CONAE

# Índices Espectrales derivados de imágenes satelitales Landsat 8 Sensor OLI

Guía de Ususario

Versión 1
06/06/2016

# Índice

Introducción ..... 2

Calibración de las bandas del sensor OLI de Landsat 8 a reflectancia a Tope de Atmósfera ..... 2

Listado de Índices Espectrales ..... 3

Especificaciones y generalidades de los archivos que contienen a los indices ..... 5

Análisis comparativo de productos generados por CONAE (TOA) y los generados por el USGS (con corrección atmosférica) ..... 6

Referencias ..... 14

# Introducción

Los productos derivados de las imágenes Landsat 8 Sensor OLI que se describen a continuación están en una etapa de desarrollo y son preliminares, ya que todavía no se completó el proceso de validación. Los índices espectrales presentados se obtienen a partir de datos de reflectancia a tope de atmósfera (TOA).

# Calibración de las bandas del sensor OLI de Landsat 8 a reflectancia a Tope de Atmósfera

## Corrección TOA de las imágenes

Los datos de las bandas del sensor OLI se pueden convertir a datos de reflectancia espectral TOA utilizando los factores de reescalado que se obtienen desde los  los metadatos. La siguiente ecuación permite pasar los valores de nivel de gris (ND) a reflectancia TOA:

$$\rho\lambda' = M_\rho Q_{cal} + A_\rho$$

Donde:

$\rho\lambda'$ = Reflectancia a TOA (planetary reflectance), sin corrección del ángulo solar.

$M\rho$ = Factor multiplicador de escala especificado para cada banda que se obtiene de los metadatos de la imagen. (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, where x is the band number)

$A\rho$ = Factor aditivo específico para cada banda que se obtiene de los metadatos de la imagen. (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, where x is the band number)

$Qcal$ = Valor del pixel cuantificado y calibrado (DN).

## Corrección a reflectancia TOA en relación al Angulo Solar:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\vartheta_{SZ})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\vartheta_{SE})}$$

Dónde:

$\rho\lambda$ = Reflectancia a TOA.

$\theta SE$= Angulo de elevación solar local. Angulo de elevación central de la escena en grados que se obtiene de los metadatos de la imagen (SUN_ELEVATION).

$\theta SZ$= Angulo zenital solar local;  $\theta_{SZ} = 90° - \theta_{SE}$

# Listado de Índices Espectrales

## 1) Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)

Es un índice que permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial. Se calcula como la diferencia normalizada entre la banda del rojo (R) y del infrarrojo cercano (NIR).

**NDVI= (NIR-R)/(NIR+R)**

Dónde: NIR= banda 5, R= banda 4

## 2) Índice de Vegetación Mejorado (EVI)

Este índice incorpora un valor ¨L¨ para realizar un ajuste en relación al canopeo, un valor ¨C¨ cómo coeficiente de resistencia de la atmosfera, y un valor correspondiente a la banda azul (B). Teniendo en cuenta estos coeficientes se realiza una corrección del índice normal reduciendo los ruidos producto de la interferencia de la atmósfera, el canopeo y la saturación.

**EVI= (NIR-R)/(NIR+C1*R-C2*B+L)**

Dónde: NIR= banda 5, R= banda 4, B= banda 2, L= 1, C1=6, C2=7.5

## 3) Índice de Vegetación ajustado con el suelo (SAVI)

Entre los factores que modifican el comportamiento del NDVI está la proporción de vegetación/suelo observada por el sensor. Para incluir explícitamente el factor suelo, clave cuando se trabaja en zonas áridas, Huete y sus colaboradores proponen incluir en la fórmula del NDVI un parámetro “L”, que ajuste el índice a una reflectividad promedio del fondo (Huete, 1988; Huete et al., 1992).

Este índice se calcula como la diferencia normalizada entre la banda roja (R) y la banda del infrarrojo cercano (NIR) ajustado con un factor “L”, que es la componente de brillo del suelo que se define con un valor de 0.5, ya que se ajusta mejor a todo tipo de cobertura.

**SAVI= [(NIR-R)/(NIR+R +L)]*(1+L)**

Donde: NIR= banda 5, R= banda 4, L= 0.5

## 4) Índice de Vegetación ajustado modificado (MSAVI)

Este índice se calcula como la diferencia normalizada entre la banda roja (R) y la banda del infrarrojo cercano (NIR) donde se aplica una función que determina el valor "L" para reducir el efecto del suelo en la señal de la vegetación.

$$\mathbf{MSAVI= (2*NIR+1- sqrt ((2*NIR+1)^2 - 8*(NIR-R)))/2}$$

Donde: NIR= banda 5, R= banda 4, siendo sqrt, raíz cuadrada

## 5) Índice Normalizado de la Diferencia de Humedad (NDMI)

Este índice se calcula como la diferencia normalizada entre el Infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo medio (SWIR1, banda 6).

$$\mathbf{NDMI= (NIR-SWIR)/(NIR+SWIR)}$$

Donde: NIR= banda 5, SWIR= banda 6

## 6) Índice normalizado de áreas quemadas (NBR)

Este índice se calcula como la diferencia normalizada entre el Infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo medio (SWIR2, banda7).

$$\mathbf{NBR= (NIR-SWIR)/(NIR+SWIR)}$$

Donde: NIR= banda 5, SWIR= banda 7

## 7) Índice normalizado de áreas quemadas 2 (NBR2)

Este índice se calcula como la diferencia normalizada entre los valores de dos bandas del infrarrojo medio (SWIR1 y SWIR2).

$$\mathbf{NBR2= (SWIR1-SWIR2)/(SWIR1+SWIR2)}$$

Donde: SWIR1= banda 6, SWIR2= banda 7

## Especificaciones y generalidades de los archivos que contienen a los indices

Los siete índices se distribuyen agrupados en un archivo .RAR. El formato de los datos es geotiff y lo acompaña un archivo .TXT con el metadato de la imagen original. Todos tienen una resolución espacial de 30 metros y una proyección conforme UTM (WGS4) Norte según número de zona que corresponda. Los datos están escalados a 10000 y para obtener los valores reales es necesario multiplicarlos por el factor de escala (0.0001).

Se aplicó una máscara para eliminar las zonas de la imagen cubiertas por nubes. Esta se obtuvo a partir de la información disponible de la banda de calidad (QA).

| ATRIBUTO | VALOR |
|---|---|
| Tipo de dato | 16-bit integer |
| Unidad | Valor del índice |
| Rango | -10000 a 10000 |
| Valor nulo | -9999 |
| Factor de escala | *0.0001 |

Nombre de los archivos

| LO8226085 2015347 COA 00_indices.rar | |
|---|---|
| LO8 | Landsat 8-OLI |
| 226085 | Path Row |
| 2015347 | Fecha de toma de la imagen (año y día juliano) |
| COA | Estación terrena (Córdoba, Argentina) |

***Para cualquier consulta o sugerencia o identificación de anomalías o valores erróneos no dude en comunicarse con Atención al Usuario:***

*ssu.atencionUsuarios@conae.gov.ar*

# Análisis comparativo de productos generados por CONAE (TOA) y los generados por el USGS (con corrección atmosférica)

## Objetivo

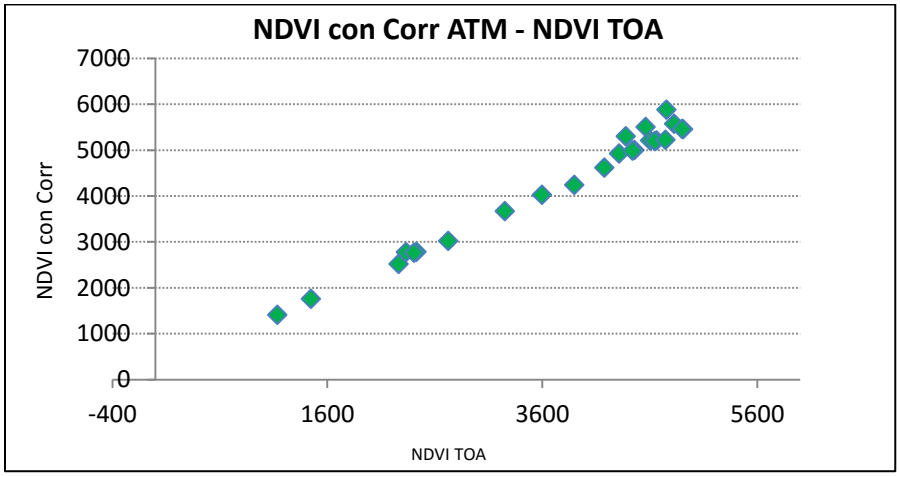
Analizar las diferencias o similitudes entre los productos generados con y sin corrección atmosférica y explorar la posibilidad de predecir el valor de un producto proveniente de datos corregidos atmosféricamente a partir de los valores provenientes de datos a tope de atmósfera.

## Metodología

Se compararon los productos generados en CONAE a partir de imágenes TOA con los generados por el USGS a partir de imágenes corregidas atmosféricamente. Ambos productos están escalados a 10000, es decir que los valores de índice varían entre -10000 y 10000.
Para cada uno de los productos se seleccionaron 27 pares de imágenes para las cuales se les calculó la media total de los pixeles válidos, se eliminaron los pixeles anómalos que se encontraban fuera del rango de los índices.
Se calculó la correlación entre los pares de valores y luego se ajustó una regresión lineal.
Los resultados se presentan a continuación.

## Resultados

### *1) Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)*




*Correlación de Pearson*

| Variable(1) | Variable(2) | n | Pearson | p-valor |
|---|---|---|---|---|
| C-ATM | C-ATM | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| C-ATM | TOA | 27 | 0,99 | <0,0001 |
| TOA | C-ATM | 27 | 0,99 | <0,0001 |
| TOA | TOA | 27 | 1,00 | <0,0001 |

**Análisis de regresión lineal**

| Variable | N | R² | R² Aj | ECMP | AIC | BIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C-ATM | 27 | 0,99 | 0,98 | 83638,96 | 372,96 | 376,85 |

**Coeficientes de regresión y estadísticos asociados**

| Coef | Est. | E.E. | LI(95%) | LS(95%) | T | p-valor | CpMallows | VIF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| const | 371,68 | 106,06 | 153,25 | 590,10 | 3,50 | 0,0017 | | |
| TOA | 1,05 | 0,03 | 1,00 | 1,10 | 40,75 | <0,0001 | 1598,05 | 1,00 |

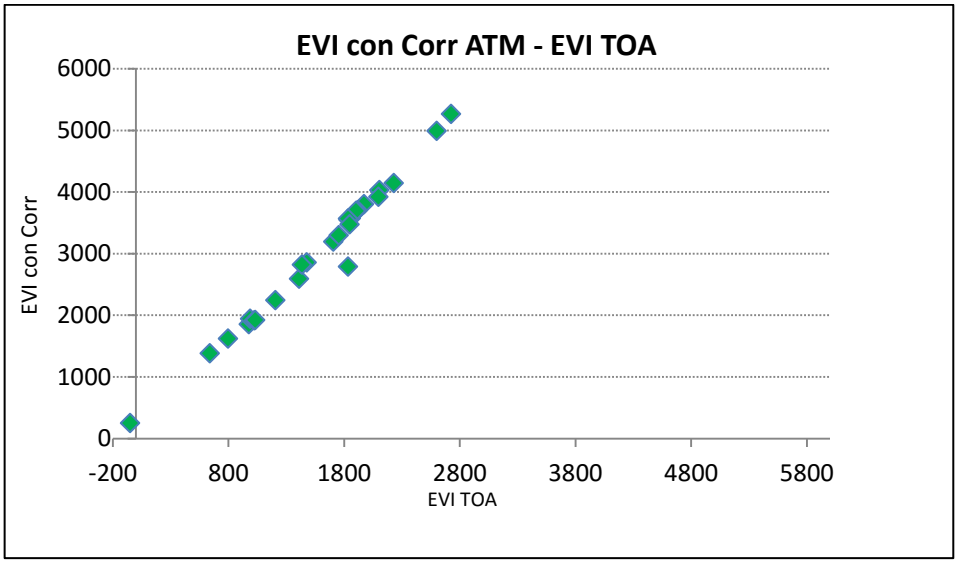
**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 83908605,01 | 1 | 83908605,01 | 1660,89 | <0,0001 |
| MEDIA1 | 83908605,01 | 1 | 83908605,01 | 1660,89 | <0,0001 |
| Error | 1263008,15 | 25 | 50520,33 | | |
| Total | 85171613,16 | 26 | | | |

**Modelo**

Indice corregiddo = 1,05* Indice TOA + 361.68

## 2) Índice de Vegetación Mejorado (EVI)




*Correlación de Pearson*

| Variable(1) | Variable(2) | n | Pearson | p-valor |
|---|---|---|---|---|
| CORR ATM | CORR ATM | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| CORR ATM | TOA | 27 | 0,99 | <0,0001 |
| TOA | CORR ATM | 27 | 0,99 | <0,0001 |
| TOA | TOA | 27 | 1,00 | <0,0001 |

**Análisis de regresión lineal**

| Variable | N | $R^2$ | $R^2$ Aj | ECMP | AIC | BIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CORR ATM | 27 | 0,98 | 0,98 | 31344,13 | 355,59 | 359,48 |

**Coeficientes de regresión y estadísticos asociados**

| Coef | Est. | E.E. | LI(95%) | LS(95%) | T | p-valor | CpMallows | VIF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| const | 134,16 | 88,57 | -48,26 | 316,58 | 1,51 | 0,1424 | | |
| TOA | 1,82 | 0,05 | 1,71 | 1,93 | 35,06 | <0,0001 | 1182,80 | 1,00 |

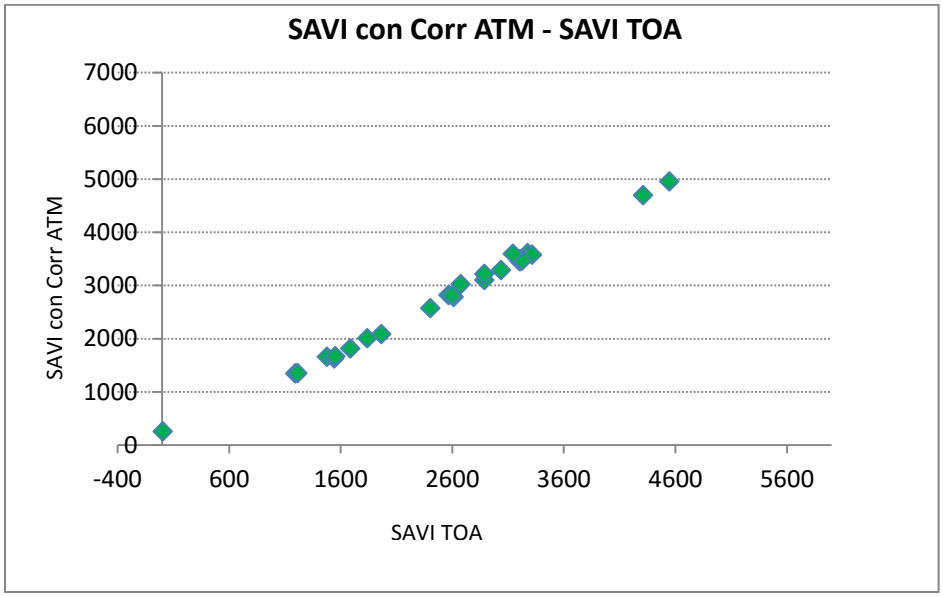
**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 32639201,92 | 1 | 32639201,92 | 1229,04 | <0,0001 |
| MEDIA1 | 32639201,92 | 1 | 32639201,92 | 1229,04 | <0,0001 |
| Error | 663919,19 | 25 | 26556,77 | | |
| Total | 33303121,11 | 26 | | | |

**Modelo**

Indice corregiddo = 1,82 * Indice TOA + 134,16

## 3) Índice de Vegetación ajustado con el suelo (SAVI)




*Correlación de Pearson*

| Variable(1) | Variable(2) | n | Pearson | p-valor |
|---|---|---|---|---|
| C-ATM | C-ATM | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| C-ATM | TOA | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| | | | | |
| TOA | C-ATM | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| TOA | TOA | 27 | 1,00 | <0,0001 |

**Análisis de regresión lineal**

| Variable | N | $R^2$ | $R^2$ Aj | ECMP | AIC | BIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C-ATM | 27 | 1,00 | 1,00 | 6381,45 | 309,26 | 313,15 |

**Coeficientes de regresión y estadísticos asociados**

| Coef | Est. | E.E. | LI(95%) | LS(95%) | T | p-valor | CpMallows | VIF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| const | 70,93 | 36,93 | -5,13 | 146,99 | 1,92 | 0,0663 | | |
| TOA | 1,06 | 0,01 | 1,04 | 1,09 | 78,80 | <0,0001 | 5971,21 | 1,00 |

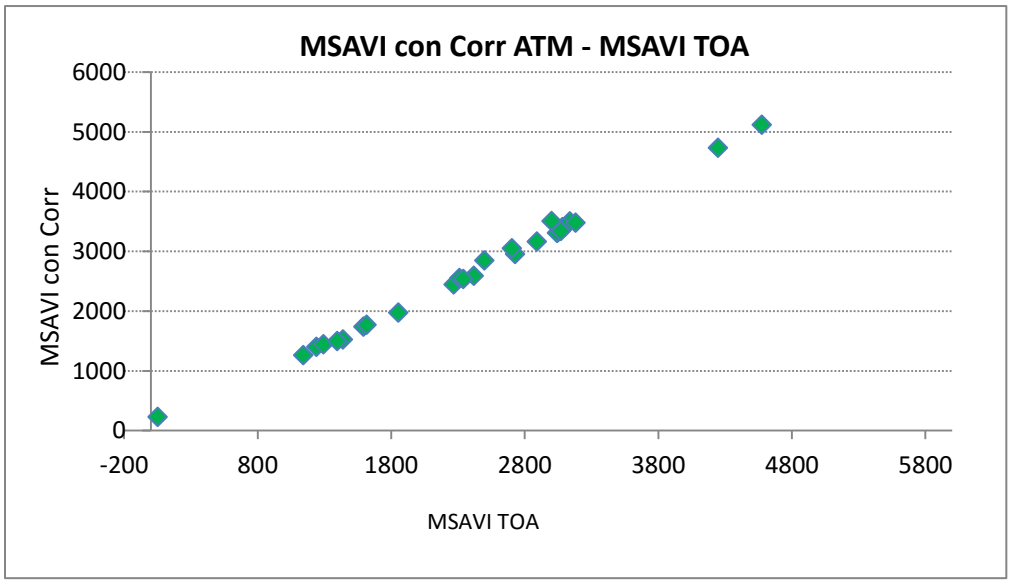
**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 29639513,73 | 1 | 29639513,73 | 6208,98 | <0,0001 |
| MEDIA1 | 29639513,73 | 1 | 29639513,73 | 6208,98 | <0,0001 |
| Error | 119341,38 | 25 | 4773,66 | | |
| Total | 29758855,10 | 26 | | | |

**Modelo**

Indice corregiddo = 1,06* Indice TOA + 70,93

## 4) Índice de Vegetación ajustado modificado (MSAVI)




*Correlación de Pearson*

| Variable(1) | Variable(2) | n | Pearson | p-valor |
|---|---|---|---|---|
| CORR ATM | CORR ATM | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| CORR ATM | TOA | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| TOA | CORR ATM | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| TOA | TOA | 27 | 1,00 | <0,0001 |

**Análisis de regresión lineal**

| Variable | N | $R^2$ | $R^2$ Aj | ECMP | AIC | BIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CORR ATM | 27 | 1,00 | 1,00 | 6390,26 | 310,33 | 314,22 |

**Coeficientes de regresión y estadísticos asociados**

| Coef | Est. | E.E. | LI(95%) | LS(95%) | T | p-valor | CpMallows | VIF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| const | 5,88 | 36,35 | -68,99 | 80,75 | 0,16 | 0,8728 | | |
| TOA | 1,10 | 0,01 | 1,07 | 1,13 | 79,02 | <0,0001 | 6005,04 | 1,00 |

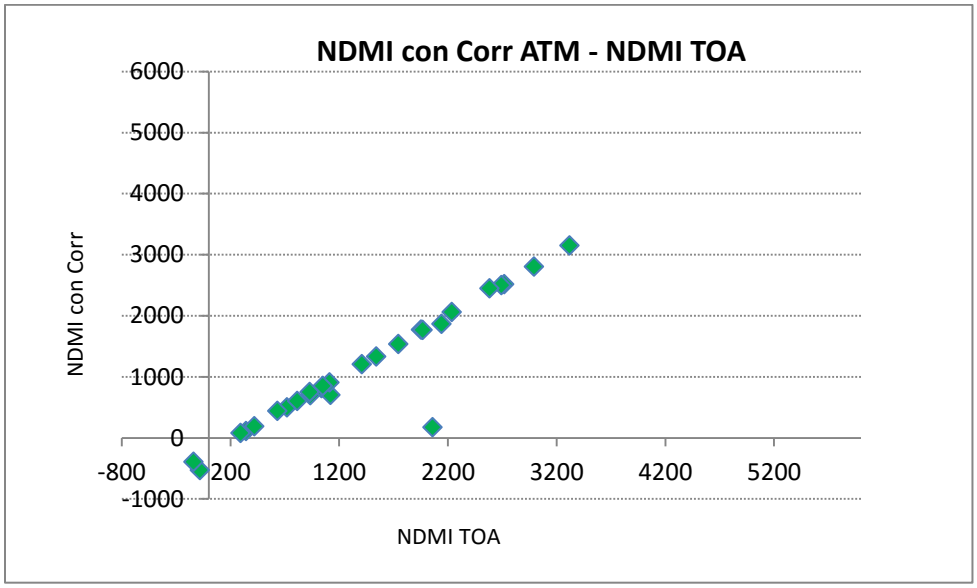
**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 31015057,73 | 1 | 31015057,73 | 6244,16 | <0,0001 |
| MEDIA1 | 31015057,73 | 1 | 31015057,73 | 6244,16 | <0,0001 |
| Error | 124176,29 | 25 | 4967,05 | | |
| Total | 31139234,03 | 26 | | | |

**Modelo**

Indice corregiddo = 1,10* Indice TOA + 5. 88

## 5) Índice Normalizado de la Diferencia de Humedad (NDMI)




*Correlación de Pearson*

| Variable(1) | Variable(2) | n | Pearson | p-valor |
|---|---|---|---|---|
| C-ATM | C-ATM | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| C-ATM | TOA | 27 | 0,94 | <0,0001 |
| | | | | |
| TOA | C-ATM | 27 | 0,94 | <0,0001 |
| TOA | TOA | 27 | 1,00 | <0,0001 |

**Análisis de regresión lineal**

| Variable | N | $R^2$ | $R^2$ Aj | ECMP | AIC | BIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C-ATM | 26 | 1,00 | 1,00 | 4469,99 | 291,67 | 295,44 |

**Coeficientes de regresión y estadísticos asociados**

| Coef | Est. | E.E. | LI(95%) | LS(95%) | T | p-valor | CpMallows | VIF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| const | -269,68 | 21,53 | -314,12 | -225,25 | -12,53 | <0,0001 | | |
| TOA | 1,03 | 0,01 | 1,01 | 1,06 | 81,17 | <0,0001 | 6325,82 | 1,00 |

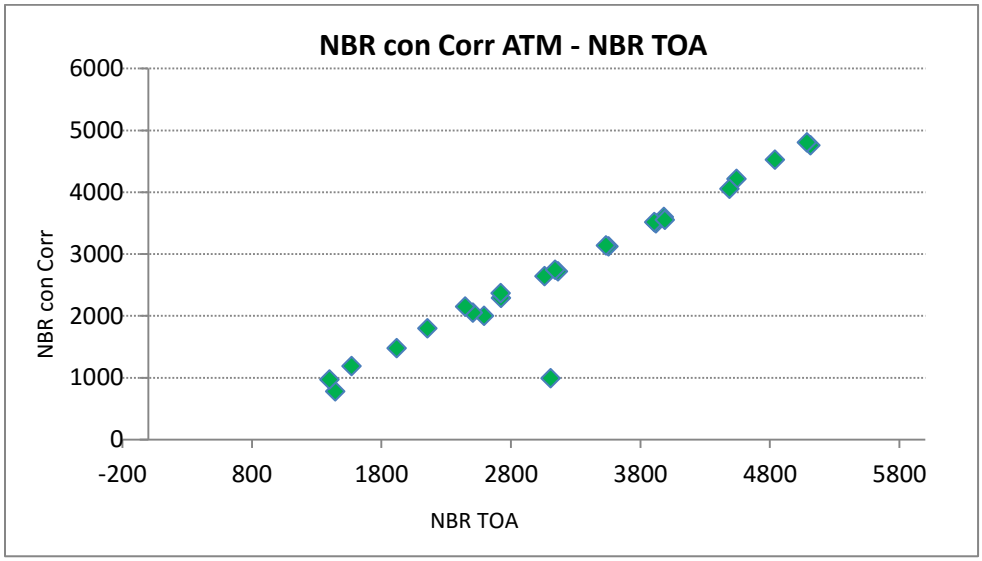
**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 24704596,16 | 1 | 24704596,16 | 6588,31 | <0,0001 |
| MEDIA1 | 24704596,16 | 1 | 24704596,16 | 6588,31 | <0,0001 |
| Error | 89994,24 | 24 | 3749,76 | | |
| Total | 24794590,41 | 25 | | | |

**Modelo**

Indice corregiddo = 1,03* Indice TOA - 269,68

## 6) Índice normalizado de áreas quemadas (NBR)




*Correlación de Pearson*

| Variable(1) | Variable(2) | n | Pearson | p-valor |
|---|---|---|---|---|
| C-ATM | C-ATM | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| C-ATM | TOA | 27 | 0,97 | <0,0001 |
| | | | | |
| TOA | C-ATM | 27 | 0,97 | <0,0001 |
| TOA | TOA | 27 | 1,00 | <0,0001 |

**Análisis de regresión lineal**

| Variable | N | $R^2$ | $R^2$ Aj | ECMP | AIC | BIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C_ATM | 27 | 0,95 | 0,94 | 126770,14 | 395,42 | 399,31 |

**Coeficientes de regresión y estadísticos asociados**

| Coef | Est. | E.E. | LI(95%) | LS(95%) | T | p-valor | CpMallows | VIF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| const | -617,03 | 185,34 | -998,74 | -235,32 | -3,33 | 0,0027 | | |
| TOA | 1,04 | 0,05 | 0,94 | 1,15 | 20,81 | <0,0001 | 417,34 | 1,00 |

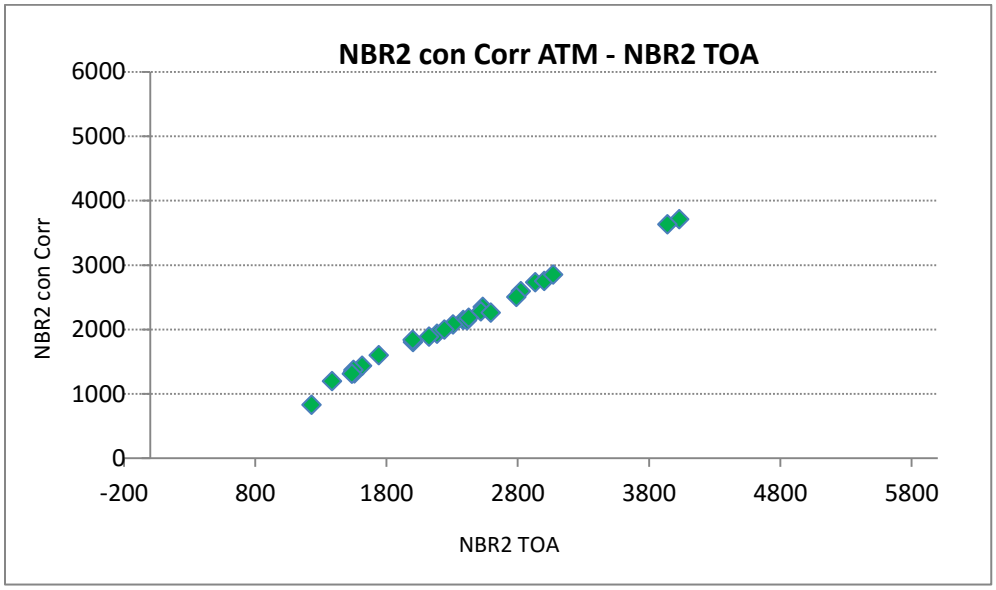
**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 50263975,47 | 1 | 50263975,47 | 432,95 | <0,0001 |
| MEDIA1 | 50263975,47 | 1 | 50263975,47 | 432,95 | <0,0001 |
| Error | 2902394,31 | 25 | 116095,77 | | |
| Total | 53166369,79 | 26 | | | |

**Modelo**

Indice corregiddo = 1,04* Indice TOA - 617.03

## 7) Índice normalizado de áreas quemadas 2 (NBR2)




*Correlación de Pearson*

| Variable(1) | Variable(2) | n | Pearson | p-valor |
|---|---|---|---|---|
| C-ATM | C-ATM | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| C-ATM | TOA | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| | | | | |
| TOA | C-ATM | 27 | 1,00 | <0,0001 |
| TOA | TOA | 27 | 1,00 | <0,0001 |

**Análisis de regresión lineal**

| Variable | N | $R^2$ | $R^2$ Aj | ECMP | AIC | BIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C-ATM | 27 | 0,99 | 0,99 | 3657,36 | 296,39 | 300,28 |

**Coeficientes de regresión y estadísticos asociados**

| Coef | Est. | E.E. | LI(95%) | LS(95%) | T | p-valor | CpMallows | VIF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| const | -177,47 | 36,28 | -252,18 | -102,76 | -4,89 | <0,0001 | | |
| MEDIA1 | 0,97 | 0,02 | 0,94 | 1,00 | 64,90 | <0,0001 | 4050,87 | 1,00 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 12484126,83 | 1 | 12484126,83 | 4211,83 | <0,0001 |
| MEDIA1 | 12484126,83 | 1 | 12484126,83 | 4211,83 | <0,0001 |
| Error | 74101,63 | 25 | 2964,07 | | |
| Total | 12558228,46 | 26 | | | |

**Modelo**

Indice corregiddo = 0.97* Indice TOA - 177,47

| Indice | $R^2$ | Pendiente | Ordenada |
|---|---|---|---|
| **EVI** | 0,98 | 1,82 | 134,16 |
| **MSAVI** | 1 | 1,10 | 5,88 |
| **NBR** | 0,95 | 1,04 | -617,03 |
| **NBR2** | 0,99 | 0,97 | -177,47 |
| **NDMI** | 1 | 1,03 | -269,68 |
| **NDVI** | 0,99 | 1,05 | 361,68 |
| **SAVI** | 1 | 1,06 | 70,93 |

Cuadro 1: Resumen de variables de los modelos de regresión

Los productos analizados mostraron que la correlación entre los valores de los productos generados por el USGS corregidos atmosféricamente y los producidos por CONAE a partir de valores de reflectancia a tope de atmósfera (TOA), es altísima, entre 0,94 y 1 con un alto nivel de significancia.

A su vez todos los productos ajustaron a modelos lineales con alto nivel de significancia en los cuales la mayor parte de la variabilidad está explicada por estos. Se observa, en los resultados de todos los índices, que los modelos son altamente significativos con valores de R cercanos a 1. Los valores de pendiente, salvo en el caso del EVI, tienen valores cercanos a 1, como se observa en el cuadro 1, pero significativamente distintos de 1. En el caso del EVI este valor prácticamente se duplica.

Si bien es necesario profundizar el análisis para evaluar si estos modelos ajustan de la misma manera en distintas épocas del año y para diferentes coberturas, estas primeras pruebas muestran una buena aproximación a las diferencias de magnitud de los índices usando uno u otro producto.

La ampliación de estos análisis se ofrecerá en las actualizaciones de este documento.

## Referencias


- Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio. Emilio Chuvieco. Octubre 2010. Editorial Planeta
- Product Guide. Landsat Surface Reflectance –Derived Spectral Indices. USGS, March 2016
- Using the USGS Landsat 8 Product. Página web del USGS (http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)
- Landsat 8 Data User Handbook. March 2016.