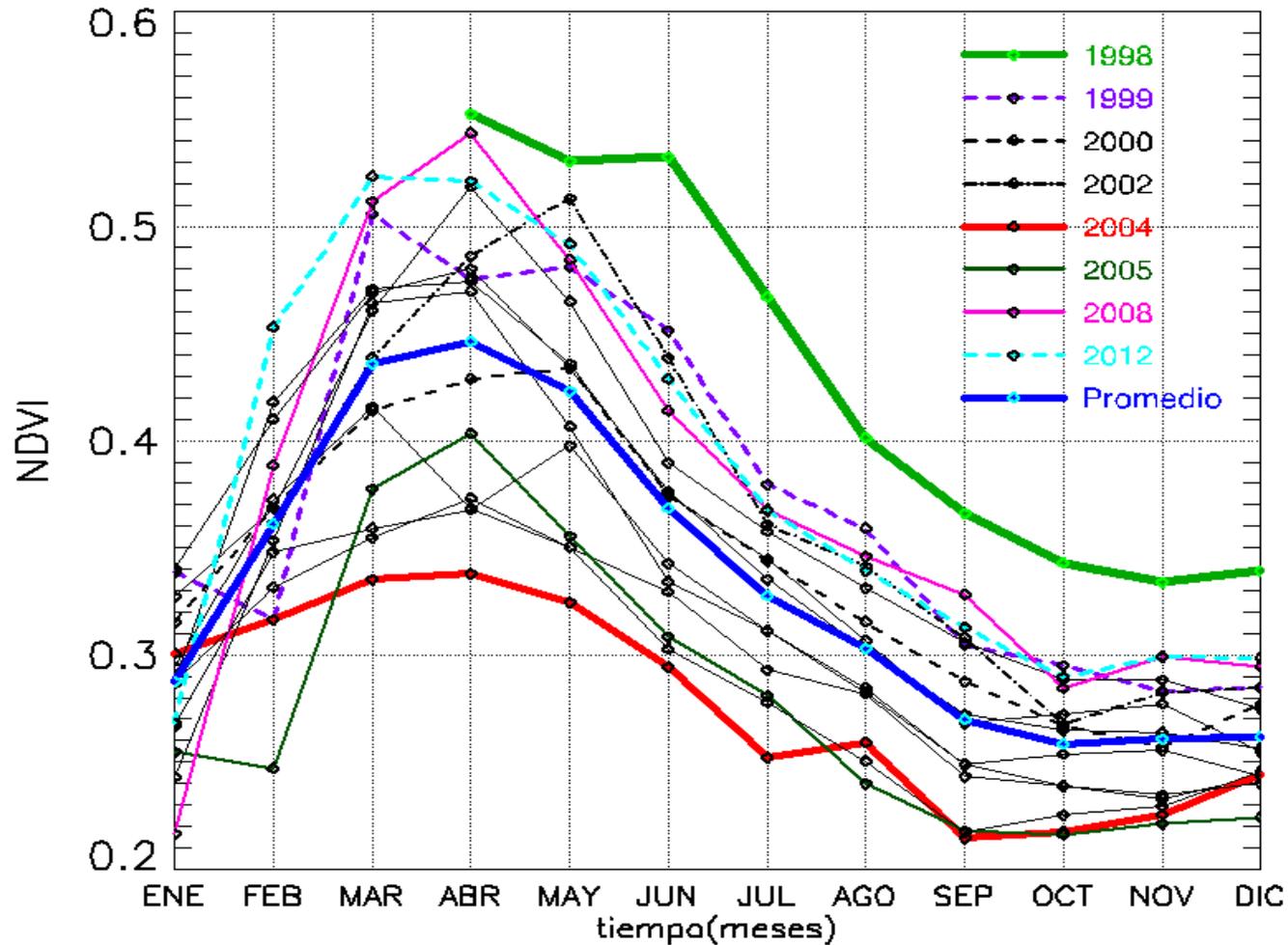


Figura 9. Curva estacional de promedio espacial de NDVI-VEGETATION (abril 1998-diciembre 2012)

Anomalía Estandarizada del NDVI

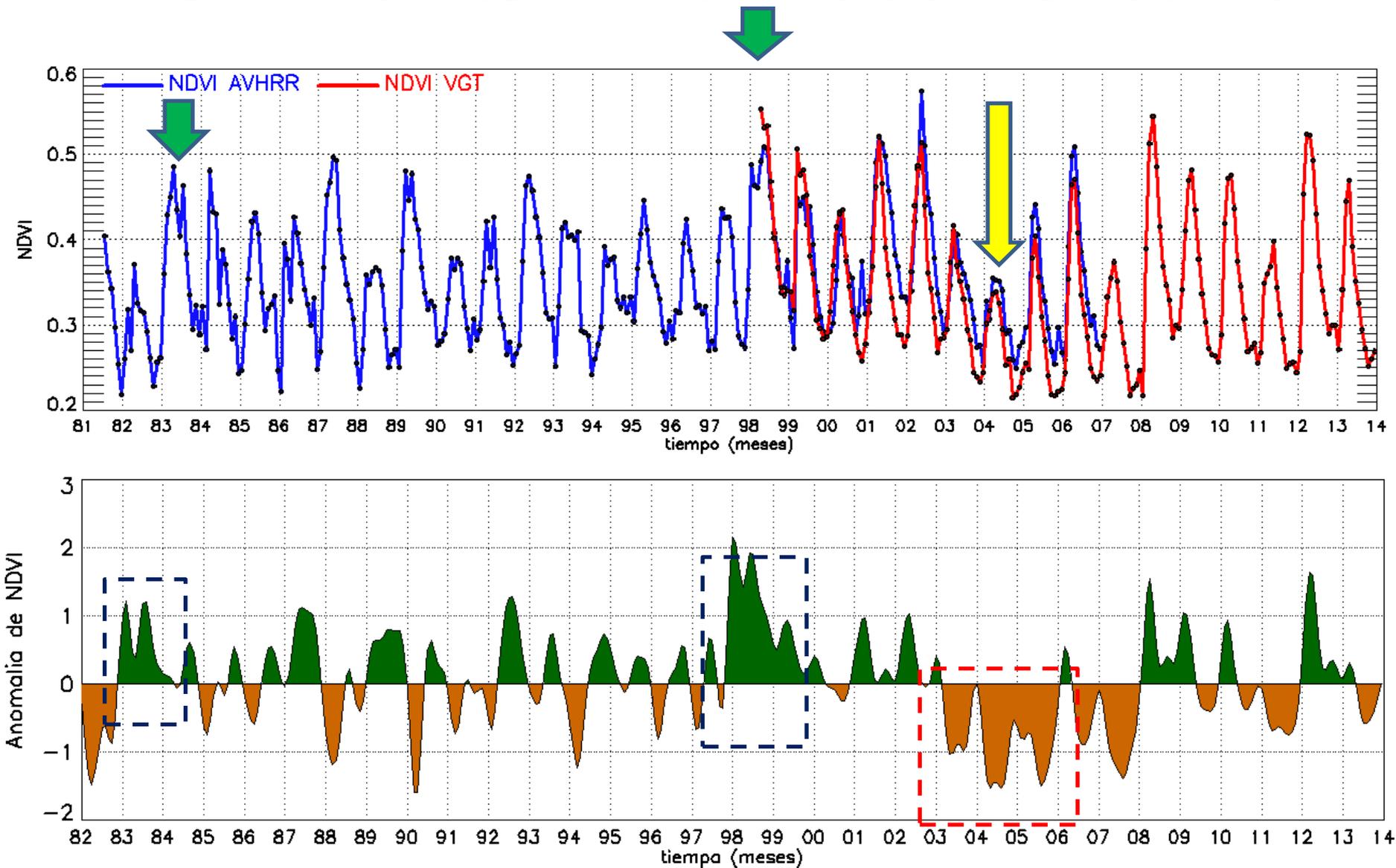


Figura 10. Anomalía estandarizada de promedio espacial de NDVI en la costa norte de Perú .

Correlación entre el NDVI y la producción Agrícola

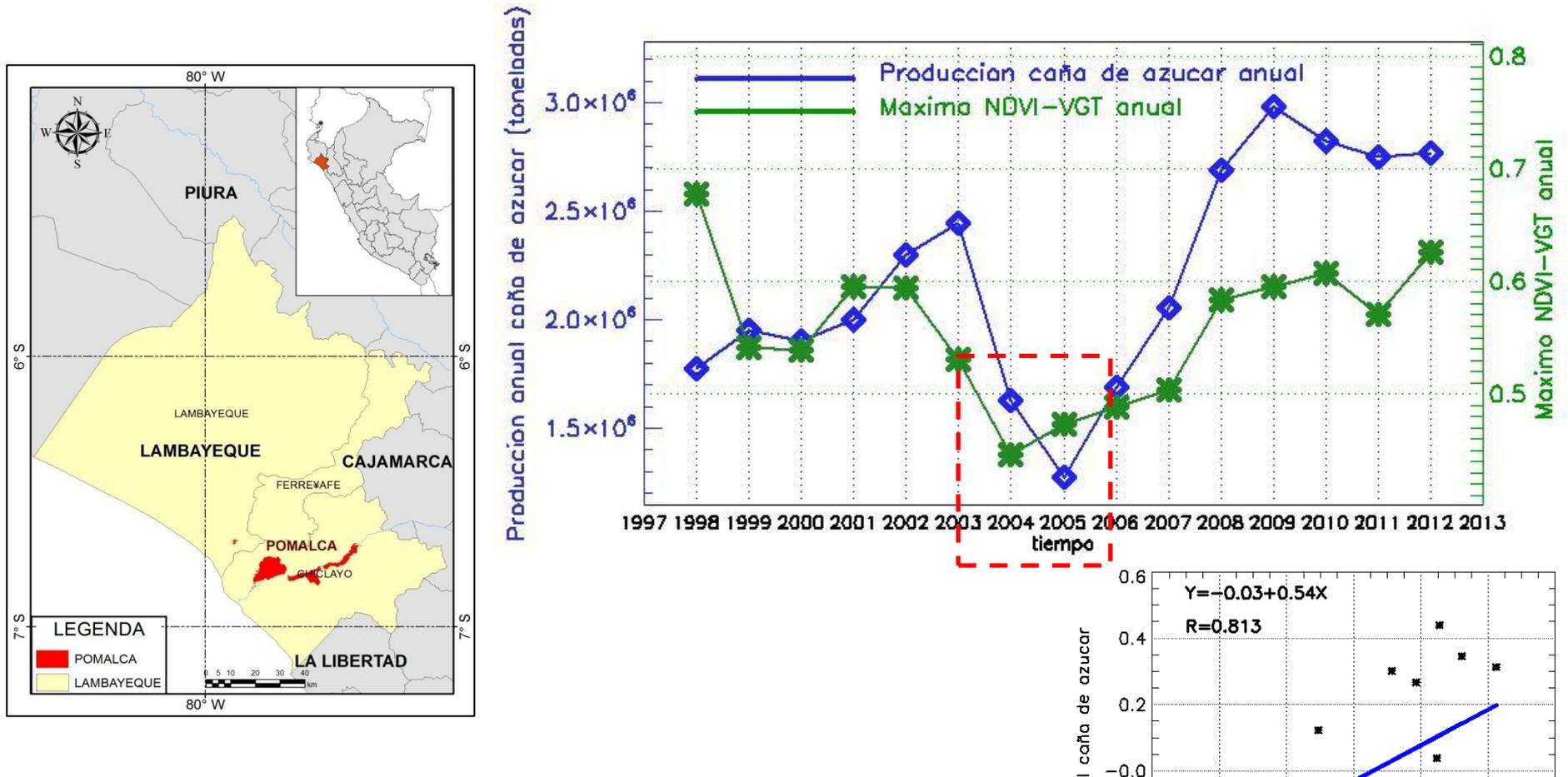


Figura 11: En la parte superior se muestra la serie temporal de la producción de caña de azúcar anual y el promedio anual de NDVI para el sensor VGT-SPOT. En la parte inferior la correlación entre ambas series de tiempo.

Relación entre las anomalías del NDVI, precipitación y TSM (Niño 1+2)

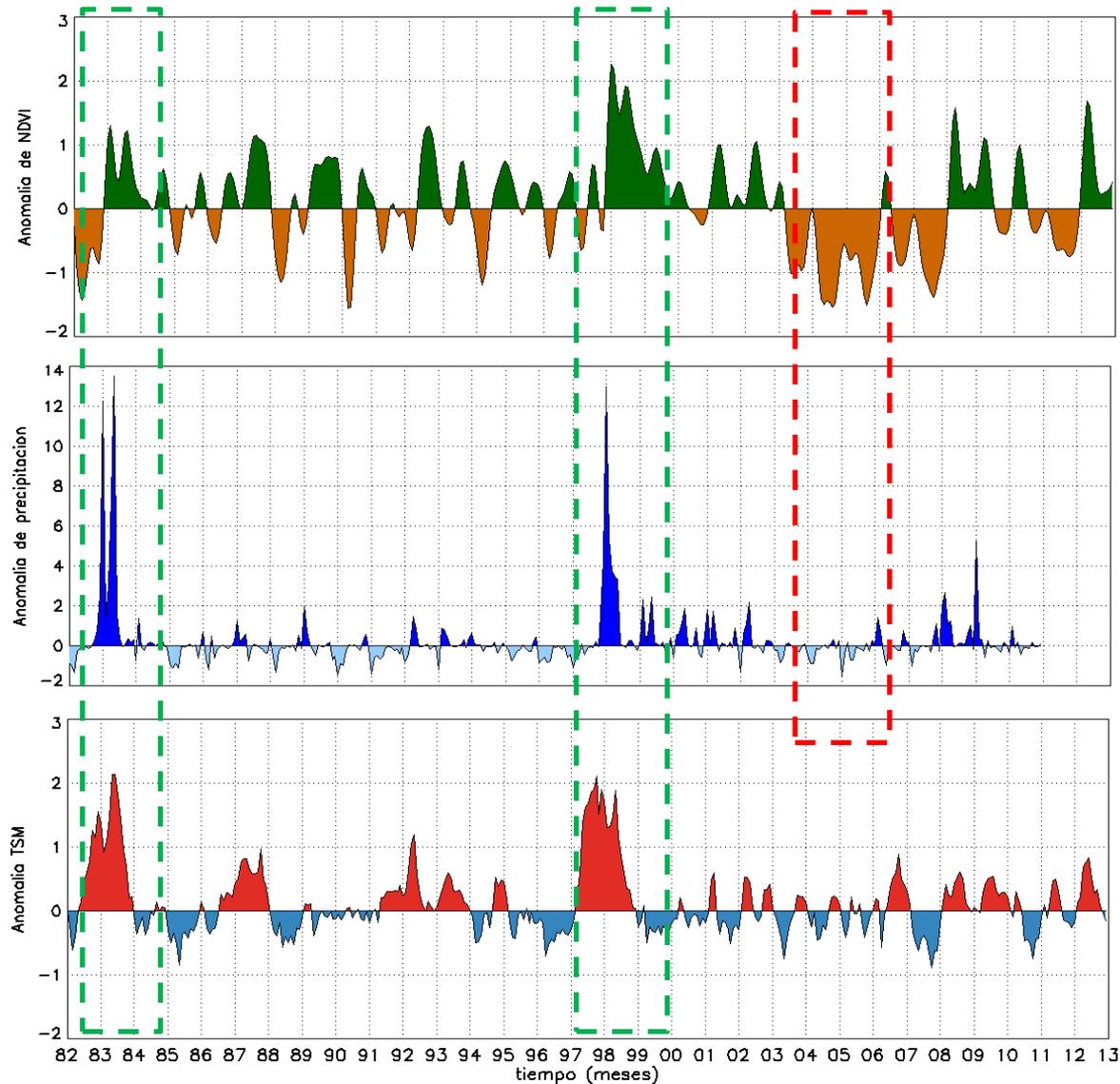


Figura 12. Relación de anomalía estandarizada de NDVI (Costa Norte), Promedio espacial de Precipitación (Costa Norte) y TSM (Región Niño1+2)

Tabla 1. Análisis de correlación cruzada de serie de tiempo de anomalía estandarizada de NDVI, TSM e IOS (1982-2012).

	LAGS	Anomalía de TSM de las regiones Niño, Atlántico e IOS							
		NIÑO12	NIÑO3	NIÑO4	NIÑO34	SATL	NATL	TROP	IOS
Anomalía NDVI Costa Norte	-6	0.032	-0.052	-0.100	-0.102	0.053	-0.050	0.010	0.117
	-5	0.109	-0.002	-0.092	-0.072	0.059	-0.045	0.051	0.100
	-4	0.175	0.039	-0.094	-0.044	0.060	-0.037	0.079	0.062
	-3	0.232	0.073	-0.098	-0.024	0.060	-0.031	0.097	0.010
	-2	0.295	0.110	-0.100	-0.010	0.065	-0.036	0.111	-0.039
	-1	0.366	0.153	-0.099	0.005	0.074	-0.052	0.123	-0.061
	0	0.429	0.193	-0.098	0.028	0.071	-0.072	0.128	-0.055
	1	0.458	0.218	-0.101	0.061	0.043	-0.089	0.118	-0.032
	2	0.442	0.225	-0.110	0.091	-0.007	-0.100	0.094	-0.023
	3	0.397	0.221	-0.125	0.108	-0.060	-0.116	0.064	-0.039
	4	0.351	0.213	-0.137	0.106	-0.101	-0.145	0.040	-0.070
	5	0.322	0.203	-0.134	0.093	-0.127	-0.184	0.028	-0.099
	6	0.311	0.190	-0.114	0.081	-0.144	-0.219	0.021	-0.121

Tabla 2. Análisis de correlación cruzada de serie de tiempo de anomalía estandarizada de NDVI, TSM , IOS y precipitación (1998-2012).

	LAGS	Anomalía de TSM de las regiones Niño, Atlántico e IOS								Pp
		NIÑO12	NIÑO3	NIÑO4	NIÑO34	SATL	NATL	TROP	IOS	
Anomalía NDVI Costa Norte	-6	0.087	0.058	-0.034	0.016	-0.017	-0.185	-0.002	0.063	-0.018
	-5	0.141	0.070	-0.056	-0.003	-0.024	-0.193	-0.014	0.075	0.009
	-4	0.189	0.084	-0.104	-0.015	0.000	-0.206	-0.020	0.076	0.021
	-3	0.215	0.091	-0.136	-0.026	0.047	-0.227	-0.028	0.078	-0.012
	-2	0.247	0.102	-0.178	-0.046	0.093	-0.250	-0.042	0.074	-0.007
	-1	0.276	0.099	-0.235	-0.083	0.124	-0.283	-0.080	0.076	0.111
	0	0.303	0.076	-0.295	-0.139	0.111	-0.321	-0.139	0.104	0.256
	1	0.306	0.039	-0.334	-0.191	0.052	-0.347	-0.204	0.148	0.419
	2	0.251	-0.028	-0.360	-0.250	-0.047	-0.365	-0.281	0.204	0.505
	3	0.145	-0.112	-0.373	-0.305	-0.141	-0.370	-0.354	0.257	0.485
	4	0.024	-0.200	-0.372	-0.349	-0.196	-0.366	-0.410	0.293	0.404
	5	-0.064	-0.276	-0.360	-0.379	-0.206	-0.359	-0.442	0.308	0.320
	6	-0.101	-0.315	-0.344	-0.387	-0.191	-0.349	-0.446	0.304	0.265

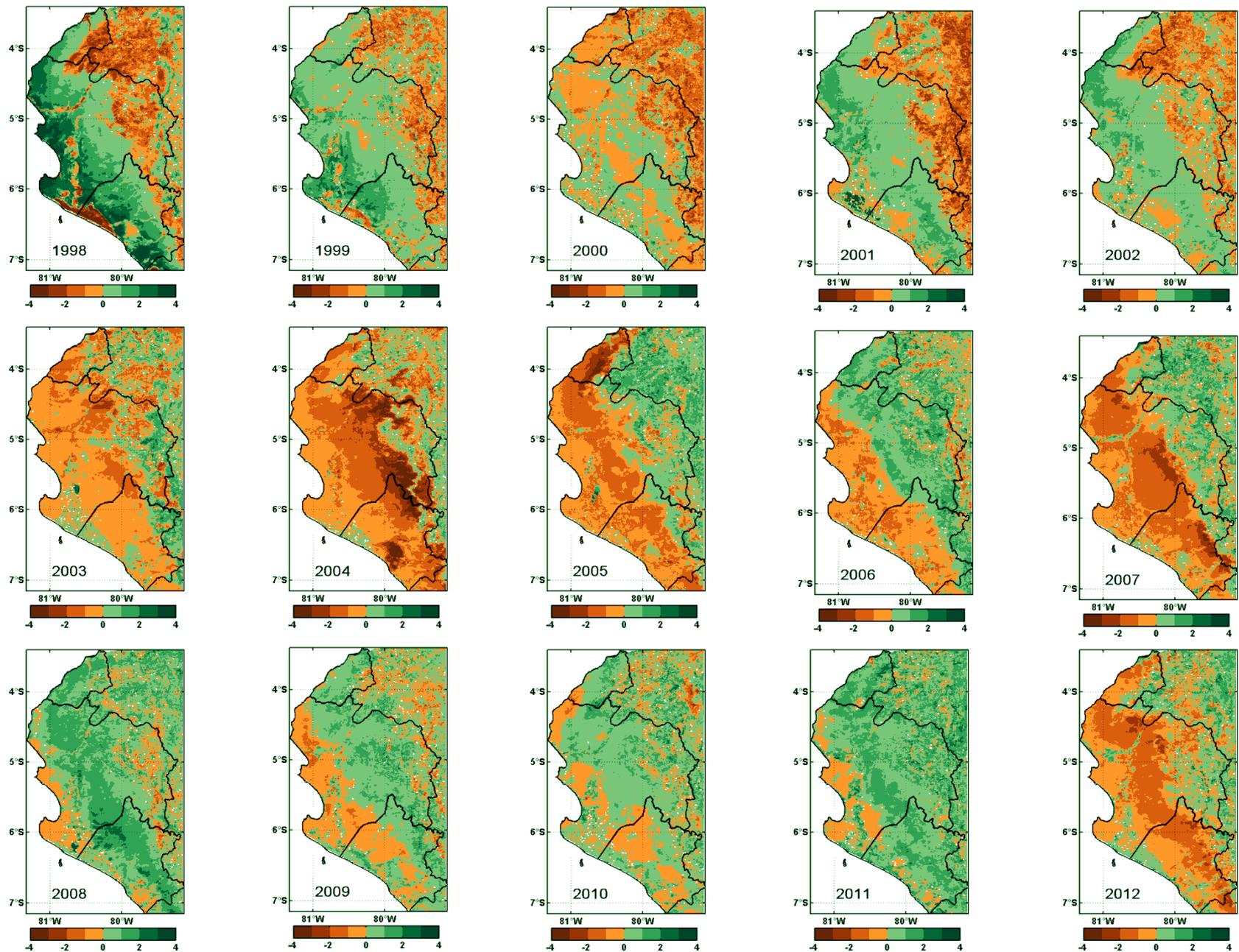


Figura 13. Variación espacial de la anomalía de NDVI-VEGETATION para la costa norte de Perú (1998-2012)

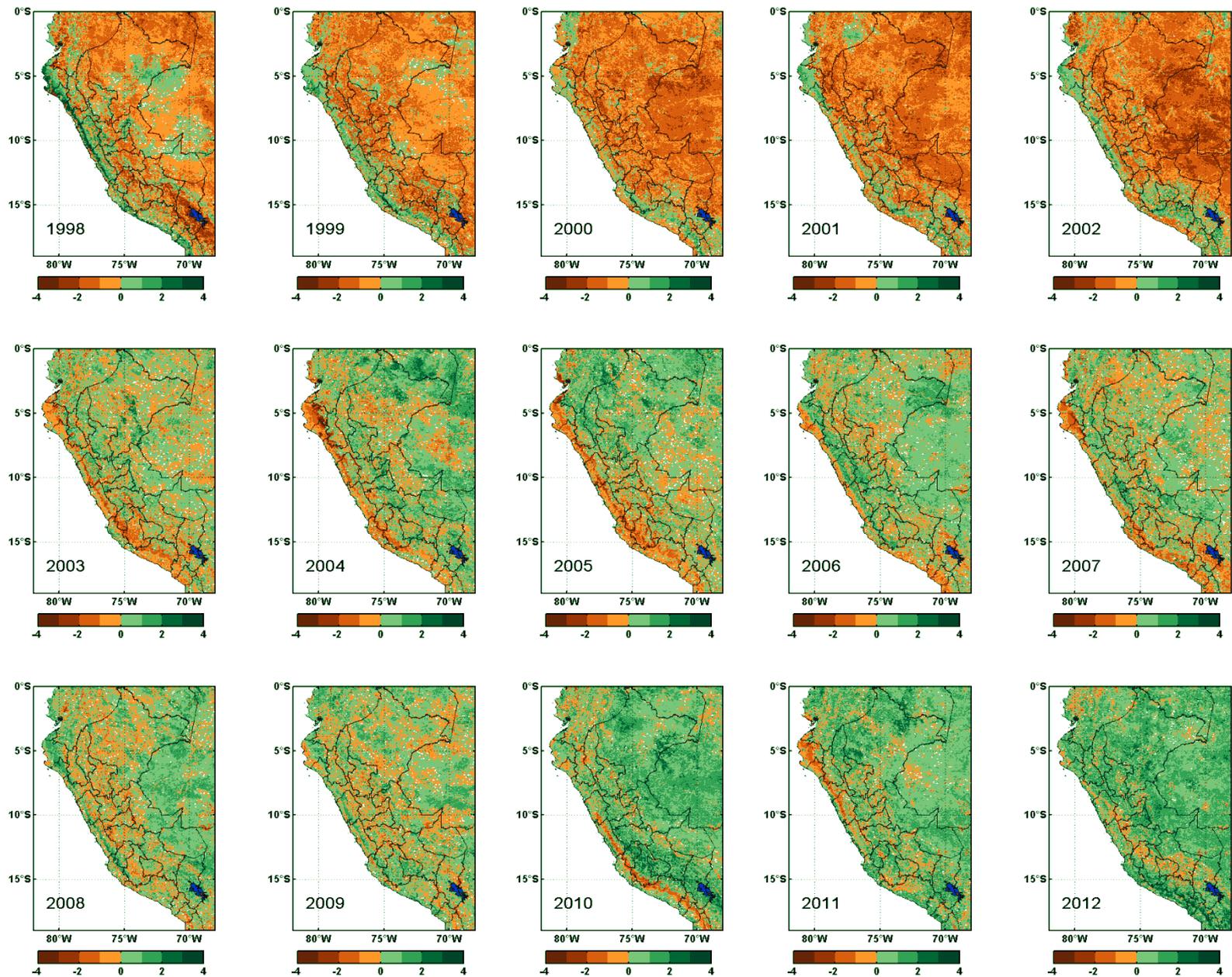


Figura 14. Variación espacial de la anomalía de NDVI-VEGETATION Perú(1998-2012)

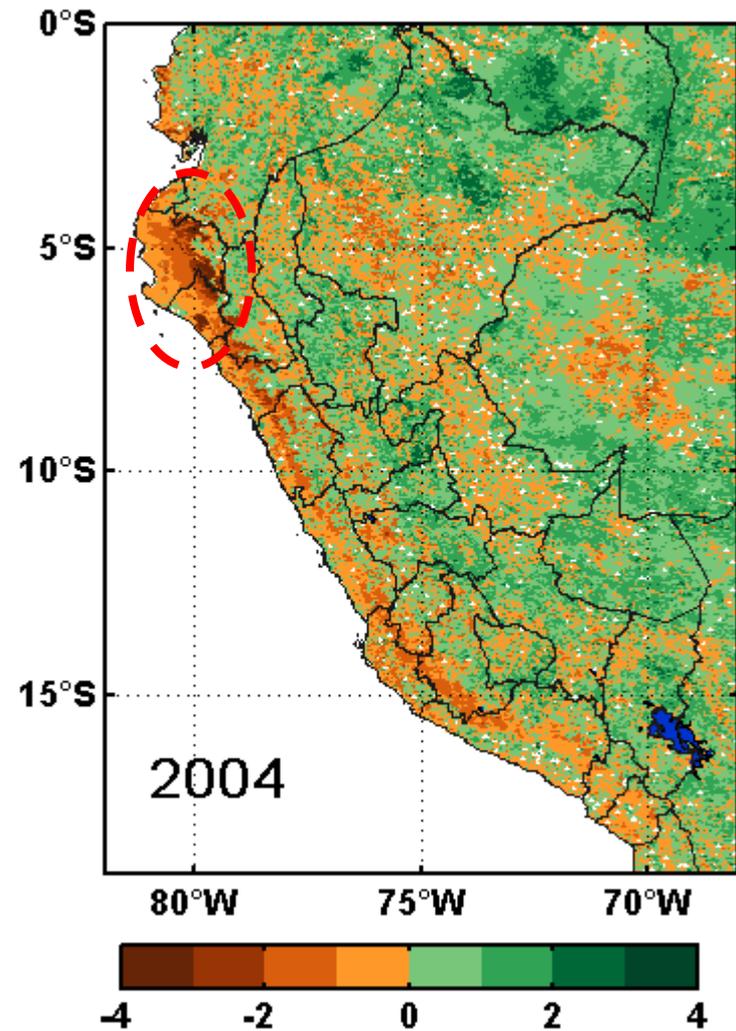
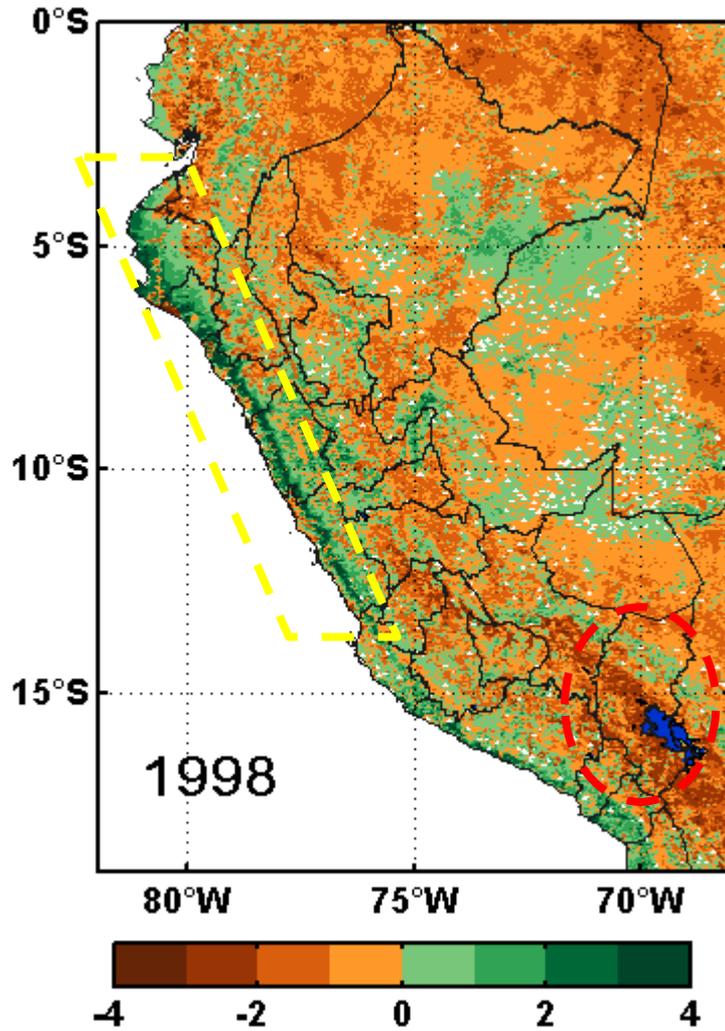


Figura 15. Variación espacial de la anomalía de NDVI-VEGETATION Perú(1998, 2004)

Modelo 1

$$A_NDVI(t) = 0.006 + 0.890 \times A_TSM_{Ni\tilde{N}O12}(t-1) - 0.203 \times A_TSM_{Ni\tilde{N}O3}(t-2)$$

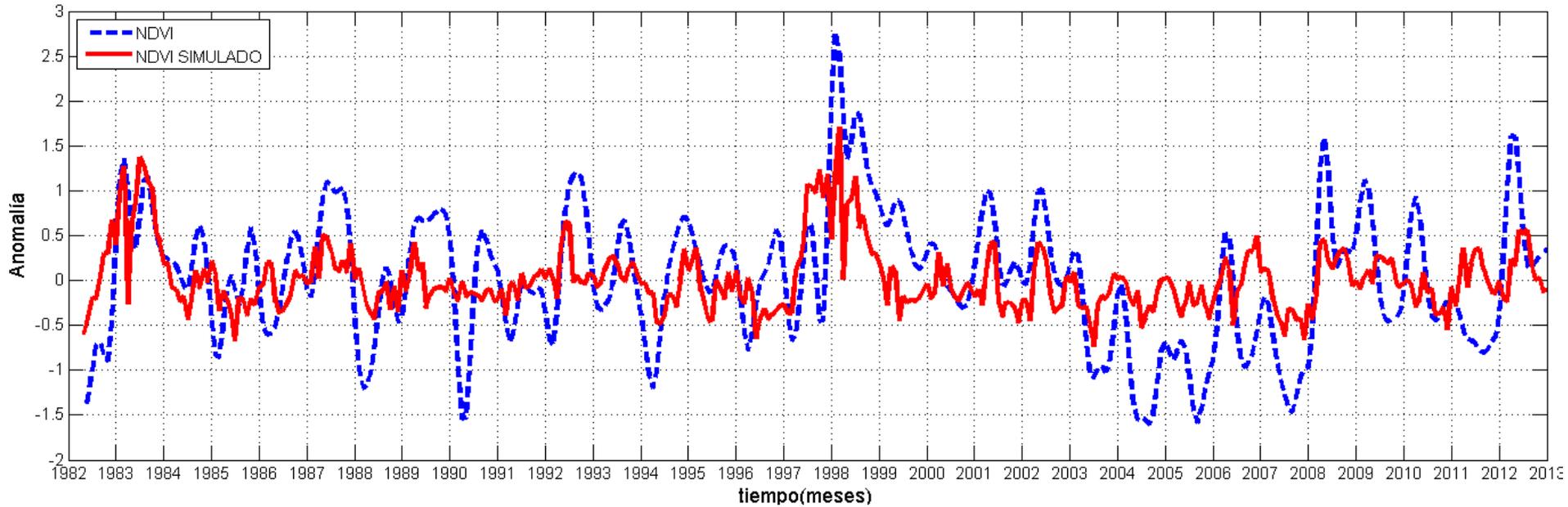
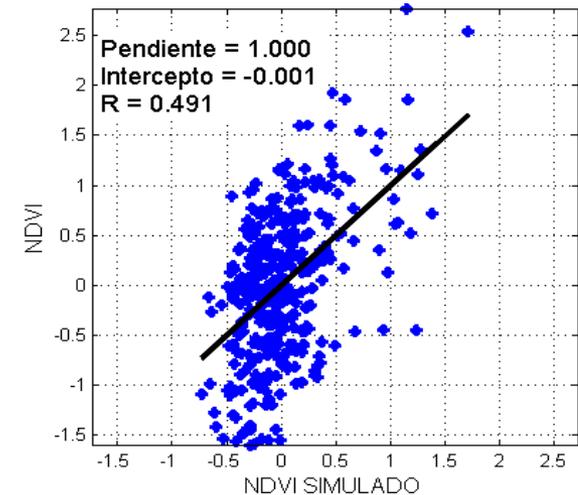


Figura 16.

El primer modelo ha sido construido usando los datos de la anomalía del NDVI como variable dependiente y como variable independiente la anomalía de TSM del Niño1+2 y Niño 3. El primer modelo se construye con el uso de toda la serie histórica de anomalía de TSM del Niño1+2 (marzo 1982 a Noviembre del 2012), Niño 3 (febrero del 1982 a octubre de 2012) y los datos de anomalía de NDVI (abril de 1982 diciembre de 2012).



Modelo 2

$$A_NDVI(t) = 0.001 + 0.352 \times A_TSM_{Ni\tilde{N}O12}(t-1) + 1.306 \times A_Pp(t-2)$$

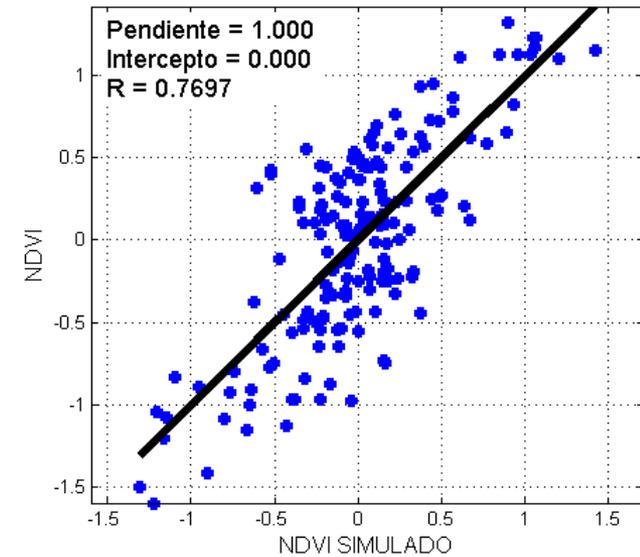
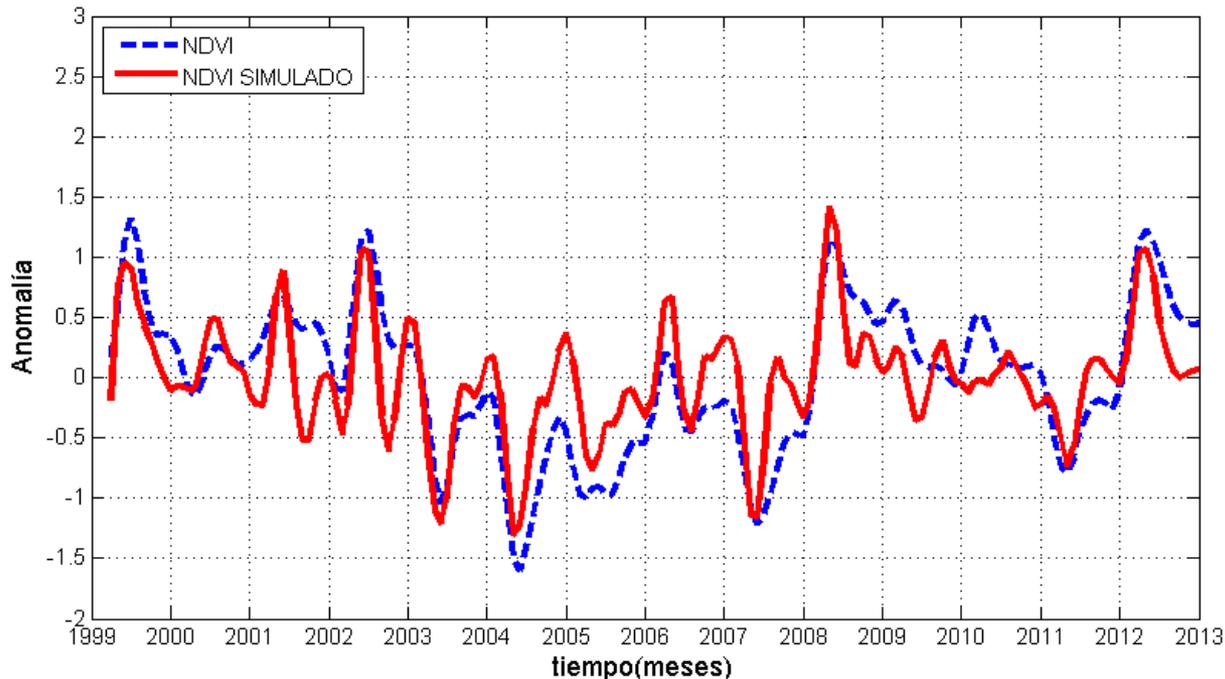


Figura 17.

El tercer modelo ha sido construido usando los datos de la anomalía del NDVI-VEGETATION como variable dependiente, y la anomalía de TSM Niño1+2 y anomalía de precipitación en la costa norte como variables independientes. Este tercer modelo se construye con el uso de la serie de anomalía de TSM del Niño 1+2 (enero de 1999 a noviembre de 2012), anomalía de precipitación (diciembre de 1998 a octubre de 2012) y anomalía de NDVI (febrero de 1999 a noviembre de 2012).

Modelo 4

$$A_NDVI(t) = 0.029 + 0.560 \times A_TSM_{Ni\tilde{N}O12}(t-1) + 1.223 \times A_Pp(t-2)$$

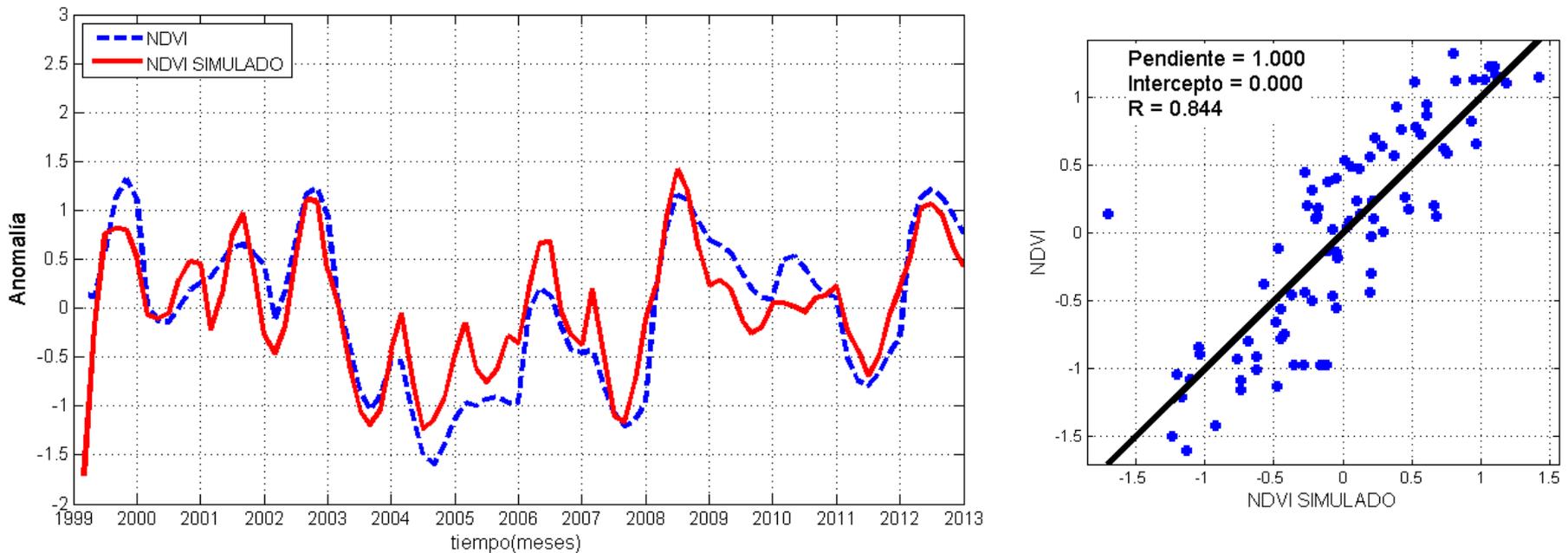


Figura 18.

El cuarto modelo ha sido construido usando los datos de la anomalía del NDVI como variable dependiente, y la anomalía de TSM Niño1+2 y la anomalía precipitación como variables independientes. Los datos usados han sido anomalía el NDVI de seis meses, febrero a julio en el periodo 1999 – 2012.

Espectro de potencia de la anomalía de serie de tiempo de NDVI

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{nk} ; k = 0, 1, 2, \dots, N - 1$$

$$W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$$

X: serie de tiempo en el dominio de la frecuencia

x: serie de tiempo en el dominio del tiempo

k: frecuencia (ciclos/mes)

n: tiempo discreto (meses)

N: cantidad de datos

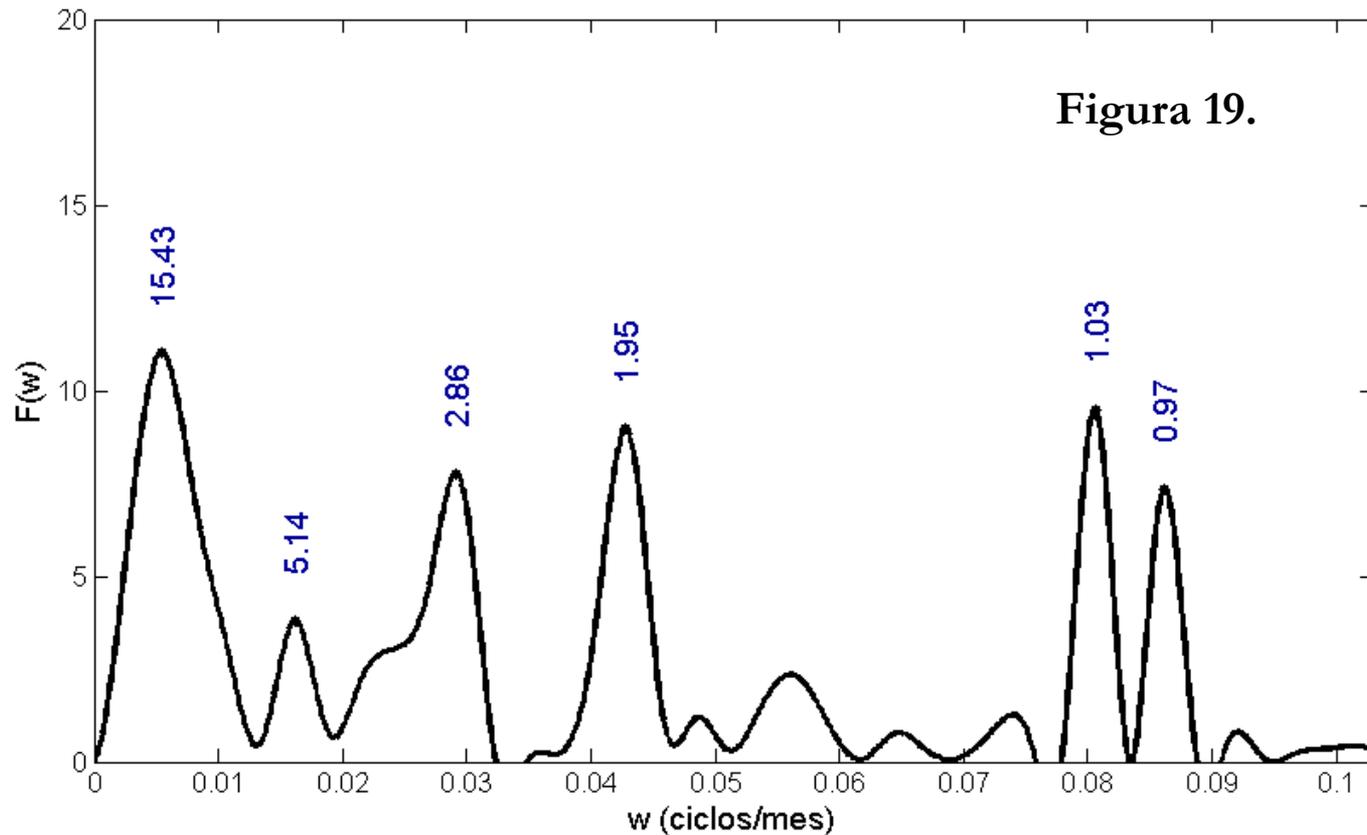


Figura 19.

Conclusiones

- El NDVI es afectado por eventos El Niño en la costa norte de Perú. En el norte aumenta la vegetación en general, pero afecta negativamente a la producción agrícola.
- El evento El Niño de 1997-1998, afecto de manera negativa a la vegetación en la sierra sur del país, en dichos años, es decir, una sequía.
- El NDVI es un buen indicador de la producción de caña de azúcar en los campos de cultivo de la Empresa Pomalca, por tanto es capaz de detectar una sequía agrícola en la costa norte de Perú.

Conclusiones

- Se demuestra una correlación de 0.43 entre la anomalía de NDVI en la costa norte de Perú y la anomalía de TSM en las región oceánica Niño 1y2, con un desfase de 1 meses, es decir el tiempo de respuesta de la vegetación ante un incremento de temperatura en el mar es de 1 meses.
- El NDVI simulado con el modelo 4 presenta una mayor correlación con el NDVI observado de 0.84, sobre todo reproduce mejor los efectos de El Niño 1997-1998 sobre la costa norte de Perú, y también la sequía agrícola del 2004. Esto serviría de alerta para detectar y cuantificar este tipo de eventos, hasta con un mes de anticipación.

AGRADECIMIENTOS



Autoridad Nacional del Agua



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



Centro del Agua para Zonas
Aridas y Semiáridas de
América Latina y El Caribe

¡GRACIAS!