



LA CALIDAD DEL AIRE EN NAVA

MATEMÁTICAS APLICADAS 4º

LUCÍA PRUNEDA, UNAI SÁNCHEZ, JAIRO VILLA Y PAOLA
SUÁREZ

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	2
2. RECOGIDA DE DATOS.....	4
3. ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	5
4. REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS	9
5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	13
6. CONCLUSIONES.....	15
7. POSIBLES MEJORAS Y TRABAJOS FUTUROS	17

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

¿CÓMO NOS AFECTA A NOSOTROS LA CALIDAD DEL AIRE?

La calidad del aire nos indica la presencia de contaminantes en el aire y su importancia se justifica dada la influencia que ésta tiene en la salud humana y en el medio ambiente en general.

A finales de 2017, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) y la Comisión Europea pusieron en marcha un nuevo Índice europeo de Calidad del Aire (ICA), que permite a los usuarios comprobar su calidad en las más de 2 000 estaciones de medición repartidas por toda Europa. Estas mediciones vigilan los estándares de calidad del aire y controlan los niveles de ozono (O₃), de dióxido de nitrógeno (NO₂), de dióxido de carbono (CO₂), de dióxido de azufre (SO₂) ... y toda la contaminación generada por partículas que pueden representar serios riesgos para la salud.

La exposición a altos niveles de contaminación del aire puede causar una variedad de resultados adversos para la salud (aumenta el riesgo de infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, derrames cerebrales y cáncer de pulmón) las cuales afectan en mayor proporción a población vulnerable.

La Figura 1 nos muestra cómo se mide la calidad del aire según la concentración de los contaminantes. Es interesante destacar que la calidad del aire estará marcada por el contaminante más agresivo en nuestro entorno. Por ejemplo, nuestra estación nos marca que hay 17 ppb de dióxido de nitrógeno que se correspondería con una buena calidad del aire. Sin embargo, si el nivel de ozono es de 97, la calidad del aire sería desfavorable sin tener en cuenta los buenos niveles del NO₂.

En este trabajo se estudiarán varias variables: los contaminantes anteriormente mencionados (CO₂, NO₂, PM_{2,5}; PM₁₀...) más la lluvia y el viento. Las variables son cuantitativas continuas.

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE

Según B.O.E. del 10-9-2020 (ppb a 15 °C y 1013 hPa)

CONTAMINANTE		CALIDAD DEL AIRE					
		BUENA	RAZONABLEMENTE BUENA	REGULAR	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE	EXTREMADAMENTE DESFAVORABLE
SO ₂	µg/m ³	0 - 100	101 - 200	201 - 350	351 - 500	501 - 750	751 - 1250
	ppb	0 - 37	38 - 74	75 - 129	130 - 185	186 - 277	278 - 461
O ₃	µg/m ³	0 - 50	51 - 100	101 - 130	131 - 240	241 - 380	381 - 800
	ppb	0 - 25	26 - 49	50 - 64	65 - 118	119 - 187	188 - 394
NO ₂	µg/m ³	0 - 40	41 - 90	91 - 120	121 - 230	231 - 340	341 - 1000
	ppb	0 - 21	23 - 46	47 - 62	63 - 118	119 - 175	176 - 514
PM _{2,5}	µg/m ³	0 - 10	11 - 20	21 - 25	26 - 50	51 - 75	76 - 800
PM ₁₀	µg/m ³	0 - 20	21 - 40	41 - 50	51 - 100	101 - 150	151 - 1200

El Índice de Calidad del Aire (ICA) es una medida de la calidad del aire que respiramos. Se evalúa según la tabla anterior según la concentración de los contaminantes, que se puede medir en **microgramos por metro cúbico** (µg/m³) o en **partes por billón** (ppb). La conversión de una unidad a otra depende de la temperatura y de la presión atmosférica.

El ICA viene dado por la calidad correspondiente a la más alta de las concentraciones de cualquiera de los contaminantes. Por ejemplo, si la calidad correspondiente a cuatro cualesquiera de los contaminantes es buena, pero la del quinto es desfavorable, se considera que la calidad global del aire es desfavorable.

Figura 1. Índice de calidad del aire.

2. RECOGIDA DE DATOS

En el IES Peñamayor de Nava contamos con cuatro estaciones medidoras de la calidad del aire. Estas han sido realizadas por los alumnos de 1º de Bachillerato del curso 20/21. Una de las dos estaciones en funcionamiento se encuentra en Valdesoto, y la otra en el tejado de nuestro instituto. Estas estaciones realizadas por los alumnos miden el O₃ (ozono), el NO₂ (dióxido de nitrógeno) y el SO₂ (dióxido de azufre).

Además, contamos con una estación meteorológica ubicada también en el tejado de nuestro instituto. Esta estación se encarga de medir PM 2,5 (partículas en suspensión de origen antropogénico con un diámetro menor o igual a 2,5 micrómetros), PM 10 (partículas en suspensión con un diámetro menor o igual a 10 micrómetros), la lluvia y el viento. Las estaciones mandan los datos recolectados cada cinco minutos a un servidor, y luego nosotros descargamos esos datos para trabajarlos en Excel.

Nosotros estudiaremos cómo afectan la lluvia y la velocidad del viento a la calidad del aire semanalmente. Calcularemos también cómo varía la calidad del aire en un día concreto.

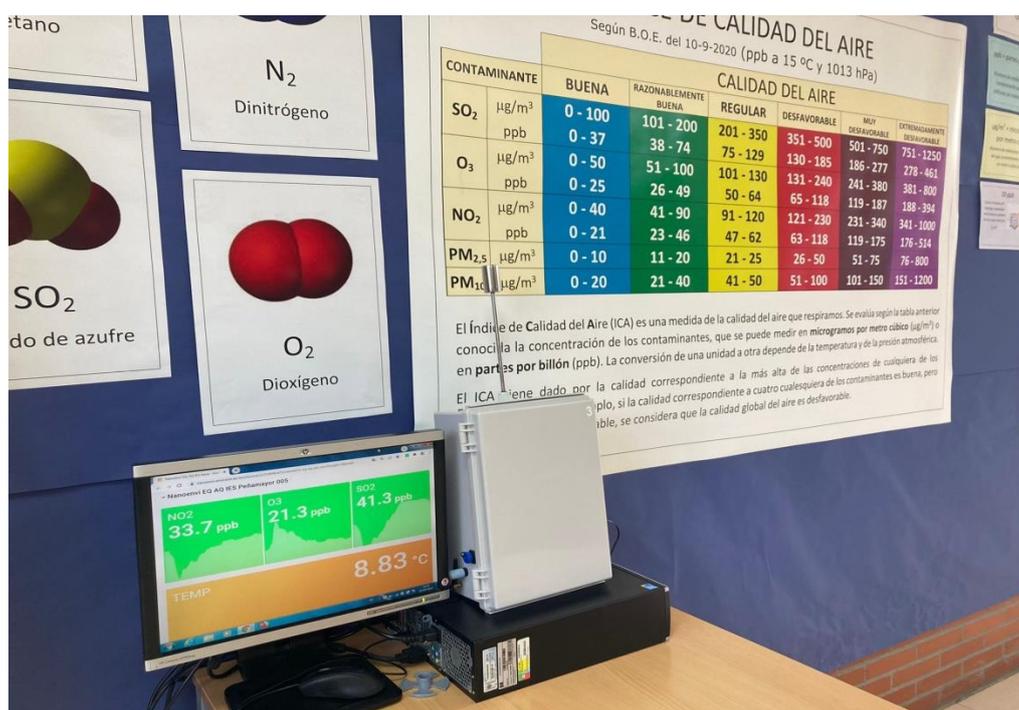


Figura 2. Estación en la entrada del instituto.

En la Figura 2 se observa una de las estaciones medidoras de la calidad del aire, ubicada en la entrada superior de nuestro instituto. Los datos que se pueden ver en la imagen son enviados desde la estación del tejado; estos datos son actualizados cada cinco minutos. Al lado tenemos la tabla ICA (Índice de Calidad del Aire) para que los alumnos puedan comparar los datos y saber cómo de bueno, o malo es nuestro aire.

3. ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La Tabla 1 se corresponde con los datos obtenidos en una semana del viento y la lluvia que ha hecho. También recogen los datos de las PM_{2.5}; PM₁₀, NO₂ y O₃ presentes en el aire.

También hemos estudiado estos factores, pero a lo largo de un día, con datos actualizados cada cinco minutos. No podemos insertar la tabla de frecuencias con todos los datos, porque son demasiados, así que los hemos trabajado directamente en Excel y gráficamente, pero hemos incluido la Tabla 2 con estas medidas agrupadas en intervalos de una hora.

Date	ESTACIÓN FYQ (TEJADO)				ESTACIÓN 5 (TEJADO)			ESTACIÓN 4 (VALDESOTO)		
	Alta velocidad del viento - km/h	Lluvia - mm	PM 2.5 - ug/m ³	PM 10 - ug/m ³	NO2	O3	SO2	NO2	O3	SO2
09/02/2022	3,47	0,00	36,21	43,02	127,49	6,12	0,00	161,29	5,16	0,00
10/02/2022	4,50	1,80	40,29	48,07	241,69	7,63	0,00	185,20	15,55	0,00
11/02/2022	11,21	12,00	17,15	19,82	249,73	6,48	0,00	171,41	12,91	0,00
12/02/2022	5,10	0,00	31,09	35,99	219,82	5,96	0,00	211,68	7,30	0,00
13/02/2022	13,75	3,20	16,98	19,19	216,44	9,98	0,00	116,30	27,69	0,00
14/02/2022	20,61	21,00	1,80	2,42	230,57	6,35	0,00	269,98	14,85	0,00
15/02/2022	6,69	0,00	10,83	12,20	158,78	6,25	0,00	110,29	12,24	0,00
MEDIA	9,33	5,43	22,05	25,82	206,36	6,97	0,00	175,17	13,67	0,00
DT	5,77	7,49	13,10	15,62	42,23	1,33	0,00	51,14	6,73	0,00

Tabla 1. Tabla de frecuencias correspondiente a una semana.

Time	ESTACIÓN FYQ (TEJADO)				ESTACIÓN 5 (TEJADO)		
	Alto viento - km/h	Lluvia - mm	PM 2.5 - ug/m ³	PM 10 - ug/m ³	NO2	O3	SO2
15/2/22 [14:20, 15:20)	19,57	0,00	1,03	1,31	100,83	0,00	0,00
15/2/22 [15:20, 16:20)	20,91	0,00	1,04	1,23	36,67	0,00	0,00
15/2/22 [16:20, 17:20)	19,70	0,00	0,49	0,67	0,00	35,75	0,00
15/2/22 [17:20, 18:20)	12,90	0,00	2,93	3,30	0,56	0,00	0,00
15/2/22 [18:20, 19:20)	3,87	0,00	9,47	10,22	92,55	0,00	0,00
15/2/22 [19:20, 20:20)	5,47	0,00	27,25	29,54	62,14	0,00	0,00
15/2/22 [20:20, 21:20)	4,00	0,00	26,06	28,08	74,32	0,00	0,00
15/2/22 [21:20, 22:20)	3,20	0,00	32,58	37,17	56,56	0,00	0,00
15/2/22 [22:20, 23:20)	2,93	0,00	35,41	41,48	11,56	0,00	0,00
15/2/22 [23:20, 00:20)	1,47	0,00	34,08	38,92	53,60	0,00	0,00
16/2/22 [00:20, 01:20)	4,27	0,00	28,39	30,94	87,11	0,00	0,00
16/2/22 [01:20, 02:20)	2,00	0,00	27,15	29,17	9,75	0,00	0,00
16/2/22 [02:20, 03:20)	3,20	0,00	24,40	25,60	8,87	0,00	0,00
16/2/22 [03:20, 04:20)	1,60	0,00	27,22	29,23	50,62	38,42	0,00

16/2/22 [04:20, 05:20)	2,13	0,00	24,72	26,49	38,31	0,00	0,00
16/2/22 [05:20, 06:20)	4,00	0,00	14,79	15,92	46,75	0,00	0,00
16/2/22 [06:20, 07:20)	2,67	0,00	15,90	17,08	68,68	28,75	0,00
16/2/22 [07:20, 08:20)	1,87	0,00	15,78	16,72	96,69	0,00	0,00
16/2/22 [08:20, 09:20)	3,87	0,00	17,48	18,43	21,33	0,00	0,00
16/2/22 [09:20, 10:20)	3,60	0,00	19,28	20,38	18,88	0,00	0,00
16/2/22 [10:20, 11:20)	8,18	0,00	11,37	12,02	2,24	18,17	0,00
16/2/22 [11:20, 12:20)	15,56	0,00	0,93	1,08	42,64	25,25	0,00
16/2/22 [12:20, 13:20)	17,45	0,00	1,19	1,33	45,33	0,00	0,00
16/2/22 [13:20, 14:20)	27,85	0,00	0,86	0,90	0,00	0,00	1,40

Tabla 2. Tabla correspondiente a los valores medios por hora durante un día.

4. REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS

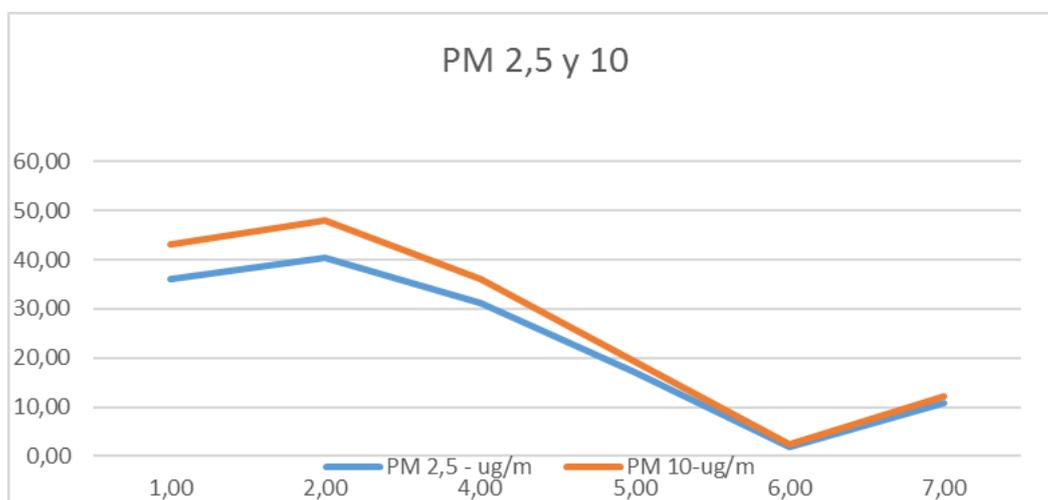
POR SEMANA

En la gráfica 1 se está representando el viento y la lluvia que ha hecho a lo largo de una semana.



Gráfica 1. Viento y lluvia a lo largo de una semana

En gráfica 2 están representadas las PM 2,5 y las PM 10 presentes en el aire a lo largo de una semana.



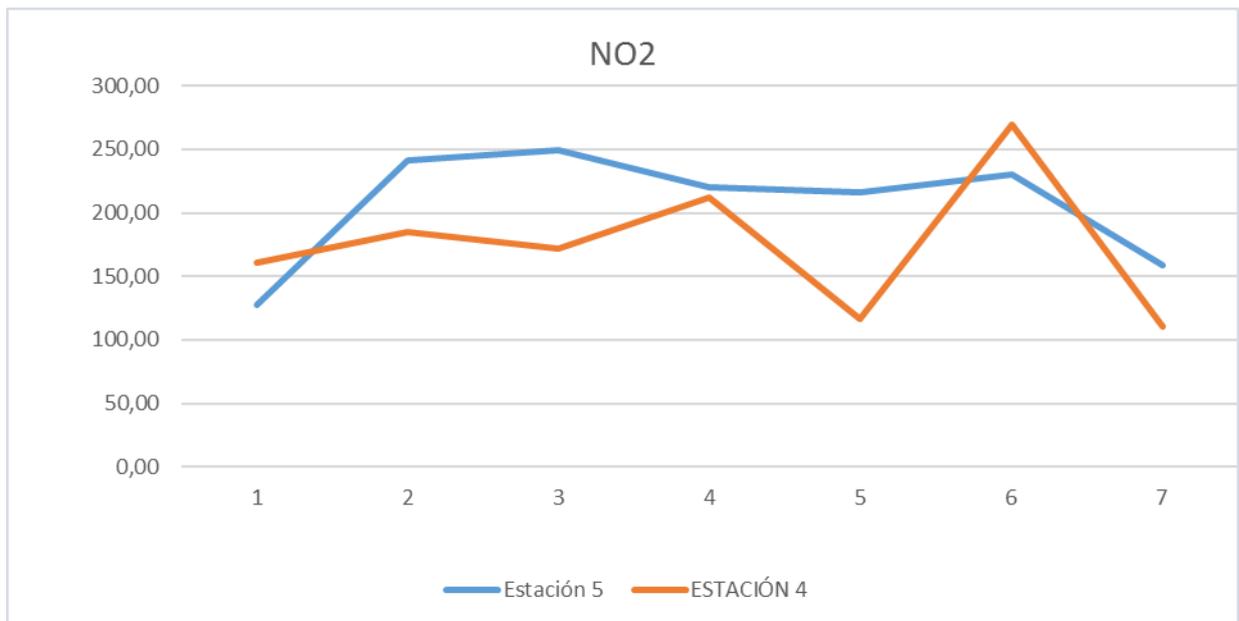
Gráfica 2. PM a lo largo de una semana.

En las gráficas 1 y 2 podemos ver la relación que hay entre las partículas, la lluvia y el viento a lo largo de una semana. Por lo general, son más altos los niveles de las PM10, llegando el segundo día que hizo poco viento y casi no había llovido nada a rozar las 50 ug/m³, lo que supondría una calidad del aire regular. Sin embargo, el segundo día las

PM 2,5 alcanzan las 40 ng/m³ lo que supone una calidad del aire desfavorable, ya que, aunque sean más altos los niveles de la PM 10, las PM 2,5 son mucho más dañinas en niveles inferiores.

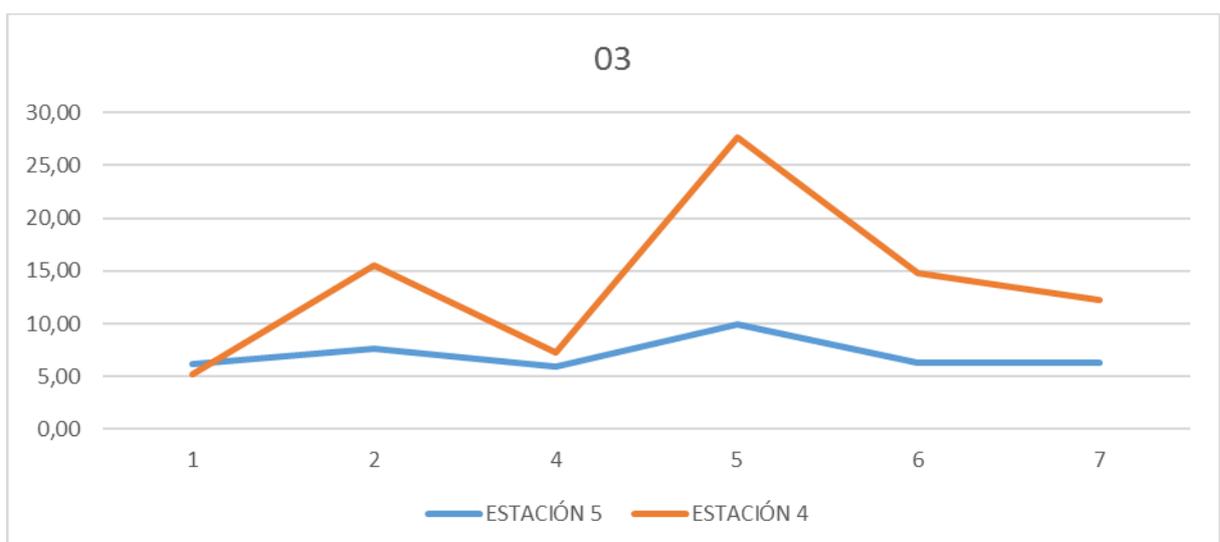
En el sexto día podemos observar la caída de las partículas, puesto que el sexto día, como podemos ver en la primera gráfica, había llovido y había hecho aire. Esto favorece a la calidad del aire porque arrastran las partículas disminuyendo así la contaminación.

La gráfica 3 representa el dióxido de nitrógeno presente en el aire a lo largo de una semana, en Valdesoto (estación 4) y en el tejado de nuestro instituto (estación 5)



Gráfica 3. Dióxido de nitrógeno a lo largo de una semana.

En la gráfica 4 podemos ver la variación del ozono también a lo largo de una semana en Valdesoto y en Nava.



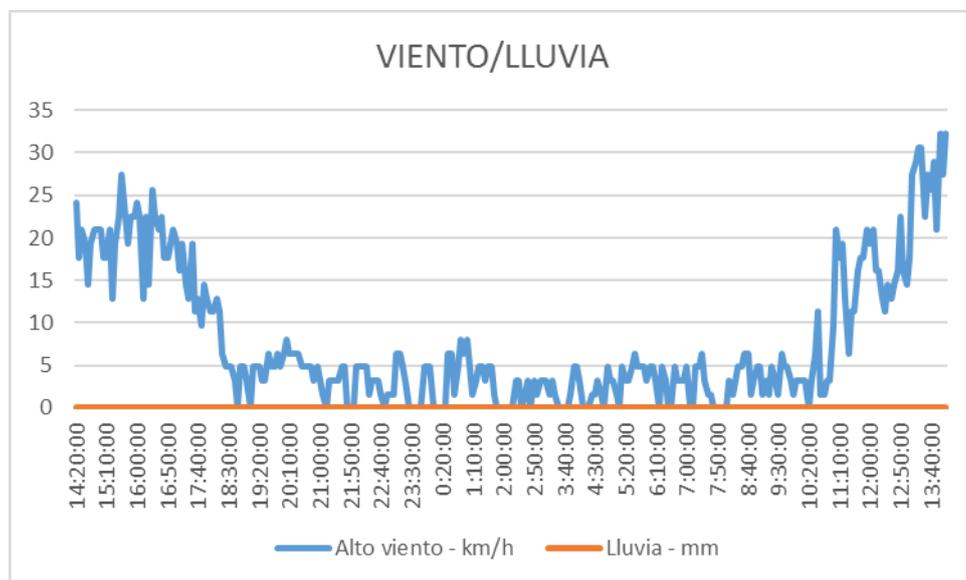
Gráfica 4. Ozono a lo largo de una semana.

En la gráfica 3 observamos que el NO₂ de la estación 5 es más alto que en la estación 4. En cambio, en la gráfica 4 podemos ver que el O₃ de la estación 4 es mucho más alto que el de la estación 5.

Por lo general hay más contaminación de NO₂ que de O₃ en cada estación. También vemos que los niveles de los contaminantes en la estación 5 se mantienen más estables que en la 4 evitando los picos. El nivel de contaminación en base al ozono es más alto en Valdesoto, pero respecto al dióxido de nitrógeno es más alto en Nava.

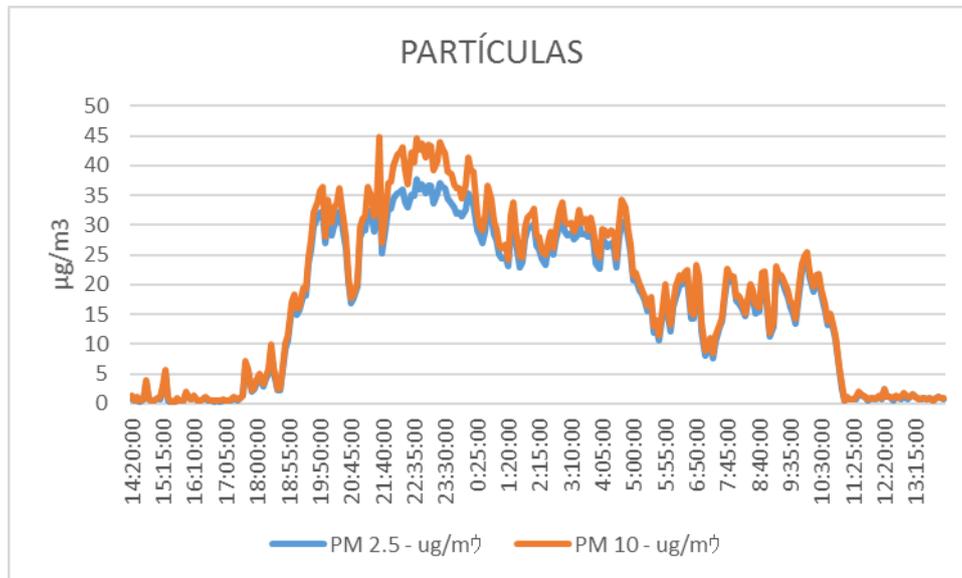
POR DÍA

En esta gráfica vemos el viento que ha hecho a lo largo de un día, al igual que la lluvia. Los datos, en la recogida de estos, eran actualizados cada 5 minutos, pero al extenderse mucho los hemos puesto para cada 50 minutos.



Gráfica 5. Lluvia y viento a lo largo de un día.

En la gráfica 5 está recogidos los datos provenientes de la estación 4 (situada en el tejado del instituto) de las PM_{2,5} y las PM₁₀ presentes en el aire a lo largo de un día.



Gráfica 6. PM a lo largo de un día.

Aquí podemos apreciar claramente la relación que hay entre las partículas y el viento (la lluvia no la tenemos en cuenta pues el día que se recogieron los datos no había llovido, pero está también relacionado pues la lluvia arrastra los contaminantes).

A las cuatro de la tarde observamos que el viento alcanza los 25km/h y mientras tanto las partículas se mantienen en 0 microgramos por metro cúbico. Sin embargo, a las 11:30 de la noche, cuando el aire desciende a 0 km/h vemos en la gráfica de las partículas como estas suben a 40 µg/m³.

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

POR DÍA (estación 5)

Hemos realizado una tabla de excel, para calcular la media y la desviación típica de los datos obtenidos por la estación 5 a lo largo de un día: viento, lluvia y las PM (que ya hemos representado en las gráficas 5 y 6) y también el NO₂, O₃ y el SO₂.

	MEDIA	D.Típica
Viento	7,83	8,05
PM _{2,5}	16,89	12,33
PM ₁₀	18,48	13,78
NO ₂	44,75	134,61
O ₃	6,14	47,46
SO ₂	0,05	0,83

Respecto al viento observamos que la media es de 7,83km/h, pero con una desviación típica de 8,05km/h, lo que quiere decir que varía mucho: a veces no hay nada de aire y a veces éste puede alcanzar una velocidad de casi 15,9 km/h.

Las PM _{2,5} suelen estar entre 4,56 y 29,22 µg/m³, por lo que nos marca la desviación típica, con una media de 16,89 µg/m³.

La media de las PM ₁₀ (18,48) es superior a la media de las PM _{2,5}, y también es mayor su desviación típica. El mínimo de las PM ₁₀ ronda los 4,7 µg/m³, y su máximo 32,26 µg/m³.

La media del dióxido de nitrógeno es de 44,75 ppb; sin embargo, su desviación típica es de 134,61. Esto nos quiere decir que unas veces el dióxido de nitrógeno es nulo y otras veces puede alcanzar 179,36 ppb.

La media de todos los datos obtenidos del ozono es de 6,14 ppb, con una desviación típica de 47,46, que nos muestra que a veces no hay ppb de ozono, y a veces estas alcanzan 53,6 ppb.

La media del dióxido de azufre es muy baja: 0,05. Su máximo anda por 0,88 ppb.

POR SEMANA

Analizando la información de la tabla 1, vemos que:

- **Viento** (estación física y química): la velocidad media del viento a lo largo de una semana es de 9,33km/h. Y la desviación típica es de 5,77 km/h; esto quiere decir que el mínimo de la velocidad que alcanza es de más o menos 3,56km/h y su máximo de 15,1 km/h. El máximo sumando la media y la desviación típica se asemeja a la misma operación hecha respecto al viento por un día (15,9km/h).

- **Lluvia** (estación física y química): su media es de 5,43 mm con una desviación típica de 7,49 mm. Esto quiere decir que hay días en los que no ha llovido nada, como coincidió cuando hemos hecho el estudio sobre un día. Y otros días la lluvia puede alcanzar hasta 12,92 mm.
- **PM_{2,5}** (estación física y química): con una media de 22,05 µg/m³ y una desviación típica de 13,10 µg/m³, lo que significa que el nivel de las PM 2,5 va desde los 8,95 µg/m³ hasta los 35,15 µg/m³.
- **PM₁₀** (estación física y química): con una media de 25,82 µg/m³ y una desviación típica de 15,62 µg/m³, lo que significa que el nivel de las PM 10 generalmente está entre 10,5 µg/m³ y los 41,44 µg/m³.
- **NO₂** (estación 5): la media es de 206,36 ppb con una desviación típica de 42,23ppb, lo que significa que el nivel de ppb de NO₂ va en general entre 164,13 y 248,59 ppb.
- **O₃** (estación 5): la media es de 6,97 ppb con una desviación típica de 1,33 ppb, lo que significa que el nivel de ppb de NO₂ generalmente oscila entre 5,64 y 8,3 ppb.
- **NO₂** (estación 4 Valdesoto): la media es de 175,17 ppb con una desviación típica de 51,14 ppb, lo que significa que el nivel de ppb de NO₂ está normalmente entre los 124,03 y los 226,31 ppb.
- **O₃** (estación 4 Valdesoto): la media es de 13,67 ppb con una desviación típica de 6,73 ppb, lo que significa que el nivel de ppb de NO₂ oscila generalmente entre 6,94 y 20,4 ppb.

6. CONCLUSIONES

POR DÍA

Si comparamos los datos recogidos de las PM 10 a lo largo de un día con la tabla del Índice de calidad del aire, y teniendo en cuenta que estas alcanzan los 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 21:40 horas, sabemos que la calidad del aire en ese momento era **regular**, sin tener en cuenta los demás contaminantes.

El máximo nivel que alcanzan las PM 2,5 aquel día llegan más o menos a 37,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que supone una calidad del **aire desfavorable**.

Basándonos en la gráfica 6 podemos ver que las horas donde los niveles de estas son más bajos son desde las 11:30 de la mañana hasta las 17:00 que, al compararlo con la gráfica 5, coincide con el momento en el que la velocidad del viento era muy alta.

Por tanto, del análisis de la gráfica hemos comprobado que el viento favorece notablemente la calidad del aire porque se encarga de arrastrar los contaminantes y las partículas.

En las gráficas 1 y 2 (que muestran la evolución de las partículas, el viento y la lluvia a lo largo de una semana) también hemos podido comprobar como la lluvia, al igual que el viento, favorece la calidad del aire, por el mismo motivo: en los días en los que llovía o hacía viento, el nivel de las PM disminuía.

POR SEMANA

En la gráfica del NO_2 , este llega en la estación 5 a 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que supone una calidad del aire **muy desfavorable**, mientras que en Valdesoto (estación 4) tiene un pico el sexto día que alcanza más o menos 270 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que sigue suponiendo una muy desfavorable calidad del aire.

En la gráfica del O_3 , este llega en la estación 4 el quinto día a 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que se correspondería con una **buena calidad del aire**. En la estación 5 los niveles del ozono se mantienen estables durante toda la semana, sin superar los 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Haciendo caso a la tabla de frecuencias, comparemos las medias con la tabla ICA para determinar la calidad del aire según los datos:

CONTAMINANTE	MEDIA	CALIDAD DEL AIRE SEGÚN ICA
PM _{2,5}	22,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	REGULAR
PM ₁₀	25,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	RAZONABLEMENTE BUENA
NO ₂ (ESTACIÓN 5)	206,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	DESFAVORABLE
O ₃ (ESTACIÓN 5)	6,97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BUENA
NO ₂ (ESTACIÓN 4)	175,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	DESFAVORABLE
O ₃ (ESTACIÓN 4)	13,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	BUENA

Con este trabajo podemos llegar a conclusiones como que los contaminantes que más dañan la calidad del aire son las PM 2,5 y el NO₂, y sin embargo, sus mejores aliados son la lluvia y el viento. Y que aunque Asturias sea muy verde y las estaciones hayan estado situadas en zonas rurales, también sufrimos y notamos la contaminación atmosférica. Si este estudio lo hubiéramos realizado en ciudades como Madrid o Barcelona los niveles de contaminación seguramente habrían resultado superiores.

7. POSIBLES MEJORAS Y TRABAJOS FUTUROS

- Habría sido interesante poder situar una estación en una ciudad (Oviedo, Gijón...) para comparar con la zona rural.
- Habría sido interesante comentar a qué es debido la diferencia de niveles de NO₂ y O₃ entre la estación 5 y la 4.
- En el análisis de resultados por día, además de comentar los rangos y la desviación típica, podríamos haber dicho cuál era el nivel de calidad del aire correspondiente a la media obtenida.