

CALIBRACIÓN DEL MODELO VPRM MEDIANTE MEDICIONES DE COVARIANZAS TURBULENTAS

Rodrigo A. Merino¹, María I. Gassmann^{1,2}
rmerino@at.fcen.uba.ar

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)
²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICET)

Palabras clave: Región pampeana, respiración del ecosistema, producción primaria

1) INTRODUCCIÓN

Dentro de los varios factores que contribuyen al balance de carbono en la atmósfera, la vegetación juega un rol primordial debido a la coexistencia de dos procesos relacionados a la asimilación o emisión de dióxido de carbono (CO₂): la fotosíntesis y la respiración del ecosistema. Debido al alto costo y complejidad de las mediciones *in-situ* de estos procesos, es de interés la utilización de modelos bioclimáticos que permitan estimar estos intercambios en áreas extensas potenciando el valor de las mediciones. En particular, los modelos regionales permiten incorporar información precisa sobre distintas coberturas vegetales, así como describir con mayor detalle las características de la variabilidad diaria y mensual de flujos que cuantifican los intercambios.

El modelo VPRM (Vegetation Photosynthesis and Respiration Model) permite estimar el intercambio neto de ecosistema (NEE) a partir de información suministrada por modelos meteorológicos regionales (Mahadevan y otros, 2008). Previamente requiere de calibraciones acorde al tipo de coberturas vegetales presentes en la región considerada, a partir de datos de covarianzas turbulentas (EC) e imágenes satelitales. El objetivo de este trabajo fue efectuar la calibración y evaluación del modelo VPRM aplicado sobre la región pampeana de Argentina.

2) METODOLOGÍA

El área de estudio corresponde a la región núcleo-productiva Argentina, entre 22-41°S y 65-53°O. Esta región, de suaves planicies y ríos ondulados, ha sido modificada por la actividad agrícola y ganadera. Por esta razón, el paisaje se encuentra dominado por un mosaico de cultivos, pasturas seminaturales, y algunas pocas áreas limitadas con vegetación natural.

Para estudiar el intercambio de CO₂ entre la atmósfera y los ecosistemas, se utilizaron dos bases de datos basadas en mediciones con la metodología EC dentro de la región de estudio (Tabla 1). En todos los casos, se contó con períodos de un año de mediciones, excepto en Balcarce y Mar Chiquita CELPA, que fueron de 4 y 8 meses respectivamente. Sobre los datos obtenidos en cada sitio se realizó un análisis QC/QA para asegurar condiciones de estacionariedad y turbulencia bien desarrollada. Se calcularon valores de NEE cada media hora y se aplicó un método de relleno de datos faltantes (Reichstein y otros, 2005). Por último, se usó un método de separación nocturna para obtener la respiración de ecosistema (Reco) y la producción primaria bruta (GPP) (Wurtzler y otros, 2018).

El modelo VPRM parametriza el NEE según la siguiente ecuación:

$$NEE = -(\lambda \cdot T_{scale} \cdot P_{scale} \cdot W_{scale} \cdot \frac{I}{I + PA / PAR_0} \cdot EVI \cdot PAR) + (\alpha \cdot T + \beta) \quad (1)$$

Donde el primer paréntesis calcula GPP y tiene signo negativo por extraer CO₂ de la atmósfera,

y el segundo paréntesis calcula la producción por Reco. Los parámetros λ , α , β y PAR0 son los que deben ser ajustados a través de calibraciones con datos de NEE observados con la metodología EC para cada tipo de vegetación. La temperatura T_{scale} se define a través de las temperaturas cardinales de cada cultivo o tipo de ecosistema (temperatura mínima - T_{min} , óptima - T_{opt} y máxima - T_{max} para la fotosíntesis), mientras que T es la temperatura del aire a dos metros. W_{scale} y P_{scale} son funciones del índice de agua superficial terrestre (LSWI) y el índice de vegetación mejorado (EVI). El efecto de las deficiencias hídricas en la producción primaria bruta se evalúa a través de W_{scale} , mientras que P_{scale} permite evaluar los efectos de la “edad” de la vegetación. PAR representa a la radiación fotosintéticamente activa, y se estima a partir de la radiación de onda corta incidente ($PAR[\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}] = 1.98 * SW[\text{Wm}^{-2}]$).

Los índices LSWI y EVI fueron estimados a partir del producto MODIS (MOD09A1) que contiene promedios de 8 días de la reflectividad de superficie en las bandas rojo y azul del visible, infrarrojo cercano y lejano. Para cada sitio se crearon series temporales de estos índices con intervalos de media hora mediante interpolación lineal para cada periodo de estudio.

El ajuste de los parámetros requeridos en el VPRM se realizó sobre un 70% de las mediciones obtenidas de forma aleatoria, separando el 30% restante para la verificación del modelo. La calibración de α , β que componen la parametrización de Reco fue realizada utilizando únicamente datos nocturnos, ya que durante la noche $GPP=0$ y el intercambio de CO_2 depende únicamente del proceso de respiración. Posteriormente se realizó la estimación de λ y PAR0, que describen el GPP, utilizando las series temporales completas. En todos los casos la estimación de los parámetros fue realizada mediante la metodología de cuadrados mínimos.

Por último, se utilizó el modelo VPRM para realizar estimaciones de NEE utilizando el 30% de los datos separados para verificación, y se calcularon valores de RMSE y BIAS para cada sitio a fin de evaluar la habilidad del modelo para estimar NEE.

3) RESULTADOS

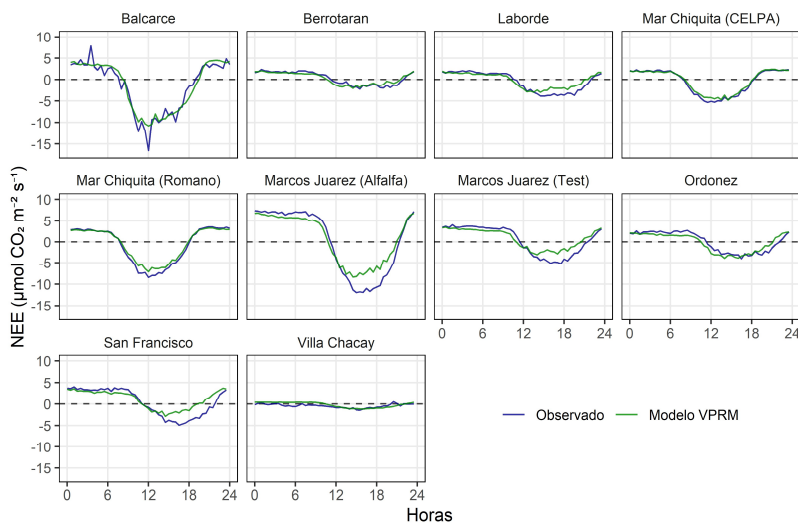
Los parámetros de calibración obtenidos estimados para cada sitio se presentan en la Tabla 1. Además, se muestran los valores de RMSE y BIAS entre las estimaciones de NEE a partir de observaciones reservadas para verificación y los valores modelados por VPRM. Los sitios de Mar Chiquita (CELPA), Villa Chacay y Berrotarán tuvieron los menores RMSE (0.44, 0.50 y 0.51 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^2\text{d}^{-1}$), mientras que, en Balcarce, San Francisco y Marcos Juárez (Alfalfa) resultaron mayores. En la mayoría de las estaciones el BIAS resultó negativo, mostrando una tendencia del modelo a subestimar el NEE observado.

Sitio	Lat	Lon	λ	PAR0	α	β	RMSE	BIAS
Balcarce	-37,75	-58,30	0,157	651,56	0,323	-1,32	1,65	-0,25
Berrotaran	-32,47	-64,40	0,124	338,22	0,167	-0,59	0,51	0,07
Mar Chiquita (CELPA)	-37,70	-57,42	0,201	844,30	0,275	-1,24	0,44	-0,23
Laborde	-33,16	-62,82	0,084	591,39	0,189	-1,19	0,90	-0,28
Marcos Juarez (Alfalfa)	-32,72	-62,07	0,178	787,57	0,435	-0,36	2,27	-0,64
Marcos Juarez (Test)	-32,73	-62,08	0,144	527,53	0,213	-0,14	1,38	-0,39
Ordonez	-32,80	-62,96	0,074	1317,62	0,233	-1,52	0,90	0,25
Mar Chiquita (Romano)	-37,55	-57,28	0,135	1291,00	0,235	-0,24	0,76	-0,37
San Francisco	-31,28	-62,36	0,090	1171,44	0,297	-1,41	1,62	-0,64
Villa Chacay	-32,87	-64,89	0,034	846,71	0,032	-0,05	0,50	-0,25

Tabla 1: Ubicación de los sitios, valores significativos de los parámetros de calibración y RMSE y BIAS del modelo VPRM con respecto a las observaciones

La Figura 1 muestra el promedio de los valores observados de NEE cada media hora, junto con

los valores promedio obtenidos por VPRM. Se observa una gran concordancia en las curvas para la mayoría de las estaciones. Por otro lado, en Balcarce existen algunas discrepancias más notorias, probablemente relacionadas a una menor cantidad de datos utilizados tanto para la calibración como para la verificación. En las estaciones de Marcos Juárez y San Francisco el



modelo tiende a subestimar los valores de NEE durante el día.

Figura 1: Promedios cada media hora de valores observados y modelados por el VPRM. Los datos utilizados para esta verificación representan el 30% de los datos totales.

4) CONCLUSIONES

Los valores encontrados para la calibración de un modelo sencillo de respiración y fotosíntesis, a partir de información satelital y datos meteorológicos sobre ambientes en la Pampa argentina, se encuentran dentro de los rangos obtenidos por otros autores (Madadevan y otros, 2008; Dayalu y otros, 2018). El modelo VPRM demostró, a través de los datos de validación, que es posible estimar el intercambio neto de todos los ecosistemas estudiados. También logra representar con un alto grado de eficacia el ciclo diario de los intercambios, siendo el ambiente con mayor error cuadrático medio el de alfalfa en Marcos Juárez. Esto posiblemente tenga que ver con el tamaño de la superficie con alfalfa en el sitio donde estuvo ubicada la torre de observaciones micrometeorológica y el footprint asociado a la misma.

REFERENCIAS

- Dayalu, A., Munger, J. W., Wofsy, S. C., Wang, Y., Nehrkorn, T., Zhao, Y., ... y Luus, K., 2018.** Assessing biotic contributions to CO₂ fluxes in northern China using the Vegetation, Photosynthesis and Respiration Model (VPRM-CHINA) and observations from 2005 to 2009. *Biogeosciences*, 15(21), 6713-6729.
- Mahadevan, P., Wofsy, S. C., Matross, D. M., Xiao, X., Dunn, A. L., ... y Gottlieb, E. W., 2008.** A satellite-based biosphere parameterization for net ecosystem CO₂ exchange: Vegetation Photosynthesis and Respiration Model (VPRM), *Global Biogeochem. Cycles*, 22, GB2005, doi:10.1029/2006GB002735.
- Reichstein, M., Falge, E., Baldocchi, D., Papale, D., Aubinet, M., ... y Valentini, R., 2005.** On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. *Global Change Biology*, 11: 1424-1439.
- Wutzler, T., Lucas-Moffat, A., Migliavacca, M., Knauer, J., Sickel, ... y Reichstein, M., 2018.** Basic and extensible post-processing of eddy covariance flux data with REdDyProc. *Biogeosciences*, 15, 5015-5030