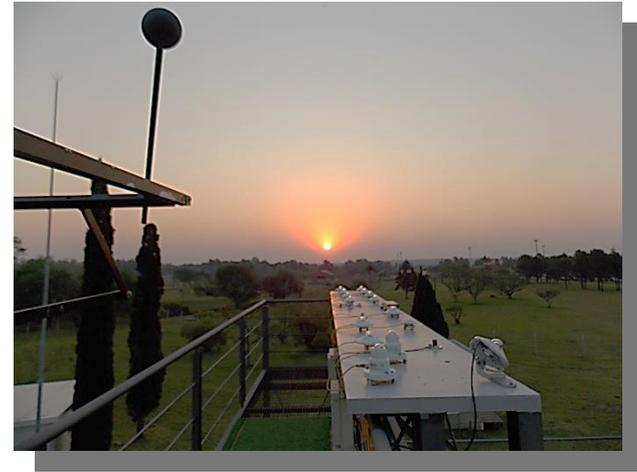




LABORATORIO DE
ENERGÍA SOLAR
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

Modelado minotal de la fracción PAR en base a medidas terrestres en Uruguay

One-Minute Assessment of Photosynthetic Active Solar Radiation (PAR) Models in Uruguay. J. Di Laccio, R. Alonso-Suárez, G. Abal. Proceedings of the ISES Solar World Congress 2021, Alemania (Congreso Virtual), 25-29 de Octubre, 2021.



Rodrigo Alonso-Suárez

Febrero de 2022 – Jornadas Científicas LES II

Objetivos del trabajo:

Objetivo 1: Evaluar el desempeño en la región de Uruguay de modelos de fracción PAR originales y localmente ajustados, bajo clima templado subtropical con variabilidad intermedia del recurso solar.

Objetivo 2: Entender hasta que punto los modelos de fracción PAR originalmente propuestos para datos horarios se pueden adaptar al modelado de datos minutales.

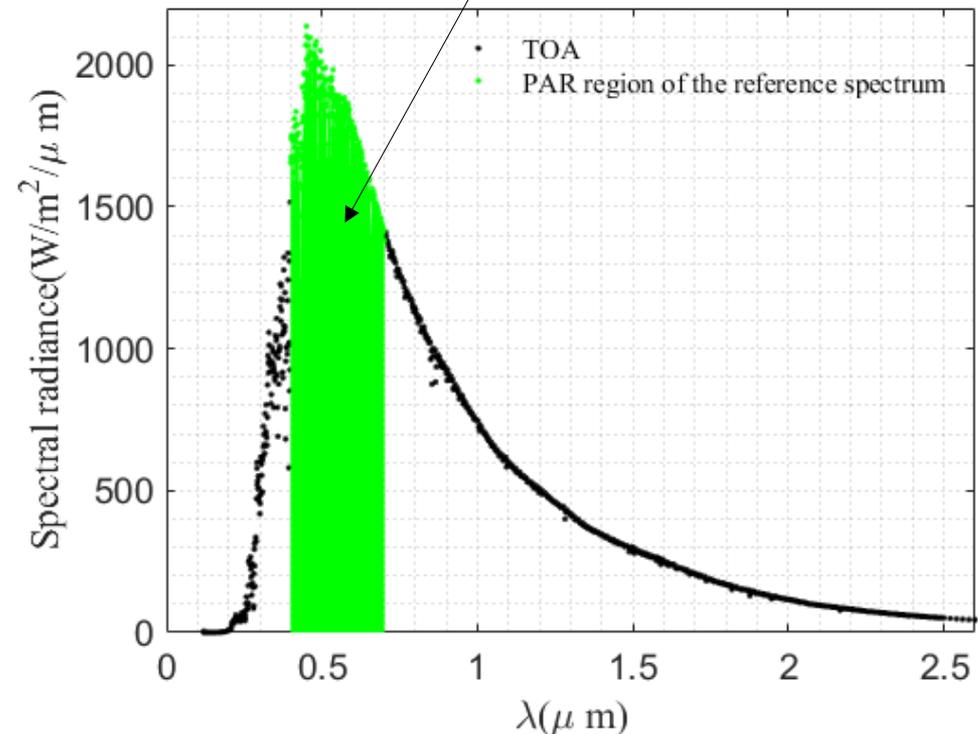
Definiciones básicas

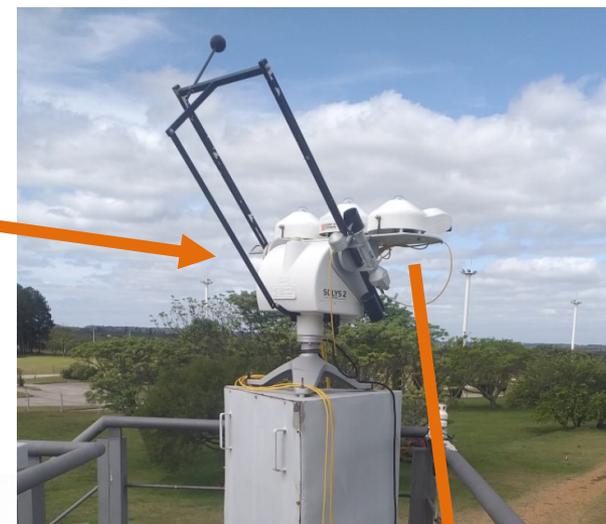
Espectro PAR	400 – 700 nm
Global horizontal	Gh (W/m^2)
Flujo de fotones PAR	Qp ($umol/m^2s$)
TSI (cte solar)	$G_{sc} = 1361$ W/m^2
PSI (cte solar PAR)	$Q_{sc} = 2413$ $umol/m^2s$
Índice de claridad	$Kt = Gh / G_o \cos\theta z$ (<i>adim</i>)
Índice de claridad PAR	$K_{tpar} = Qp / Q_o \cos\theta z$ (<i>adim</i>)
Fracción PAR	$Fp = Qp / Gh$ ($umol/J$)

Conversión PAR en base a espectro TOA
 $1 W/m^2 = 4.566 umol/m^2s$

Espectro PAR

Flujo de fotones PAR en el tope de la atmósfera





Información sobre las medidas

GHI	K&Z CMP22
PAR	K&Z PQS1
Resolución temporal	1 minuto
Periodo de datos	4 años
Fecha de inicio	1 de Enero 2016
Fecha de fin	31 de Diciembre 2019

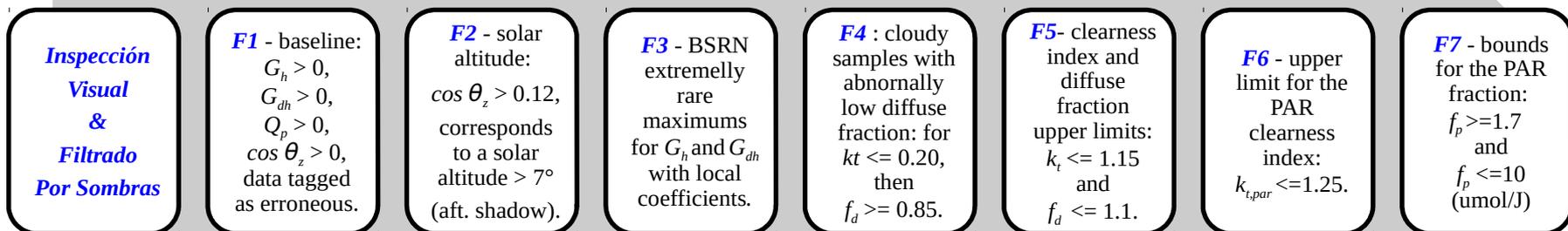
K&Z CMP22 – Calibrado con trazabilidad al World Standard Group (WSG, PMOD/WRC).

K&Z PQS1 – Equipo nuevo calibrado de fábrica (no se observó degradación sistemática en los datos)

Ambos equipos están ubicados en plano horizontal con una separación de 2 metros aproximadamente.

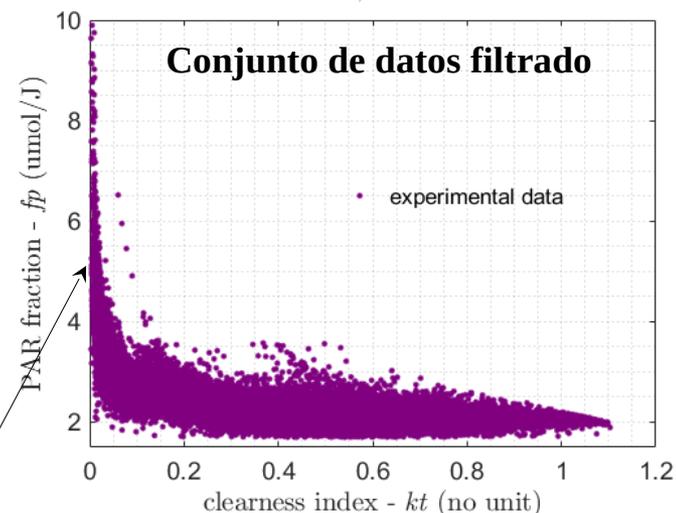
Filtrado de calidad de las mediciones

Estrategia: detección de sombras, altura solar, BSRN, límites localmente ajustados.



Filtro	Muestras	Total %	2016 %	2017 %	2018 %	2019 %
F1	832490	100	100	100	100	100
F2	827209	99.37	100	99.54	99.56	98.54
F3	825498	99.16	99.77	99.38	99.30	98.36
F4	811524	97.48	98.58	97.03	98.58	96.03
F5	803871	96.56	98.05	95.48	97.83	95.27
F6	803741	96.55	98.03	95.46	97.82	95.26
F7	801380	96.26	97.22	95.32	97.64	95.13

Aumento de la fracción PAR para bajo kt (para nubosidad de alto espesor óptico)



Modelos de fracción PAR analizados (modelos empíricos):

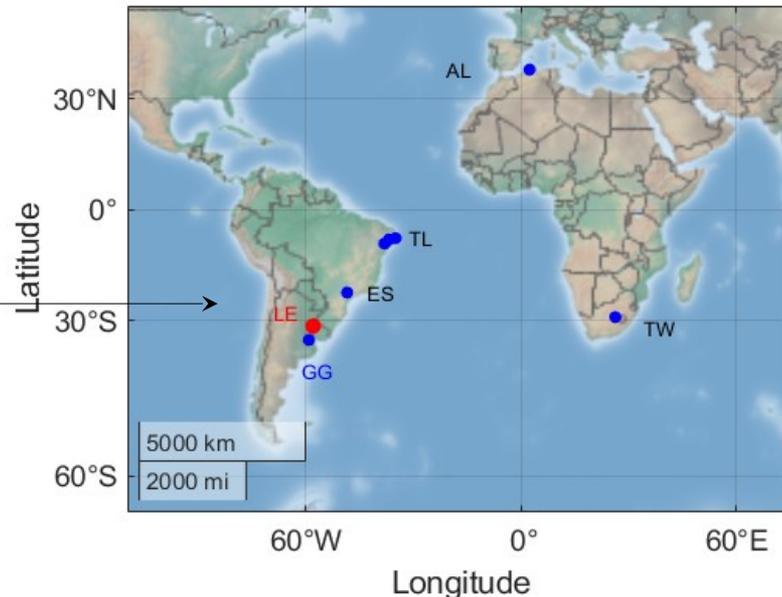
CÓDIGO MODELO	ECUACIÓN DE PARAMETRIZACIÓN	RESOLUCIÓN ORIGINAL	CITACIÓN BIBLIOGRÁFICA
AL	$f_p = a + b \log(k_t) + c \sin(\alpha_s)$	Hourly	Alados et al. (1996)
TL	$f_p = a \sin(\alpha_s)^b$	Hourly	Tiba & Leal (2004)
ES	$f_p = a + b k_t + c k_t^2 + d k_t^3$	Hourly	Escobedo et al. (2006)
TW	$f_p = a + b k_t + b k_t^2$	Hourly	Tsubo & Walker (2007)
Baseline	$f_p = cte$	-	-

Los modelos pre-existentes en su mayoría han sido propuestos para la escala horaria.

→ Qué tan bien se adaptan a la escala minutal?

Sus parámetros han sido ajustados para otras ubicaciones (distinto clima, etc.).

Utilizamos como nivel de referencia de desempeño el valor constante de f_p , dado que es la práctica usual en aplicaciones agropecuarias.



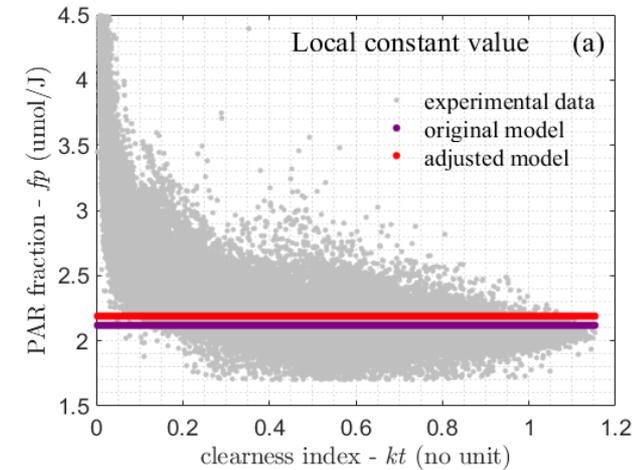
EVALUACIÓN: coefs. originales vs localmente ajustados

Ajuste local de modelos: validación cruzada con 50/50 splits.

Nivel de referencia: Valor original de Grossi-Gallegos et al. (2004).

Mejores modelos originales: Modelos TW y ES → Polinomios en kt .

Mejor modelo ajustado: Modelo AL → Basado en $\log(kt)$.



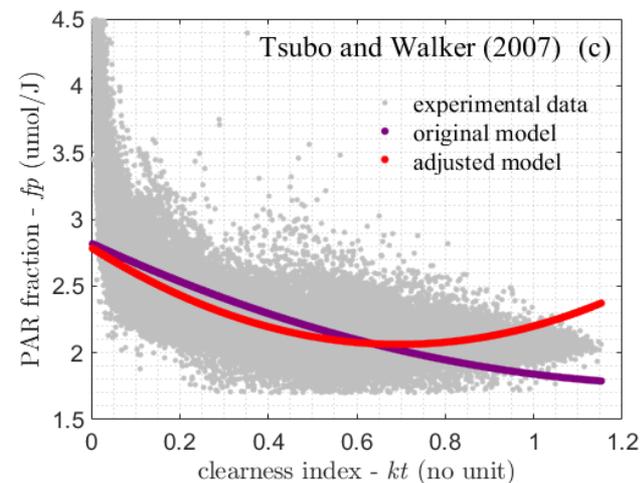
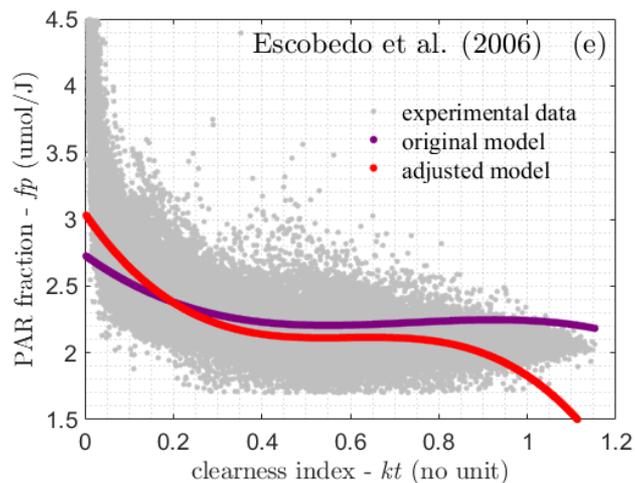
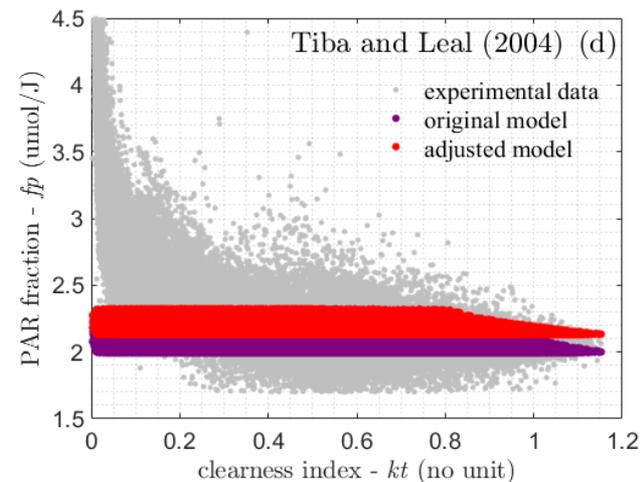
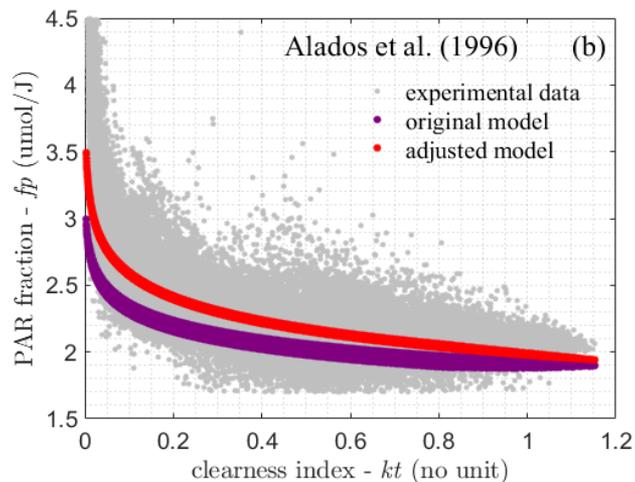
MODELO	PARÁMETROS	rMBD (%)	rMAD (%)	rRMSD (%)
Baseline	Valor previo = 2.096 $\mu\text{mol/J}$	-4.2	7.1	11.3
	Valor local = 2.117 $\mu\text{mol/J}$	0.0	6.5	10.4
AL	original	-6.9	7.0	9.2
	local	0.0	3.3	5.4
TL	original	-5.3	6.5	11.5
	local	0.0	6.1	10.2
ES	original	+3.8	6.0	8.0
	local	0.0	3.3	5.6
TW	original	-0.8	6.0	7.9
	local	0.0	3.8	6.3

EVALUACIÓN: Comportamiento minutal de los modelos (original y local)

Los modelos polinomiales originales (horarios) modelan razonablemente bien los datos minutales.

El ajuste a escala minutal de los modelos polinomiales presenta artefactos y comportamientos inadecuados.

El modelo AL, basado en $\log(kt)$, es el único que modela adecuadamente los datos minutales.



CONCLUSIONES:

Constante local

- La constante obtenida con datos del LES es similar al valor previo en la región ($\approx 2.1 \mu\text{mol/J}$).
- La diferencia es menor al 1% con la constante anterior.

Modelos polinomiales basados en kt

- Proveen un desempeño razonable en la región con sus coeficientes originales (obtenidos a partir de datos horarios) y pueden ser utilizados en aplicaciones agronómicas.
- En ausencia de ajuste local, los modelos polinómicos ES y TW pueden ser utilizados en la región.
- Limitación: no logran modelar el aumento de fracción PAR para bajo kt .
- El ajuste local de estos modelos con datos minutales mejora sus indicadores de desempeño, pero resulta en modelos que no logran representar la fracción PAR en todo su rango de variación.

Modelos AL y TL

- El predictor $\log(kt)$ es adecuado para modelar la fracción PAR minutal (en especial para bajo kt).
- El modelo AL, basado en este predictor, es el mejor modelo localmente ajustado tanto en desempeño como en habilidad de modelado de la fracción PAR, y por tanto, recomendado.
- El modelo TL no ajusta bien a los datos de fracción PAR minutales (ya sea original o ajustado).

Otras contribuciones

- El trabajo provee los coeficientes locales de todos los modelos para ser usados en la región.
- Se evalúa la incertidumbre típica de estos modelos en la región.

Muchas gracias por su atención



Dr. Ing. Rodrigo Alonso-Suárez
r.alonso.suarez@gmail.com
<http://les.edu.uy>