



## Unidad 3: Separación radiación directa y difusa

P1: variables adimensionadas

P2: modelos de separación horarios y subhorarios

P3: modelos de separación para irradiación diaria



Separación de componentes: paso previo para transporte a plano inclinado.  
Contribuye a incertidumbre de estimación del recurso sobre el plano inclinado.

- **Modelos de separación:** vinculan en forma fenomenológica algunas variables con cierto carácter predictivo, con la fracción difusa  $f_d$ .
- Son **modelos de carácter local**, no existen modelos "universales".
- La **escala temporal** (minutal, horaria, diaria, media mensual), es parte relevante del modelo.
- **Caracterización** de cientos de modelos (a nivel minutal) para varias zonas climáticas mundiales: C. A. Gueymard, J.A. Ruiz-Arias, Solar Energy 128, 2016, 1-30 preprint disponible en [http://les.edu.uy/FRS/extras/Gueymard\\_RA\\_Difusa\\_SE2015.pdf](http://les.edu.uy/FRS/extras/Gueymard_RA_Difusa_SE2015.pdf)
- **Caracterización** de 10 modelos (a nivel horario) y dos a nivel diario y mensual para Uruguay y la región vecina: G. Abal et al, Solar Energy 141 (2017) 166-181. Preprint disponible en [http://les.edu.uy/papers/SE2016\\_diffuse-fraction-models.pdf](http://les.edu.uy/papers/SE2016_diffuse-fraction-models.pdf)

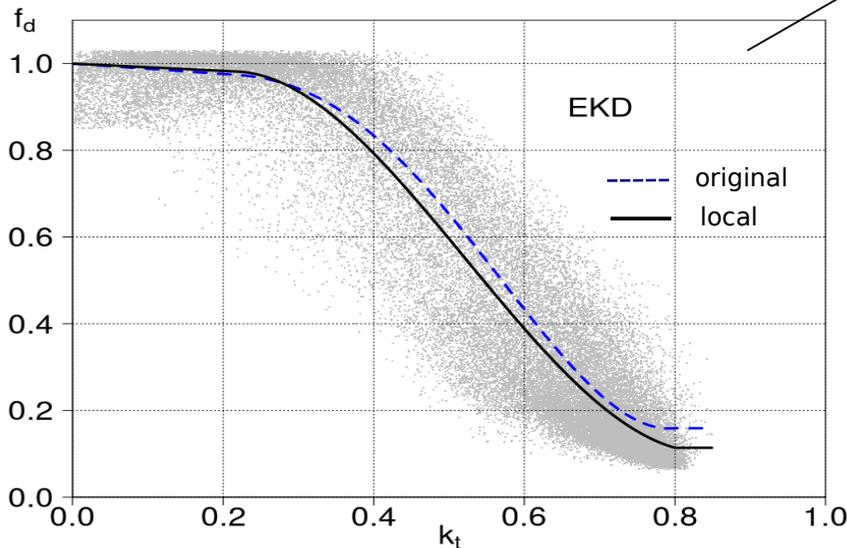
Describiremos parte de este último trabajo, presentando algunos modelos de separación (horaria, diaria y media mensual) para Uruguay y caracterizando su desempeño.



Erbs, Klein y Duffie, Solar Energy, 28 (1982), p. 293 (polinómico, a intervalos)

$$f_d = \begin{cases} 1 + a_1 k_t & k_t < k_a & k_a = 0.22 \\ b_0 + b_1 k_t + b_2 k_t^2 + b_3 k_t^3 + b_4 k_t^4 & k_a \leq k_t \leq k_b & k_b = 0.80 \\ c_0 & k_t > k_b. \end{cases}$$

depende solo del índice de claridad



Abal et al. SE141 2017, 166

<b>EKD</b>	Original	local
$a_1$	-0.09	-0.09
$b_0$	0.95	0.60
$b_1$	-0.16	3.97
$b_2$	4.39	-11.74
$b_3$	-16.64	7.76
$b_4$	12.34	-0.28
$c_0$	0.17	0.11

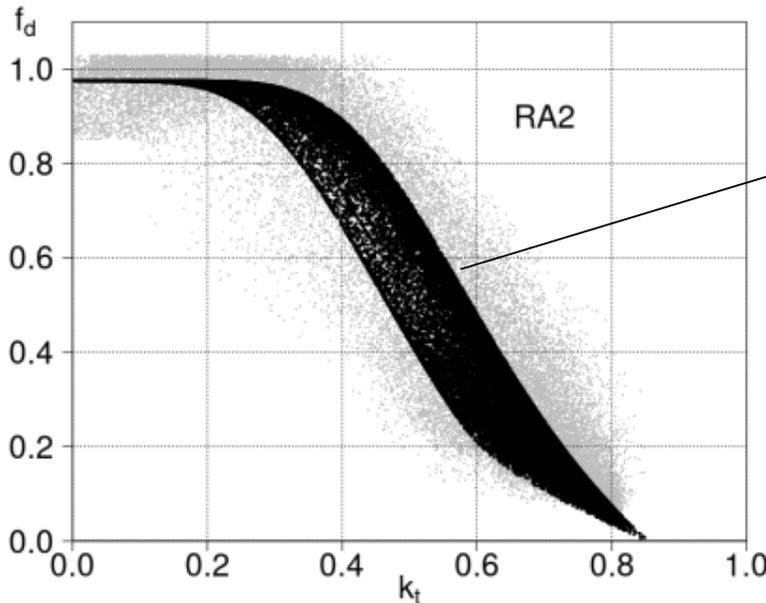


Ruiz-Arias et al. Energy Conversion and Management, 51:881-893, 2010

función doble exponencial o Gompertz:

depende del índice de claridad y de la masa de aire (RA2 y RA2s)

$$\begin{aligned}
 \text{(RA1)} \quad f_d &= a_0 - a_1 \exp[-\exp(a_2 + a_3 k_t)] \\
 \text{(RA2s)} \quad f_d &= a_0 - a_1 \exp[-\exp(a_2 + a_3 k_t + a_4 m)] \\
 \text{(RA2)} \quad f_d &= a_0 - a_1 \exp[-\exp(a_2 + a_3 k_t + a_4 m + a_5 k_t^2 + a_6 m^2)],
 \end{aligned}$$



cubre una zona en el diagrama

Coefficientes:  
Abal et al. SE141 2017, 166

modelo	tipo	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$
RA1	original	0.95	-1.04	2.30	-4.70	-	-	-
RA2s	original	0.98	-1.02	2.88	-5.59	-0.11	-	-
RA2	original	0.94	-1.54	2.81	-5.76	2.28	-0.13	0.01
RA1	local	0.97	-1.01	3.07	-6.17	-	-	-
RA2s	local	0.97	-1.11	3.38	-5.84	-0.13	-	-
RA2	local	0.98	-1.24	3.47	-5.71	0.32	-0.25	0.02



Ridley, Boland, Lauret (RBL), Renewable Energy, 35:478-483, 2010.

Modelo multivariable, de mejor desempeño, no operacional (incluye información futura).

$$f_d = \frac{1}{1 + \exp(a_0 + a_1 k_t + a_2 T_s + a_3 \alpha_s + a_4 K_t + a_5 \psi)}$$

tiempo solar, horas
altura solar, grados
índice de claridad diario

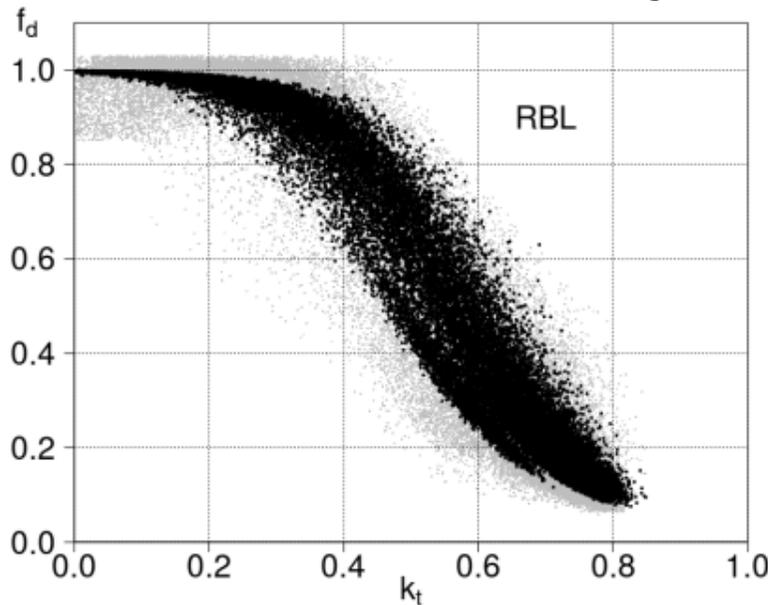
función logística o sigmoide

persistencia:  $\psi(j) = \frac{1}{2} (k_t(j-1) + k_t(j+1))$

modelo	tipo	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$
RBL	original	-5.38	6.63	0.01	-0.01	1.75	1.31
RBL	local	-5.60	7.63	0.01	-0.01	1.12	2.06

Abal et al. SE141 2017, 166

modelo mas complejo de implementar, mejora marginalmente a RA2s





modelo	original		localmente ajustado	
	rMBD (%)	rRMSD (%)	rMBD (%)	rRMSD (%)
<b>EKD</b>	7.9	23.6	1.2	21.9
<b>RA1</b>	-2.2	23.2	0.5	21.8
<b>RA2s</b>	-3.2	21.0	0.7	19.5
<b>RA2</b>	-4.5	21.8	-2.2	19.5
<b>RBL</b>	7.6	20.7	1.3	18.1

indicadores sobre 40995 datos horarios (post filtrado) para Uruguay y la región (Abal et al. SE141 2017, 166). Relativos a la media  $\langle f_d \rangle = 0.47$

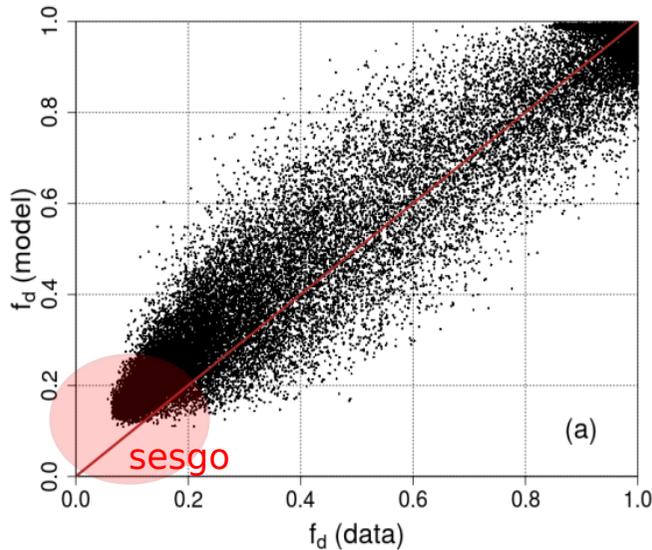
- ajuste local disminuye el sesgo (bias) apreciablemente
- incerteza típica en torno a 20% (localmente ajustado)
- mejor modelo: RBL con 1% sesgo y 18% rRMSD

mejor balance entre simplicidad y desempeño: modelo RA2s con  $<1\%$  sesgo y  $<20\%$  rRMSD.

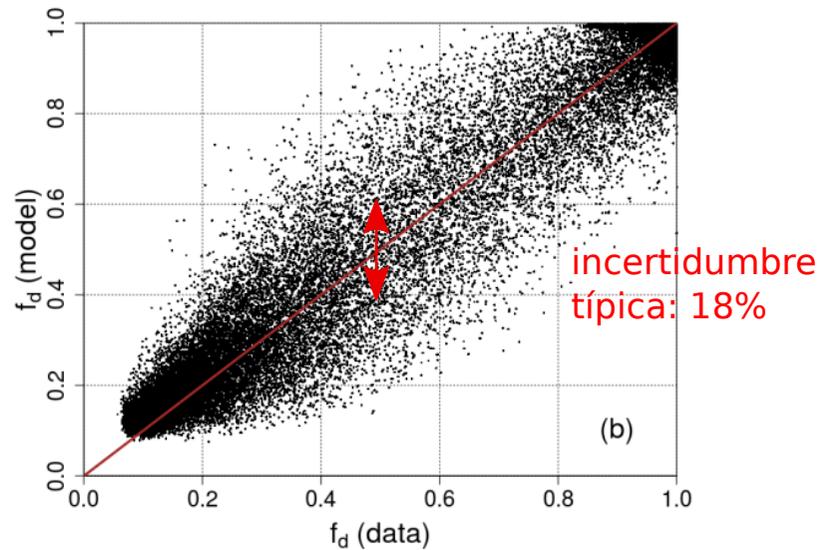


Diagramas de dispersión:  $f_d$  modelada vs medida para modelo RBL

original



localmente ajustado



Abal et al. SE141 2017, 166



## Unidad 3: Separación radiación directa y difusa

P1: variables adimensionadas

P2: modelos de separación horarios y subhorarios

P3: modelos de separación para irradiación diaria