

Evaluación del producto MOD17A2H para representar la producción primaria bruta en la región pampeana

Rodrigo A Merino¹, M Isabel Gassmann^{1,2}

Resumen En el contexto del cambio climático, comprender la dinámica del carbono y representar correctamente los intercambios que ocurren entre la biosfera y la atmósfera resulta de gran relevancia. La producción primaria bruta (GPP) representa la asimilación de dióxido de carbono realizada por los ecosistemas a través del proceso de fotosíntesis. En este trabajo se evalúa la eficacia del producto MOD17A2H de MODIS para estimar GPP en la región pampeana argentina, comparándolo con datos obtenidos mediante la técnica de covarianzas turbulentas (EC). Los resultados muestran que MODIS estima adecuadamente el GPP en algunos sitios naturales homogéneos, explicando hasta el 77 % de la varianza sobre una marisma salada en la costa bonaerense. Sin embargo, en sitios agrícolas y heterogéneos, las estimaciones presentan mayores limitaciones. Las diferencias se deben a la limitada extensión horizontal de algunos lotes con cultivos y a deficiencias en la calibración utilizada en MODIS, que podría no representar adecuadamente a los ecosistemas de nuestra región. En conclusión, las estimaciones de GPP de MOD17A2H deben interpretarse con cautela, asegurando que la señal del ecosistema de interés se comprenda correctamente. Por otro lado, se resalta la importancia de contar con observaciones in situ adicionales que permitan caracterizar de forma precisa los biomas presentes en la región estudiada.

Palabras clave Ecosistemas, dióxido de carbono, imágenes satelitales.

INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más influenciado por los efectos del cambio climático, la comprensión del ciclo del carbono atmosférico y el rol que cumplen los ecosistemas naturales han adquirido un considerable interés.

La producción primaria bruta (GPP por sus siglas en inglés) representa la cantidad de carbono inorgánico atmosférico asimilado por los ecosistemas a través de la fotosíntesis, sin considerar el efecto de la respiración vegetal, para generar materia orgánica nueva (biomasa). La técnica más robusta para cuantificar el intercambio de carbono entre la superficie terrestre y la atmósfera es el método de las covarianzas turbulentas (EC, eddy covariance) que mide la producción primaria neta (NEE por sus siglas en inglés). Esta cantidad representa el balance para la atmósfera entre el sumidero de CO₂ que implica GPP y la fuente de ese gas, dada por la respiración del ecosistema.

Existen grandes limitaciones en el número de sitios con mediciones EC sobre ambientes ubicados en el hemisferio sur, siendo Sudamérica una de las regiones con menor cantidad de estaciones de monitoreo. El uso de la teledetección facilita la estimación del secuestro de CO₂ asociado a la producción de biomasa en la escala regional, siendo que en muchos casos no es fácil disponer de observaciones in situ. El producto MOD17A2H, basado en observaciones del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) de los satélites EOS-Terra y EOS-Aqua, brinda estimaciones de GPP cada 8 días con una resolución espacial entre 0.5 y 1 km (Sakamoto et al., 2011).

El objetivo de este trabajo es evaluar la eficacia del producto MOD17A2H para estimar GPP en ecosistemas de la región pampeana, realizando una comparación entre los datos satelitales dados por este producto y los datos observados in situ con la técnica EC.

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Email: rmerino@at.fcen.uba.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio de este trabajo es la región agrícola central de Argentina, situada entre 22° y 41° S, y entre 53° y 65° O. Acorde a la clasificación del International Geosphere–Biosphere Programme (IGBP), en esa región, la vegetación presente se puede clasificar como: cultivos, mosaicos de cultivos, humedales permanentes, matorrales cerrados y pastizales.

Se llevó a cabo el análisis y procesamiento de observaciones de covarianzas turbulentas pertenecientes a 10 sitios de estudio. Estos datos provienen de distintos experimentos de campo, cada uno ubicado en un sitio con diferente composición vegetal, lo cual facilita la caracterización de diversos ambientes heterogéneos dentro de la región de estudio. Los sitios representan principalmente ambientes antropizados utilizados para la producción agrícola de cereales y oleaginosas, aunque algunos se encuentran en entornos naturales compuestos exclusivamente por vegetación nativa, como matorrales y pastizales de humedales salinos.

Los flujos de dióxido de carbono (NEE) fueron calculados para obtener series temporales con datos cada 30 minutos, que permiten describir tanto la variabilidad horaria como diaria de los intercambios netos de CO₂. Posteriormente se aplicaron metodologías de control de calidad y una técnica de rellenado de datos para obtener series temporales robustas. Por último, se realizó una partición del flujo en sus componentes principales a fin de separar el GPP y el residuo por la respiración de los ecosistemas, utilizando el método descrito por [Lasslop et al. \(2010\)](#).

Por otro lado, MODIS también genera estimaciones de GPP utilizando un algoritmo que se basa en tablas de búsqueda y datos de torres de flujo, vinculando cambios observados en la reflectancia superficial con el crecimiento de biomasa (MOD17A2H). Se obtuvieron datos de GPP acumulado cada 8 días, promediándolos para píxeles alrededor de cada sitio de monitoreo en superficie. Por último, se acumularon los datos EC durante los mismos períodos de 8 días que MODIS para evaluar el rendimiento de MOD17A2H para cada ubicación.

RESULTADOS

Los diagramas de dispersión contrastan los datos de GPP observados in situ con el GPP observado por MODIS para cada sitio (Figura 1). Se evidencian estimaciones adecuadas de MODIS en ciertos sitios, como Marcos Juárez (Test) (Córdoba) y Mar Chiquita (prov. de Buenos Aires), que explican el 75 % y el 77 % de la varianza, respectivamente. En otros sitios, como Laborde (Córdoba), Mar Chiquita (CELPA) y Ordóñez (Córdoba), la varianza explicada es ligeramente menor, alrededor del 40-60 %. Sin embargo, en los sitios restantes, las estimaciones de GPP de MODIS fueron muy deficientes, lo que indica relaciones muy débiles entre los valores estimados por satélite y las observaciones con la técnica EC.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados revelan algunas limitaciones de la capacidad del producto MOD17A2H para generar estimaciones aceptables de producción primaria, especial reuniónmente para superficies afectadas por actividades agrícolas. Los sitios donde MODIS replica con mayor precisión el GPP fueron Mar Chiquita (CELPA y Romano), Marcos Juárez (Test) y San Francisco (Córdoba). Los dos sitios de Mar Chiquita son ecosistemas naturales con una amplia homogeneidad horizontal, que se extienden varios kilómetros alrededor del sitio de mediciones con EC. El sitio también tiene una extensión significativa cubierta principalmente por *Spartina densiflora*, lo que probablemente contribuye a que el satélite capture con precisión la señal del estado del pastizal. Otros sitios, como Laborde y Berrotarán, muestran patrones similares, pero diferencias sistemáticamente altas entre el GPP observado y el estimado. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la falta de datos observacionales en las

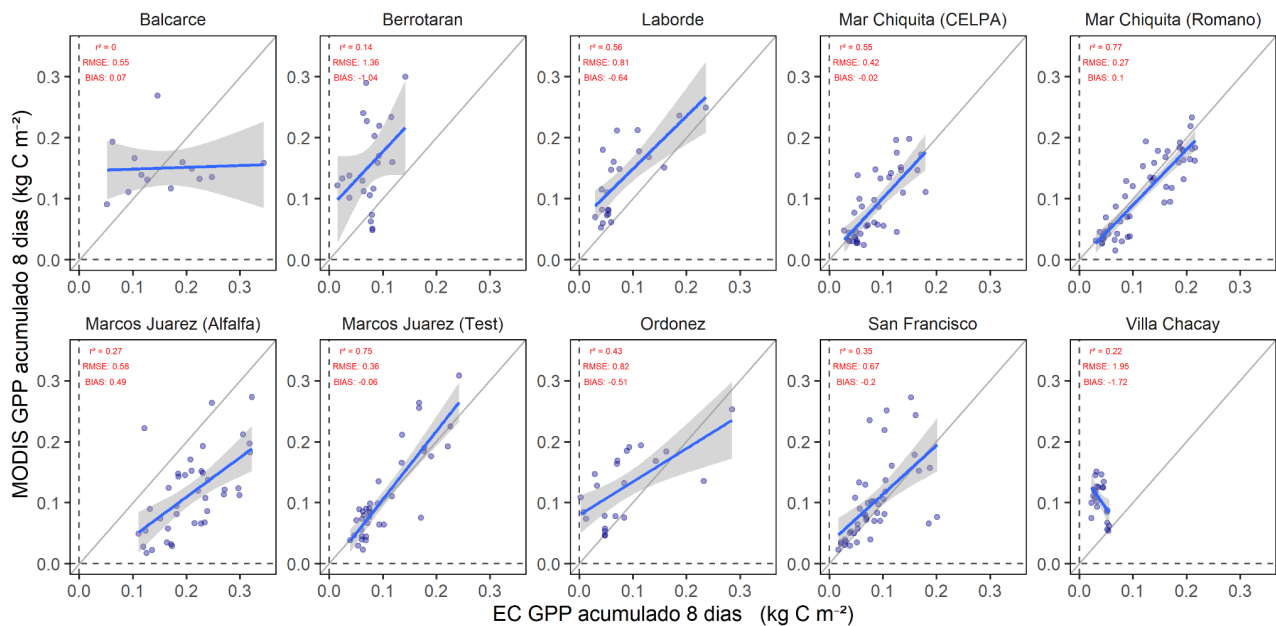


Figura 1. Diagrama de dispersión entre la GPP acumulada de 8 días por EC (kg C m^{-2}) y la GPP acumulada por MODIS (kg C m^{-2}) para todos los sitios.

regiones sudamericanas para tener calibraciones adecuadas de los productos MOD17A2H para tales entornos. Para el cultivo de soja en Balcarce, el GPP (MODIS) falló completamente en reproducir los valores de GPP (EC). Esto podría deberse a la limitada extensión horizontal de la superficie del cultivo (aproximadamente $300 \text{ m} \times 300 \text{ m}$), ya que el píxel capturado por MODIS es más grande y recopila información de otros cultivos vecinos. En Villa Chacay (ambiente natural) las estimaciones de MODIS también presentan limitaciones severas, y una de las causas de tales diferencias podría ser una clasificación no adecuada del tipo de vegetación por parte de MODIS.

En conclusión, las estimaciones del producto MOD17A2H de GPP deben interpretarse con precaución, asegurando que la señal del ecosistema de interés se comprenda correctamente, y denota además que la deficiencia de mediciones in situ no permite una adecuada calibración del producto MOD17A2H para representar los biomas presentes en la región estudiada.

Agradecimientos Investigación financiada con fondos provenientes de los proyectos UBACyT 200201901-00128BA y CONICET PIP GI 11220200100794CO. El Lic. Merino posee beca doctoral UBA.

REFERENCIAS

- Lasslop, G., Reichstein, M., Papale, D., Richardson, A. D., Arneeth, A., Barr, A., & Wohlfahrt, G. (2010). Separation of net ecosystem exchange into assimilation and respiration using a light response curve approach: critical issues and global evaluation. *Global Change Biology*, 16(1), 187–208. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02041.x>
- Sakamoto, T., Gitelson, A. A., Wardlow, B. D., Verma, S. B., & Suyker, A. E. (2011). Estimating daily gross primary production of maize based only on MODIS WDRVI and shortwave radiation data. *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3091–3101. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.06.015>