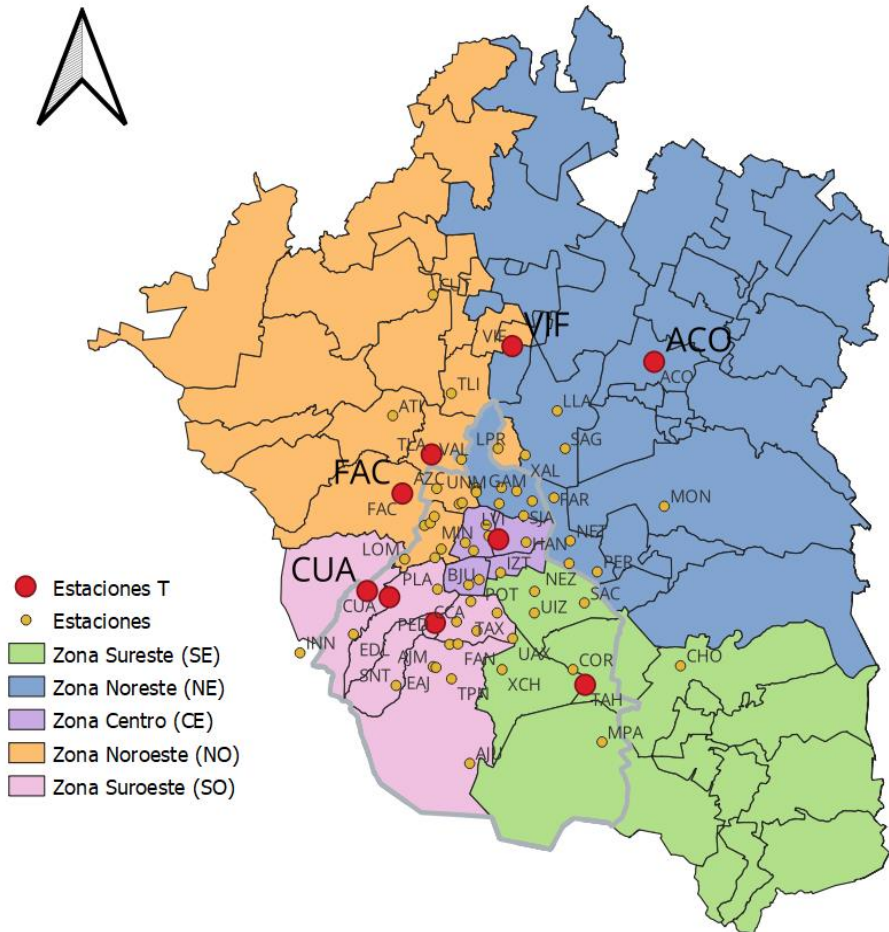


PREDICCIÓN DE LA ACTIVACIÓN DE CONTINGENCIAS AMBIENTALES EN LA ZMVM

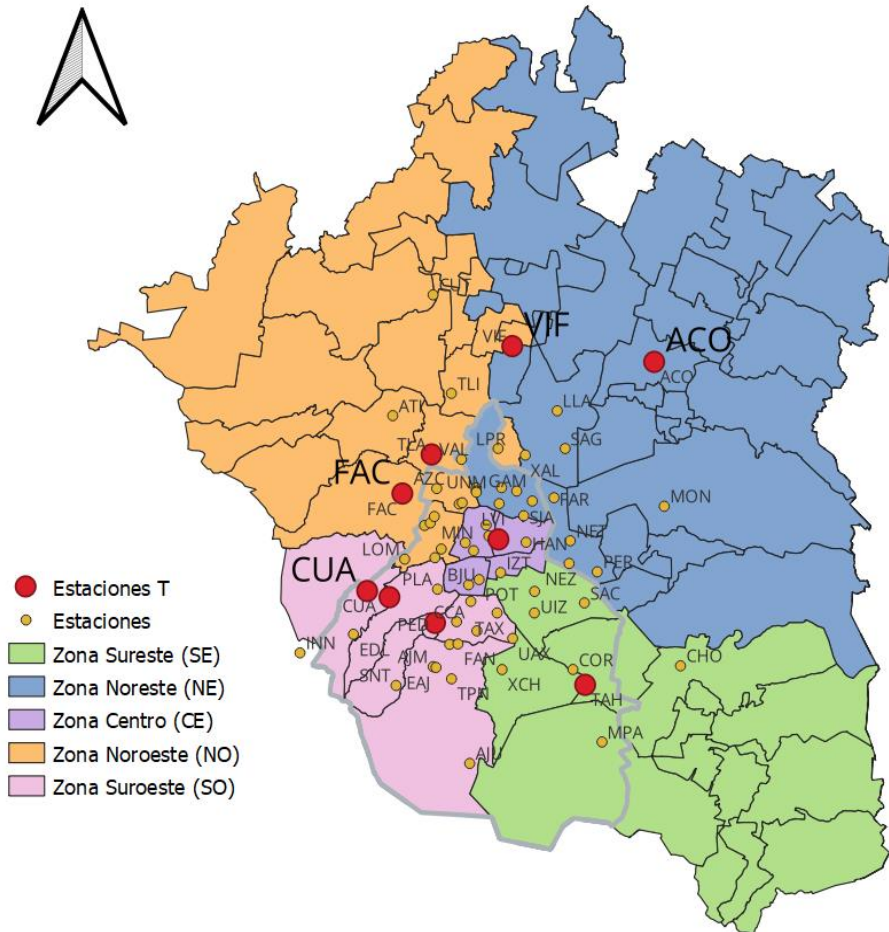
Hugo Antonio Fernández

INTRODUCCIÓN



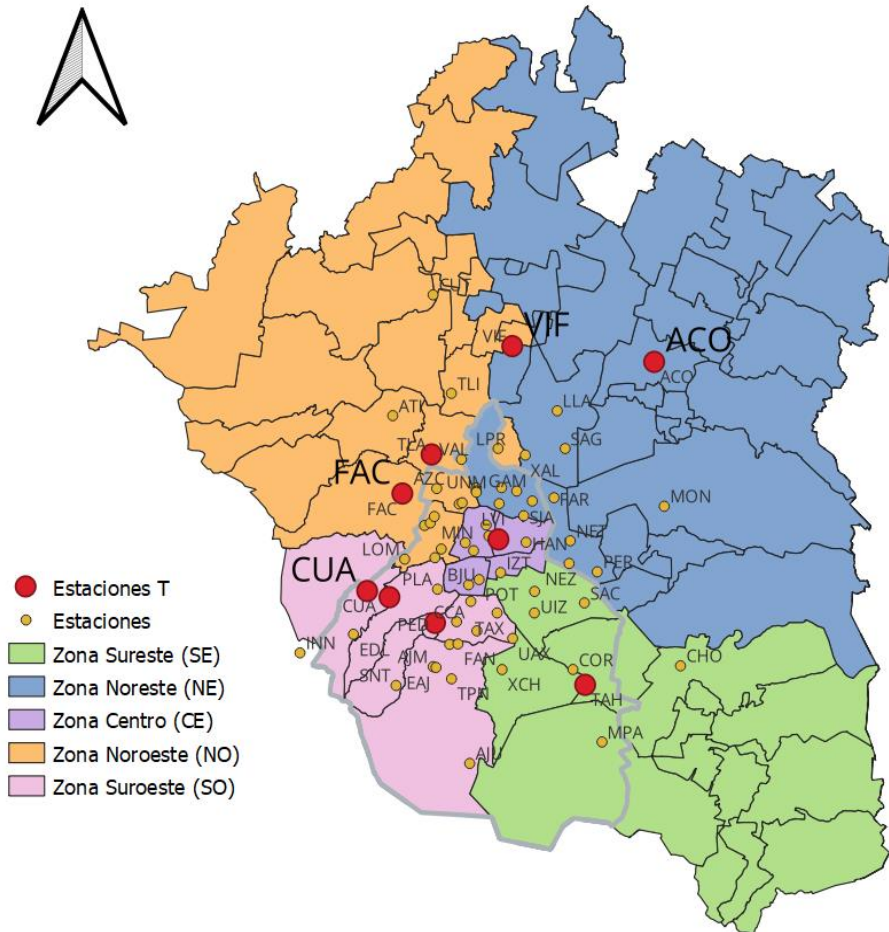
- El Valle de México forma parte de una cuenca con elevación promedio de 2,240 m.s.n.m. y una superficie de alrededor de 9,500 km².
- Presenta valles intermontañosos, mesetas y cañadas, así como terrenos semiplanos, en lo que alguna vez fueron los lagos de Texcoco, Xochimilco y Chalco.
- Está integrado por una parte del Estado de México, el sur del Estado de Hidalgo, el sureste de Tlaxcala y la totalidad de la Ciudad de México.

INTRODUCCIÓN



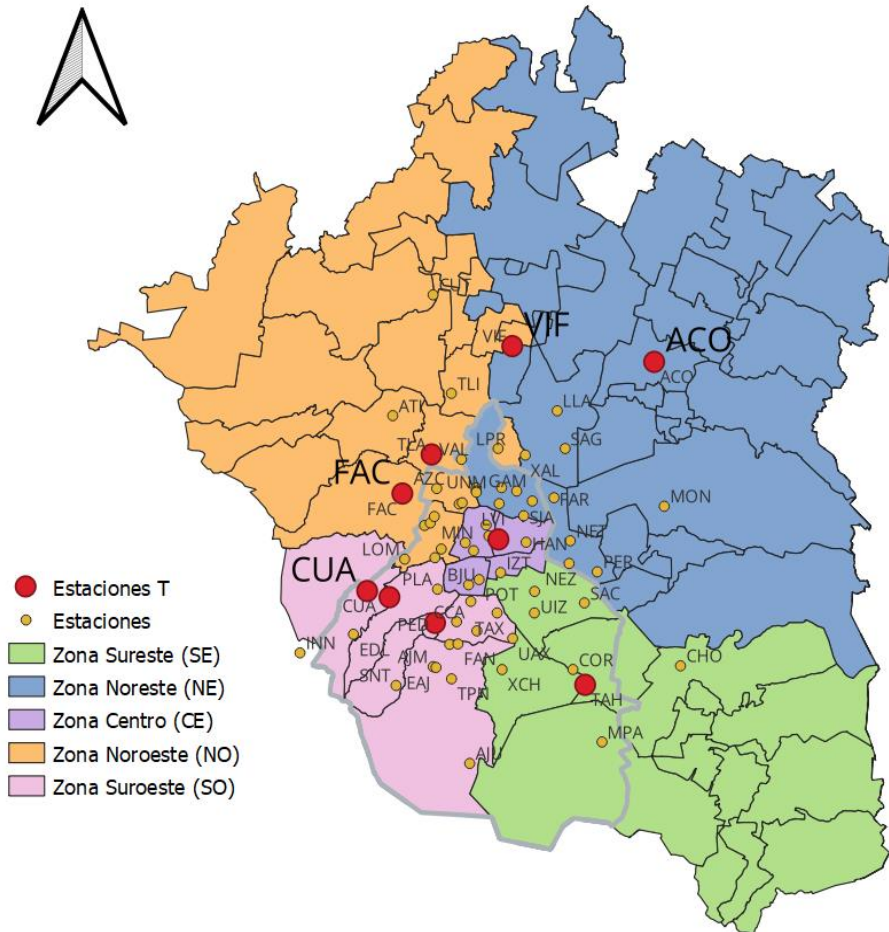
- Dentro del Valle se ubica la Zona Metropolitana del Valle de México “ZMVM”.
- Comprende 16 Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México “CDMX” y 59 municipios del Estado de México.
- Su ubicación geográfica y su entorno característico ejercen una influencia determinante sobre la calidad del aire que existe en esta zona.

INTRODUCCIÓN



- Los registros de las concentraciones de contaminantes en la ZMVM se reportan desde hace más de 30 años, a través del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT).
- Los contaminantes medidos son: ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono y partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros “PM10” y “PM2.5”, respectivamente.
- Los contaminantes que rebasan con frecuencia los niveles de concentración establecidos en las normas de la salud son el ozono “O₃” y las partículas PM10 y PM2.5.

INTRODUCCIÓN



- El ozono presente en la atmósfera inferior de la ZMVM es el resultado de reacciones químicas, entre los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) que son emitidos por diversas fuentes, en presencia de radiación solar.
- Las reacciones son favorecidas durante los meses de mayor temperatura, cuando las condiciones meteorológicas como la alta radiación solar, estabilidad atmosférica y poco viento son propicias para incrementar la formación y acumulación de ozono.
- Los efectos a la salud causados por la exposición a ozono son diversos, puede irritar el sistema respiratorio provocando tos, reducir la función pulmonar, empeorar el asma e inflamar las células que cubren los pulmones.

OBJETIVOS

- Seleccionar variables que describan el comportamiento del Ozono.
- Proponer un modelo para la ocurrencia de Ozono sobre un umbral definido.
- Obtención de los parámetros del modelo.
- Proponer un modelo para la predicción a 24 horas para la ocurrencia de Ozono sobre un umbral definido.
- Obtención de los parámetros del modelo.



+ Legislación

Tropósfera 20 km

UV

+ Ozono estratosférico y capa de ozono

+ Destrucción de la capa de ozono

+ Ozono troposférico

Efectos en la vegetación +

Efectos en la salud +

× Legislación

La Norma Oficial Mexicana (NOM-020-SSA1-2021) establece el cumplimiento gradual para valores límite de ozono, en los años 2022 al 2023 se especifican concentraciones menores a **0.090 ppm** en el promedio horario y **0.065 ppm** para el máximo del promedio móvil de 8 horas.

MÉTODOS

- Fase Preventiva de Ozono: Se activará cuando el Pronóstico de Calidad del Aire indique que al día siguiente existe una alta probabilidad de que se presenten concentraciones descritas en la Tabla.

Contaminante	Activación	Suspensión
Ozono	Pronóstico de ozono para el día siguiente mayor a 140 puntos con una probabilidad del 70% de ocurrencia. Concentración promedio horario.	De manera automática al día siguiente a las 19 horas* o con la emisión de un comunicado de Fase de contingencia.
Partículas	> 135 puntos para PM10. o > 135 puntos para PM2.5. Indicador: Concentración promedio móvil de 24 horas. Se declarará contingencia ambiental regional sólo cuando se presente este valor por lo menos en una estación y en sólo una de las cinco zonas en las que se divide la ZMVM.	< 135 puntos de PM10. < 135 puntos de PM25. Indicador: Concentración promedio móvil de 24 horas. Cuando las concentraciones sean < 135 puntos y se cuente con un pronóstico meteorológico favorable para el día siguiente y con la emisión de un comunicado.

Nota: Las unidades están en puntos del índice de Calidad del Aire.
Las estaciones consideradas para decretar contingencias ambientales atmosféricas se pueden consultar en www.aire.cdmx.gob.mx
*El valor máximo de ozono se presenta entre las 13:00 y 19:00 horas.

MÉTODOS

- Fase Preventiva de Ozono: La Comisión Ambiental de la Megalópolis en coordinación con las Secretarías del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México y del Gobierno del Estado de México, y con apoyo del pronóstico de la calidad del aire, emitirá un comunicado activando la Fase Preventiva, en caso de que el modelo estime **una probabilidad mayor a 70% de que al día siguiente se rebasen los 140 puntos del índice de ozono**. El comunicado se emitirá en horario comprendido entre las 14:00 y las 15:00 horas.

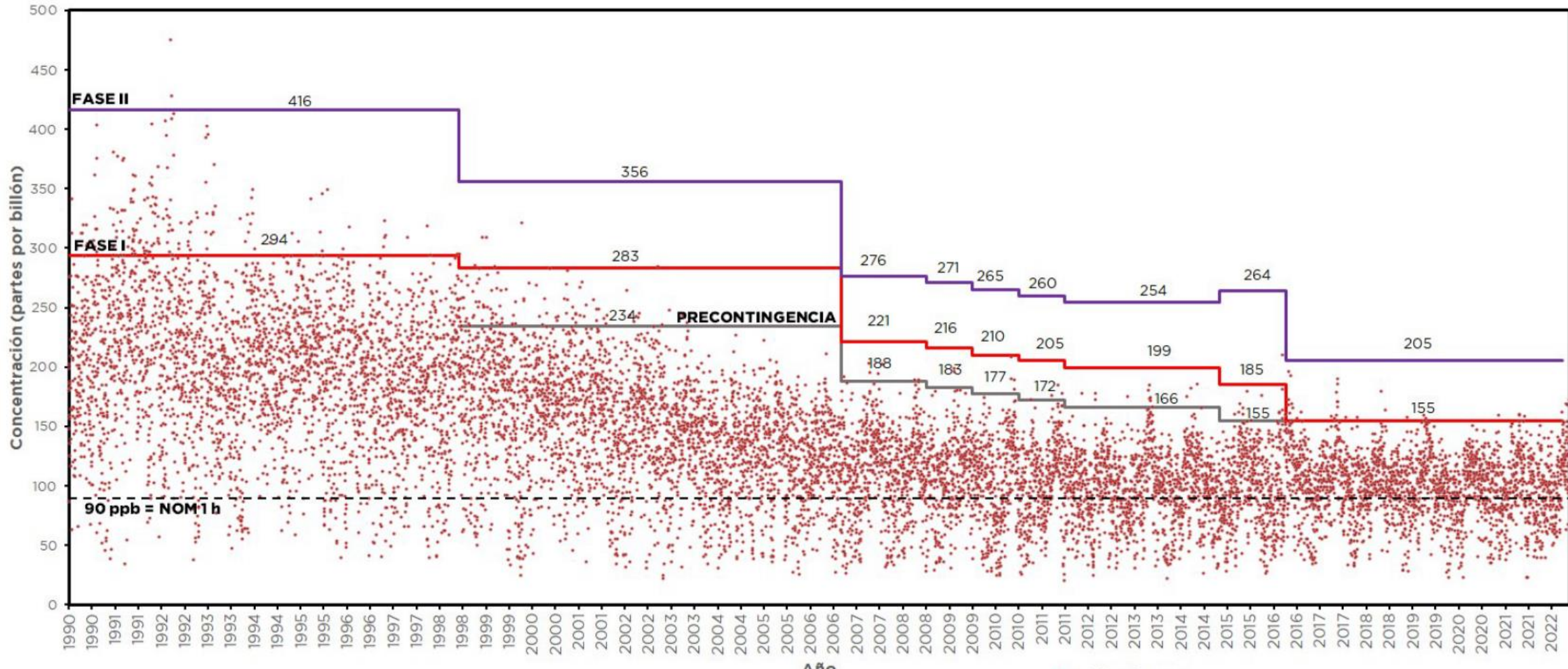
MÉTODOS

- Historial de Contingencias Ambientales en la ZMVM

2022														
Contaminante	Zona	Valor de activación (ppb)	Estación	Día de la semana	Fecha de activación	Hora	Fase	Valor Máximo (ppb)	Estación	Fecha	Hora	Fecha de desactivación	Hora	Valor de desactivación (ppb)
Ozono	SO	155	Centro de Ciencias de la Atmósfera	sábado	12/11/2022	15:00	I	163	Ajusco Medio	12/11/2022	17:00	14/11/2022	17:00	121
Ozono	SO	156	Santa Fe	Martes	07/06/2022	17:00	I	156	Santa Fe	07/06/2022	17:00	08/06/2022	15:00	115
Ozono	SO	160	Cuajimalpa	Viernes	20/05/2022	15:00	I	172	Santa Fe	20/05/2022	16:00	21/05/2022	17:00	142
Ozono	CE	168	Benito Juárez	Jueves	05/05/2022	16:00	I	168	Benito Juárez	05/05/2022	16:00	06/05/2022	20:00	94
Ozono	CE / SO	169	Benito Juárez / Centro de Ciencias de la Atmósfera	Lunes	02/05/2022	17:00	I	169	Benito Juárez / Centro de Ciencias de la Atmósfera	02/05/2022	17:00	04/05/2022	20:00	90
Ozono	SO	162	Santa Fe	Martes	29/03/2022	16:00	I	162	Santa Fe	29/03/2022	16:00	30/03/2022	17:00	100
2021														
Contaminante	Zona	Valor del INDICE	Estación	Día de la semana	Fecha de activación	Hora	Fase	Valor Máximo	Estación	Fecha	Hora	Fecha de desactivación	Hora	Valor de desactivación
PM _{2.5}	SE	153	Santiago Acahualtepec	sábado	25/12/2021	11:00	I Regional	161	Santiago Acahualtepec	25/12/2021	15:00	26/12/2021	03:00	146
Ozono	SO	153	Centro de Ciencias de la Atmósfera	Martes	08/06/2021	16:00	I	158	Santa Fe	08/06/2021	17:00	08/06/2021	20:00	79
Ozono	SO	155	Centro de Ciencias de la Atmósfera	Lunes	26/04/2021	16:00	I	159	Centro de Ciencias de la Atmosfera	26/04/2021	16:00	27/04/2021	18:00	119
Ozono	NO	156	Tultitlán	Miércoles	21/04/2021	18:00	I	160	Tultitlán	21/04/2021	18:00	22/04/2021	20:00	93
2020														

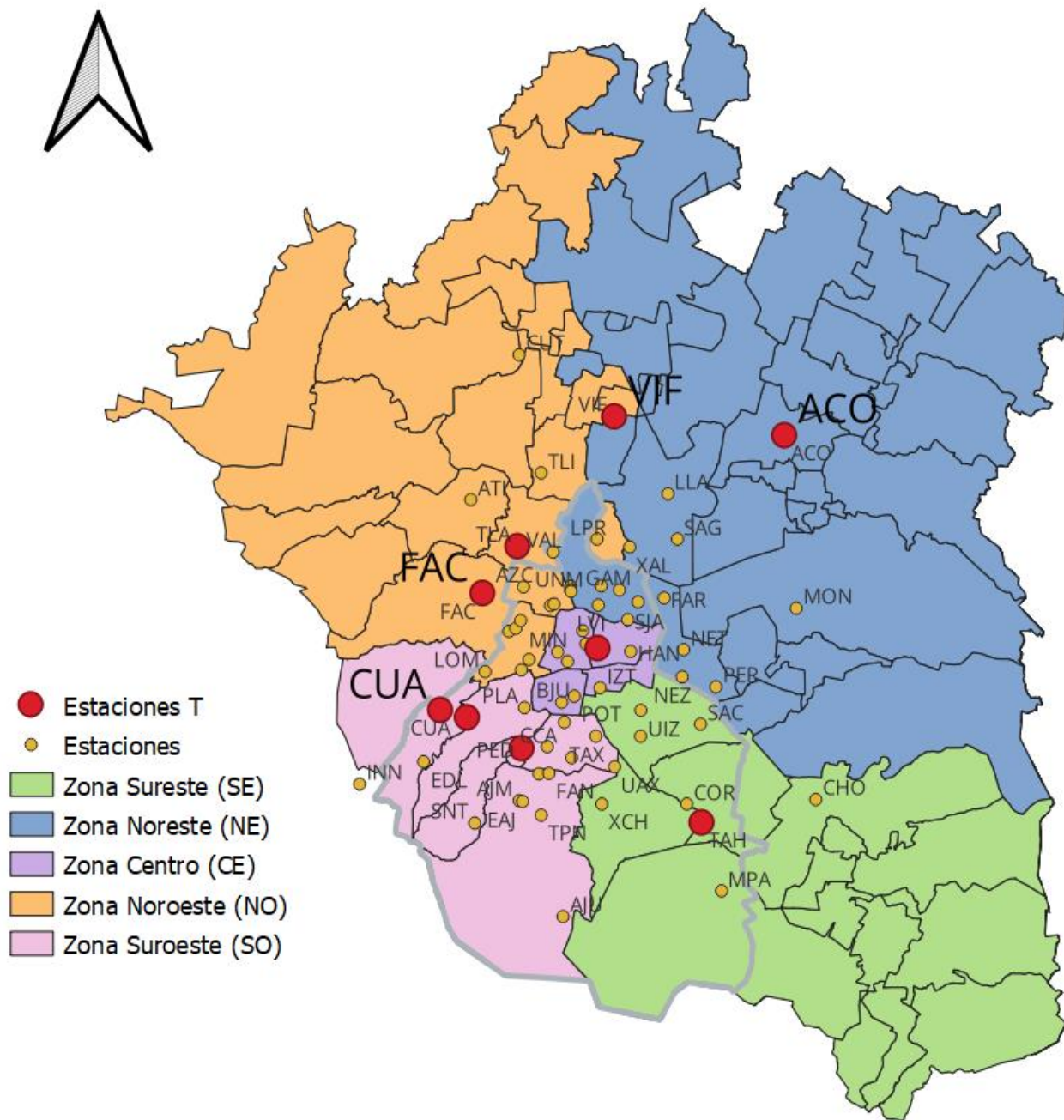
MÉTODOS

- Comportamiento del Ozono en la Zona Metropolitana de la CDMX



MÉTODOS

ESTACIONES ANALIZADAS



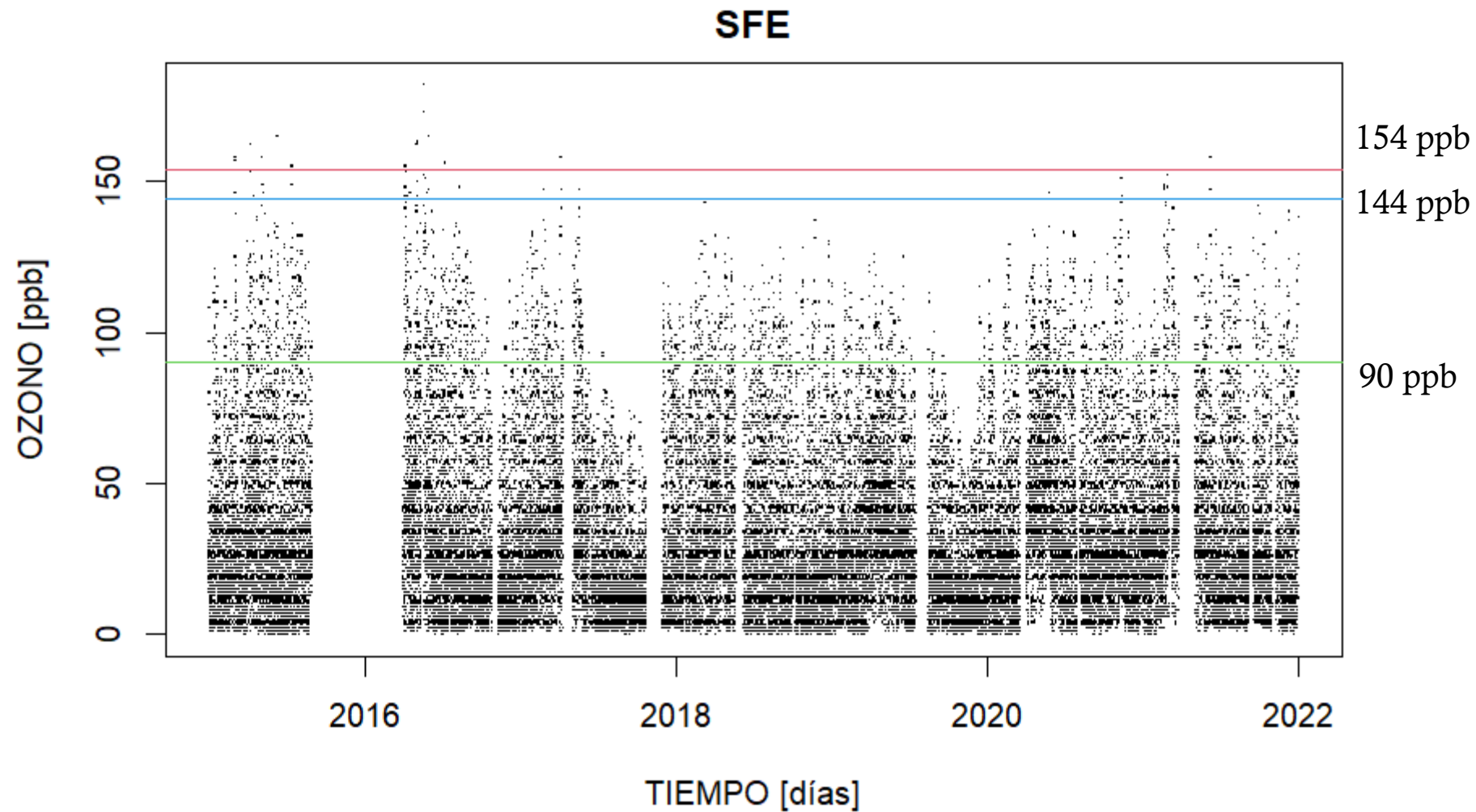
MÉTODOS

DATOS

90 - 1492 - 32226

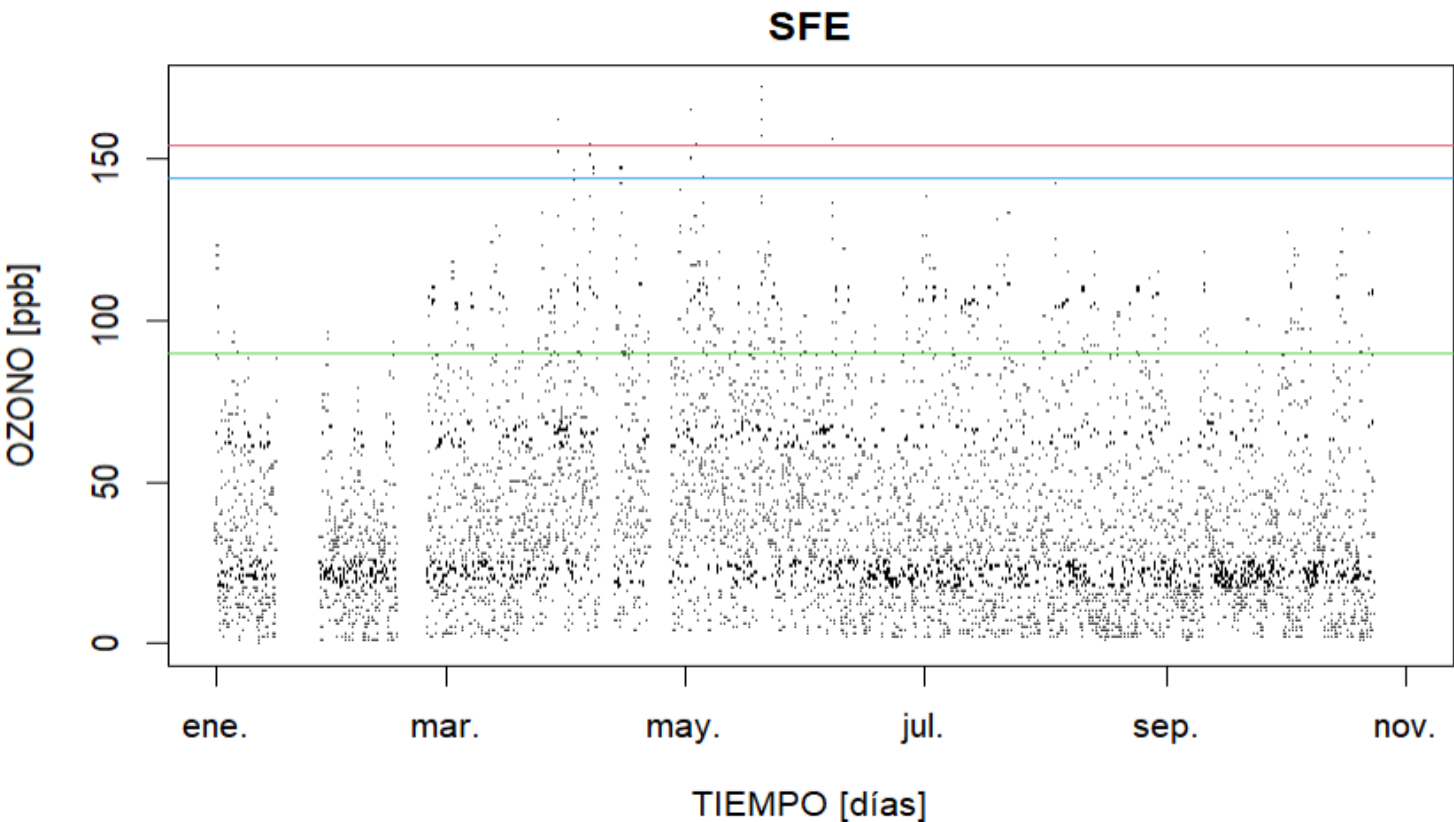
144 - 35 - 33756

154 - 9 - 33787



MÉTODOS

DATOS



O3_1	NOX_1	TMP_1	WSP_1	Year	Mont	Days	Hour
162	18	26.6	2.5	2022	3	29	16
165	17	NA	NA	2022	5	2	16
157	20	NA	3.0	2022	5	20	14
172	20	NA	1.8	2022	5	20	15
168	21	NA	1.8	2022	5	20	16
162	21	NA	1.1	2022	5	20	17
156	17	NA	3.1	2022	6	7	16

MÉTODOS

MODELO

$$E(Y_{ij}) = \text{logit}(\mu_i)$$

$$\text{logit}(\mu_i) = \eta_i, i = 1, 2, \dots, 353674$$

$$\eta_i = \beta_0 + \beta_1 NOX_i + \beta_2 TMP_i + \beta_3 WSP_i + \beta_4 Year_i + \beta_5 Mont_i + \beta_6 Hour_i + \epsilon_i$$

$$\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

$$P(Y_i = 1) = \frac{\exp\{\eta_i\}}{1 + \exp\{\eta_i\}}$$

RESULTADOS

MEJOR MODELO

```
Call:
glm(formula = formula, family = binomial(link = "logit"), data = Aco.na)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.0251  -0.1690  -0.0854  -0.0454   3.5590

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  3.025e+02  1.264e+01  23.937  < 2e-16 ***
NOX_1        -1.183e-02  7.636e-04 -15.493  < 2e-16 ***
TMP_1         4.018e-01  3.537e-03 113.571  < 2e-16 ***
WSP_1        -7.771e-01  1.639e-02 -47.400  < 2e-16 ***
Year         -1.550e-01  6.263e-03 -24.754  < 2e-16 ***
Mont         -3.455e-02  4.211e-03  -8.203  2.35e-16 ***
Hour          4.416e-02  3.374e-03   13.089  < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

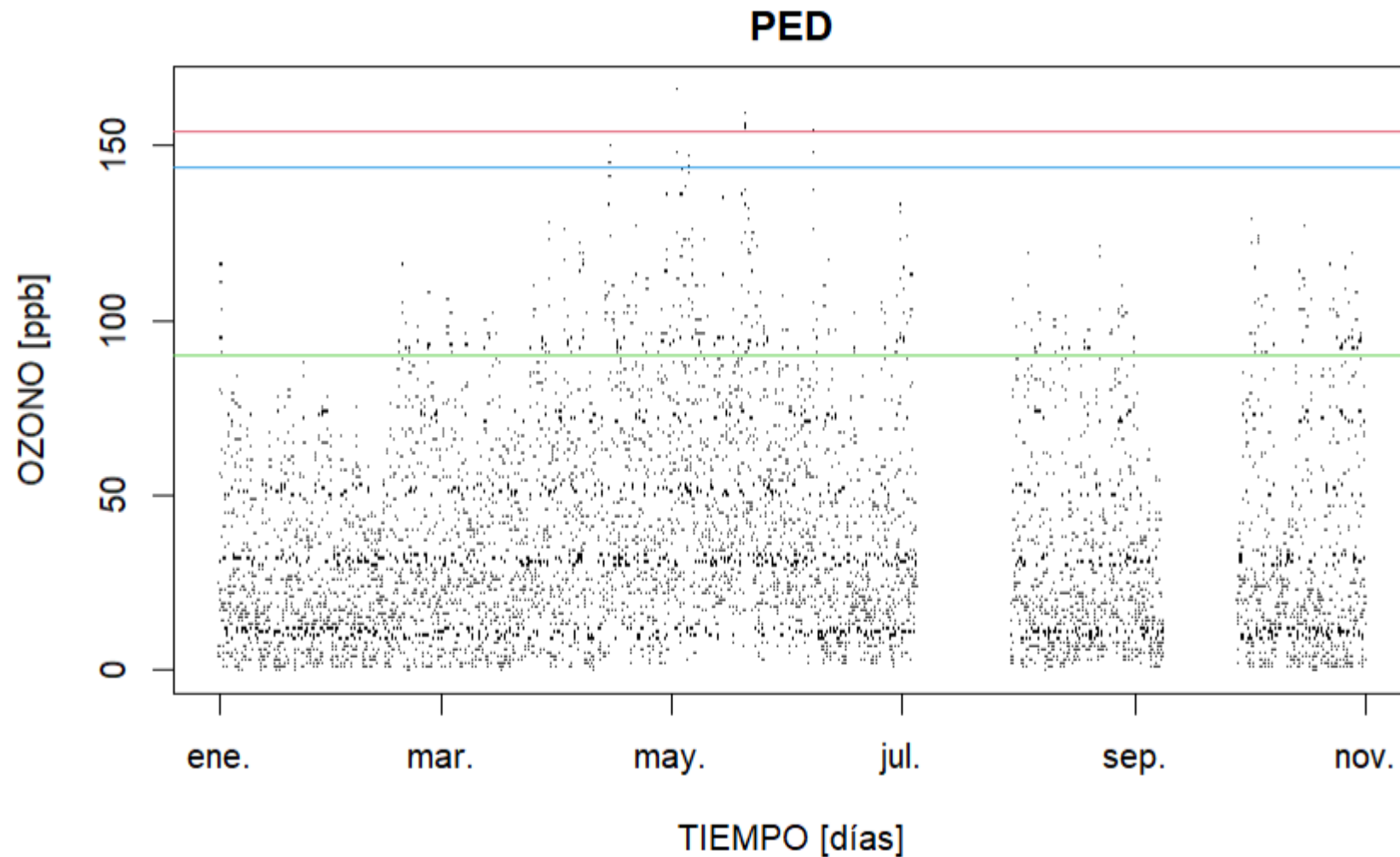
(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 78696  on 353673  degrees of freedom
Residual deviance: 55032  on 353667  degrees of freedom
AIC: 55046

Number of Fisher Scoring iterations: 8
```

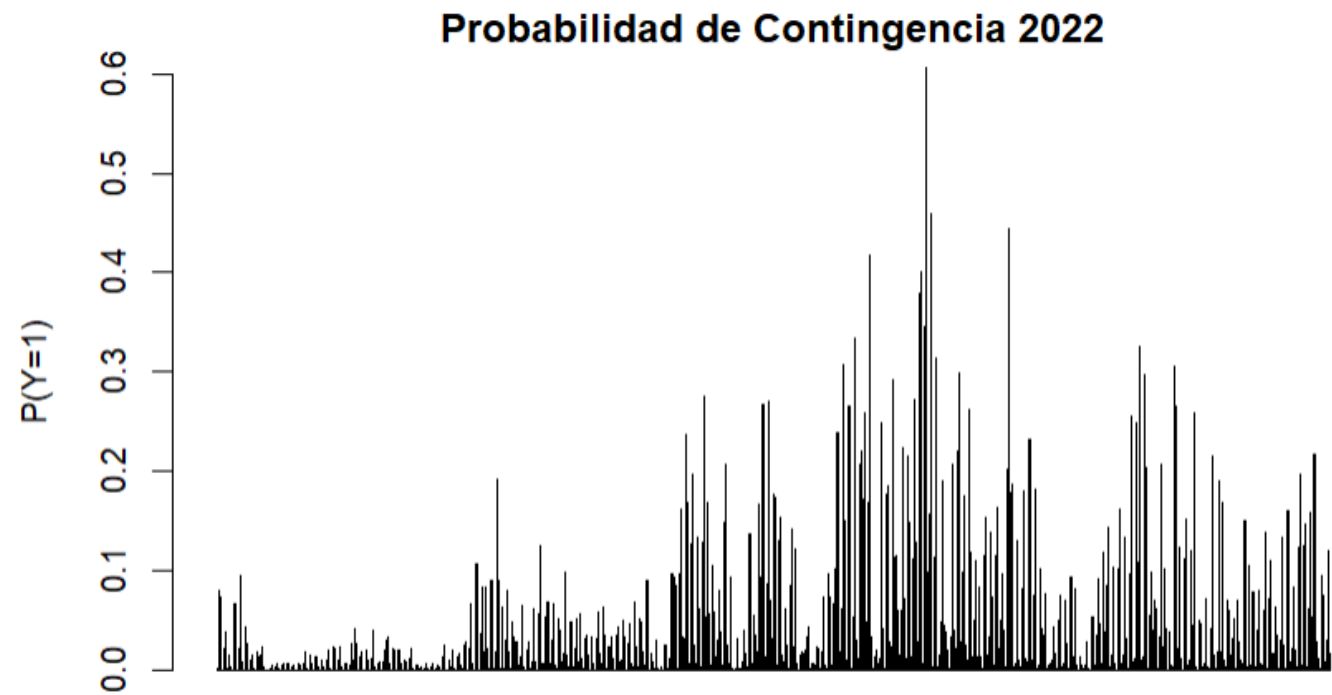
RESULTADOS

PREDICCIONES



RESULTADOS

PREDICCIONES



Year	Mont	Days	Hour	O3_1	Y	Pr
2022	5	10	14	87	0	0.4182192
2022	5	19	17	110	1	0.4015299
2022	5	21	14	120	1	0.4864678
2022	5	21	15	129	1	0.4139217
2022	5	21	16	132	1	0.6060289
2022	5	22	13	123	1	0.4040253
2022	5	22	14	125	1	0.4584113
2022	6	7	17	148	1	0.4441896

GRACIAS
