

10º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos
VI Jornadas de Geotecnología: Crear y Administrar Ámbitos Colaborativos
Subtema: GIS

ÍNDICE DE VEGETACIÓN: MONITOREO DE VEGETACIÓN EN LA PATAGONIA

Patricio García Bes¹, Fernando García¹, Magdalena Quirno Costa¹, Adrián Benítez²

1: Pan American Energy, pgarciabes@pan-energy.com, fegarcia@pan-energy.com, mquirnocosta@pan-energy.com

2: Consultor SIG y Teledetección, ad.ed.benitez@gmail.com

Palabras clave: Imagen satelital, vegetación, índices de vegetación, NDVI

ABSTRACT

Index of vegetation: Monitoring of vegetation in Patagonia

The work includes the Golfo San Jorge area in the Cerro Dragón and Piedra Clavada - Koluel Kaike deposits, which have an area of 3,800 km², where Pan American Energy develops its hydrocarbon exploitation activities.

The objective of the work is the monitoring and monitoring of vegetation through the use of satellite images. To measure and interpret changes in vegetation cover, since 2013, multispectral satellite images have been taken in the study area. The vegetation in its interaction with the electromagnetic energy can be detected by some spectral ranges of the remote sensors. By applying models of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) on the satellite images, it is possible to measure the quantity, quality and development of the vegetation.

With the analysis of the information collected during 5 years it was possible to establish that the presence of vegetation decreases from the SE to the NW of the area under study, and remains at significant levels along canyons and mallines that dissect the different plateaus. In areas where Pan American Energy carried out revegetation tasks, it was possible to establish and verify that these tasks clearly catalyze the plant activity of these areas.

It was found that it took 60 years for nature to take vegetation from old abandoned sites (where no sanitation practices were carried out) to cover vegetation values similar to those reached in 10 years in those areas where revegetation tasks were carried out.

Remote sensing, added to the network of vegetation plots in the field, forms an important and solid tool to obtain data on the state of vegetation, even in wide and heterogeneous environments such as Patagonia Argentina.

The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) allows us to assess the vigor of the existing vegetation, it is a solid and reliable index for monitoring the evolution of vegetation in the study area. The methodology applied allows to establish the vegetation coverage of the whole operation area and to identify interannual changes and evolution trends at a regional level or in certain areas of interest.

INTRODUCCION

El área de trabajo se encuentra en el distrito florístico Golfo de San Jorge. Soriano (1956), León et al. (1998). EL paisaje está principalmente compuesto de estepas arbustivas y estepas gramíneo arbustivas. Beeskow et al. (1987), Soriano (1956).

El desarrollo de las actividades humanas implican el cambio del uso de la tierra, la actividad petrolera no es una excepción; por ejemplo la construcción de caminos y locaciones traen aparejada el cambio de una cubierta vegetal por ripio.

No obstante, no todos los cambios o fluctuaciones de la cobertura vegetal son causa directa de la actividad petrolera; existiendo otras actividades que actúan, como el sobrepastoreo y procesos naturales como periodos de sequías o temperaturas extremas. LADA (2011)

El entorno naturalmente cuenta con procesos que, con el paso del tiempo, intenta recuperar la condición de vegetación inicial pero la velocidad de esta recuperación para el caso de ambientes desérticos como el de la Patagonia requiere tiempos prolongados. Castro Dassen et al. (2006)

El interés de conservar y mejorar el estado de la cobertura vegetal por parte de las autoridades de aplicación, dueños de campo y la sociedad en su conjunto fue creciendo en los últimos años.

Pan American Energy (PAE) en las áreas donde opera cuenta con prácticas que permiten reducir su huella en el paisaje.

En la etapa de diseño se destacan:

- Seleccionar el mejor sitio posible para evitar el uso de zonas sensibles
- Las instalaciones se diseñan para que cuenten con la menor superficie posible.

En la etapa operativa, se procura achicar la superficie necesaria a su mínima expresión, como es el caso del achique de locaciones.

Y finalmente en la etapa de abandono de pozos y caminos, los suelos se acondicionan para favorecer el desarrollo vegetal mediante labores que lo permitan. Castro Dassen et al. (2006)

Desde el año 2013, en los yacimientos Cerro Dragón y Piedra Clavada – Koluel Kaike de la cuenca Golfo San Jorge, PAE cuenta con una serie de parcelas de monitoreo de vegetación, que se miden anualmente; permitiendo estimar para esos sitios la fluctuación de la vegetación; no obstante ello los datos relevados no pueden ser directamente extrapolados para toda la superficie del yacimiento. PAE (2013-2017)

La problemática surge en, ¿Cómo es posible estimar la fluctuación de la vegetación en 3800 km²? ¿Cómo hacer un seguimiento de la recuperación de la vegetación en las áreas en donde se llevaron prácticas de revegetación?

METODOLOGÍA

Atendiendo a todos los esfuerzos que realiza PAE en la reducción de la afectación de la vegetación; es estratégico contar con una herramienta que permita medir e interpretar los cambios interanuales de la cobertura vegetal en toda la superficie del yacimiento.

Contar con una herramienta de este tipo permite a PAE:

- Monitorear y analizar el avance de las tareas de revegetación en aquellas zonas en donde se realizaron tareas de cierre.

- Identificar aquellos cambios en el paisaje producidos por PAE y cuales son causados por otras actividades o condiciones naturales.

El área de estudio es de grandes extensiones (3800 km²) y heterogénea, encontrándose zonas con una cobertura vegetal del 100 % (mallines) y zonas sin cobertura (peladares). PAE realizó estudios de vegetación como parte del Estudio de Línea de Base Ambiental. PAE (2013)

Posterior a mediciones de parcelas de vegetación sirvieron de soporte base para el diseño de una innovadora manera de monitorear la vegetación (PAE 2013-2017). Pero, ¿Cómo extender los datos puntuales de las parcelas de vegetación, que anualmente se relevan en campo, a todo el yacimiento?

Desde el año 2013, se estuvo desarrollando una metodología que a través del uso de imágenes satelitales multiespectrales, complementado con una red de monitoreo en el terreno permita identificar y cuantificar la evolución en el tiempo de la cobertura vegetal. PAE (2014-2017).

Índice de Vegetación: NDVI

Uno de los componentes más importantes del paisaje es la vegetación, y es fundamental como caracterizar ambientes semiáridos y áridos como los que se encuentran en nuestra Patagonia. La cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación puede estimarse a través de sensores remotos aprovechando los rangos espectrales donde el comportamiento típico de la vegetación en su interacción con la energía electromagnética pueda ser detectado y medido. Paruelo (2008). Pruebas de laboratorio, de campo y desde sensores montados en aviones o satélites, han demostrado que en las longitudes de onda entre 0,6 y 0,7 μ , correspondientes con el color rojo, los vegetales, a través de sus pigmentos, absorben la energía electromagnética necesaria para la fotosíntesis. Jensen, J.R.

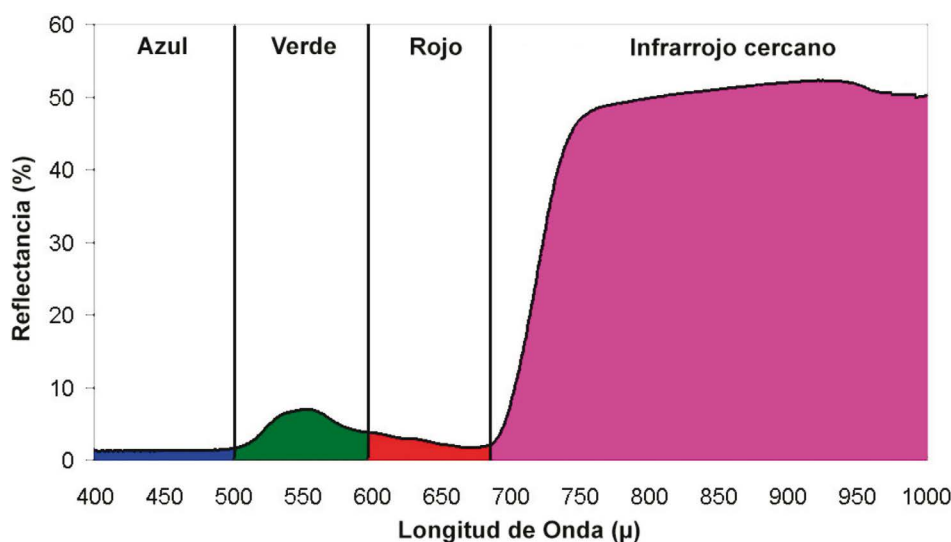


Figura 1. Bandas del espectro electro-magnético

(1996), Townshend et al. (1986). También se ha comprobado que algunos tejidos vegetales, como el parénquima en empalizada, reflejan en gran proporción las longitudes de onda entre $0,7 \mu$ y $1,3 \mu$, correspondientes al infrarrojo cercano, evitando así un recalentamiento peligroso para la planta. Lillesand et al. (1994). Por lo tanto, a diferencia de otros componentes terrestres, la vegetación refleja muy poco de la energía incidente en el espectro del rojo y refleja la gran parte de la energía incidente en el infrarrojo cercano, como se muestra en la Fig 1. Tucker et al. (2010).

En base a esta cualidad natural del comportamiento espectral de la vegetación es posible utilizar información satelital de sensores que puedan captar la intensidad de energía reflejada desde la superficie terrestre en el espectro del rojo y del infrarrojo cercano en dos canales separados. La mayoría de los sensores diseñados para ser utilizados en el estudio de los recursos naturales poseen al menos una banda en el espectro del rojo y otra banda en el espectro del infrarrojo cercano. Asimismo, y considerando que esa energía es captada y la intensidad de su señal es codificada en números enteros, se pudieron desarrollar fórmulas y modelos matemáticos específicos para medir la mayor o menor presencia de vegetación sobre la superficie terrestre. Estos modelos son llamados Índices de Vegetación y uno de los más usados y probados por su sencillez de cálculo y fiabilidad es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI por sus siglas en inglés). Su fórmula es la siguiente.

$$\text{NDVI} = (\text{infrarrojo cercano} - \text{rojo}) / (\text{infrarrojo cercano} + \text{rojo})$$

Donde su numerador exagera las diferencias y su denominador la normaliza para atenuar el impacto de los distintos tipos de suelo que pueden variar en un área determinada. La Figura 2 muestra el NDVI de un sector de Koluel Kaike (Santa Cruz) junto al color verdadero compuesto de la imagen satelital correspondiente.

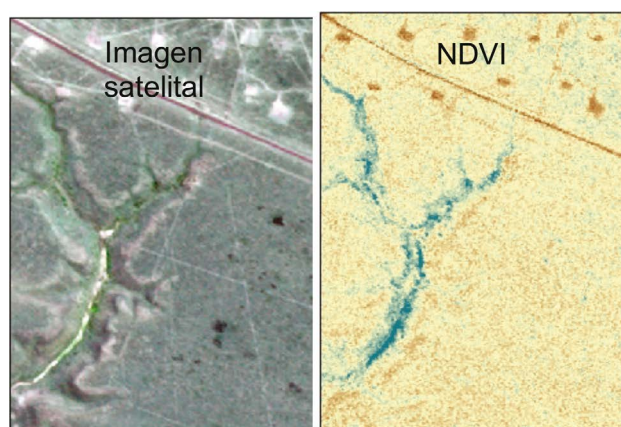


Figura 2. Imagen satelital y NDVI

El NDVI es una variable adimensional, es una medida relativa entre niveles de intensidad entre dos bandas. Para convertirla a parámetros agronómicos se relaciona con modelos matemáticos o estadísticos a partir de valores medidos a campo lo más cercanos en el tiempo a la toma de

la imagen, evitando así desfases entre las observaciones de campo y los datos de la imagen adquirida. El NDVI toma valores entre -1 y +1, y puede ser escalado mediante una función lineal para evitar números negativos posteriores. (Fig 3)

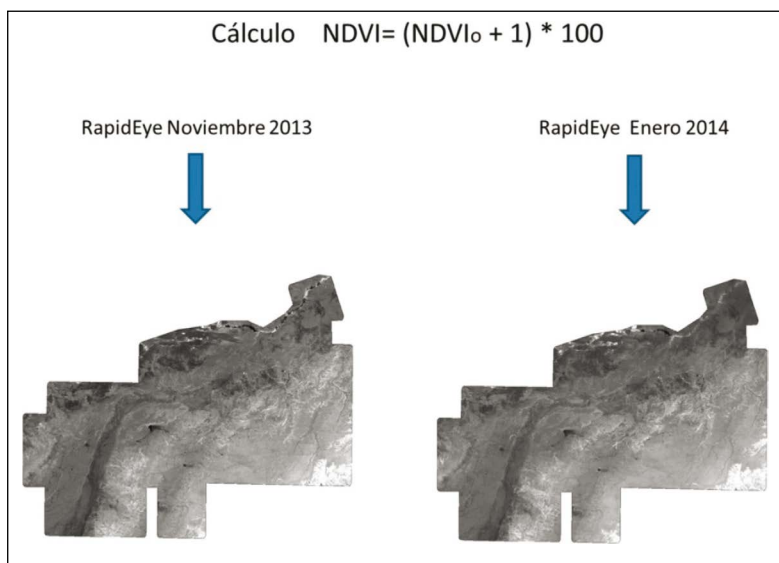


Figura 3. Escalado de NDVI

Cobertura de vegetación:

Una vez escalado el NDVI, se correlaciona con los resultados de porcentaje de cobertura vegetal medidas en parcelas de campo que PAE tiene ubicadas en el área del Golfo de San Jorge. (Fig 4)

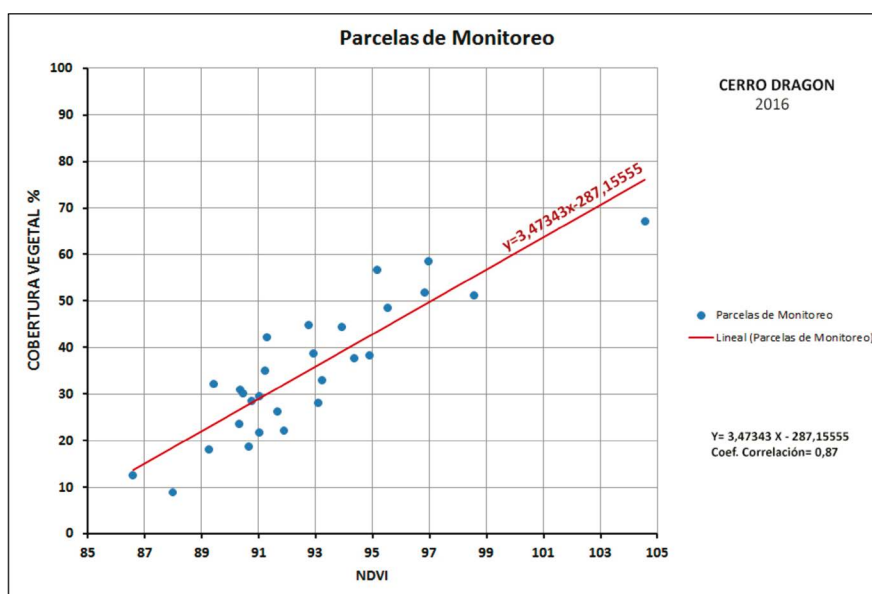


Figura 4. Regresión entre NDVI y mediciones sobre las parcelas año 2006

De esta manera, los valores de NDVI dejan de ser una variable adimensional para ser un dato de porcentaje de cobertura vegetal estadísticamente confiable.

Si bien cada pixel obtiene así su grado de cobertura vegetal, lo mismo es recomendable agruparlos y generar nuevas imágenes temáticas pero por rangos de cobertura vegetal.

La tabla de clasificación utilizada fue la siguiente:

Color	Rango	Clase
	0-10	1
	10-20	2
	20-30	3
	30-40	4
	40-50	5
	50-60	6
	60-70	7
	70-80	8
	80-90	9
	90-100	10

Por ejemplo: Todos los valores de cobertura vegetal entre el 30% y 40% su valor de clase final será la “4”. La Figura 5 muestra las imágenes temáticas resultado de esta clasificación.

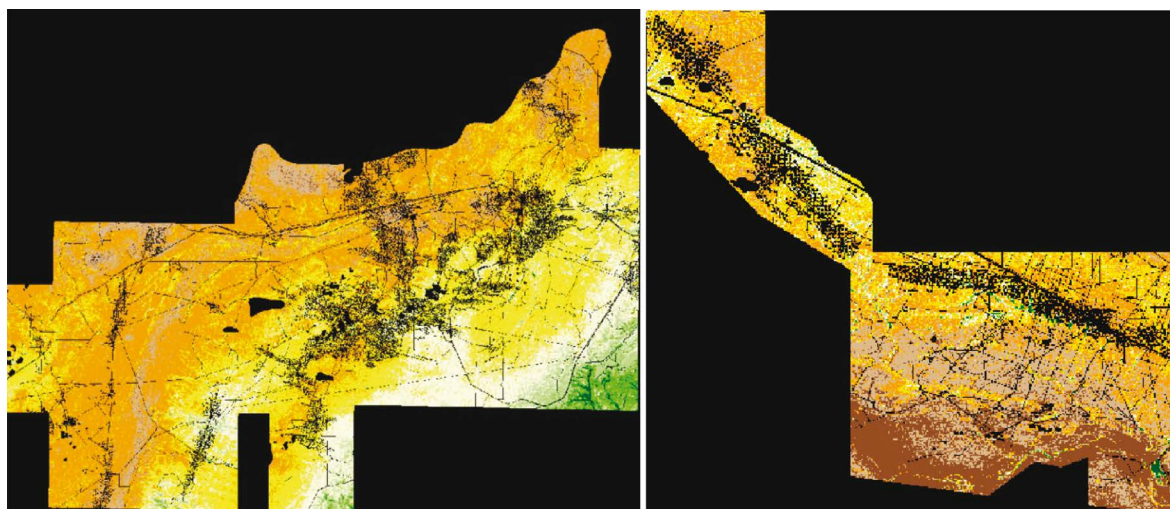


Figura 5. Imágenes de cobertura vegetal por clases en los yacimientos Cerro Dragón (izquierda) y Koluel Kaike – Piedra Clavada (derecha)

Cambios de la cobertura vegetal:

A partir de las imágenes de cobertura obtenidas en cada año, un estudio multitemporal de las mismas fue llevado a cabo de distintas maneras con métodos estadísticos y de álgebra de imágenes. Los mismos se pueden observar en las Figuras 6 y 7.

Se pudo establecer los cambios en la cobertura de la vegetación de año a año, posibilitando así entender la evolución de la misma en el tiempo.

RESULTADOS

La metodología desarrollada, permite actualmente:

- 1) Estimar anualmente el vigor de la cobertura vegetal en la totalidad del área operada. Esto es reflejado, por los valores calculados anualmente del Índice de Vegetación, como así también por la Cobertura vegetal (Figs 2 y 5)
- 2) Medir los cambios en la Cobertura Vegetal año a año. (Figs 6 y 7). Esto permite interpretar la existencia o no de tendencia en la evolución del entorno, pudiendo identificar los procesos que originan las fluctuaciones. Por ende se obtuvo un claro conocimiento de la dinámica vegetal en el sitio como la caracterización de los procesos existentes.

En la Figura 6 se observa el Modelo Digital de Elevación o DEM, correspondiente al relieve de Cerro Dragón y, superpuestas, las imágenes de cambios del porcentaje de cobertura vegetal entre los años 2014 y 2015 y entre el 2015 y el 2016. Los píxeles en tonos rojizos indican una disminución de la cobertura vegetal, y la intensidad del color el grado de esa disminución. De igual modo, los píxeles en tonos verdosos indican un aumento de la cobertura vegetal, y la intensidad del color el grado de ese aumento de la cobertura vegetal. Donde no hubo cambios entre los años, los píxeles son transparentes y se visualiza el DEM.

De la interpretación de estos productos, se infiere que la vegetación de la zona central y occidental de la meseta de Cerro Dragón y sus cañadones, sufrieron pérdida de cobertura en 2015 con respecto al 2014, como así también la zona más occidental del área estudiada. A la inversa, en el área del Valle Hermoso se exhibe un mayor desarrollo de la vegetación durante 2015 que en 2014.

Si tomamos estos tres años, podemos inferir que la dinámica de la vegetación es muy activa y cambiante, y superior a la impresión de status de permanente que crea el paisaje de estas estepas patagónicas en el ocasional visitante que las recorre.

Esta dinámica, por su escala se corresponde con cambios ambientales y no por la acción antrópica. Y de estas pulsaciones observadas hasta el momento, se infiere que el equilibrio del sistema no es homogéneo o constante sino dinámico y fluctuantemente compensatorio. La vegetación de una zona puede verse afectada negativamente durante un período, pero puede ser la beneficiada en el período siguiente. Es razonable inferir que las especies naturales se han adaptado a este sistema de condiciones alternantes, como ya otros investigadores concluyeron.

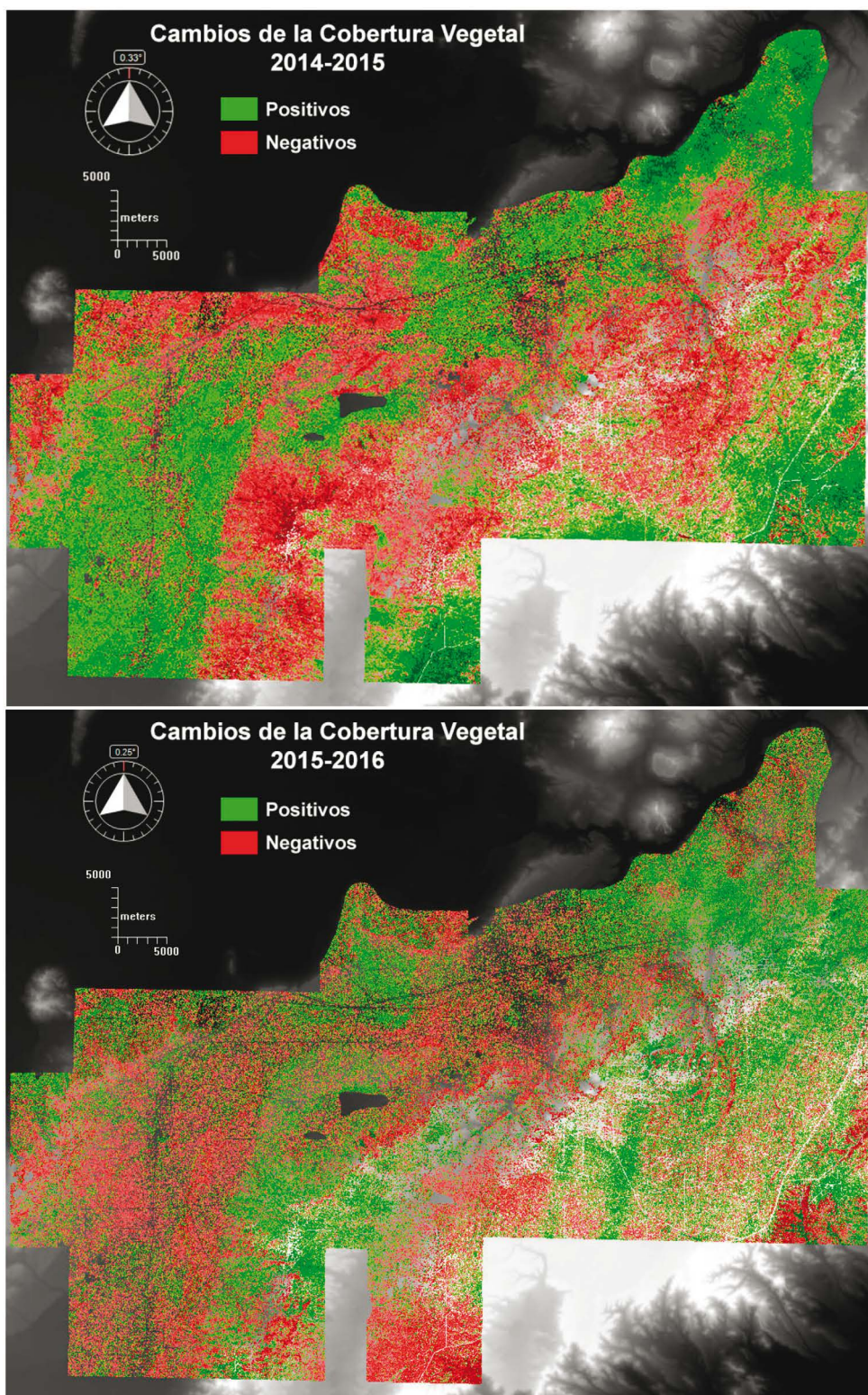


Figura 6. Imágenes de cambio absoluto de cobertura vegetal en CD

La zona sur de Koluel Kaike – Piedra Clavada posee comunidades naturales menos vegetadas que la norte en Cerro Dragón, ya que el 90% de su superficie posee una cobertura vegetal menor al 40%.

Cob. Veg(%)	Sup (Has)	Sup (%)
0-10	6995,56	19,96
10-20	8785,16	25,07
20-30	10127,90	28,90
30-40	6546,76	18,68
40-50	1925,20	5,49
50-60	404,72	1,15
60-70	102,68	0,29
70-80	38,64	0,11
80-90	20,76	0,06
90-100	97,36	0,28

Del análisis de los cambios para la zona de Koluel Kaike – Piedra Clavada entre 2015 y 2016, se infiere que las diferencias de cobertura vegetal positivas y negativas se distribuyen en forma más heterogénea que en Cerro Dragón. No obstante, es evidente una franja donde sensiblemente ha disminuido la cobertura vegetal que se corresponde principalmente con las terrazas altas de erosión y altos abanicos fluviales del Río Deseado (Fig. 7).

Cuando se toman en cuenta todos los cambios positivos, se observa que en éstos se verificaron en el cauce y terrazas más bajas del valle del Río Deseado, y en el extremo NW de la zona sur. Una explicación a la distribución uniforme de los cambios observados, puede deberse a la homogeneidad que a pequeña escala tienen las pocas unidades fisiográficas de la zona. En este paisaje casi llano abundan las cubetas en proceso de colmatación, por lo que la dinámica de cada cubeta dependerá de su naturaleza, amplitud, profundidad, forma y exposición. También en este caso no hay suficientes elementos para considerar un efecto antrópico en estas condiciones de cambio detectadas.

Es importante destacar que, tanto en la zona norte (Cerro Dragón) como en la zona sur (Koluel Kaike – Piedra Clavada) algunos patrones de cambios observados no se corresponden con la actividad petrolera sino con el manejo agropecuario del sistema. En la Figura 8 se observa

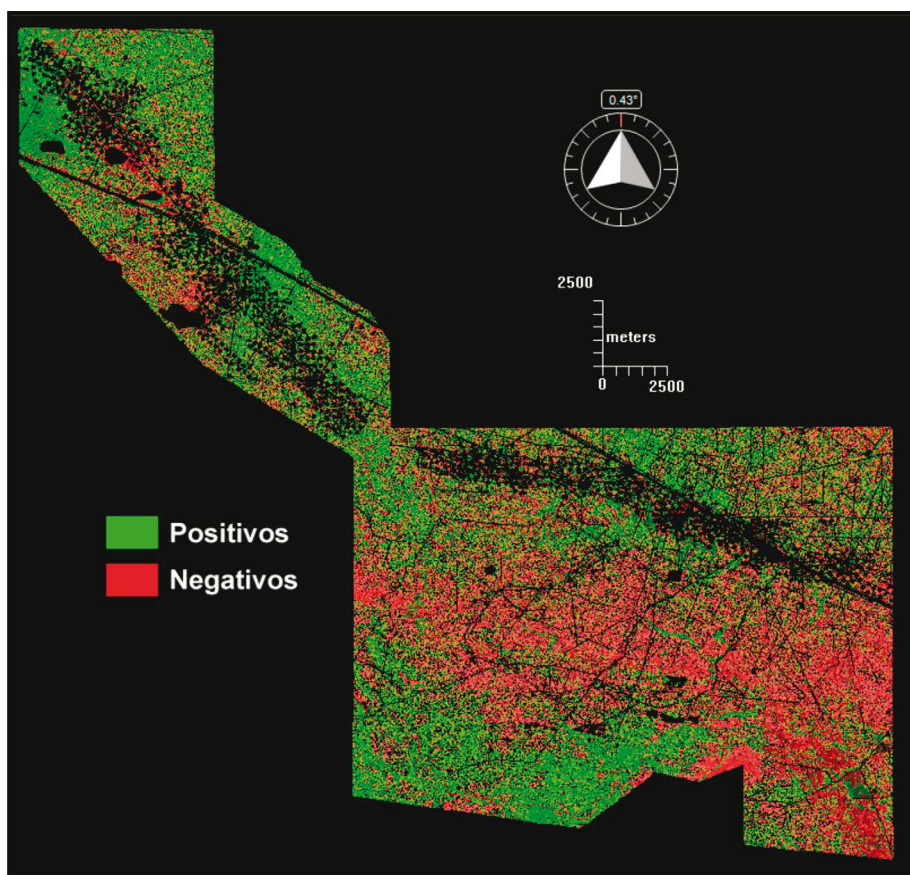


Figura 7. Zonas de cambios de la cobertura vegetal en Koluel Kaike - Piedra Clavada



Figura 8. Cambios en la cobertura vegetal por efectos del pastoreo

una brusca caída de la cobertura vegetal en el potrero del este con respecto a su vecino del oeste, y que por patrón de asociación y forma se determina que su origen proviene del manejo ganadero. Estas diferencias de masa y cobertura vegetal pueden suceder entre potreros de un mismo establecimiento, como también entre establecimientos pertenecientes al mismo dueño o a diferentes dueños. Pero se observa que la menor o mayor cobertura vegetal no se relaciona con las unidades geomorfológicas ni con la actividad petrolera.

El seguimiento puntual año tras año del estado de la vegetación de una zona, área administrativa, unidad geomorfológica, u otro tipo de zonificación, puede ser entonces monitoreada mediante este seguimiento con herramientas de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y detectarse el sentido positivo o negativo de los cambios en la vegetación en dichas unidades operacionales, estudiar sus causas y tomar medidas en consecuencia. Pero ¿qué pasa con la normalidad o anormalidad de los cambios? ¿Cómo saber si una zona es proclive a cambios naturales o no lo es, y en qué frecuencia muestra ese comportamiento?

Para responder a estas preguntas, debemos responder antes cual es el estado promedio de la vegetación en un sitio, y cuán dinámico es ese sitio a lo largo de los años.

Para ello se efectuaron técnicas de pixel a pixel con el valor de cobertura vegetal y se determinó el promedio de la cobertura vegetal de ese pixel para todos los años desde 2015 hasta la actualidad.

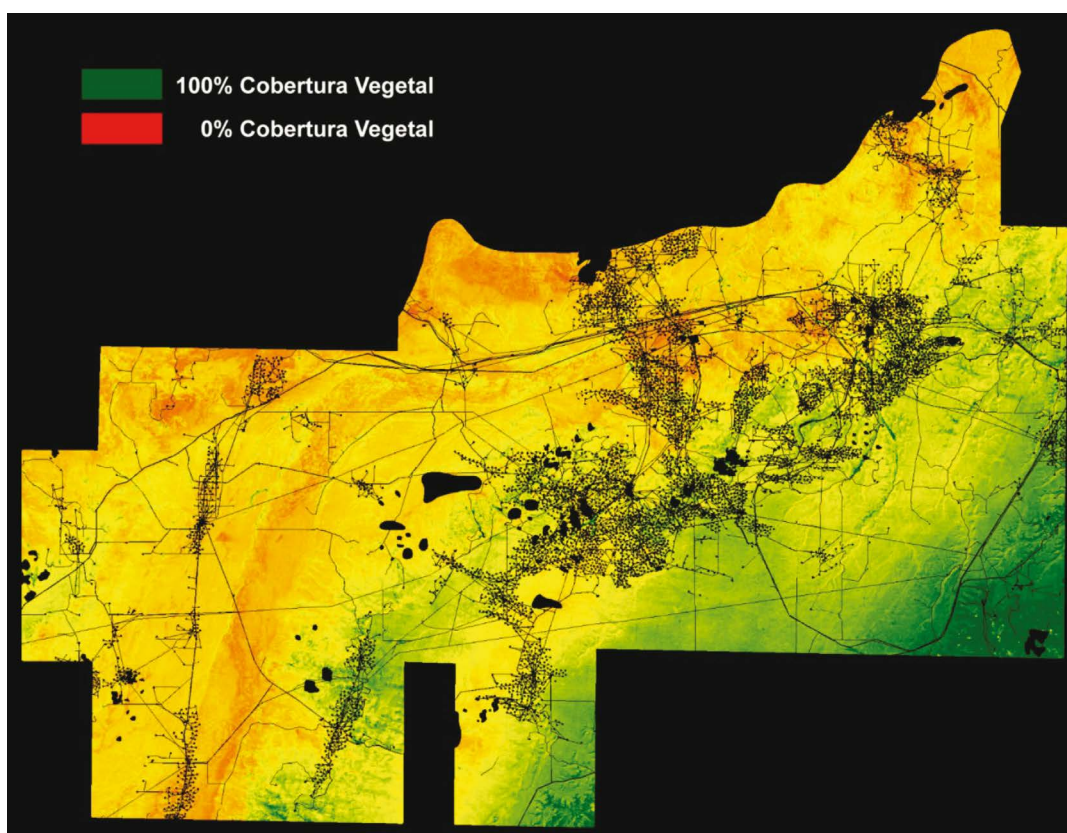


Figura 9. Cobertura vegetal media anual.

Y de la misma forma se calculó la variabilidad de ese pixel a través de la normalización de su desvío estándar.

Cuando se promedian entonces los valores de cobertura vegetal de cada pixel para todos los años, comienzan a homogeneizarse elementos del paisaje que una toma de imagen puntual aislada de cualquier año no presenta dicha homogeneidad, por consecuencia de ser justamente un resultado de las condiciones de ese año. En la Figura 9 se observa este efecto homogeneizador donde la vegetación se relaciona con las unidades del paisaje, sus elementos y la acción del clima local.

En líneas generales la presencia de vegetación disminuye desde el SE hacia el NW del área bajo estudio, y se mantiene en niveles significativos a lo largo de cañadones y mallines que disectan las distintas mesetas. (Fig 10). Un acercamiento nos muestra que este patrón de presencia/vigor de la vegetación no es disturbada por la actividad petrolera más allá de la infraestructura básica requerida (locaciones, caminos, banquinas, etc.).

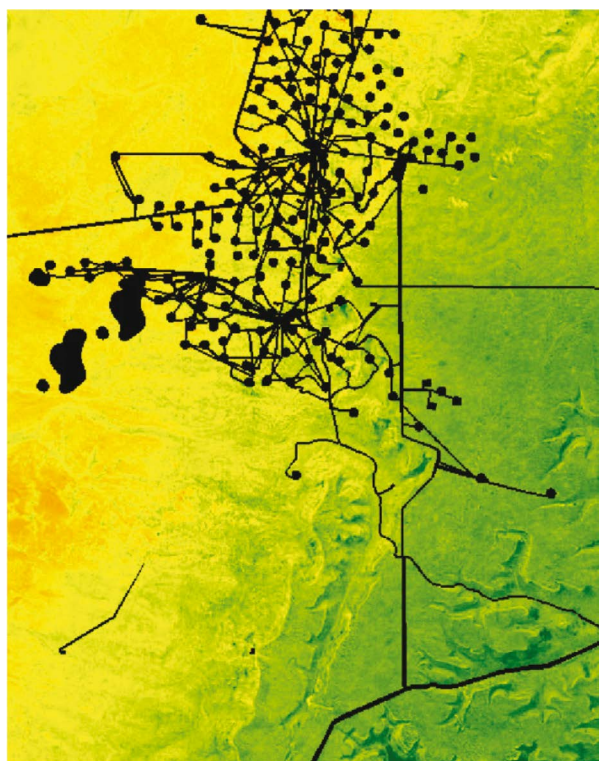


Figura 10. Cobertura vegetal media anual

Como se mencionó anteriormente, que una zona tenga una media de porcentaje de cobertura vegetal, no significa que todos los años muestre esos valores. Por razones climáticas, edáficas, de posición o exposición, puede sufrir pequeñas o grandes variaciones o, por el contrario, ser estable y constante todos los años. La Figura 12 muestra el grado de variación de cada pixel a lo largo de los últimos tres años.

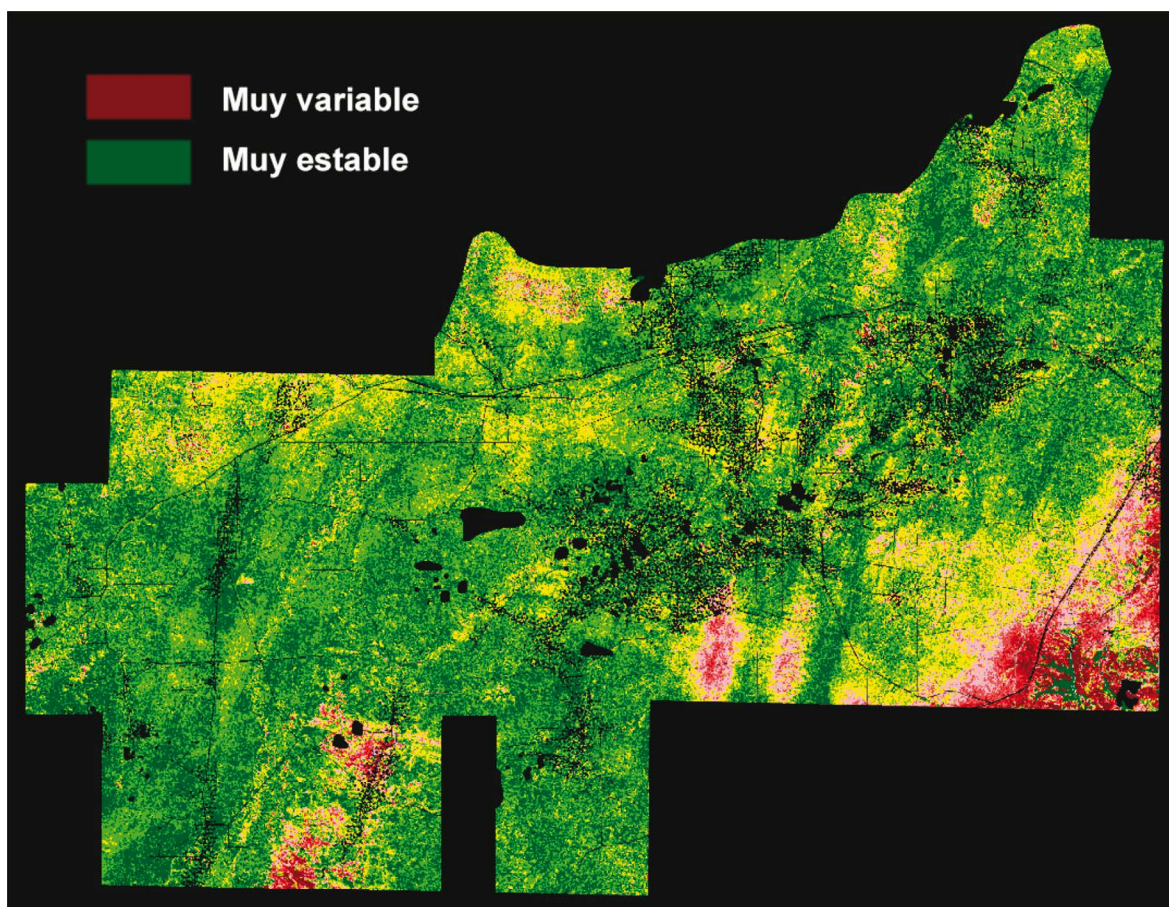


Figura 11. Variabilidad de la cobertura vegetal.

Las zonas de mayor vegetación son las que mayor variabilidad interanual muestran, a excepción de los mallines inmersos en ellas. Las manchas de variabilidad moderada que se observan al norte del área se corresponden con zonas de peladares. En los peladares los niveles de vegetación son extremadamente bajos, por lo que pequeñas diferencias en la presencia de vegetación, como puede ser la presencia espontánea de anuales o mejores condiciones ambientales, generan una gran diferencia porcentual y relativa con respecto a la media, lo que explicaría esta variabilidad en esos paisajes.

Los grandes sectores ocupados por estepas arbustivas y sub-arbustivas son las que presentan mayor estabilidad de cobertura vegetal a través del tiempo. Pero los densos matorrales de los faldeos occidentales de la parte austral de la meseta de Pampa del Castillo presentan una gran tasa de variabilidad, al igual que los matorrales de los faldeos al SE de la imagen.

Existen dos manchas oblongas en el centro sur de la imagen de las cuales aún se desconoce la causa de la variabilidad.

Con respecto al impacto de la actividad petrolera sobre la variabilidad de la vegetación, no se ha encontrado relación espacial alguna, ya que los caminos y locaciones atraviesan distintos

clusters de variación sin efectuar alteraciones en los mismos, como si se tratara de dos capas totalmente independientes. (Fig 12)

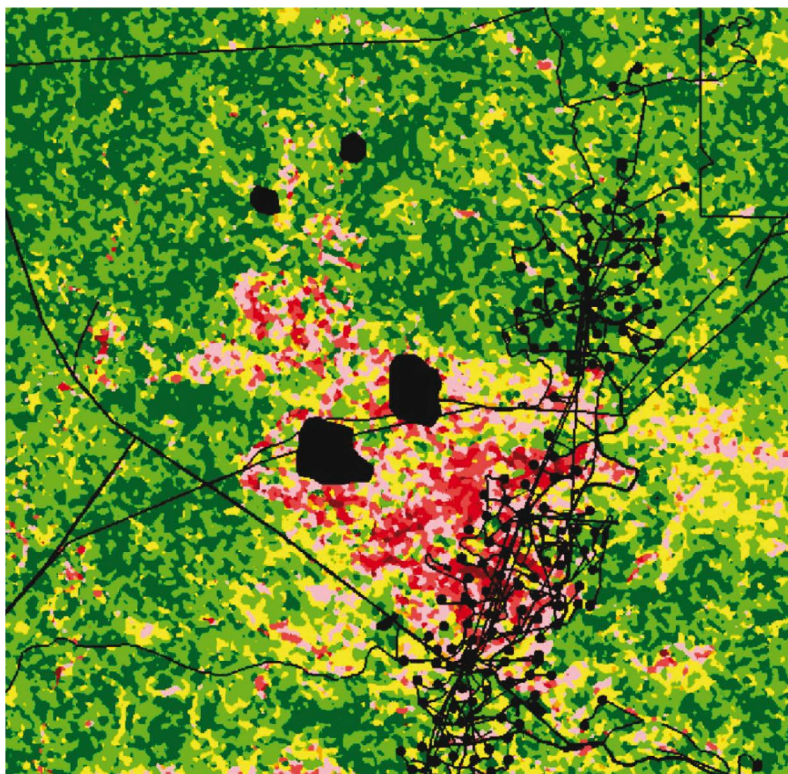


Figura 12. Variabilidad de la cobertura vegetal en sectores petroleros.

A partir de identificar y analizar los valores de los índices de vegetación de aquellas zonas en donde PAE realizó tareas tendientes a la revegetación. Fue posible establecer y comprobar que dichas tareas, que se vienen realizando en los pozos del yacimiento desde el año 2009, claramente catalizan la actividad vegetal de estas áreas. En la Figura 13, se puede observar la evolución de una locación a la cual se le realizaron tareas de achique, y se puede comprobar como el NDVI mejora en dichas área de manera diferencial que el resto. Las imágenes superiores corresponden a imágenes color verdadero de alta definición, de distintas fechas, mientras que las imágenes inferiores son las imágenes de NDVI a lo largo del tiempo.

Se pudo comprobar que a la naturaleza le llevo un tiempo de 60 años llevar a la vegetación de antiguas locaciones abandonadas (donde no se realizó ninguna practica de saneamiento) a valores de cobertura de vegetación similares a los alcanzados en 10 años en aquellas zonas en donde se realizó tareas de revegetación. (Fig 14)

Finalmente contar con toda esta información en digital (índices de vegetación, cobertura vegetal), cargada en el SIG de PAE, posibilita que la misma sea utilizada como soporte para

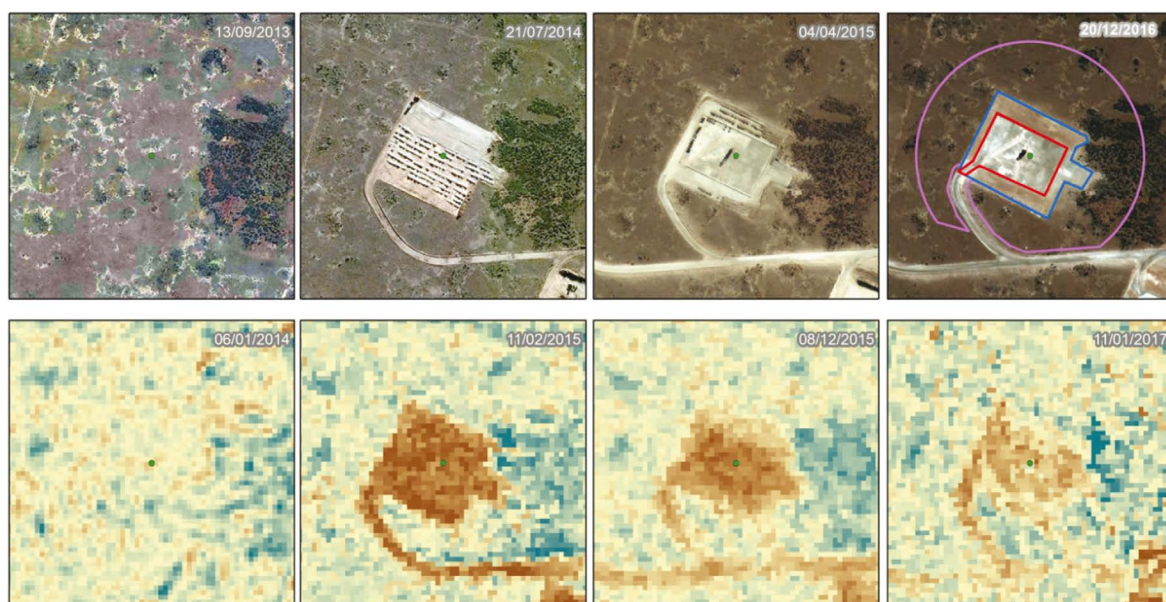


Figura 13. Monitoreo anual de la vegetación de 2014 a 2016 en achique de pozo PLMS-856

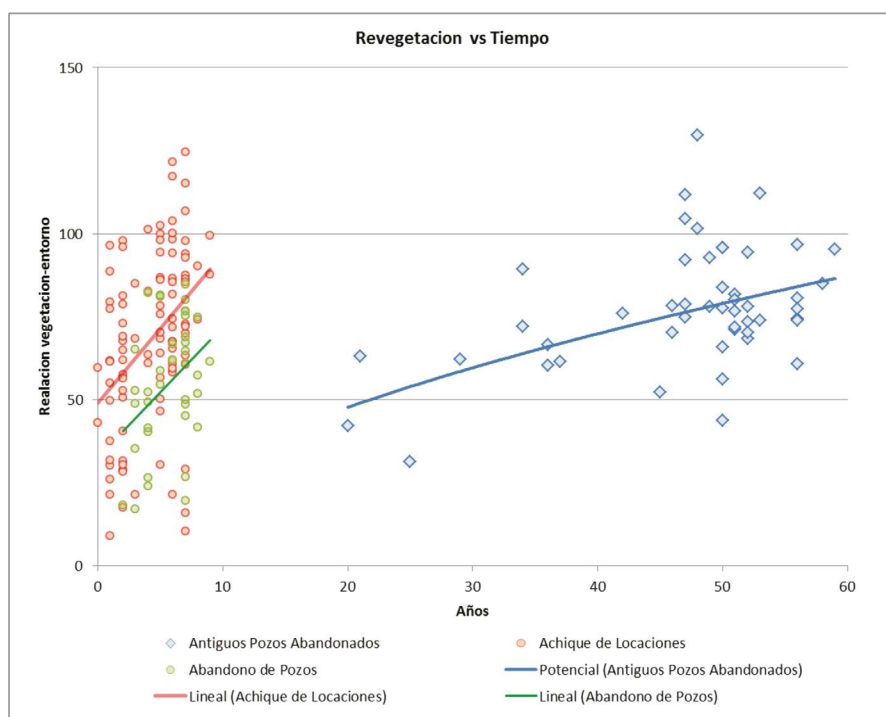


Figura 14. Comparación de recuperación de vegetación en una locación abandonada y otra con tareas de achique

diversos estudios ambientales, permitiendo de tal forma: disminuir costos en la elaboración y mejora la calidad de dichos estudios.

CONCLUSIONES

La percepción remota, sumada a la red de parcelas de vegetación en campo, conforma una importante y sólida herramienta para obtener datos del estado de la vegetación, incluso en ambientes amplios y heterogéneos como la Patagonia Argentina.

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), permite valorar el vigor de la vegetación existente, su ajuste con los valores de cobertura de vegetación medidos en campo, permiten afirmar que se trata de un índice sólido y confiable para el seguimiento de la evolución de la vegetación.

Luego de 4 años de obtener el NDVI y de realizar las correspondientes mediciones en campo, se puede establecer una metodología, que permite (anualmente):

- Establecer el vigor de la cobertura vegetal de toda el área de operación.
- Identificar cambios interanuales y tendencias de la evolución general/regional de la vegetación.
- Monitorear la evolución del vigor de la vegetación en determinadas áreas de interés.

Al contarse con los valores de vegetación para toda la superficie de la operación, es posible el seguimiento y evolución de los distintos procesos en el mismo. Esto claramente toma significancia en yacimientos o áreas de grandes superficies.

La interpretación de los cambios interanuales de la vegetación permite inferir el origen de los procesos que originaron dicha fluctuación. De tal manera se pueden dar seguimiento a la evolución de la vegetación en áreas bajo saneamiento/revegetación; como la evolución de procesos ajenos a la actividad hidrocarburífera (procesos erosivos, sobrepastoreo, etc.).

Contar con los datos de NDVI y cobertura de vegetación como capas temáticas, incorporadas en el Sistema de Información Geográfico de PAE, posibilitan que las mismas sean usadas de información de base para monitoreos y confección de estudios ambientales, reduciendo costos y tiempos de los mismos.

REFERENCIAS CITADAS

- | | |
|--|---|
| <p>Beeskow, A., Del Valle, H., Rostagno, M., 1987, "Los sistemas fisiográficos de la región árida y semiárida de la Provincia del Chubut", Centro Nacional Patagónico, SECyT, Puerto Madryn. Argentina.</p> <p>Castro Dassen, H., Rial, P., Oliva, G., González, L., Paredes, P. Humano, G., Rivera, E., Quargnolo, E., 2006, "Degradación de suelo y vegetación por explotación hidrocarburífera en la Cuenca del</p> | <p>golfo San Jorge (Santa Cruz) y posibilidades de rehabilitación", 6° Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo, Petrotecnia.</p> <p>Jensen, J.R., 1996, "Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective". (2nd ed), Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.</p> <p>LADA, 2011, "Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas", Dirección de Conservación del</p> |
|--|---|

- Suelo y Lucha contra la Desertificación, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, LADA/FAO.
- León, R.J.C., Bran, D., Collantes, M., Paruelo, J.M., Soriano, A., 1998, "Grandes unidades de vegetación de la Patagonia", *Ecología Austral* 8, p. 123-144.
- Lillesand, T.M., Ralph, W., Kiefer, W., 1994, "Remote sensing and image interpretation", 3rd ed. Wiley & Sons, NY, USA.
- PAE, 2013. "Línea de Base Ambiental: Unidad Golfo San Jorge", Pan American Energy, Argentina.
- PAE, 2013-2017, "Plan de Monitoreo Anual de la Vegetación en base a medición de cobertura vegetal a campo sobre parcelas testigos. Línea de Base Ambiental", Pan American Energy, Argentina.
- PAE, 2014-2017, "Índice de Vegetación: Zonificación de la cobertura vegetal, y su monitoreo en Golfo de San Jorge", Pan American Energy, Argentina.
- Paruelo, J.M., 2008, "La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos", *AET, Ecosistemas*, 17 (3), p. 4-22.
- Soriano, A., 1956, "Los distritos florísticos de la Provincia Patagónica", *Revista Argentina de Investigaciones Agrícolas*, 10:4, p.323-347.
- Townshend, J.R.G., Justice, C.O., 1986. "Analysis of the dynamics of African Vegetation using the normalized difference vegetation index". *International Journal of Remote Sensing*, 7, p.1435-1445.
- Tucker, C.J., Pinzon, J.E., Brown M.E., Slayback D.A., Pak E.W., Mahoney R., Vermote E.F., El Saleous N., 2010, "An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data", *International Journal of Remote Sensing*, 26:20, p. 4485-4498.



**10° CONGRESO DE
EXPLORACIÓN Y
DESARROLLO DE
HIDROCARBUROS**

**Energía y Sociedad
aliados inseparables
Mendoza 2018**