



Evaluación de modelos numéricos globales para la predicción de la radiación solar global en el sureste de Sudamérica

Vívian Teixeira-Branco

Tutores: Dr. Rodrigo Alonso-Suárez y Dr. Gabriel Cazes

Contenido

1

INTRODUCCIÓN

Pronóstico de la radiación solar
Modelos numéricos
Estado del arte
Objetivo

2

CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

Medidas de referencia
Modelos numéricos globales
Métricas de desempeño

3

RESULTADOS

Evaluación del pronóstico intra-diario
Evaluación del pronóstico diario

4

CONCLUSIÓN

Observaciones generales
Perspectiva de trabajos futuros

1

INTRODUCCIÓN

Pronóstico de la radiación solar
Modelos numéricos
Estado del arte
Objetivo

2

CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

Medidas de referencia
Modelos numéricos globales
Métricas de desempeño

3

RESULTADOS

Evaluación del pronóstico intra-diario
Evaluación del pronóstico diario

4

CONCLUSIÓN

Observaciones generales
Perspectiva de trabajos futuros

¿Cuáles técnicas son utilizadas para pronosticar la radiación solar?

¿Cuáles técnicas son utilizadas para pronosticar la radiación solar?

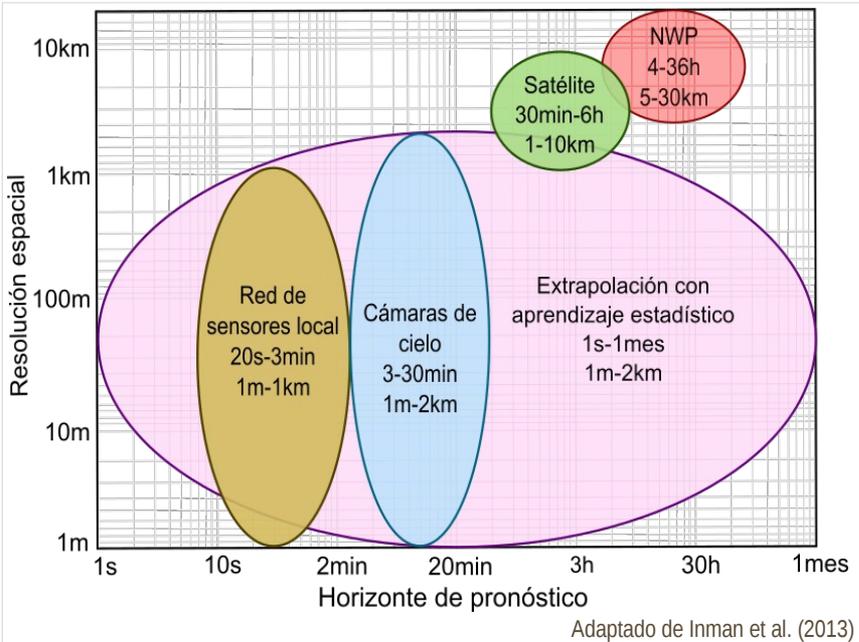


Fig 1: Técnicas de pronóstico de la radiación solar

Conocer y reducir la incertidumbre de estos modelos **impacta directamente** en los costos e ingresos del sistema eléctrico.

¿Cuáles técnicas son utilizadas para pronosticar la radiación solar?

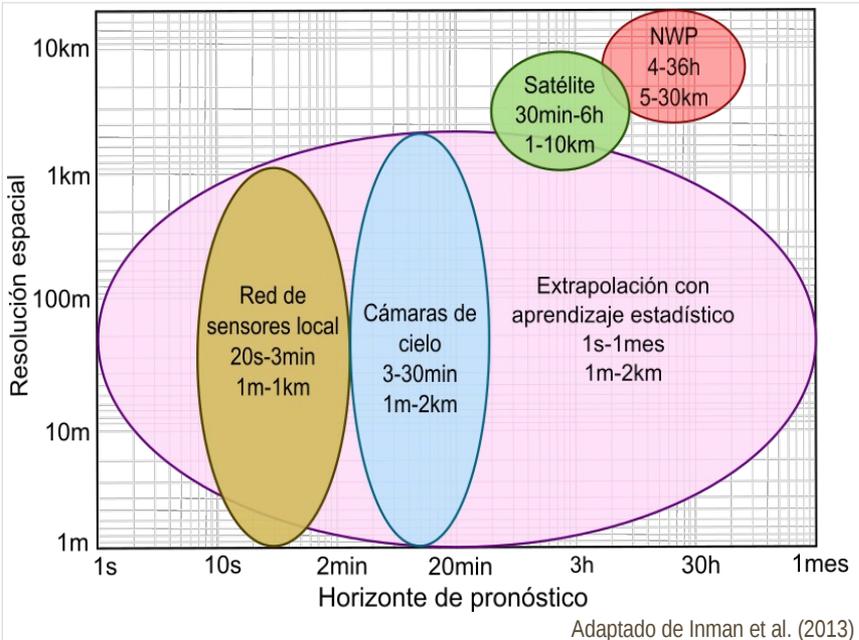


Fig 1: Técnicas de pronóstico de la radiación solar

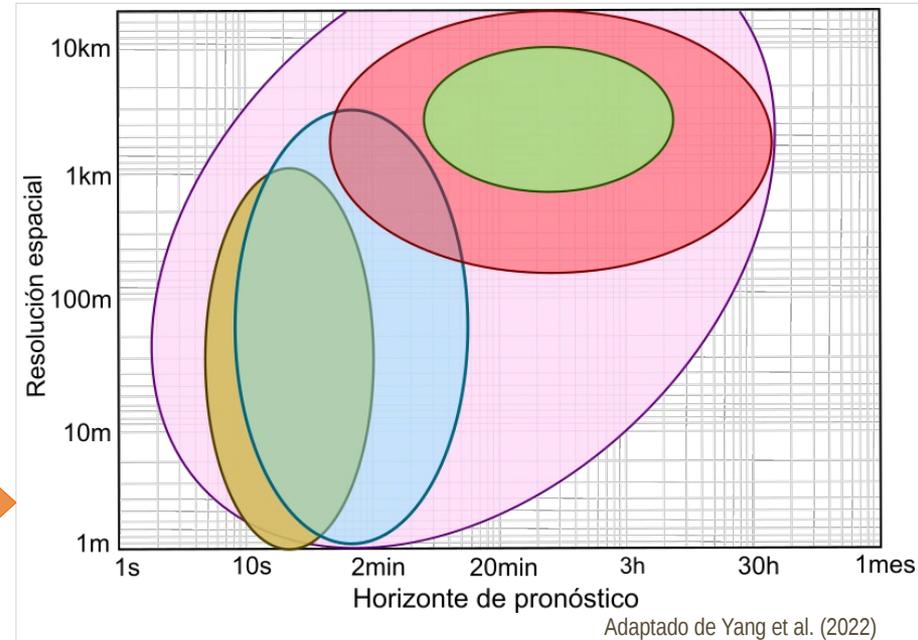
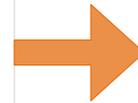


Fig 2: Técnicas de pronóstico de la radiación solar actualizada

Conocer y reducir la incertidumbre de estos modelos **impacta directamente** en los costos e ingresos del sistema eléctrico.

Los avances en términos de resolución espacio-temporal cambiaron en los últimos años.

¿Cuáles técnicas son utilizadas para pronosticar la radiación solar?

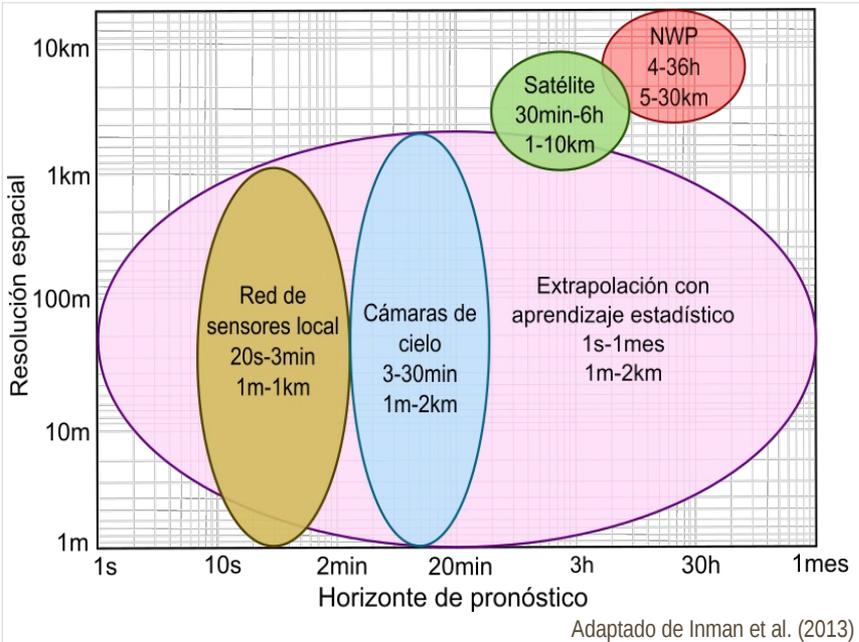


Fig 1: Técnicas de pronóstico de la radiación solar

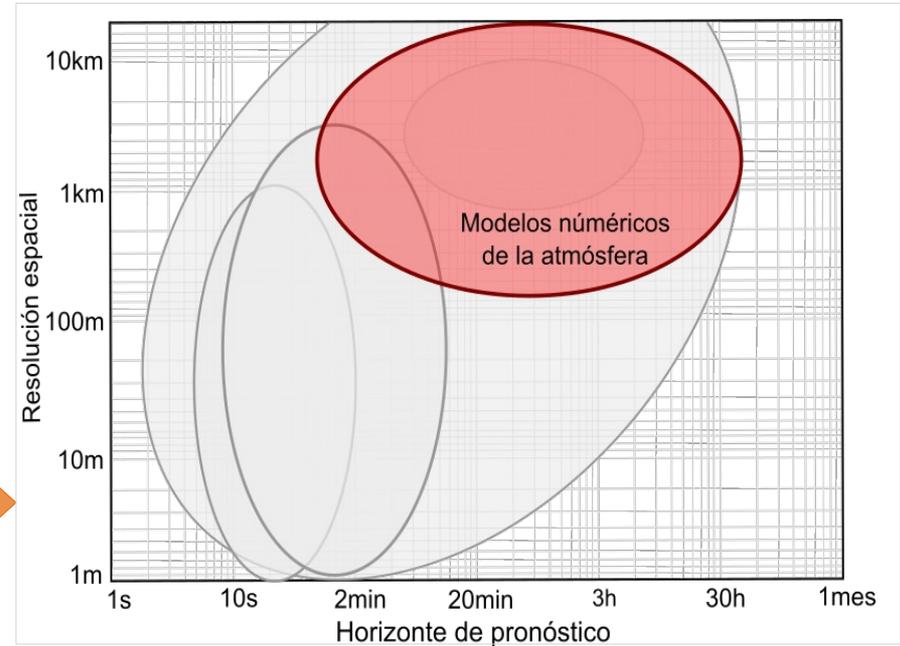
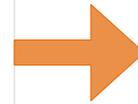


Fig 2: Técnicas de pronóstico de la radiación solar actualizada

Conocer y reducir la incertidumbre de estos modelos **impacta directamente** en los costos e ingresos del sistema eléctrico.

Los avances en términos de resolución espacio-temporal cambiaron en los últimos años.

Breve histórico

- En 1895 empieza el desarrollo de los NWP
- En 1950 se informa el primer pronóstico de tiempo
- En 1972 primeras predicciones operativas

Modelos globales

- Pronósticos de todo el globo terrestre con horizonte de hasta 16 días hacia al futuro.
- Resolución espacial de 9-50 km, puede variar según horizonte de pronóstico y región.
- La inicialización y frecuencia de las salidas pueden variar según el modelos.

Modelos regionales

- Pronósticos de un subdominio del globo terrestre con horizonte de hasta 3 días hacia adelante.
- Resolución espacial de 5-20 km.
- Necesitan de condiciones contorno y de borde.

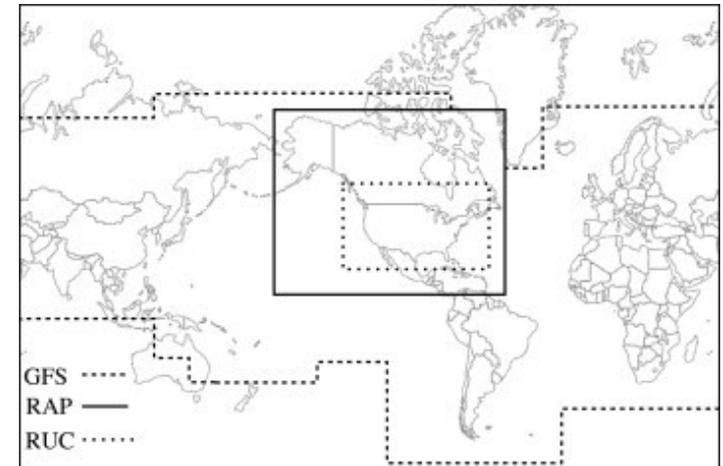


Fig 3: Ej. de modelo global (GFS) y modelos regionales de EEUU (RUC,RAP)

Breve histórico

- En 1895 empieza el desarrollo de los NWP
- En 1950 se informa el primer pronóstico de tiempo
- En 1972 primeras predicciones operativas

Modelos globales

- Pronósticos de todo el globo terrestre con horizonte de hasta 16 días hacia al futuro.
- Resolución espacial de 9-50 km, puede variar según horizonte de pronóstico y región.
- La inicialización y frecuencia de las salidas pueden variar según el modelos.

Modelos regionales

- Pronósticos de un subdominio del globo terrestre con horizonte de hasta 3 días hacia adelante.
- Resolución espacial de 5-20 km.
- Necesitan de condiciones contorno y de borde.

Ejecución operacional



Fig 3: Diagrama de operación básica de los modelos NWP

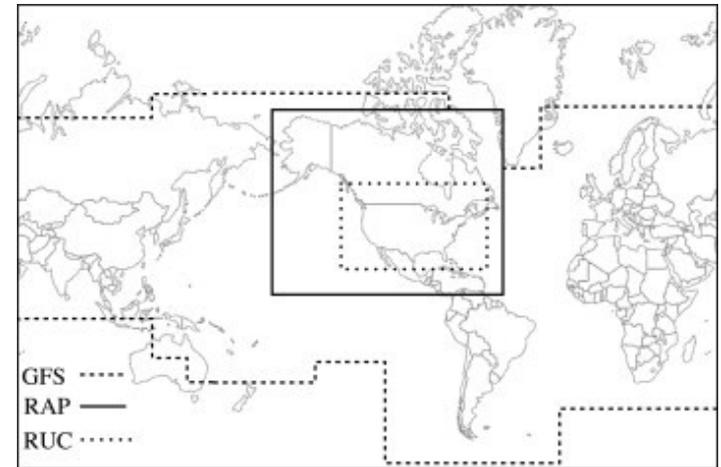


Fig 3: Ej. de modelo global (GFS) y modelos regionales de EE.UU. (RUC,RAP)

Desempeño de los modelos NWP

Varia entre
17% y 45%

Tab. 1: Review de desempeño de modelos NWP para pronóstico de la GHI

Modelo	Localidad	Horizonte de pronóstico (días)	Escala de evaluación	RMSD (%)	Referencia
ECMWF	EE.UU	1	Diaria	18–40	Remund et al. (2008)
GFS+WRF	EE.UU	1	Diaria	18–50	
ECMWF	Francia	1	Diaria	29–42	Lauret et al. (2016)
GFS	Uruguay	1	Intra-diaria	27–39	Teixeira-Branco et al. (2022)
		1	Diaria	21–23	
GFS+WRF	Brasil	1	Diaria	21–67	Lima et al. (2016)
WRF-dudhia				50	
WRF-rrtmg	Singapur	1	Intra-diaria	54	Verbois et al. (2018)
WRF-solar				50	
GFS				56	
ECMWF	EE.UU	1-3		21–45	
GEM	EE.UU	1-2		21–40	
WRF-AWS	EE.UU	1-2		25–59	
ECMWF	Canada	1-2	Diaria	31–38	Perez et al. (2013)
GEM	Canada	1-2		31–38	
WRF-ASRC	Canada	1-2		40–45	
ECMWF	España	1-3		20–29	
WRF-UJAEN	España	1-3		25–30	
GEM	America del Norte	1-2	Horaria	25–35	Pelland et al. (2013)
GFS+WRF	Uruguay	1-2	Intra-diaria	39–46	Porrini (2017)
		1-2	Diaria	27–39	
GFS+WRF	España	1-3	Diaria	29–41	Lara-Fanego et al. (2012)
GFS+WRF	Uruguay	1-3	Diaria	30–36	Teixeira-Branco et al. (2018)
ECMWF	Uruguay	1-3	Intra-diaria	25–32	Teixeira-Branco et al. (2021)
		1-3	Diaria	17–21	

Objetivo del estudio:

Intercomparar el desempeño de las primeras 24h del pronóstico de la GHI de cinco diferentes modelos globales en el Sureste de Sudamérica.

1

INTRODUCCIÓN

Pronóstico de la radiación solar
Modelos numéricos
Estado del arte
Objetivo

2

CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

Medidas de referencia
Modelos numéricos globales
Métricas de desempeño

3

RESULTADOS

Evaluación del pronóstico intra-diario
Evaluación del pronóstico diario

4

CONCLUSIÓN

Observaciones generales
Perspectiva de trabajos futuros

Área de estudio

- Región subtropical de la Pampa Húmeda
- Clima templado y húmedo
- Recurso solar con variabilidad intermedia

Dados de referencia

- 3 años de medidas registradas en tierra.
- 7 estaciones de medida en territorio uruguayo administradas por el LES, UdelaR.
- Piranómetros Kipp & Zonen de clase A o B calibrados a cada 2 años.
- Medidas con intervalo de 1 minuto, a partir de las cuales se calculan los promedios de 1h.
- Incertidumbre diaria entre 4-5%.

Tab. 2: Sitio de estudio

Sitio	Cod	Lat. (deg)	Lon. (deg)	Alt (m)
Salto	LE	-31.28	-57.92	42
Artigas	AR	-30.40	-56.51	136
Tacuarembó	TA	-31.71	-55.83	140
Canelones	LB	-34.67	-56.34	32
Rocha	RC	-34.49	-56.17	24
Colonia	ZU	-34.34	-57.69	81
Treinta y Tres	PP	-33.26	-54.49	58

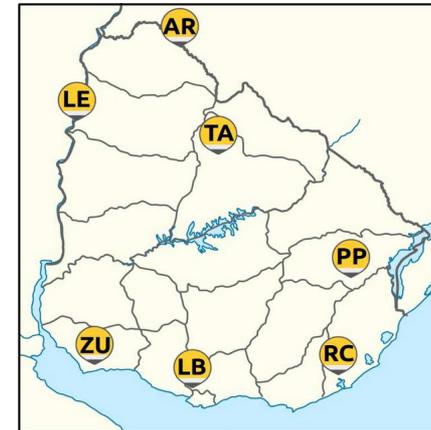


Fig 4: Sitio de estudio

Tab. 3: Resumen de la configuración de los modelos utilizados

Característica	ECMWF	ICON	GFS		NEMS30
			0.5°	0.25°	
Resolución espacial	~14 km	~13 km	~55 km	~27 km	~30 km
Nivel vertical	137	90	64	64	60
Modelo de transferencia radiativa	ecRad	RRTMG	RRTMG_SW (v2.3)		–
Nombre de la variable GHI	SSRD	ASOB_S	DSWRF		–
Paso temporal de la predicción	1 h	3 h	3 h		1 h
Periodo de estudio	2017–2019	2018–2020	2017–2019		2017–2019

ECMWF

- Modelo no-hidrostático
- Acceso restringido.
- Resolución temporal horaria en los primeros 4 días.
- Pronósticos de hasta 240h hacia el futuro.
- Resolución espacial de aprox. 14 km en la región.
- Ejecución dos veces al día 00 y 12 UTC.
- Modelo de transferencia radioactiva ecRad.
- Periodo en análisis 2017-2019.

GFS

- Modelo hidrostático.
- Acceso gratuito.
- Resolución temporal tri-horaria.
- Pronósticos de hasta 180h hacia el futuro.
- Resolución espacial de aprox. 55 km y 27 km.
- Ejecución cuatro veces al día 00, 06, 09 y 12 UTC.
- Modelo de transferencia radioactiva RRTMG.
- Periodo en análisis 2017-2019.

En febrero 2021 pasó por una actualización en los niveles verticales de 64 para 127 capas.

ICON

- Modelo hidrostático.
- Acceso gratuito.
- Resolución temporal tri-horaria.
- Pronósticos de hasta 180h hacia el futuro.
- Resolución espacial de aprox. 13 km en la región.
- Ejecución cuatro veces al día 00, 06, 09 y 12 UTC.
- Modelo de transferencia radioactiva RRTMG.
- Periodo en análisis 2018-2020.

En abril de 2021 pasó por una actualización en el esquema de transferencia radioactiva

NEMS30

- Se basa en la tecnología de NMM desarrollada por la NASA
- Acceso restringido.
- Resolución temporal horaria.
- Resolución espacial de aprox. 30 km en la región.
- Periodo en análisis 2017-2019.

Interés regional dado que los son los pronósticos contratados por ADME.

ECMWF

- Modelo no-hidrostático
- Acceso restringido.
- Resolución temporal horaria en los primeros 4 días.
- Pronósticos de hasta 240h hacia el futuro.
- Resolución espacial de aprox. 14 km en la región.
- Ejecución dos veces al día 00 y 12 UTC.
- Modelo de transferencia radioactiva ecRad.
- Periodo en análisis 2017-2019.

GFS

- Modelo hidrostático.
- Acceso gratuito.
- Resolución temporal tri-horaria.
- Pronósticos de hasta 180h hacia el futuro.
- Resolución espacial de aprox. 55 km y 27 km.
- Ejecución cuatro veces al día 00, 06, 09 y 12 UTC.
- Modelo de transferencia radioactiva RRTMG.
- Periodo en análisis 2017-2019.

En febrero 2021 pasó por una actualización en los niveles verticales de 64 para 127 capas.

ICON

- Modelo hidrostático.
- Acceso gratuito.
- Resolución temporal tri-horaria.
- Pronósticos de hasta 180h hacia el futuro.
- Resolución espacial de aprox. 13 km en la región.
- Ejecución cuatro veces al día 00, 06, 09 y 12 UTC.
- Modelo de transferencia radioactiva RRTMG.
- Periodo en análisis 2018-2020.

En abril de 2021 pasó por una actualización en el esquema de transferencia radioactiva

NEMS30

- Se basa en la tecnología de NMM desarrollada por la NASA
- Acceso restringido.
- Resolución temporal horaria.
- Resolución espacial de aprox. 30 km en la región.
- Periodo en análisis 2017-2019.

Interés regional dado que los son los pronósticos contratados por ADME.

ECMWF

- Modelo no-hidrostático
- Acceso restringido.
- Resolución temporal horaria en los primeros 4 días.
- Pronósticos de hasta 240h hacia el futuro.
- Resolución espacial de aprox. 14 km en la región.
- Ejecución dos veces al día 00 y 12 UTC.
- Modelo de transferencia radioactiva ecRad.
- Periodo en análisis 2017-2019.

GFS

- Modelo hidrostático.
- Acceso gratuito.
- Resolución temporal tri-horaria.
- Pronósticos de hasta 180h hacia el futuro.
- Resolución espacial de aprox. 55 km y 27 km.
- Ejecución cuatro veces al día 00, 06, 09 y 12 UTC.
- Modelo de transferencia radioactiva RRTMG.
- Periodo en análisis 2017-2019.

En febrero 2021 pasó por una actualización en los niveles verticales de 64 para 127 capas.

ICON

- Modelo hidrostático.
- Acceso gratuito.
- Resolución temporal tri-horaria.
- Pronósticos de hasta 180h hacia el futuro.
- Resolución espacial de aprox. 13 km en la región.
- Ejecución cuatro veces al día 00, 06, 09 y 12 UTC.
- Modelo de transferencia radioactiva RRTMG.
- Periodo en análisis 2018-2020.

En abril de 2021 pasó por una actualización en el esquema de transferencia radioactiva

NEMS30

- Se basa en la tecnología de NMM desarrollada por la NASA
- Acceso restringido.
- Resolución temporal horaria.
- Resolución espacial de aprox. 30 km en la región.
- Periodo en análisis 2017-2019.

Interés regional dado que los son los pronósticos contratados por ADME.

Serie temporal diaria horaria

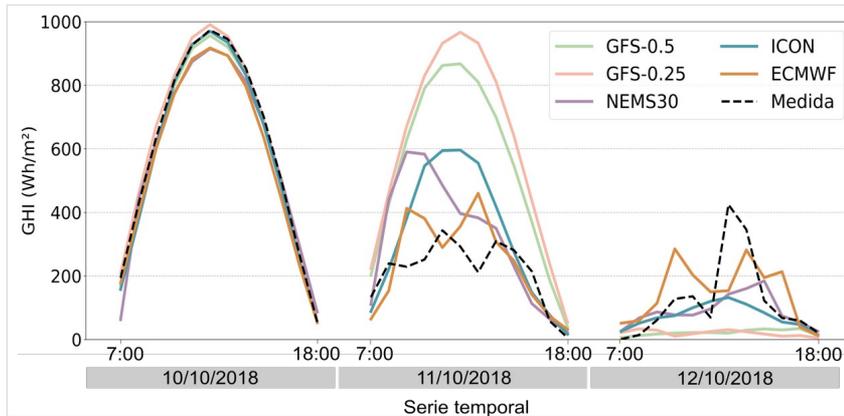


Fig 5: Serie temporal diaria de GHI pronostica y medida

Conjunto de datos a evaluar

- Periodo anual
 - 2017-2019
 - 2018-2020
- Periodo estacional
 - Primavera – Septiembre hasta noviembre
 - Verano – Diciembre hasta febrero
 - Otoño – Marzo hasta mayo
 - Invierno – Junio hasta agosto

Estacionalidad mensual

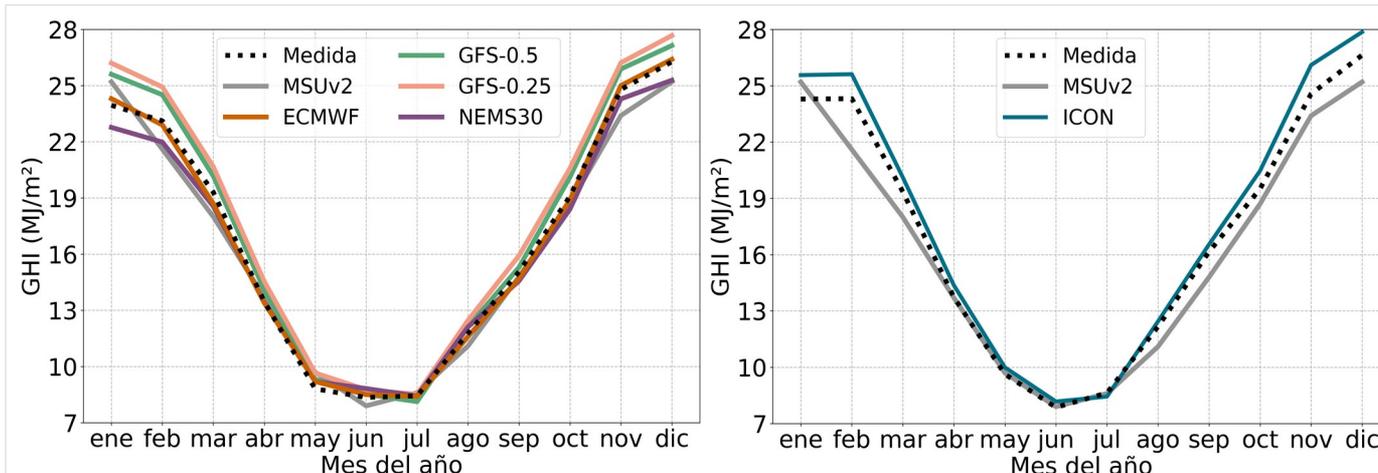


Fig 6: Estacionalidad de GHI medida y pronostica

Métricas de desempeño

- Desvío medio

$$MBD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{y}(i) - y(i))$$

- Persistencia mejorada

$$G_{(h, PER)}(t + \Delta t) = k_C G_{(h, CKS)}$$

- Desvío cuadrático medio

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{y}(i) - y(i))^2}$$

- Desvío medio absoluto

$$MAD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\hat{y}(i) - y(i)|$$

- Habilidad de pronóstico

$$FS = 1 - \frac{RMSE^{FOR}}{RMSE^{PER}}$$

- Métricas a partir de la matriz confusión

1

INTRODUCCIÓN

Pronóstico de la radiación solar
Modelos numéricos
Estado del arte
Objetivo

2

CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

Medidas de referencia
Modelos numéricos globales
Métricas de desempeño

3

RESULTADOS

Evaluación del pronóstico intra-diario
Evaluación del pronóstico diario

4

CONCLUSIÓN

Observaciones generales
Perspectiva de trabajos futuros

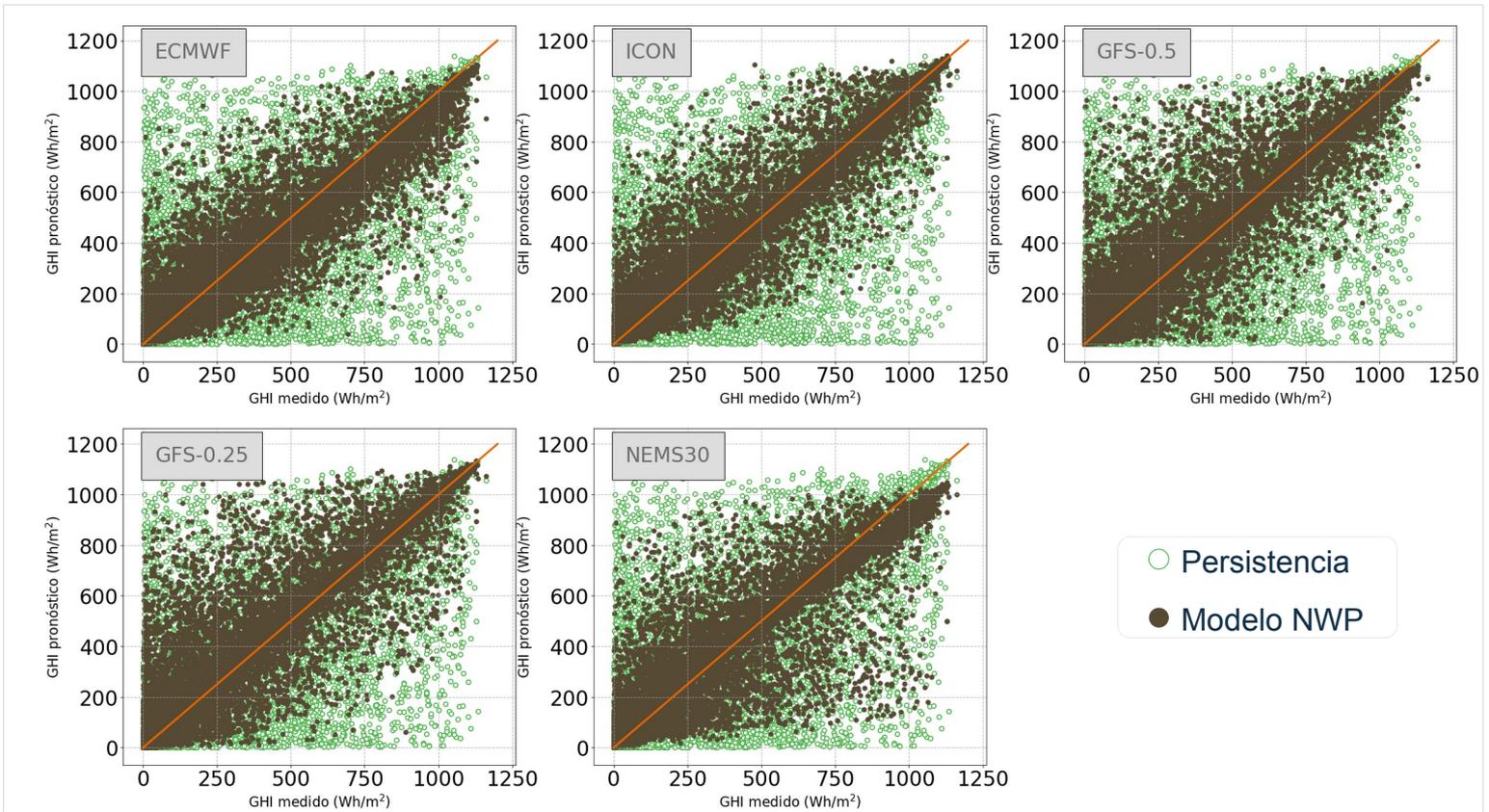


Fig 7: Dispersión horaria de los modelos NWP y la persistencia para la estación de Salto.



Desempeño promedio entre sitios: Modelos Globales y de la Persistencia

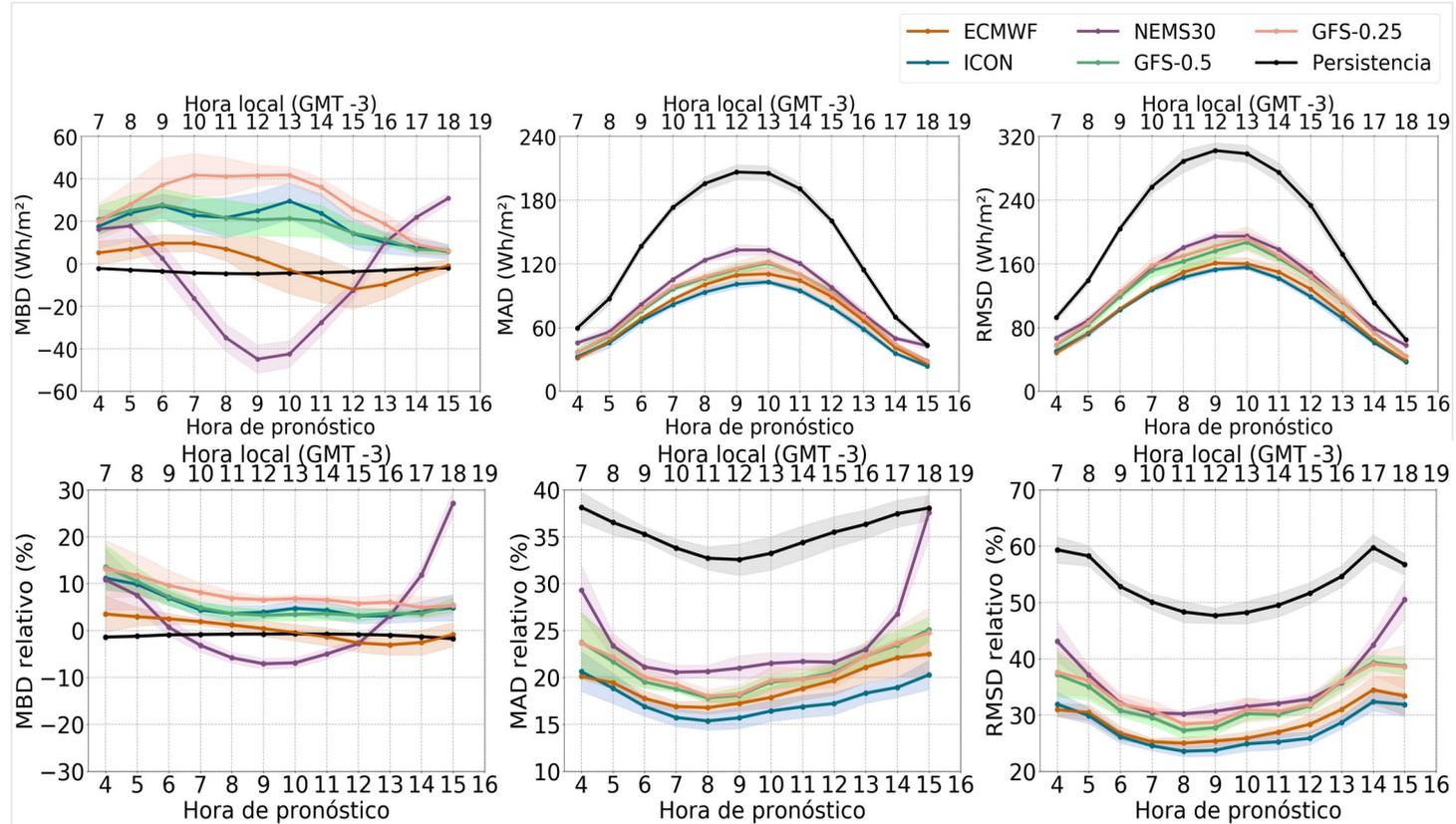


Fig 8: Métricas de desempeño intra-diario del pronóstico del día siguiente

- Todos los modelos presentan desempeño **superior a la persistencia**.
- El desempeño es mayor en las **horas centrales del día**.

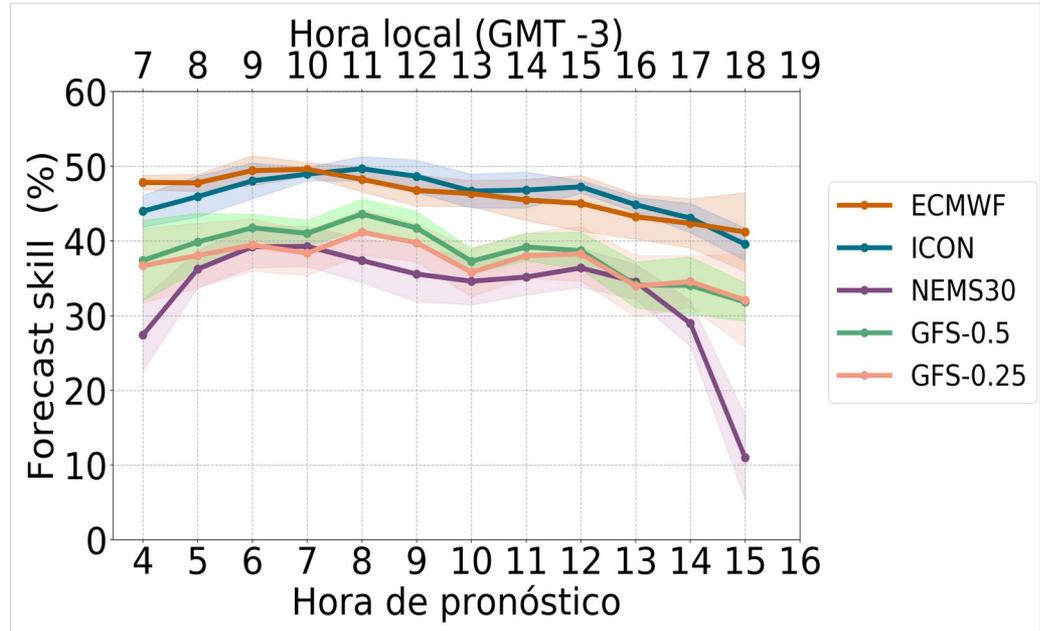
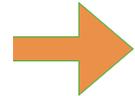
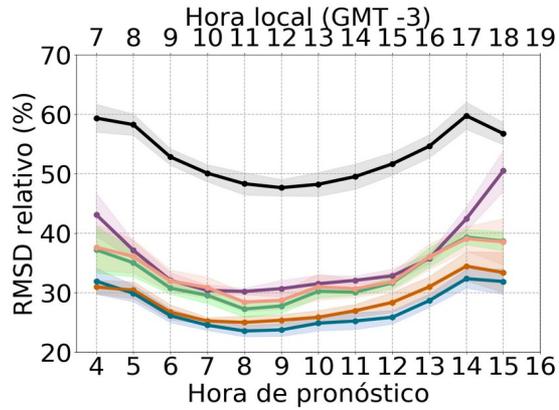


Fig 9: Habilidad de pronóstico

En resumen...

Tab. 4: Indicadores de desempeño hora a hora de los modelos

Modelo	rMBD (%)	rRMSD (%)	FS (%)
ECMWF	-3.7 – +3.7	25 – 32	41 – 50
ICON	-3.1 – +11.2	23 – 32	40 – 50
GFS 0.5	+3.2 – +13.6	27 – 37	32 – 44
GFS 0.25	+4.8 – +13.1	28 – 39	32 – 41
NEMS30	-7.1 – +27.1	30 – 50	11 – 39

Desempeño promedio entre sitios: Anual y Estacional

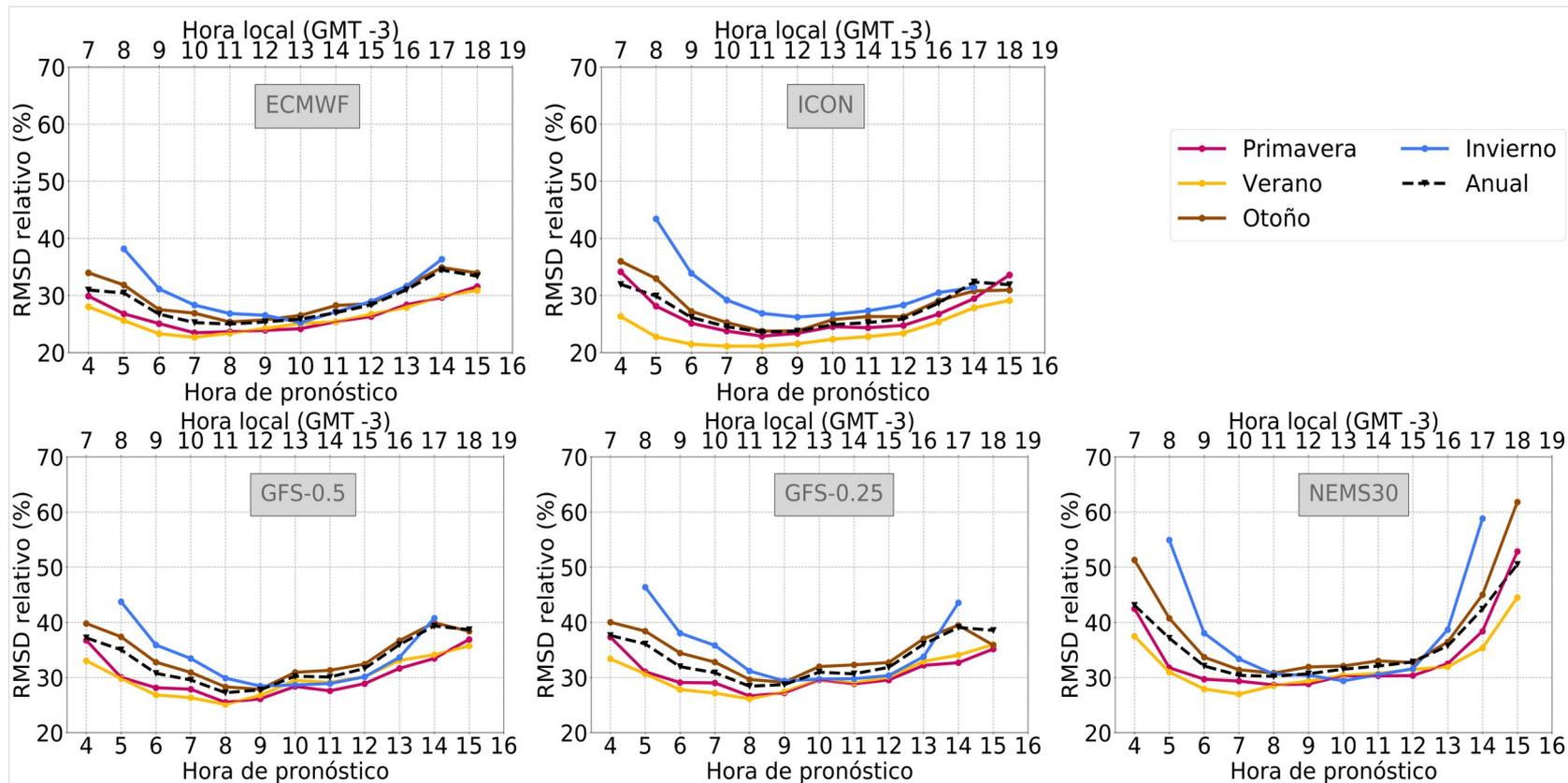


Fig 10: rRMSD anual y estacional intra-diaro

- RMSD menores en verano y primavera y RMSD mayores en otoño y invierno
- NEMS30 presenta diferencias mayores de 9.7% y el ECMWF estas diferencias son menores 4%

Habilidad de pronóstico promedio entre sitios: Anual y Estacional

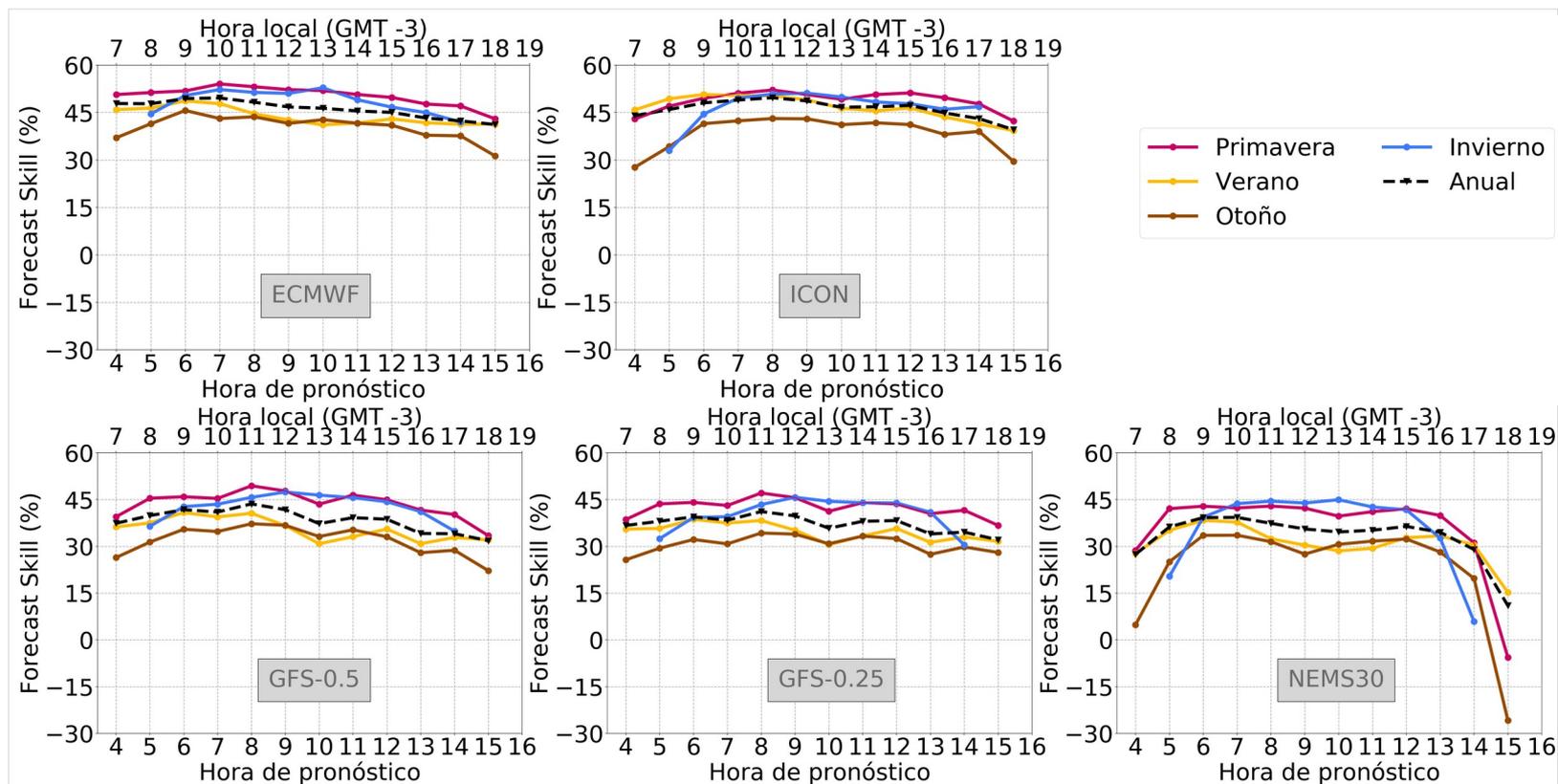


Fig 11: FS anual y estacional intra-diaro

- Resultados **anuales** son **intermedios** a las estaciones del año.
- **Otoño** y **verano** tienen habilidad **inferior** y la **primavera** y **invierno** tienen un rendimiento **superior**.

Evaluación del pronóstico diario

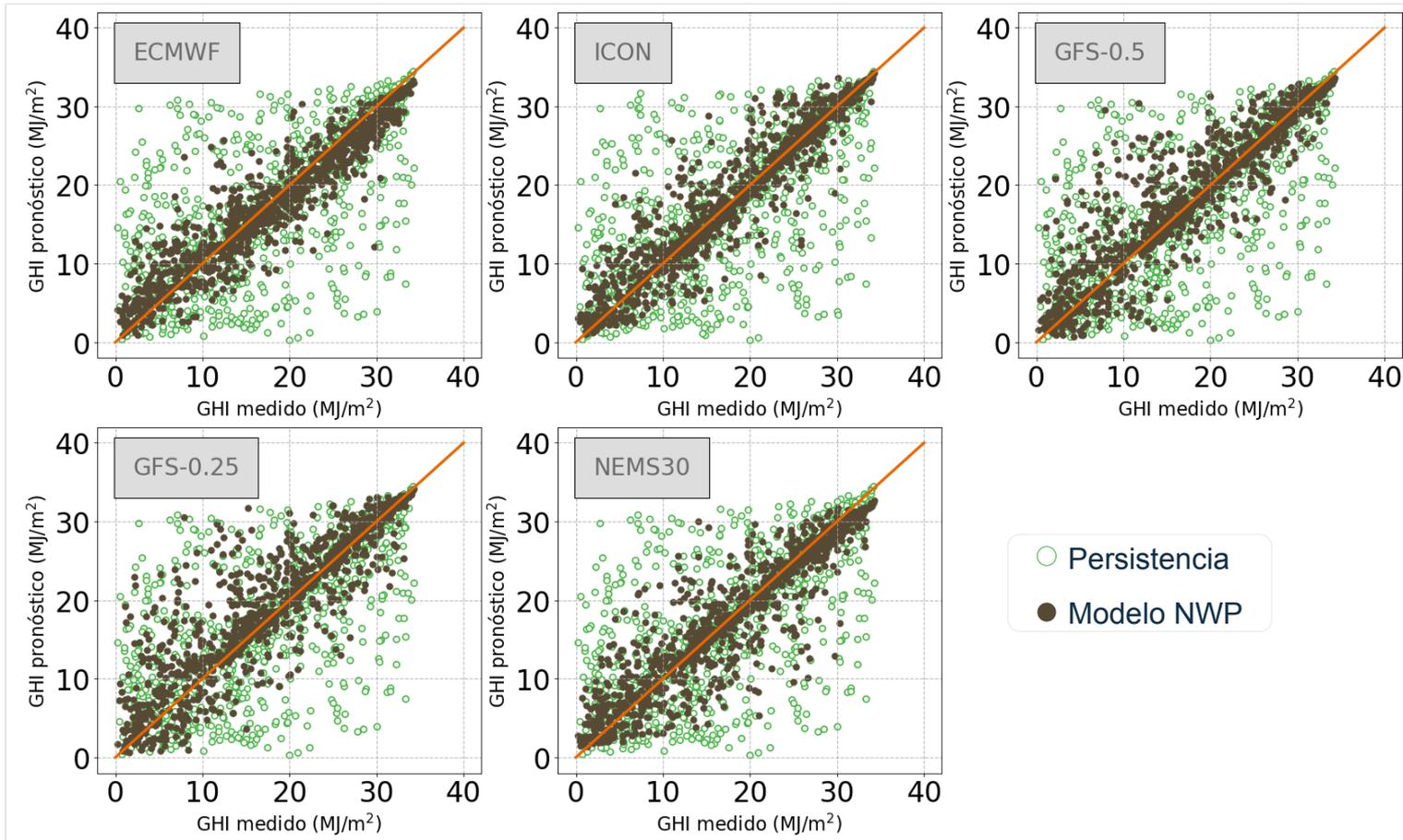


Fig 12: Dispersión diaria de los modelos para la estación de Salto

Evaluación anual
Evaluación estacional
Discriminación por condición de cielo

Desempeño anual diario por sitio: Modelos Globales y de la Persistencia

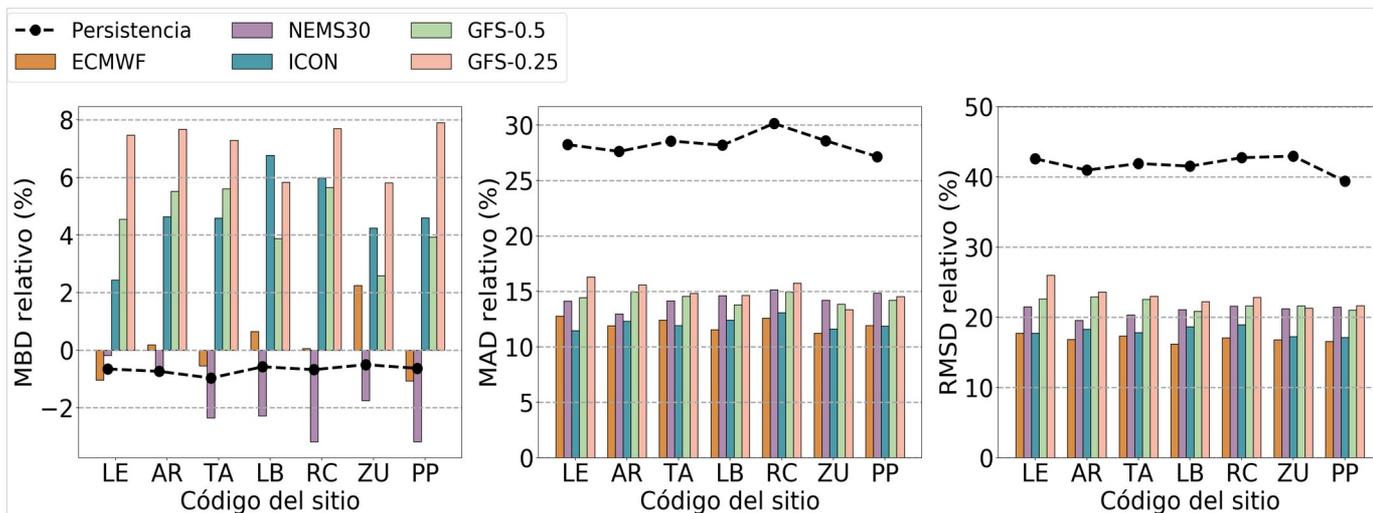


Fig 13: Desempeño diario del pronóstico del día siguiente por sitio

- Todos los modelos presentan desempeño superior a la persistencia.
- Los sesgos son principalmente positivos.
- Tendencias similares en todos los sitios

Desempeño diario por promedio

Tab. 5: Indicadores de desempeño diario de los modelos

Modelo	rMBD (%)	rRMSD (%)	FS (%)
ECMWF	+0.1	17.0	59.4
ICON	+4.7	18.0	55.3
GFS 0.5	+4.5	21.9	47.5
GFS 0.25	+7.1	23.0	45.0
NEMS30	-2.0	21.0	49.7

- En términos absolutos la variabilidad es de 0.1-0.3 MJ/m².
- Indicadores están dentro del amplio rango de desempeño de los modelos NWP la literatura mundial (17-67%) y en la región (27-39%).

Desempeño estacional diario por sitio: Modelos Globales y de la Persistencia

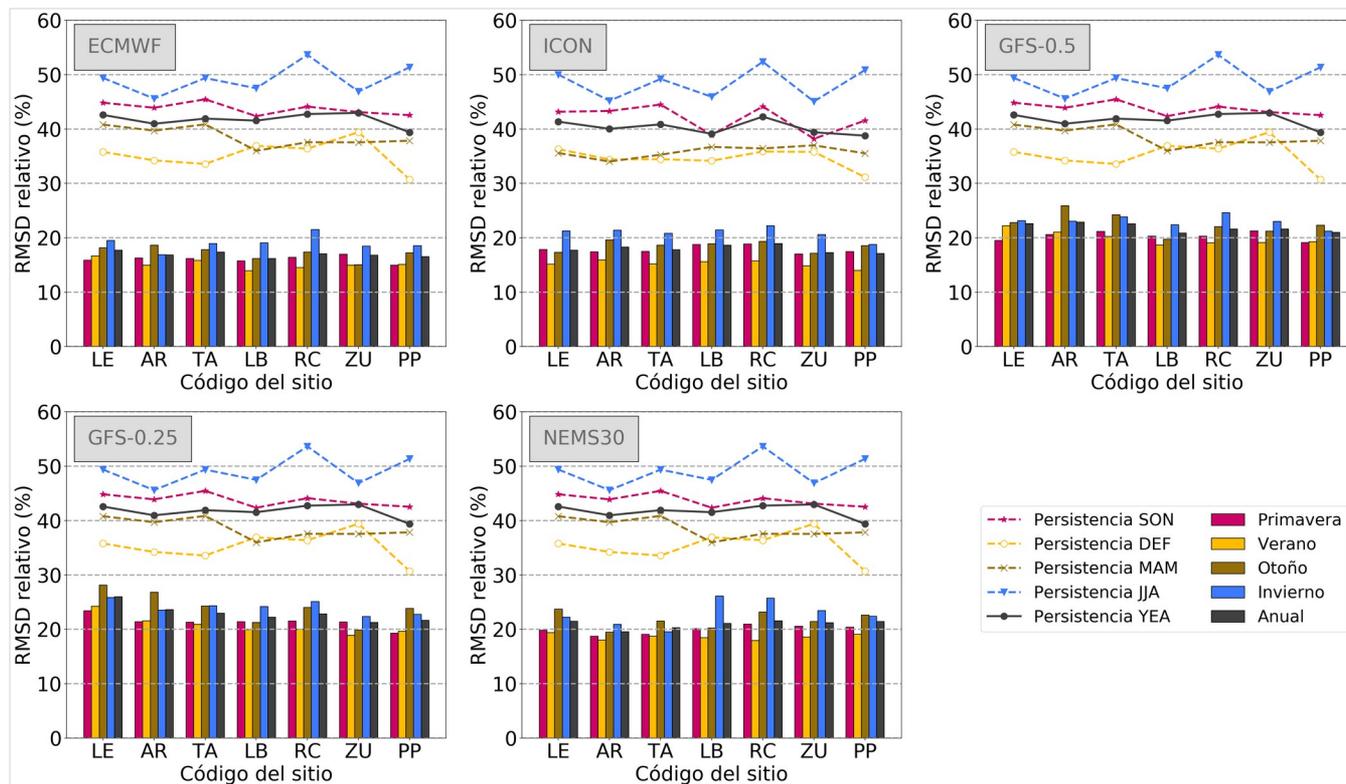


Fig 14: Desempeño diario del pronóstico del día siguiente por sitio en diferentes periodos del año.

- Persistencia presenta **variabilidad estacional más pronunciada** (invierno-verano).
- Desvío entre estaciones es de **3.4%** para los modelos NWP y **8.7%** para la persistencia.
- Modelos **NWP no presentan variabilidad** íter-sitios significativa (0.1 – 0.5 MJ/m², GFS 0.25).

Desempeño estacional diario por sitio: Modelos Globales y de la Persistencia

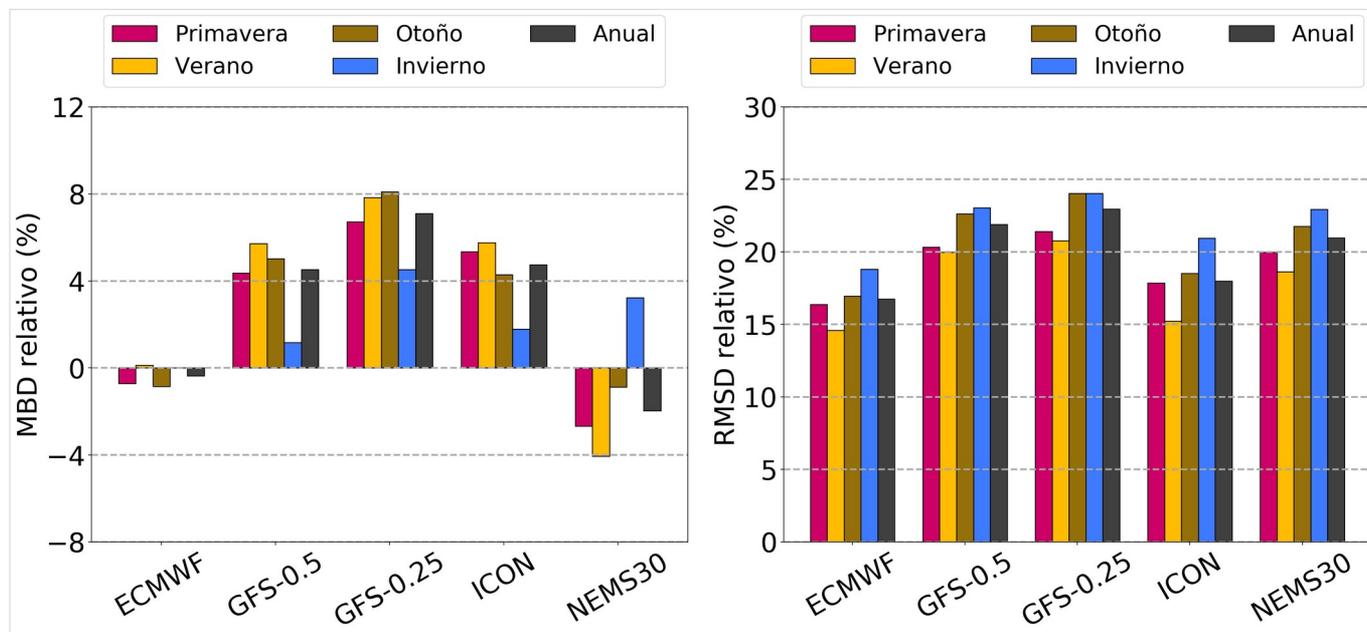


Fig 15: Desempeño diario promedio del pronóstico del día siguiente por sitio.

- **Verano** presenta **mejor desempeño** en todos los modelos
- Comparación entre periodo verano y anual presenta un incremento en la incertidumbre que varía entre 1.7 y 2.8%.

- Discriminación en categorías de cielo
- Relación entre RMSD e índice de cielo claro
- Desempeño según la matriz confusión

▪ Discriminación en categorías de cielo

Categorías de cielo

Despejado (des) → K_C mayor a 0.9

Parcialmente nublado (pnu) → K_C entre 0.9 y 0.4

Nublado (nub) → K_C menor a 0.4

De las medidas:
40% despejado
43% parcialmente nublado
15% nublado

Clasificación por modelo:

La **variabilidad** de la cantidad de días en las diferentes condiciones de cielo no es significativa sitios.

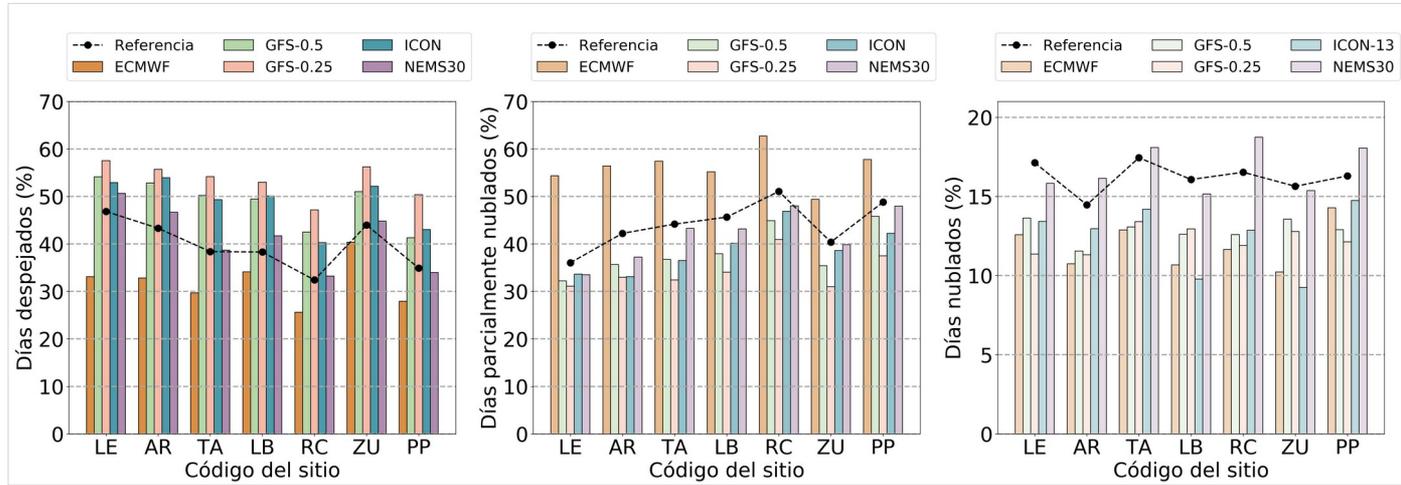
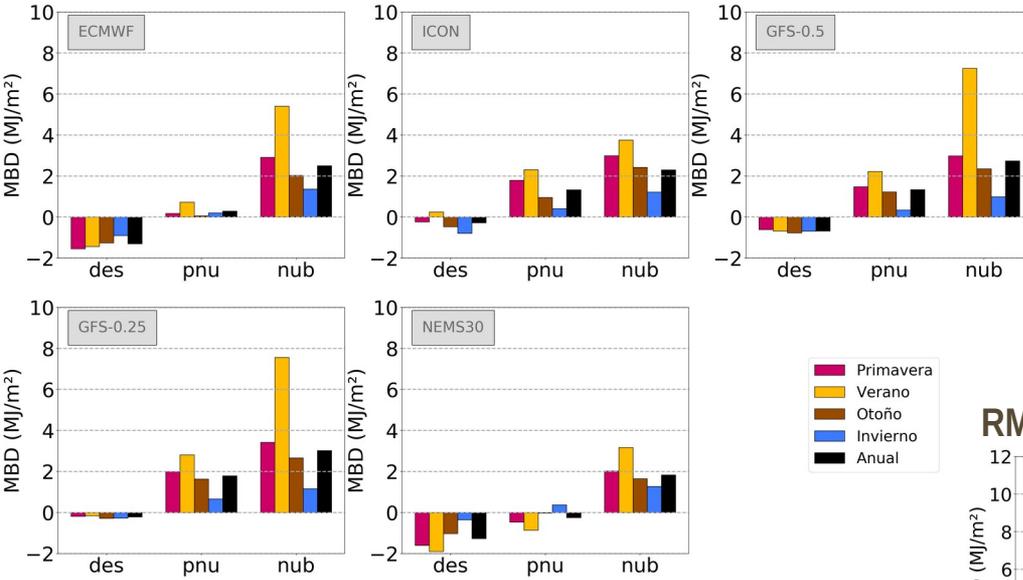


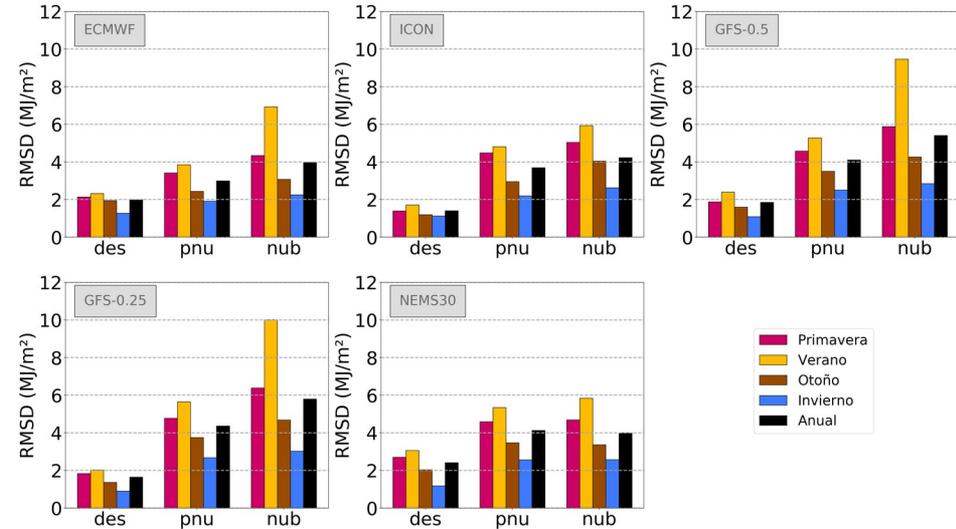
Fig 16: Porcentaje de días en diferentes condiciones de cielo.

MBD absoluto



- Las tendencias de los modelos son **similares en el periodo anual y estacional**.
- Los **sesgos aumentan** hacia la sobreestimación con el aumento de la nubosidad.
- El modelo ECMWF subestima más que otros modelos en condiciones despejadas

RMSD absoluto



▪ Relación entre RMSE y índice de cielo claro

Análisis a partir de la propuesta de Lara-Fanego et al. (2012)

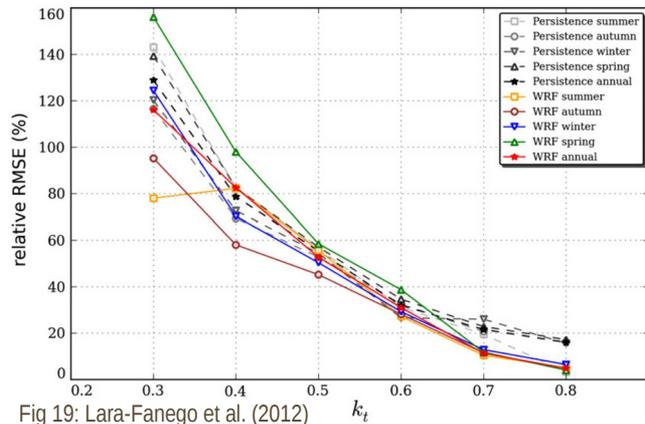


Fig 19: Lara-Fanego et al. (2012)

▪ Relación entre RMSD y índice de cielo claro

Análisis a partir de la propuesta de Lara-Fanego et al. (2012)

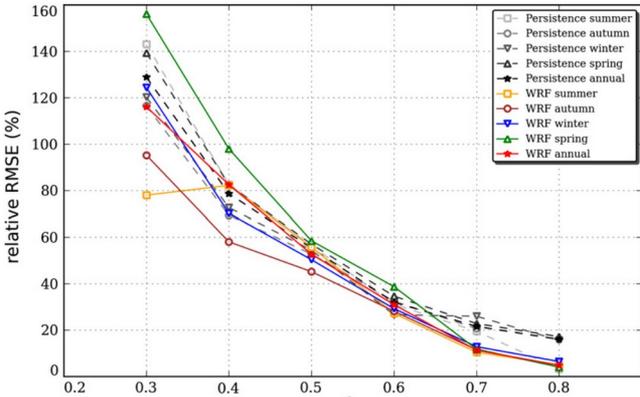


Fig 19: Lara-Fanego et al. (2012)

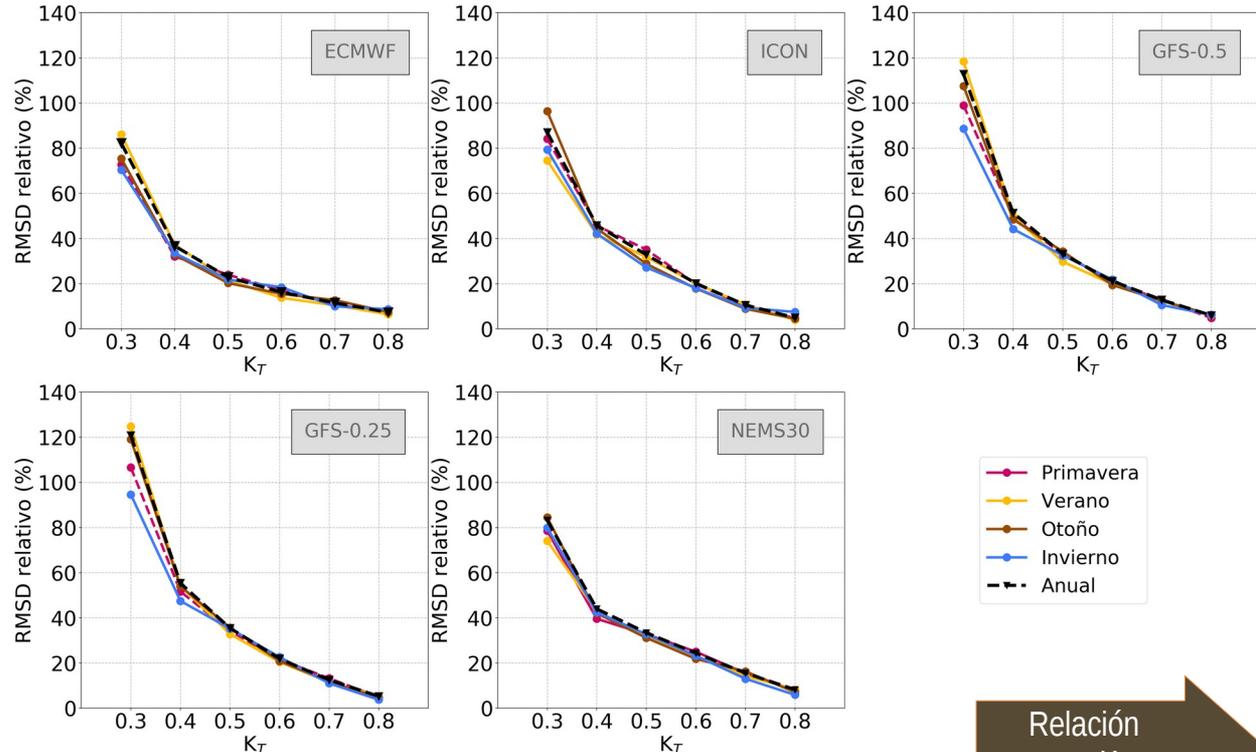


Fig 20: rRMSD promedio entre los sitios en función de K_T propuesta de Lara-Fanego et al. (2012)

▪ Desempeño superior a Lara-Fanego et al. (2012).
 ▪ Consistencia de desempeño en los períodos evaluados.



▪ Relación entre RMSD y índice de cielo claro

Mejora en los intervalos del índice de cielo claro

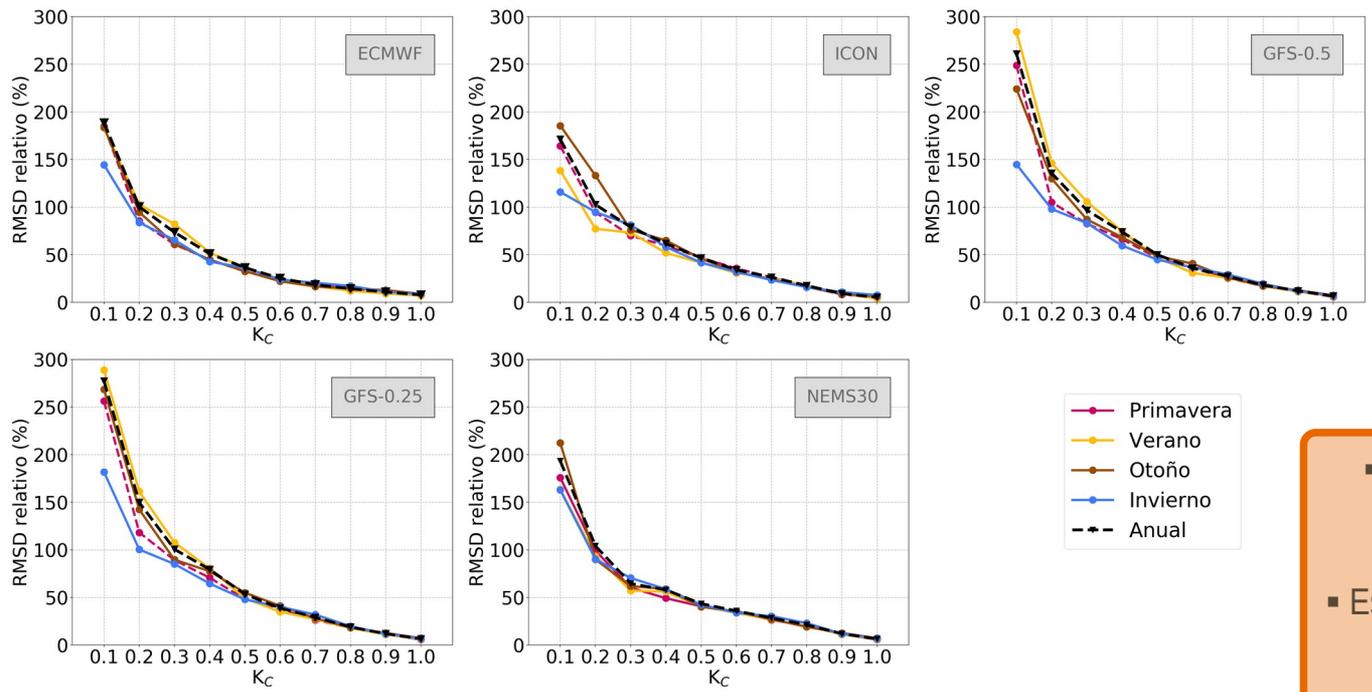


Fig 21: rRMSD promedio entre los sitios en función de K_c .

▪ Desempeño similar entre modelos hasta $K_c > 0.2$.

▪ Estacionalidad tiene poco impacto en el desempeño del pronóstico.

▪ La nubosidad influye directamente en el desempeño.

▪ Relación entre RMSD y índice de cielo claro

Mejora en los intervalos del índice de cielo claro

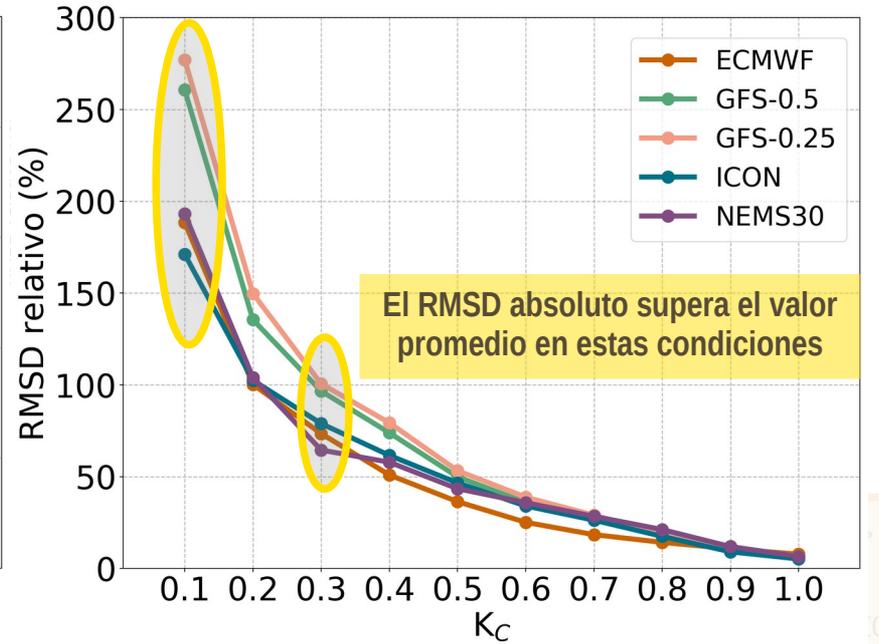
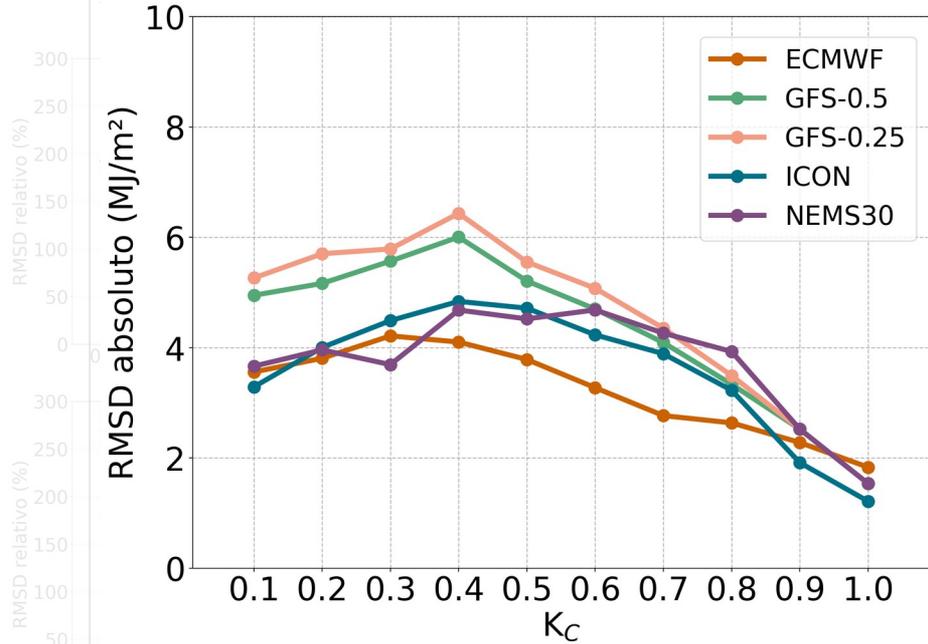


Fig 22: rRMSD promedio entre los sitios en función de Kc

Fig 20: rRMSD promedio entre los sitios en función de Kc propuesta de Lara-Fanego et al. (2012)

0.2.
o en el
desempeño del pronóstico.
▪ La nubosidad influye directamente en el desempeño.

- Desempeño según la matriz de confusión

Tres posibles eventos

- Despejado (des) → K_C mayor a 0.9
- Parcialmente nublado (pnu) → K_C entre 0.9 y 0.4
- Nublado (nub) → K_C menor a 0.4

Metodología

- ¹ Una matriz por sitio
- ² Matriz normalizada para cada sitio
- ³ Promedio entre los sitios de las matrices normalizadas

Métricas de desempeño

- Precisión $A_{CC} = \frac{VP + VN}{VP + FN + FP + VN}$
- Precisión balanceada $BA = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^C T_{VP}$
- Precisión balanceada ponderada $BAW = \frac{1}{N_p} \sum_g N_g BA_g$

Desempeño según la matriz de confusión

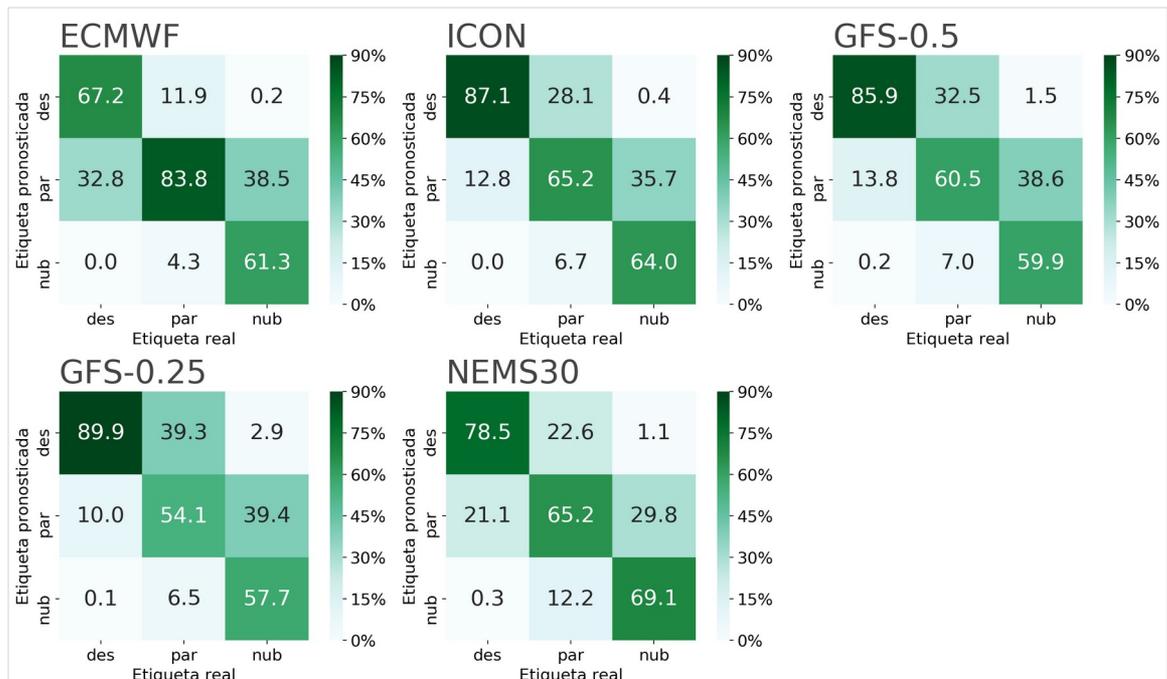


Fig 23: Matriz de confusión promediada entre los sitios para cada modelo

Tab. 6: Indicadores diarios de desempeño de los modelos de pronóstico en %.

Métrica	ECMWF	ICON-13	GFS 0.5	GFS 0.25	NEMS
ACC	74	74	71	69	71
BA	71	72	69	67	71
BAW	76	74	71	70	71
FS	59	55	47	45	49

- En condiciones de cielo despejado el ECMWF presenta diferencias notables.
- Es poco probable que el modelo confunda un día de cielo despejado con un día nublado, o viceversa.
- Las métricas son coherentes con los valores encontrados en habilidad de pronóstico.

- Se conocieron de forma detallada la incertidumbre de los principales modelos globales en la región de Sudamérica, por primera vez.
- Se compararon a partir del uso de diferentes métricas y análisis de la calidad de los modelos de pronóstico, identificando sus principales fortalezas y debilidades.

ECMWF

- Mejor desempeño observado.
- Presenta debilidad en pronosticar condiciones de cielo despejado.
- Datos de acceso restringido.

ICON

- Desempeño cercano a ECMWF.
- Datos de dominio público.

GFS

- Resultados competitivos aunque por debajo del ICON.
- Datos públicos.
- Debilidad al pronosticar condiciones de nubosidad.

NEMS30

- Buen desempeño en predecir condiciones nublado.
Peor desempeño observado.

- Los modelos evaluados no presentaron dependencia geográfica y estacional.
- Identificaron los espacios de mejora para las capacidades locales de pronóstico de la radiación solar.

Trabajos futuros

- Establecer estrategias que permitan reducir la incertidumbre de los modelos globales mediante uso de postproceso.
- Desarrollo del pronóstico probabilístico utilizando ensembles para predecir hasta cinco días para adelante.

PUBLICACIONES EN CONGRESOS

- Pronóstico del día siguiente de la irradiación solar en la Pampa Húmeda: análisis del desempeño del modelo GFS. V. Teixeira-Branco, R. Alonso-Suárez, G. Cazes. Anales del IX Congreso Brasileiro de Energía Solar, Florianópolis, Brasil, 2022.
- Performance assessment of the ECMWF solar irradiation forecast in the Pampa Húmeda region of South America. V. Teixeira-Branco, R. Alonso-Suárez, M. David. Proceedings of the ISES Solar World Congress 2021, Alemania (Congreso Virtual), 25-29 de Octubre, 2021.
- Evaluation of the Heliosat-4 and FLASHFlux models for solar global daily irradiation estimate in Uruguay. J. Gonzalez, V. Teixeira-Branco, R. Alonso-Suárez. Proceedings of the ISES Solar World Congress 2019, Santiago de Chile, Chile, 4-7 de Noviembre, 2019.
- Evaluación del pronóstico de irradiación solar diaria en Uruguay utilizando el modelo WRF. V. Teixeira-Branco, R. Alonso-Suárez, E. de Almeida, C. Porrini, A. Gutiérrez, G. Cazes. Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia Solar (CBENS), ISBN: 978-85-62179-02-0, Gramado, Brasil, 17-20 de Abril, 2018.

PUBLICACIONES EN REVISTAS

- Intra-day solar probabilistic forecasts including local short-term variability and satellite information. R. Alonso-Suárez, M. David, V. Teixeira-Branco, P. Lauret. Renewable Energy 158 (2020) 554-573.
- Pronóstico del día siguiente de la irradiación solar en la Pampa Húmeda: análisis del desempeño del modelo GFS. V. Teixeira-Branco, R. Alonso-Suárez, G. Cazes. Aceptado: Revista Brasileira de Energías Solar, Octubre de 2022.

¡GRACIAS!

