

Efectos sobre la serie climatológica del cambio de sensor de insolación en el aeropuerto de San Javier (Murcia).

Juan Esteban Palenzuela Cruz
Manuel Bañón García
Fernando Belda Esplugues

1. INTRODUCCIÓN. OBJETIVOS

2. MEDIDAS Y EQUIPOS

3. ANÁLISIS PRELIMINAR Y CONTROL DE CALIDAD DE DATOS

4. CONSTRUCCIÓN Y COMPARACIÓN DE MODELOS PREDICCTIVOS

5. CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN.

LOS ESTUDIOS SOBRE LA INSOLACIÓN Y SU TENDENCIA HAN ADQUIRIDO ESPECIAL RELEVANCIA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS AL RELACIONARSE CON CAMBIOS EN LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y OTROS ASPECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.

LAS SERIES MÁS LARGAS DE INSOLACIÓN EN ESPAÑA, EN ALGUNOS CASOS DE MÁS DE 60 AÑOS, CORRESPONDEN A OBSERVATORIOS PRINCIPALES Y AEROPUERTOS. EN DICHSO EMPLAZAMIENTOS SE ESTÁN SUSTIYUDENDO, DESDE HACE ALGUNOS AÑOS, LOS EQUIPOS TRADICIONALES POR EQUIPOS AUTOMÁTICOS.

LA SUSTITUCIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA PUEDE SUPONER LA FALTA DE HOMOGENEIDAD EN LAS SERIES DE DATOS, QUE PUEDE AFECTAR A LA EVALUACIÓN DE LA MEDIDA DE LA TENDENCIA DE DICHA VARIABLE.

SE HA ELEGIDO EL AEROPUERTO DE SAN JAVIER PARA LA REALIZACIÓN DE MEDIDAS PARALELAS DE INSOLACIÓN DIARIA (DESDE INICIOS DE 2006 HASTA 2008), ATENDIENDO A LAS NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES. EN ESTE EMPLAZAMIENTO, SE DISPONE DE UNA DE LAS SERIES CON REGISTRO MÁS LARGO DE LA REGIÓN DE MURCIA, INICIADA EN 1951.

SE REALIZA UN CONTROL DE CALIDAD DE LOS DATOS, UN ANÁLISIS EXPLORATORIO Y SE PRESENTAN VARIOS MODELOS DE REGRESIÓN PARA ESTIMAR LA NUEVA MEDIDA EN FUNCIÓN DE LA OBTENIDA POR EL EQUIPO ANTIGUO

LA IDEA ES, UNA VEZ CONSEGUIDO EL MEJOR MODELO, APLICARLO HACIA ATRÁS EN EL TIEMPO PARA OBTENER UNA SERIE LARGA Y HOMOGENEA DE MEDIDAS DE INSOLACIÓN EN ESTE EMPLAZAMIENTO.

$$I\hat{U}R = \beta_0 + \beta_1 IH + \beta_2 HR + \dots$$

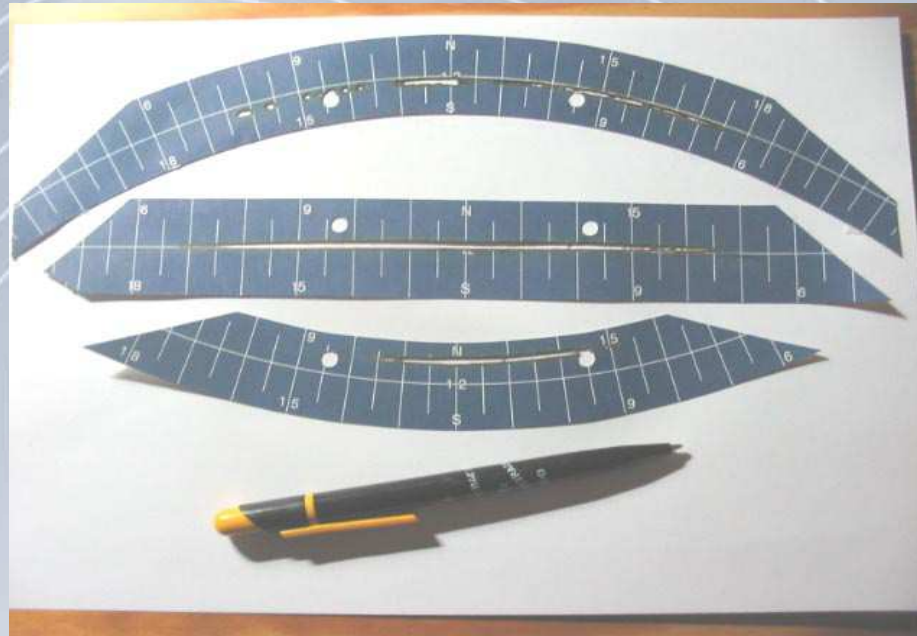
SE EVALUAN LOS MODELOS ALTERNATIVOS EN FUNCIÓN DE SU CAPACIDAD PREDICTIVA..

MEDIDAS Y EQUIPOS

EN 2003 LA OMM DEFINIÓ LA DURACIÓN DE LA INSOLACIÓN COMO EL PERIODO DURANTE EL CUAL LA IRRADIACIÓN SOLAR DIRECTA, SUPERA UN VALOR DE 120 VATIOS POR METRO CUADRADO



LA MEDIDA DE LA DURACIÓN DE LA INSOLACIÓN, MEDIANTE EL REGISTRADOR HELIOGRAFO CAMPBELL-STOCKES, SE REALIZA CUANTIFICANDO LA LONGITUD DEL TRAZO QUEMADO EN UNA CARTULINA GRADUADA EN HORAS.



SI EL EQUIPO ESTÁ CORRECTAMENTE INSTALADO LOS ERRORES DE LA MEDIDA PUEDEN PROVENIR DE LA DEPENDENCIA DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LA BANDA. REQUIERE EL CAMBIO DIARIO DE LA CARTULINA Y PRESENTA UNA **COMPONENTE SUBJETIVA** DEL OPERADOR EN LA ESTIMACIÓN DEL TRAZO QUEMADO.

EL EQUIPO DE MEDICIÓN AUTOMÁTICA, PARA EL CASO QUE NOS OCUPA, ES EL SENSOR DE INSOLACIÓN DISEÑADO POR KIPP-ZONEN, CSD3. ESTE EQUIPO PROPORCIONA UNA SALIDA CONTINUA Y ES FÁCIL DE INSTALAR Y MANTENER

MIDE LA INSOLACIÓN RECIBIDA A TRAVÉS DE UN CILINDRO DE CRISTAL DE ALTA CALIDAD.

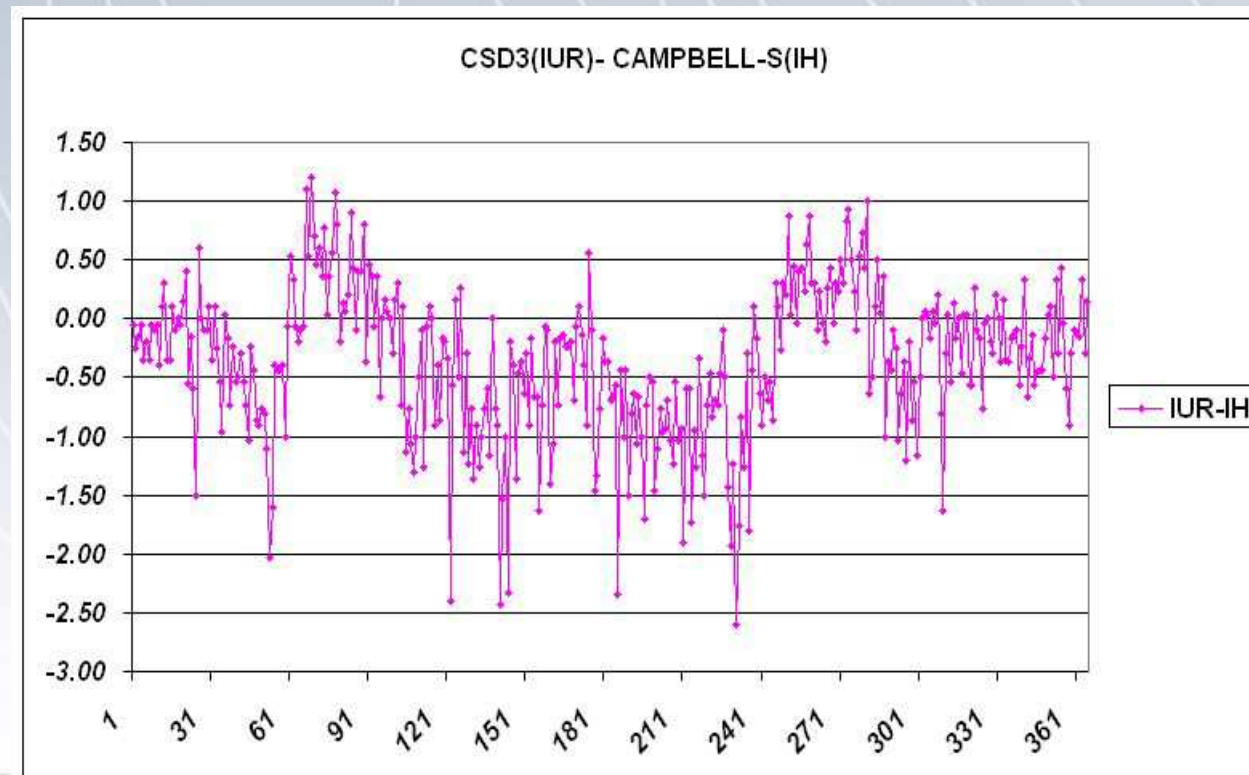
USA 3 FOTODIODOS, CON UN CONTADOR DE TIEMPO, LOS FOTODIODOS TIENEN DIFERENTES ORIENTACIONES, UNO HACIA EL NORTE, OTRO HACIA EL SE Y EL ÚLTIMO HACIA EL SW..



CONTROL DE CALIDAD DE LOS DATOS.

ANÁLISIS EXPLORATORIO PREVIO DE LOS DATOS

SE OBSERVA QUE EL NUEVO EQUIPO (CSD3) DA VALORES INFERIORES AL EQUIPO CAMPBELL-STOCKES. ESTE SESGO SE ACENTÚA ESPECIALMENTE EN VERANO



VALOR MEDIO DE LA DESVIACIÓN

INVIERNO(D,E,F)	PRIMAVERA(M,A,M,Y)	VERANO(J,J,L,A,G)	OTOÑO(S,O,N)
- 0.34	- 0.2651	- 0.78	-0.04

DESVIACIÓN TÍPICA

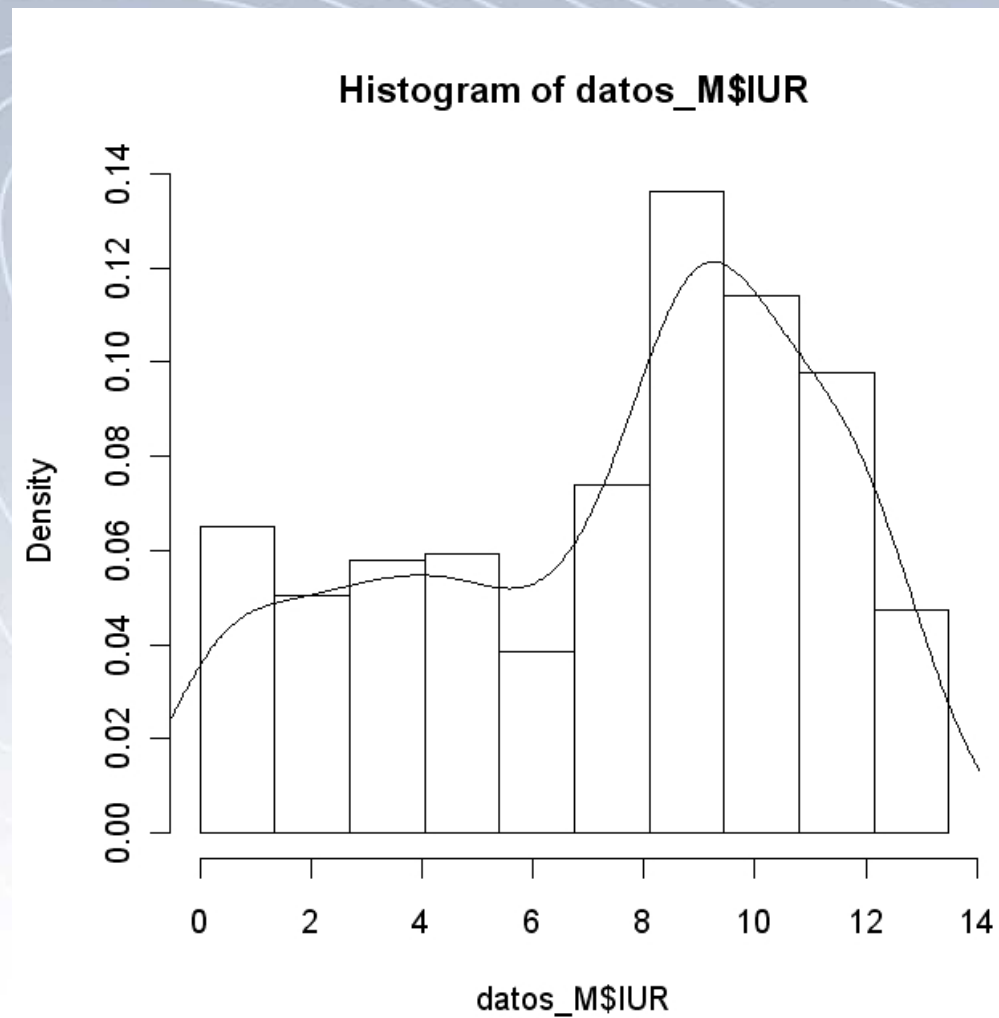
INVIERNO(D,E,F)	PRIMAVERA(M,A,M,Y)	VERANO(J,J,L,A,G)	OTOÑO(S,O,N)
0.679	1.038	0.95	0.83

CONTROL DE CALIDAD DE LOS DATOS.

SE HAN ELIMINADO AQUELLOS DATOS PARA LOS QUE LAS DIFERENCIAS ABSOLUTAS ENTRE EL NUEVO EQUIPO Y EL HELIOGRAFO SUPERAN 3 VECES LA DESVIACIÓN TÍPICA GLOBAL. PUEDEN CONSIDERARSE ERRORES DE MEDIDA. NO LLEGAN AL 2% DEL TOTAL

HOMOGENEIDAD DE LA SERIE. NO SE DISPONE DE SERIE DE REFERENCIA. SE HA UTILIZADO EL TEST RHtestV3 (FUNCIÓN findU). SE ACEPTA LA HIPÓTESIS DE HOMOGENEIDAD DE LOS DATOS AL NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%.

DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS DE DURACIÓN DE INSOLACIÓN CON EL EQUIPO CSD3 (IUR)



DEPENDENCIA O RELACIÓN DE LA DURACIÓN DE LA INSOLACIÓN, MEDIDA CON EL EQUIPO CSD3(IUR) CON OTRAS VARIABLES.

ANALIZANDO LA GRAFICA DE DIFERENCIAS DE LAS MEDIDAS CON SENSOR AUTOMÁTICO Y CON HELIÓGRAFO (IH), SE OBSERVA QUE DICHAS DIFERENCIAS DEPENDEN DE LA ÉPOCA O MESES DEL AÑO, APARECIENDO TRES MOMENTOS DIFERENCIADOS:

- ÉPOCA 1 :MESES DE MARZO, ABRIL, SEPTIEMBRE Y OCTUBRE; MESES EN LOS QUE IUR ES ALGO SUPERIOR A IH
- ÉPOCA 2: MESES DE MAYO A AGOSTO, EN LOS QUE EL VALOR DE IUR ESTÁ CLARAMENTE POR DEBAJO DE IH
- ÉPOCA 3: EL RESTO DEL AÑO, CON VALORES MUY PRÓXIMOS ENTRE IUR E IH.

EN FUNCIÓN DE ESTOS PERIODOS SE REPRESENTA IUR RESPECTO A OTRAS VARIABLES.

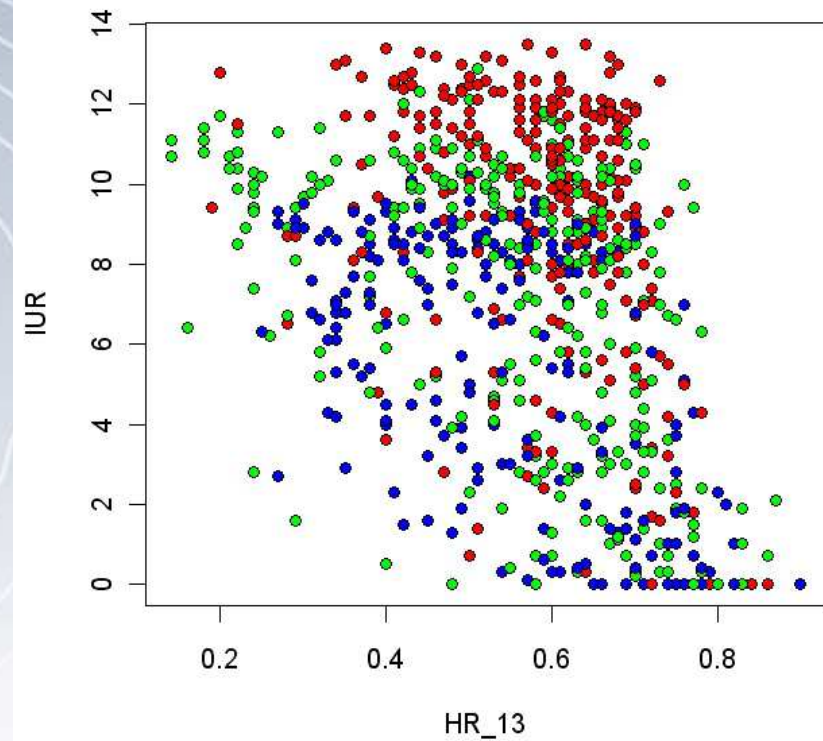
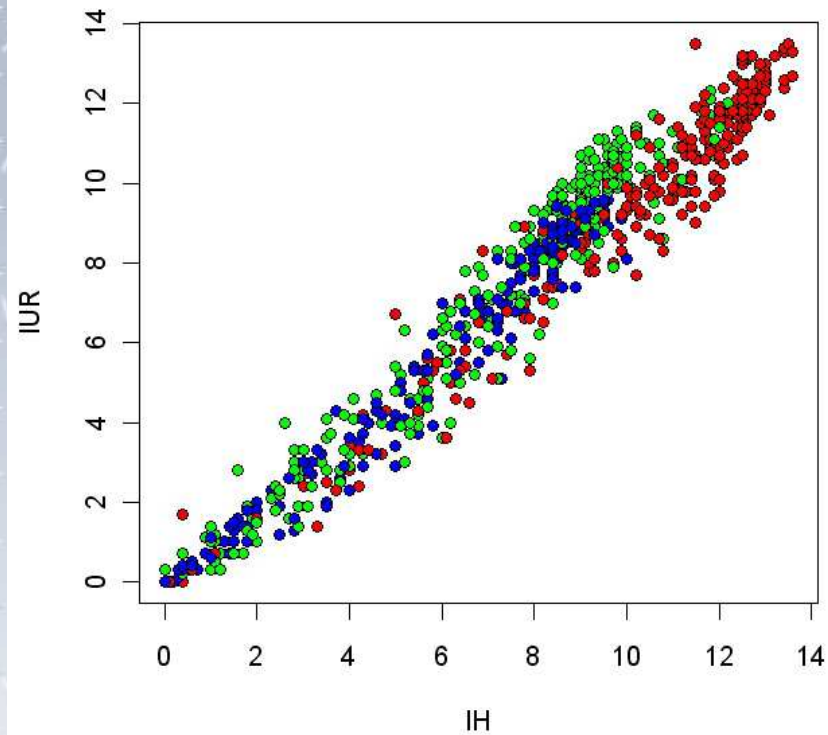


GOBIERNO DE ESPAÑA

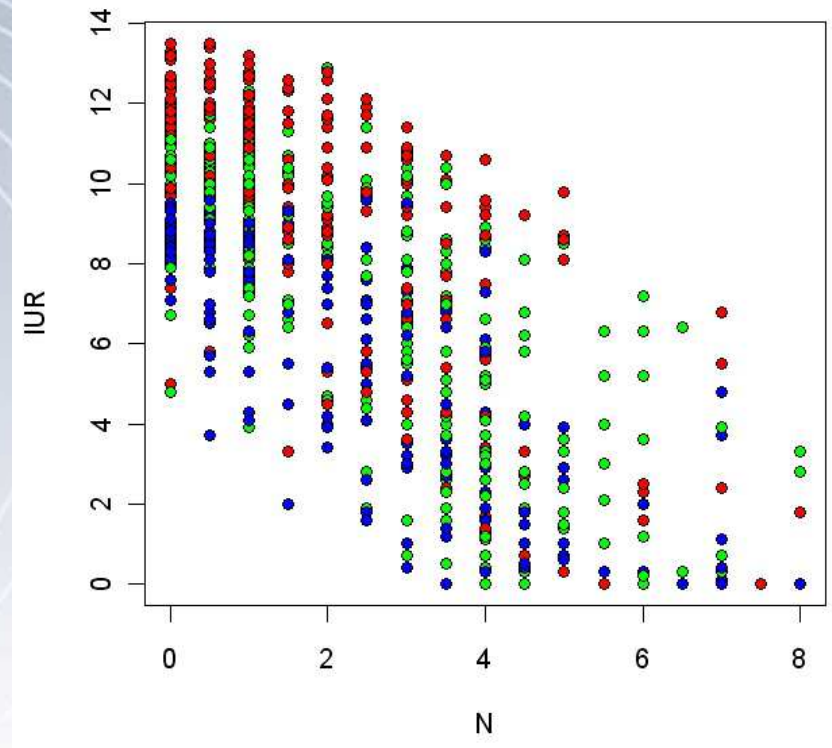
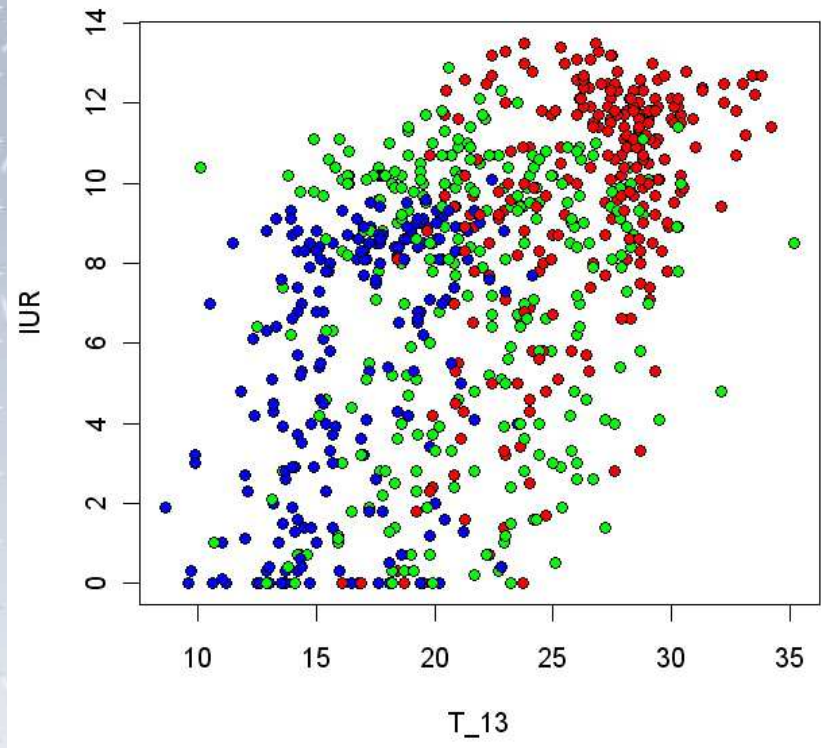
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



DEPENDENCIA CON OTRAS VARIABLES.



ÉPOCA 1 - ÉPOCA 2 - ÉPOCA 3.



ÉPOCA 1 - ÉPOCA 2 - ÉPOCA 3.

4. CONSTRUCCIÓN Y COMPARACIÓN DE MODELOS PREDICCTIVOS

A LA VISTA DE LAS RELACIONES ANTERIORES CONSIDERAMOS COMO VARIABLES PARA INTRODUCIR EN LOS MODELOS LAS SIGUINETES:

- IH: DURACIÓN DE LA INSOLACIÓN MEDIDA CON EL HELIÓGRAFO
- HR: HUMEDAD RELATIVA A LAS 13 HORAS UTC.
- T: TEMPERATURA A LAS 13 HORAS UTC
- F_{-p}: VARIABLE BINARIA O FACTOR, SEGÚN EL DÍA CORRESPONDA A ÉPOCA 1 O NO (MESES DE MARZO, ABRIL, SEPTIEMBRE Y OCTUBRE).
- F_{-v}: VARIABLE BINARIA O FACTOR, SEGÚN EL DÍA CORRESPONDA A ÉPOCA 2 (DE MAYO A AGOSTO) O NO.

NOTA: LA NUBOSIDAD NO SE CONSIDERA PARA INTRODUCIRLA EN EL MODELO, PUESTO QUE ESTÁ MUY CORRELACIONADA CON LA INSOLACIÓN DE HELIÓGRAFO (IH). MAS DEL 70% DE CORRELACIÓN.

SE OBTIENE, CON CARÁCTER PREVIO, UNA MUESTRA (M.A.S.) DE 500 VALORES SOBRE LOS 750 DISPONIBLES.

MODELO 1: SE CONSIDERAN TODAS LAS VARIABLES Y FACTORES ANTERIORES, CON SUS INTERACCIONES HASTA ORDEN 2.

SE VAN ELIMINANDO VARIABLES E INTERACCIONES NO SIGNIFICATIVAS, UTILIZANDO EL CONTRASTE DE RAZÓN DE VEROSIMILITUDES

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad H_1 : \beta_i \neq 0$$

EL MODELO QUE RESULTA ES:

Modelo 1

$$IQR = -1.7811 + 1.1981 IH + 2.0425 HR + 0.9494 F_p - 0.2061 F_v - 0.2468 IH : HR - 0.0456 IH : F_v - 1.3410 HR : F_p$$

MODELO 2: SE CONSIDERA TODAS LAS VARIABLES Y FACTORES ANTERIORES, SIN INTERACCIONES DE FORMA SIMILAR SE OBTIENE EL MODELO

Modelo 2

$$I\dot{O}R = 1.0202 IH - 0.6429 HR + 0.2627 F_{-p} - 0.5113 F_{-v}$$

MODELO 3,: SE CONSIDERAN TODAS LAS VARIABLES PERO NO SE TIENE EN CUENTA LOS FACTORES (F_{-p} Y F_{-v})

Modelo 3

$$I\dot{O}R = 0.7833 + 0.9928 IH - 1.1073 HR - 0.01812 T$$

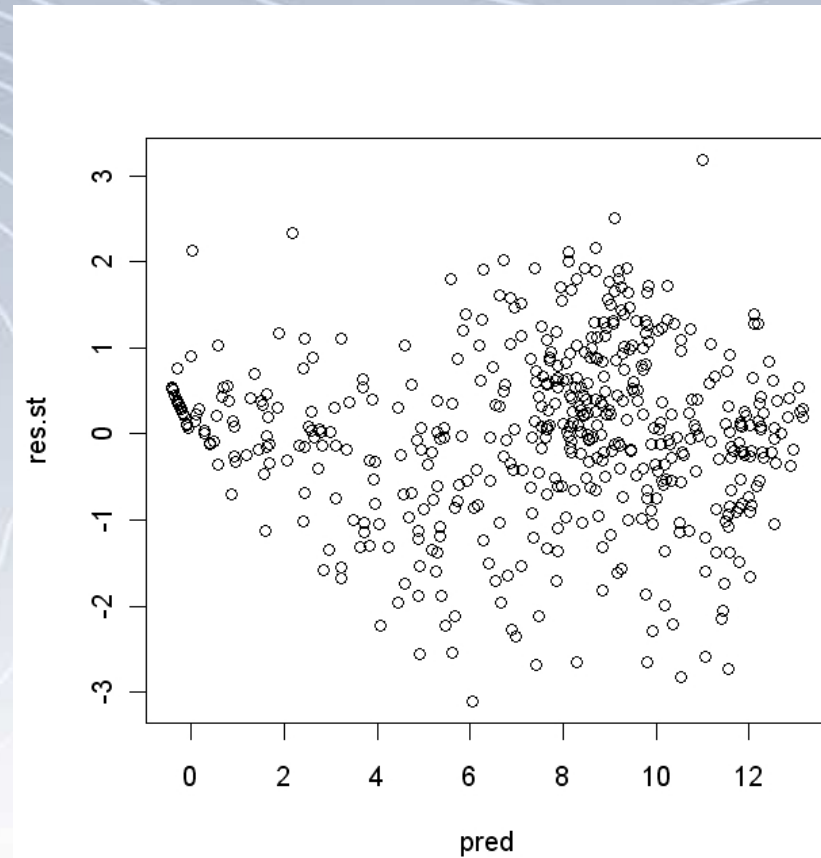
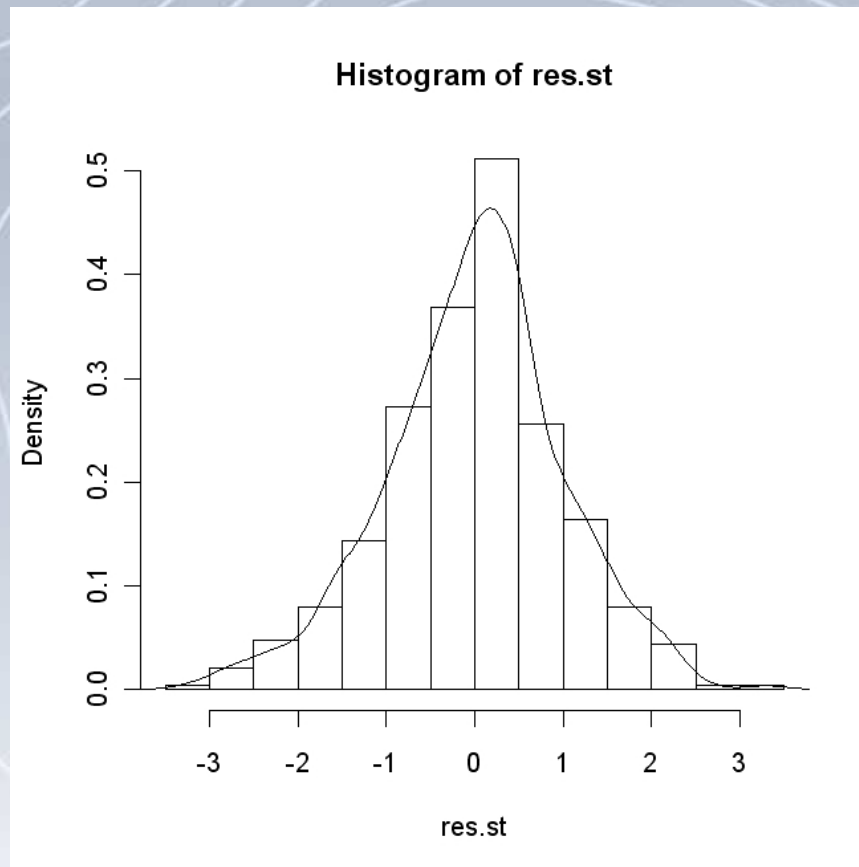
A LOS MODELOS ANTERIORES SE LES EXIGE QUE VERIFIQUEN LAS HIPÓTESIS DEL MODELO:

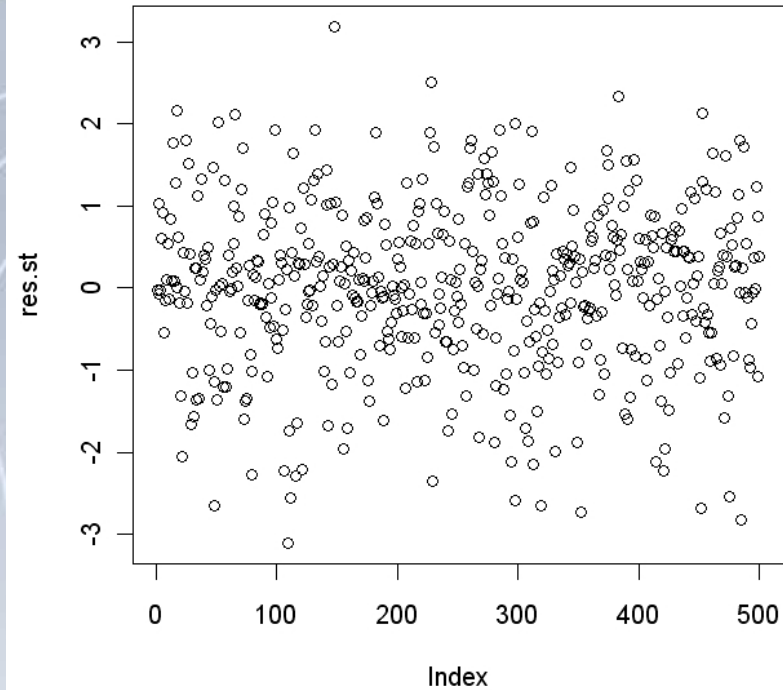
- NORMALIDAD DE LOS RESIDUOS
- INDEPENDENCIA DE LOS RESIDUOS
- VARIANZA CONSTANTE (HOMOCEDASTICIDAD) DE LOS RESIDUOS.

LOS MODELOS 1 Y 2 SE ALEJAN ALGO DE LA NORMALIDAD, LO QUE SE COMPRUEBA MEDIANTE ALGÚN TEST (K-S) Y MEDIANTE SIMULACIONES PARA OBTENER VALORES DE β_i A PARTIR DE ERRORES NORMALES.

EL MODELO 3 SE PUEDE CONSIDERAR QUE VERIFICA LA HIPÓTESIS DE NORMALIDAD

EL MODELO 3 VERIFICA LAS HIPÓTESIS ANTERIORES





GRAFICA PARA INDEPENDENCIA
DE LOS RESIDUOS. MODELO 3.

DE LOS TRES MODELOS; ¿CUÁL ES MEJOR POR SU CAPACIDAD
PREDICTIVA?.

APLICANDO LOS TRES MODELOS SOBRE LAS 250 OBSERVACIONES QUE NO SE UTILIZARON EN LA ELABORACIÓN DE LOS MISMOS, SE OBTIENE EL SESGO Y EL ERROR CUADRÁTICO MEDIO

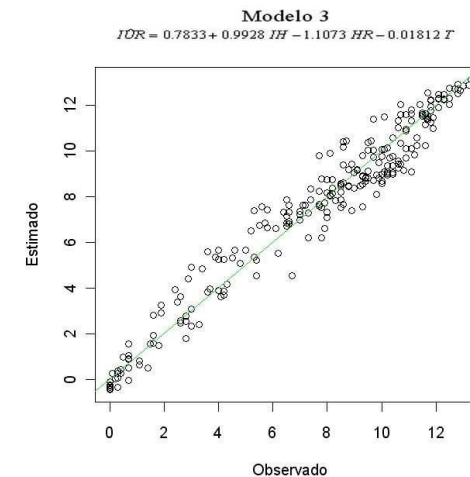
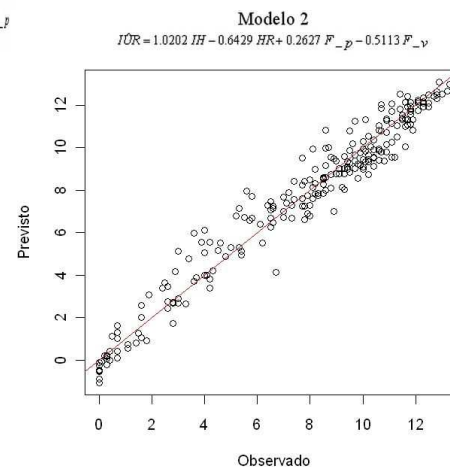
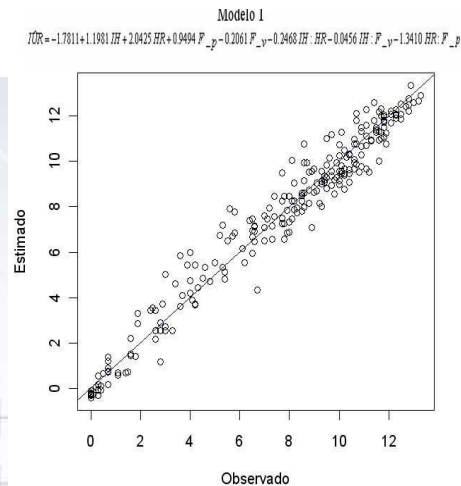
Modelo 1	
$\hat{IUR} = -1.7811 + 1.1981 IH + 2.0425 HR + 0.9494 F_{-p} - 0.2061 F_{-v} - 0.2468 IH : HR - 0.0456 IH : F_{-v} - 1.3410 HR : F_{-p}$	
Sesgo	0.00695
ECM	0.60882
Modelo 2	
$\hat{IUR} = 1.0202 IH - 0.6429 HR + 0.2627 F_{-p} - 0.5113 F_{-v}$	
Sesgo	0.0018
ECM	0.6420
Modelo 3	
$\hat{IUR} = 0.7833 + 0.9928 IH - 1.1073 HR - 0.01812 T$	
Sesgo	0.00839
ECM	0.69139

DIFERENCIAS MUY PEQUEÑAS

PARA EVALUAR LA CAPACIDAD PREDICTIVA DE LOS TRES MODELOS SE PRUEBA, PARA LOS TRES MODELOS, EL AJUSTE $Y=X$, REALIZADO ENTRE LOS VALORES OBSERVADOS, QUE NO HAN INTERVENIDO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS, Y SUS ESTIMACIONES. SERÁ MEJOR EL QUE MÁS SE APROXIME A $Y=X$

CAPACIDAD PREDICTIVA DE LOS MODELOS

AJUSTE $Y=aX+b$	a	b
MODELO 1	0.9987	0.0779
MODELO 2	0.9953	0.0827
MODELO 3	0.9987	0.0539



5. CONCLUSIONES

- PROBLEMA COMPLEJO, LAS OBSERVACIONES CON HELIÓGRAFO TIENEN UNA COMPONENTE SUBJETIVA QUE NO SE HA INTRODUCIDO EN EL MODELO.
- SE HAN CONSTRUIDO TRES MODELOS ALTERNATIVOS, DOS DE ELLOS NO CUMPLEN EXACTAMENTE CON LAS HIPÓTESIS DEL AJUSTE.
- COMO MODELOS PREDICTIVOS SE COMPORTAN ACEPTABLEMENTE.
- HABRÍA QUE PROBAR OTRAS ALTERNATIVAS:
 - ❖ OTRAS TÉCNICAS DE MUESTREO
 - ❖ INTRODUCIR MÁS FACTORES, OTROS MODELOS (MLM)



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE



¡GRACIAS!
OBRIGADO!