



# Anàlisi de dades en projectes de ciències. Mesura de paràmetres per estudiar la qualitat ambiental en la zona del voltant de l'escola.

Judit Artigas Pursals

Departament de ciències de l'escola Immaculada Concepció Horta, Barcelona

[judit.artigas@immaculadahorta.com](mailto:judit.artigas@immaculadahorta.com)

**Resum** • Es presenta un treball fet amb alumnes de primer de Batxillerat dins de l'assignatura Reptes Científics. L'objectiu principal és recollir i analitzar dades a partir de les quals es generaran conclusions. Els alumnes prenen consciència de la importància de la presa de dades fent varies mesures puntuals o bé monitoritzant les mesures durant un cert temps per calcular mitjanes i desviacions estàndards. L'anàlisi estadístic de les dades comença per avaluar si hi ha dades anòmales i tot seguit s'estudia si hi ha diferències significatives entre dades d'un mateix paràmetre obtingudes amb sensors diferents. S'avalua si hi ha correlació entre els paràmetres i s'elaboren mapes de gradients de colors per estudiar la qualitat ambiental de la zona.

**Paraules clau** • Anàlisi i tractament de dades; Estudi experimental; Batxillerat; Reptes científics; Competència científica.

---

## Data analysis in science projects. Measurement of parameters to study environmental quality in the school area.

**Abstract** • This article presents a work carried out with first year high school students within the subject Scientific Challenges. The main objective is to collect and analyse data to obtain conclusions. Students become aware of the importance of collecting data by using specific points of measurements or by monitoring measurements to calculate averages and standard deviations. The second step is evaluating anomalous data. After that, the students must study if there are significant differences between data of the same parameter obtained with different sensors, to see if there are correlations between parameters and to draw up gradient colour map to study the environmental quality of the area.

**Keywords** • Analysis and treatment data; Experimental research; High education; Scientific competence

---

Aquest article ha estat possible gràcies a l'alumnat de 1r de batxillerat de l'escola Immaculada Concepció Horta (Barcelona): Ona Acedo, Bruno Arcas, Sergi Castilleja, Joel Gil, Alex López, Eric Mudarra, Adrián Pueyo, Paula Saco i Paula Vila.

## INTRODUCCIÓ

El nou currículum de Batxillerat inclou assignatures, com Reptes Científics, que promouen que l'alumnat tingui un esperit més crític, prengui un paper més actiu i construeixi el coneixement a partir d'experiències viscudes. La finalitat principal és doncs estimular estratègies efectives dins de l'ensenyament de ciències. La recerca en aquest nivell és una bona eina i una de les millors formes de fer-ho és permetre que l'alumnat controli el màxim possible el procés d'aprenentatge. Partint de la base del mètode científic, els alumnes poden generar dades relacionades amb un objectiu, que els siguin fàcils de prendre, analitzar i tractar per arribar a conclusions. En aquest article ens centrarem bàsicament en l'aplicació de mètodes de tractament i anàlisi de dades. El tema escollit pels alumnes de Reptes Científics de primer de Batxillerat del curs 2022-2023 va ser: *Estudiar la qualitat ambiental de la zona de l'escola*.

## OBJECTIUS

L'objectiu principal del treball és generar conclusions sobre la qualitat ambiental de la zona de l'escola a partir de l'anàlisi de les mesures realitzades. Des d'un punt de vista matemàtic, l'objectiu és aprofundir en mètodes estadístics de mesures de dispersió, anàlisi de correlacions entre dades emprant mètodes gràfics, conèixer i emprar regressions lineals, conèixer i emprar programes per generar mapes de gradient de colors. Des d'un punt de vista físic conèixer el fonament del funcionament d'un sonòmetre, luxímetre, piranòmetre, higròmetre i dels sensors de temperatura, concentració de diòxid de carboni i radiació.

## MATERIAL

Programes emprats per a la monitorització i tractament de dades

- Logger Lite 1.9.4: Les mesures de les sondes de diòxid de carboni, radiació i temperatura es van obtenir emprant el software gratuït *Logger Lite 1.9.4* de Vernier que es va instal·lar en un ordinador portàtil amb Windows 10. El programa permet guardar dades i fer mitjanes.
- Excel Windows 10 com a full de càlcul i eina gràfica: s'empra per tal de generar gràfiques, fer càlculs estadístics de dispersió, calcular rectes de regressió i representar gràfiques.
- SigmaPlot 12: s'empra per generar mapes 3D en 2D de gradients de colors amb l'opció Contour Plot.
- PowerPoint: s'empra per solapar imatges variant la transparència per crear una sola imatge.

Instrumental de mesura

Gràcies al material en préstec del CRP Horta-Guinardó i el CESIRE es va utilitzar el següent instrumental:

- Higròmetre per mesurar Temperatura (°C) i % humitat relativa.
- Piranòmetre per mesurar la radiació solar (W/m²).
- Luxímetre per mesurar la intensitat lumínica (lux).
- Sonòmetre per mesurar el nivell de pressió sonora (dB).
- Sensors per mesurar Temperatura (°C), ppm de CO<sub>2</sub> i radiació (cps).



Figura 1. Higròmetre, piranòmetre, luxímetre i sonòmetre (material en préstec del CRP Horta-Guinardó). Sonòmetre i sondes de diòxid de carboni, temperatura i radiació (material en préstec del CESIRE).

## PROCEDIMENT EXPERIMENTAL I CONCEPTES TEÒRICS

### Esquema de treball

Un cop realitzades les mesures caldrà fer un anàlisi estadístic per rebutjar dades anòmales (*outliers*) aplicant el criteri Q i calcular mitjanes i intervals de confiança per a la resta. Amb les dades es pretén que els alumnes estudiïn estadísticament grups de dades comparables (aplicant el criteri t de Student per dades aparellades i fent anàlisi per correlació lineal). D'altra banda s'intentarà buscar si existeixen relacions entre els paràmetres estudiats (representant els núvols de punts) i finalment s'elaboraran mapes de gradients de colors per tal de poder identificar espais al voltant de l'escola amb una qualitat ambiental bona, mitjana o baixa. El que es pretén fer en aquest treball està resumit en l'esquema que es detalla en la figura 2.

### Presa de dades

Primer de tot es va delimitar la zona d'estudi i es va escollir els punts de presa de dades (veure figura 3). Es van prendre mesures en 45 punts de la zona Horta-El Carmel al llarg de quatre dies d'octubre de 2022, entre les 8h i les 11h, i un dia entre les 14h i les 17h. En cada punt es van prendre dos tipus de mesures en funció del tipus de sonda:

- *Mesures puntuals (nivell sonor, temperatura, %humitat, radiació solar i intensitat lumínica)*: es van prendre tres mesures puntuals. S'anotava la mitjana i la desviació estàndard corresponent.
- *Mesures monitoritzades (ppm, CO<sub>2</sub>, temperatura i radació)*: es van connectar i monitoritzar les mesures de les sondes al portàtil. En el moment de mesura, si aquesta era estable, es feia una mesura contínua durant 30 segons i s'apunava la mitjana que feia el programa per a cada paràmetre.

### Tractament estadístic de les dades

Mitjana, desviació estàndard i interval de confiança: per a les mesures puntuals es calcula la mitjana, la desviació estàndard i l'interval de confiança aplicant:

$$\pm \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \text{ (95\% de confiança i 2 grau de llibertat, } t=2,9200).$$



Figura 2. Esquema de les diferents etapes del treball.

Test Q per rebutjar dades: per menysprear dades anòmales es calcula el valor Q i es compara amb el valor tabulat. Es rebutja la dada si  $Q_{calculada} > Q_{tabulada}$  (95% de confiança i 45 dades,  $Q = 0,2288$ ). L'expressió utilitzada per calcular la Q és:

$$Q_{calculada} = \frac{|X_{sospitosa} - X_{propera}|}{X_{gran} - X_{petita}}$$

Test de t de Student per a dades aparellades: en els casos en que es tenen dues dades referents a una mateixa mostra, es pot aplicar el test t de Student. En el nostre cas, en cada punt tindrem dues mesures perquè tindrem dues sondes diferents. Es calcula la diferència entre les dades aparellades i s'obté la mitjana, la desviació estàndard i es calcula una t de Student. No hi haurà diferències significatives si  $t_{calculada} < t_{tabulada}$  (95% de confiança i 44 graus de llibertat,  $t = 1,6802$ ). L'expressió utilitzada per calcular la t és:

$$t_{calculada} = \frac{\bar{d}}{\sigma_n}$$

Anàlisi per correlació lineal per comparar mètodes o equips de treball: representar les dades obtingudes amb l'instrument 1 vers les dades obtingudes amb l'instrument 2. Si no hi ha diferències significatives entre les mesures, els punts representats haurien de mostrar una correlació lineal. En el cas ideal, el pendent d'aquesta recta de regressió hauria de ser 1.

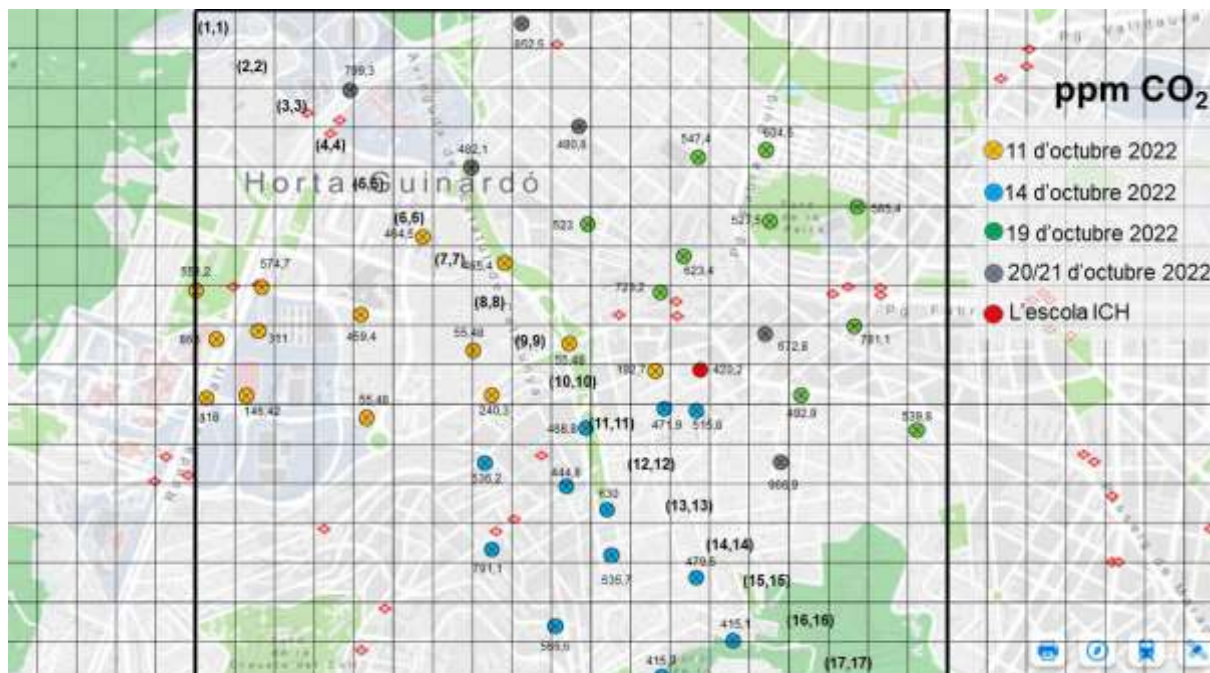


Figura 3. localització dels 45 punts de la zona Horta-El Carmel. En vermell es marca la localització de l'escola i en diferents colors els punts estudiats per dies. Exemple de parcel·lació de les dades de concentració de diòxid de carboni. La figura mostra les coordenades d'alguns punts.

### Distribucions bidimensionals. Núvols de punts. Correlació entre parells de paràmetres

Amb l'ajuda de l'Excel es fan gràfiques representant els següents parells de paràmetres:

- Concentració de diòxid de carboni (ppm) i nivell sonor (dB)
- Temperatura (°C) i % d'humitat
- Intensitat lumínica (lux) i radiació solar (W/m<sup>2</sup>)
- Radiació (cps) i Concentració de diòxid de carboni (ppm)
- Concentració de diòxid de carboni (ppm) i Temperatura (°C)

L'objectiu és veure si existeix algun tipus de correlació. En el cas d'haver-hi una correlació, discutir si aquesta és lineal, exponencial o polinòmica i trobar la funció que millor s'ajusta a la correlació amb l'ajuda de l'Excel.

### Elaboració de mapes de gradients de colors

Per tal de fer un mapa de colors, es parcel·la el mapa del barri en files i columnes. La data de cada quadrícula esdevindrà representativa d'aquesta zona i s'exporten aquestes dades distribuïdes per files i columnes a un full de càlcul. S'exporten aquestes dades en el SigmaPlot. La primera i segona columna corresponen a les coordenades

dels punts i la tercera columna correspon al paràmetre que estem estudiant (ppm de CO<sub>2</sub> o dB). Gràcies a l'opció Create Graph del SigmaPlot es fa un gràfic Contour Plot. En la figura 3 es pot observar la parcel·lació del terreny analitzat.

## RESULTATS

En la taula 1 es poden consultar les dades mesurades. Els valors provinents de la mitjana aritmètica de tres mesures tenen l'interval de confiança associat per a un 95% de confiança. En vermell es mostren els valors rebutjats després d'aplicar el Test Q.

### Comparativa entre dades d'un mateix paràmetre obtingudes amb sensors diferents

#### Test t de Student per a dades aparellades

Els valors calculats de la t de Student per a les mesures de temperatura i nivell sonor són 0,7187 i 0,3327 respectivament. Tots dos valors són inferiors al valor tabulat de la t de Student per a un 95% de confiança i 44 graus de llibertat ( $t_{\text{tabulada}} = 1,6802$ ).

Per tant, es conclou que no hi ha diferències significatives entre les mesures obtingudes amb diferents instruments.



Taula 1. Les dades (1) s'obtenen com a mitjana de les dades monitoritzades durant 30 segons, mentre que les dades (2) són la mitjana de tres mesures puntuals amb la seva desviació estàndard. En vermell s'indiquen els punts menyspreats.

| Data     | T (°C) | ppm CO2 | Radiació rcs | dB1        | dB2        | T (°C)     | % humi-<br>tat | Intensitat<br>lumínica (lux) | Radiació<br>solar (W/m2) |
|----------|--------|---------|--------------|------------|------------|------------|----------------|------------------------------|--------------------------|
|          | (1)    | (1)     | (1)          | (2)        | (2)        | (2)        | (2)            | (2)                          | (2)                      |
| 11-10-22 | 23,22  | 420,2   | 0,5          | 61 ± 3     | 62 ± 2     | 25,3 ± 0,2 | 58,5 ± 0,3     | 2070 ± 60                    | 241 ± 4                  |
| 11-10-22 | 24,34  | 492,7   | 1,5          | 76 ± 5     | 66 ± 6     | 25,5 ± 0,1 | 57,8 ± 0,1     | 1280 ± 70                    | 157,4 ± 0,9              |
| 11-10-22 | 23,3   | 55,48   | 0,677        | 70 ± 6     | 70 ± 3     | 24,3 ± 0,1 | 62,8 ± 0,1     | 1100 ± 30                    | 119 ± 3                  |
| 11-10-22 | 24,7   | 55,48   | 1,667        | 66 ± 6     | 62 ± 3     | 25,3 ± 0,1 | 58,1 ± 0,1     | 2780 ± 90                    | 300 ± 2                  |
| 11-10-22 | 24,87  | 240,3   | 1            | 60 ± 3     | 64 ± 7     | 25,3 ± 0,2 | 59,1 ± 0,1     | 1750 ± 100                   | 171 ± 3                  |
| 11-10-22 | 25,53  | 55,48   | 1,5          | 55 ± 3     | 49,5 ± 0,9 | 25,7 ± 0,1 | 60,2 ± 0,8     | 1120 ± 60                    | 131 ± 4                  |
| 11-10-22 | 23,56  | 55,48   | 1            | 62,2 ± 0,6 | 70 ± 6     | 24,5 ± 0,2 | 63,1 ± 0,7     | 880 ± 70                     | 68,3 ± 0,8               |
| 11-10-22 | 23,91  | 146,42  | 1,167        | 60 ± 3     | 56 ± 2     | 25,6 ± 0,1 | 62,4 ± 0,9     | 40 ± 4                       | 6,2 ± 0,6                |
| 11-10-22 | 23,22  | 1118    | 0,6          | 80,0 ± 0,9 | 75 ± 1     | 24,9 ± 0,1 | 62,2 ± 0,2     | 1270 ± 90                    | 112 ± 6                  |
| 11-10-22 | 23,54  | 863,8   | 1,467        | 81,5 ± 0,9 | 77,6 ± 0,9 | 24,3 ± 0,1 | 65,3 ± 0,7     | 29 ± 4                       | 4 ± 4                    |
| 11-10-22 | 22,52  | 551,2   | 61           | 64 ± 3     | 62 ± 3     | 23,9 ± 0,3 | 66,0 ± 0,6     | 1040 ± 70                    | 53,9 ± 0,9               |
| 11-10-22 | 21,51  | 311,1   | 1,643        | 77 ± 3     | 73,8 ± 0,9 | 25,5 ± 0,1 | 67,0 ± 0,6     | 1250 ± 60                    | 99,6 ± 0,9               |
| 11-10-22 | 27,16  | 574,7   | 0,833        | 77,7 ± 0,6 | 73,5 ± 0,8 | 27,6 ± 0,2 | 55,0 ± 0,1     | 6 ± 3                        | 0                        |
| 11-10-22 | 21,75  | 459,4   | 1,875        | 58,6 ± 0,8 | 63,8 ± 0,9 | 24,3 ± 0,1 | 63,8 ± 0,4     | 310 ± 30                     | 77 ± 5                   |
| 11-10-22 | 21,65  | 475,3   | 0,837        | 58 ± 3     | 57 ± 4     | 23,3 ± 0,3 | 68,5 ± 0,4     | 470 ± 60                     | 58,1 ± 0,8               |
| 11-10-22 | 21,86  | 465,4   | 2,054        | 60 ± 5     | 62 ± 3     | 23,9 ± 0,1 | 68,3 ± 0,4     | 675 ± 9                      | 74 ± 6                   |
| 14-10-22 | 20,81  | 536,2   | 1,167        | 63 ± 2     | 60,8 ± 0,6 | 20,9 ± 0,1 | 60,6 ± 0,5     | 1050 ± 30                    | 5,3 ± 0,6                |
| 14-10-22 | 20,41  | 791,1   | 2,8          | 73,3 ± 0,9 | 72,5 ± 0,9 | 21,7 ± 0,2 | 61,7 ± 0,3     | 1010 ± 10                    | 6,0 ± 0,3                |
| 14-10-22 | 19,08  | 566,6   | 1,83         | 62,6 ± 0,9 | 60 ± 3     | 21,3 ± 0,6 | 58,8 ± 0,2     | 1830 ± 40                    | 13,6 ± 0,8               |
| 14-10-22 | 19,23  | 415,9   | 0,4          | 46,4 ± 0,5 | 52 ± 1     | 23,1 ± 0,1 | 49,7 ± 0,8     | 19600 ± 200                  | 137 ± 2                  |
| 14-10-22 | 19,15  | 415,1   | 1,167        | 49 ± 3     | 49 ± 2     | 22,7 ± 0,2 | 46,7 ± 0,1     | 5,1 ± 0,9                    | 16,3 ± 0,9               |
| 14-10-22 | 19,75  | 473,5   | 1,5          | 65 ± 1     | 66 ± 4     | 21,3 ± 0,1 | 53,5 ± 0,1     | 19,2 ± 0,9                   | 9,7 ± 0,8                |
| 14-10-22 | 21,36  | 535,7   | 1,33         | 66,6 ± 0,9 | 64 ± 2     | 23,4 ± 0,1 | 54,9 ± 0,5     | 3,2 ± 0,8                    | 35 ± 4                   |
| 14-10-22 | 22,15  | 444,8   | 53,85        | 66,6 ± 0,4 | 62,5 ± 0,7 | 21,8 ± 0,2 | 54,5 ± 0,4     | 1170 ± 90                    | 15,7 ± 0,6               |
| 14-10-22 | 26,81  | 630     | 2,5          | 79 ± 2     | 75,7 ± 0,6 | 25,1 ± 0,1 | 45,6 ± 0,1     | 6930 ± 20                    | 30 ± 1                   |
| 14-10-22 | 22,3   | 468,8   | 0,2          | 62,5 ± 0,5 | 66,3 ± 0,8 | 22,9 ± 0,4 | 51,5 ± 0,3     | 46100 ± 400                  | 240 ± 4                  |
| 14-10-22 | 25,4   | 471,9   | 1,33         | 53,9 ± 0,6 | 56,4 ± 0,5 | 25,0 ± 0,1 | 49,0 ± 0,1     | 8200 ± 100                   | 305 ± 7                  |
| 14-10-22 | 25,23  | 515,8   | 1,182        | 68 ± 3     | 68 ± 3     | 26,0 ± 0,1 | 48,0 ± 0,1     | 49100 ± 300                  | 397,5 ± 0,9              |
| 19-10-22 | 23,1   | 492,9   | 67,92        | 68 ± 2     | 65 ± 3     | 23,9 ± 0,3 | 66,2 ± 0,4     | 1032 ± 80                    | 11,6 ± 0,6               |
| 19-10-22 | 23,95  | 539,8   | 1,55         | 67,8 ± 0,5 | 70 ± 4     | 24,2 ± 0,2 | 66,7 ± 0,8     | 7900 ± 90                    | 83 ± 4                   |
| 19-10-22 | 25,52  | 781,1   | 2,6          | 62,8 ± 0,7 | 69 ± 3     | 25,4 ± 0,2 | 62,5 ± 0,6     | 8700 ± 80                    | 69,9 ± 0,9               |
| 19-10-22 | 22,19  | 585,4   | 1,78         | 50,5 ± 0,4 | 50 ± 2     | 25,0 ± 0,1 | 68,3 ± 0,4     | 3020 ± 90                    | 53 ± 1                   |
| 19-10-22 | 24,57  | 527,5   | 1,9          | 52,3 ± 0,8 | 55 ± 3     | 26,8 ± 0,2 | 70,8 ± 0,2     | 22 ± 8                       | 54 ± 1                   |
| 19-10-22 | 23,83  | 604,5   | 1,125        | 64,2 ± 0,7 | 59 ± 4     | 25,8 ± 0,2 | 64,5 ± 0,1     | 6520 ± 20                    | 27,2 ± 0,4               |
| 19-10-22 | 23,6   | 547,4   | 1,5          | 57 ± 3     | 57 ± 1     | 24,9 ± 0,1 | 67,0 ± 0,1     | 9270 ± 90                    | 38,8 ± 0,5               |
| 19-10-22 | 23,95  | 623,4   | 1,43         | 49 ± 1     | 44,8 ± 0,5 | 25,6 ± 0,1 | 65,9 ± 0,2     | 310 ± 8                      | 0                        |
| 19-10-22 | 25,93  | 908,2   | 1,375        | 76,7 ± 0,8 | 66,2 ± 0,7 | 26,5 ± 0,3 | 63,0 ± 0,5     | 26750 ± 90                   | 146 ± 5                  |
| 19-10-22 | 23,45  | 523     | 117,3        | 59,6 ± 0,5 | 53,3 ± 0,5 | 26,6 ± 0,1 | 63,5 ± 0,1     | 12400 ± 100                  | 112 ± 4                  |
| 19-10-22 | 25,6   | 723,2   | 1,18         | 73,2 ± 0,6 | 69,4 ± 0,8 | 26,5 ± 0,1 | 61,5 ± 0,1     | 13400 ± 500                  | 119,6 ± 0,8              |
| 20-10-22 | 28,67  | 480,8   | 44,5         | 49 ± 3     | 49 ± 3     | 27,3 ± 0,1 | 62,8 ± 0,4     | 8220 ± 20                    | 78 ± 2                   |
| 20-10-22 | 26,69  | 482,1   | 1,167        | 64 ± 3     | 59 ± 4     | 27,6 ± 0,1 | 60,5 ± 0,1     | 1830 ± 40                    | 138 ± 5                  |
| 20-10-22 | 25,1   | 852,5   | 1,89         | 82,9 ± 0,5 | 82 ± 1     | 27,9 ± 0,2 | 58,7 ± 0,3     | 0                            | 16,9 ± 0,7               |
| 20-10-22 | 25,9   | 799,3   | 1,52         | 82,4 ± 0,7 | 79,8 ± 0,7 | 25,4 ± 0,1 | 59,3 ± 0,1     | 1260 ± 20                    | 12,1 ± 0,5               |
| 21-10-22 | 22,57  | 672,8   | 1,7          | 67 ± 6     | 68,6 ± 0,5 | 24,1 ± 0,2 | 56,3 ± 0,8     | 1423 ± 9                     | 21,2 ± 0,8               |
| 21-10-22 | 23,9   | 966,9   | 74,56        | 60,6 ± 0,5 | 59 ± 1     | 23,6 ± 0,1 | 59,7 ± 0,9     | 1410 ± 50                    | 22,3 ± 0,9               |

### Anàlisi per correlació lineal

En representar les mesures obtingudes amb les dues sondes de temperatura s'observa que hi ha una correlació lineal entre les dades obtingudes amb dos sondes de Temperatura. El pendent i l'error associat a aquest pendent és  $0,64 \pm 0,07$  el que indica que hi ha una correlació lineal però un sensor dona sempre un 36% menys que l'altre. S'observa el mateix en representar les dades obtingudes amb els diferents sonòmetres.

Hi ha una correlació lineal entre les dades i el pendent i l'error associat a aquesta correlació és de  $0,83 \pm 0,06$  per tant podem concloure que hi ha una correlació lineal entre les mesures i que existeix un 17% de diferència entre les dades d'un sonòmetre i l'altre. Les dues correlacions es poden observar en la gràfica 1.

Distribucions bidimensionals. Núvols de punts. Correlació entre parells de paràmetres

S'aparellen els paràmetres de dos en dos per obtenir i representar els núvols de punts i veure si existeix algun tipus de correlació entre les dades. Es va observar una correlació lineal entre la concentració de diòxid de carboni (ppm) i el nivell sonor (dB) així com entre la intensitat lumínica (lux) i la radiació solar ( $W/m^2$ ), tal i com es pot observar en les gràfiques 2a i 2b.

La representació dels núvols de punts pels parells Temperatura ( $^{\circ}C$ ) vs Humitat, Temperatura ( $^{\circ}C$ ) vs Concentració de diòxid de carboni (ppm) i Concentració de diòxid de carboni (ppm) vs Radiació (cps) no va permetre observar cap tipus

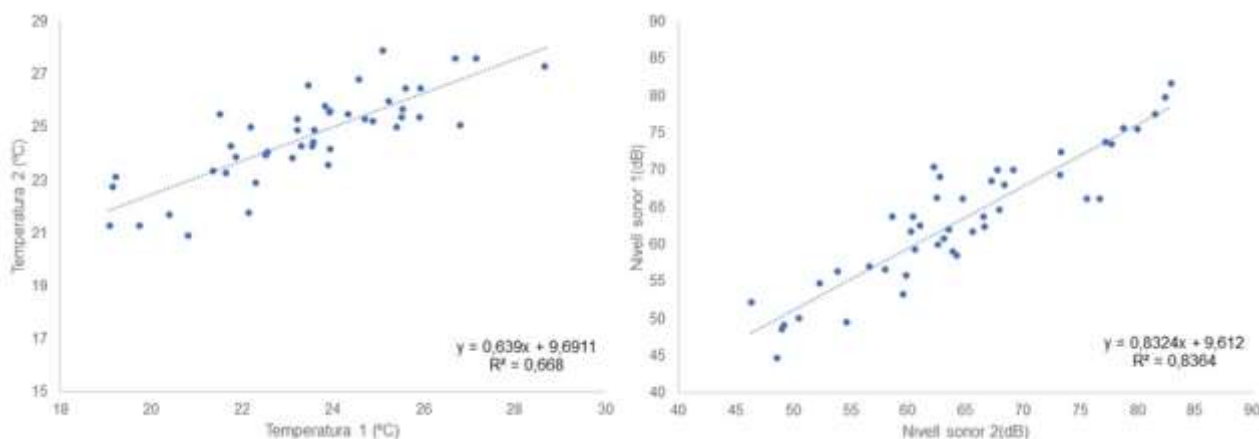
de correlació, tal i com es pot observar en les gràfiques 3a, 3b i 3c respectivament.

### Elaboració de mapes de gradient de colors

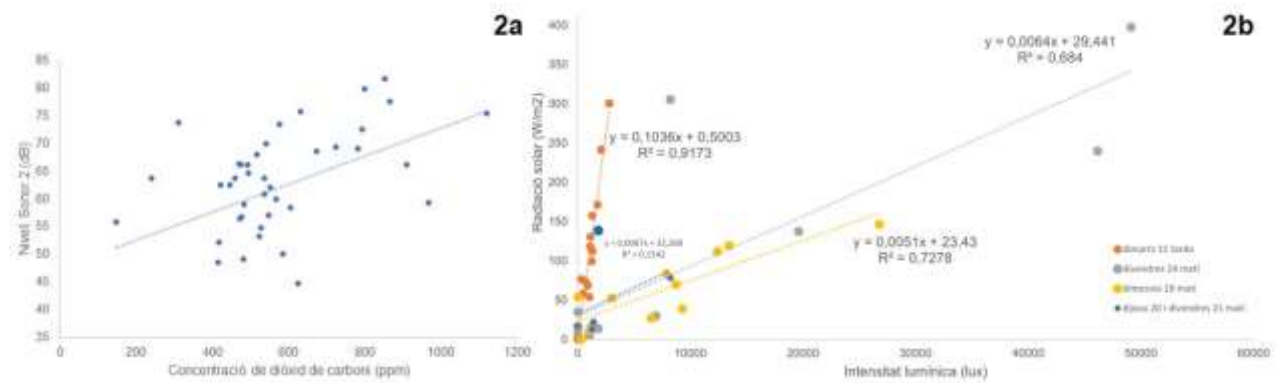
Gràcies al SigmaPlot es van fer gràfiques de contorn de colors. Tal i com s'ha explicat anteriorment, primer es va quadracular el mapa per assignar cada punt del mapa una coordenada (x,y). Les gràfiques es van fer utilitzant 3 columnes de dades: la primera per a la coordenada X, la segona per a la coordenada Y i la tercera per al paràmetre a estudiar. Es va decidir fer mapes representant mesura del soroll (decibels) i concentració de diòxid de carboni (ppm).

Aquesta gràfica se superposa a la imatge de la zona estudiada (sense quadracular) i se li dona una mica de transparència per tal que es puguin veure alhora les dues imatges. En superposar-les cal girar la imatge obtinguda amb el SigmaPlot verticalment donat que a la quadrícula de les coordenades el punt (1,1) correspon a la cantonada superior esquerra i en el mapa, a la cantonada inferior esquerra. En les figures 4 i 5 es pot veure el resultat final tant per a l'estudi de la variació dels decibels com de la variació de  $CO_2$ .

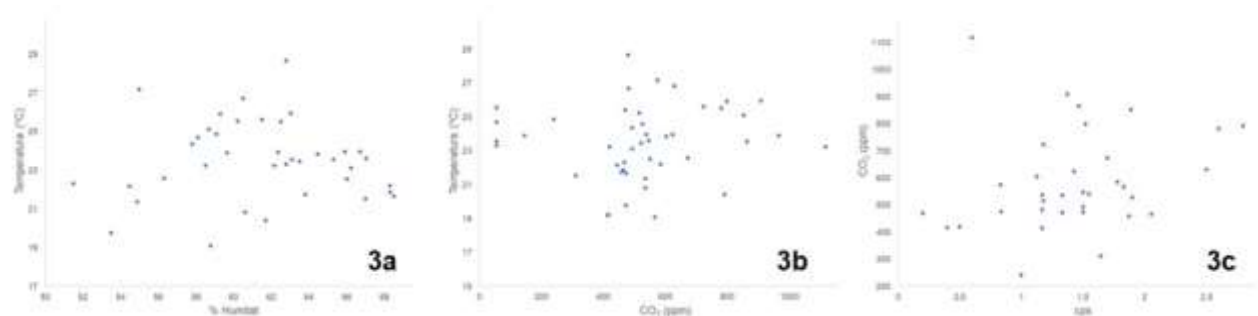
S'observa que els punts on hi ha una elevada concentració de  $CO_2$  corresponen als punts propers a la B-20 o Ronda de dalt, sobretot al davant del Vall Hebrón i als voltants de la sortida 4. S'observen dos punts de concentracions altes al voltant dels carrers Llobregós i la Font d'en Fargues. Les zones amb baixa concentració de  $CO_2$  es van assolir al carrer d'Aiguafreda, passant per la Clota, i al turó de la Rovira.



Gràfica 1. Correlació lineal entre el grup de dades obtingudes amb dos sensors de temperatura així com les dades mesurades amb els dos sonòmetres diferents.



Gràfica 2. Correlació lineal entre els decibels mesurats i la concentració en ppm de CO<sub>2</sub> (2a) i correlació lineal entre radiació solar i intensitat lumínica per dies (2b).



Gràfica 3. No s'observen correlacions entre els paràmetres de temperatura, humitat, concentració de CO<sub>2</sub> i radiació.

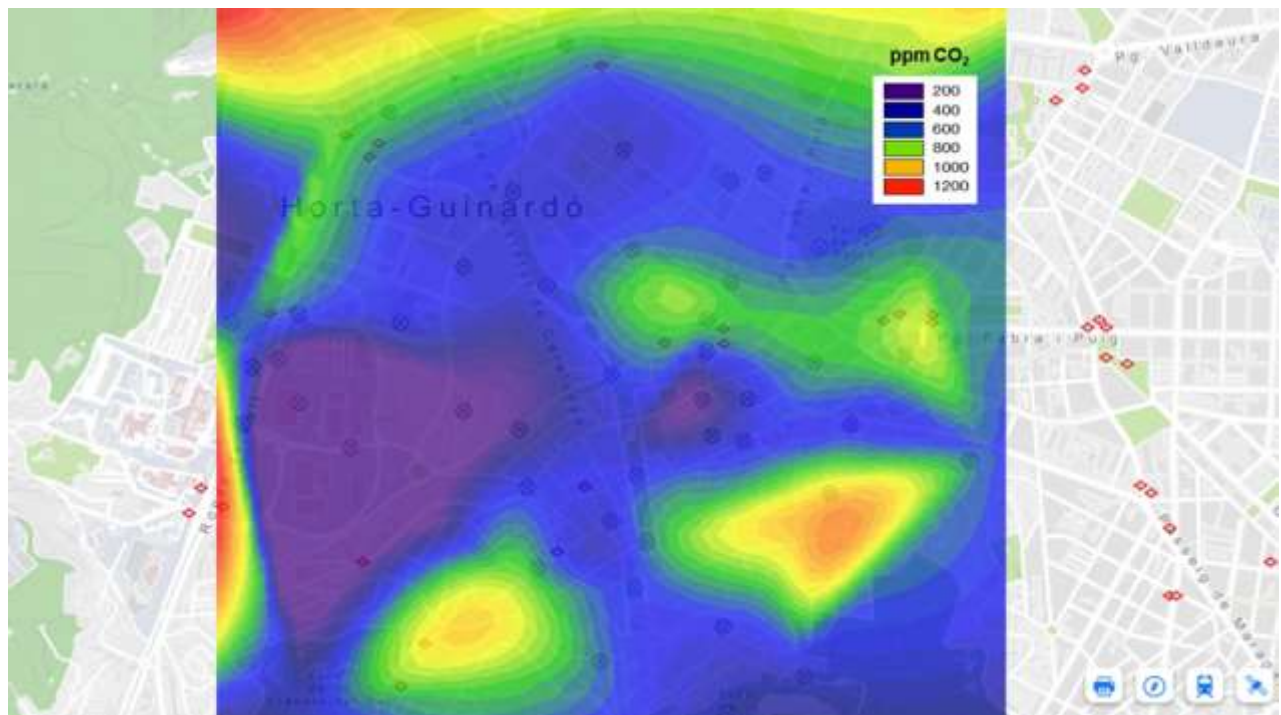


Figura 4. Variació de la concentració de CO<sub>2</sub> en la zona del voltant de l'escola. En la figura es pot observar els punts on s'han fet les mesures. En vermell els punts d'elevada concentració mentre que en lila la part amb una concentració menor.

En la figura 5, s'observa el mapa de colors obtingut després d'analitzar les mesures de decibels. De forma encertada, s'observa que els punts amb una mesura del soroll elevada corresponen als voltants de la B-20 o Ronda de Dalt i al voltant de l'escola (a prop del carrer Granollers hi ha tres escoles i diverses zones en obres).

Si se solapen els dos mapes de contorn de colors per fer-ne un de sol (tal i com s'ha fet a la figura 6), es poden visualitzar zones amb una bona, mitjana o baixa qualitat ambiental perquè s'acaben generant bàsicament tres tonalitats de colors.

*Qualitat bona:* als voltants del carrer d'Aiguafreda, La Clota i els turons de La Rovira, La Peira i La Creueta.

*Qualitat mitjana:* als voltants la plaça Eivissa, Campoamor, carrer Lisboa, Llobregós i Passeig Maragall.

*Qualitat baixa:* als voltants de l'escola direcció Tajo, Lisboa i Passeig Maragall, La Ronda de Dalt i la part alta del Carmel (Calderón de la Barca, pujant cap al turó de la Rovira).

## CONCLUSIONS

Gràcies a aquest treball de camp, els alumnes han planificat la presa de dades, han fet les mesures, han aplicat criteris estadístics per comparar grups de dades, per rebutjar dades anòmales o per buscar relacions entre paràmetres, han generat mapes de colors i finalment han generat unes conclusions.

És un treball molt agraït de fer, un treball molt de camp en el que els alumnes s'impliquen en les diferents etapes del procés. En total es van dedicar 5 setmanes de treball. Per a la presa de dades van caldre 4 dies per fer un escombrat del terreny i es van generar grups per fer les mesures, fer els càlculs i per anotar els resultats. Un cop a l'escola, el primer dia es van exportar totes les dades a un full de càlcul i el dia següent es van fer grups per estudiar si hi havia punts anòmales. Al llarg de les dues setmanes següents es van fer els estudis descrits de correlació, comparació i elaboració de mapes de colors. Els últims dies es van dedicar a escriure els resultats i les conclusions per fer un pòster per a l'escola i posar les bases per redactar un article. En total s'han dedicat unes 23 hores de

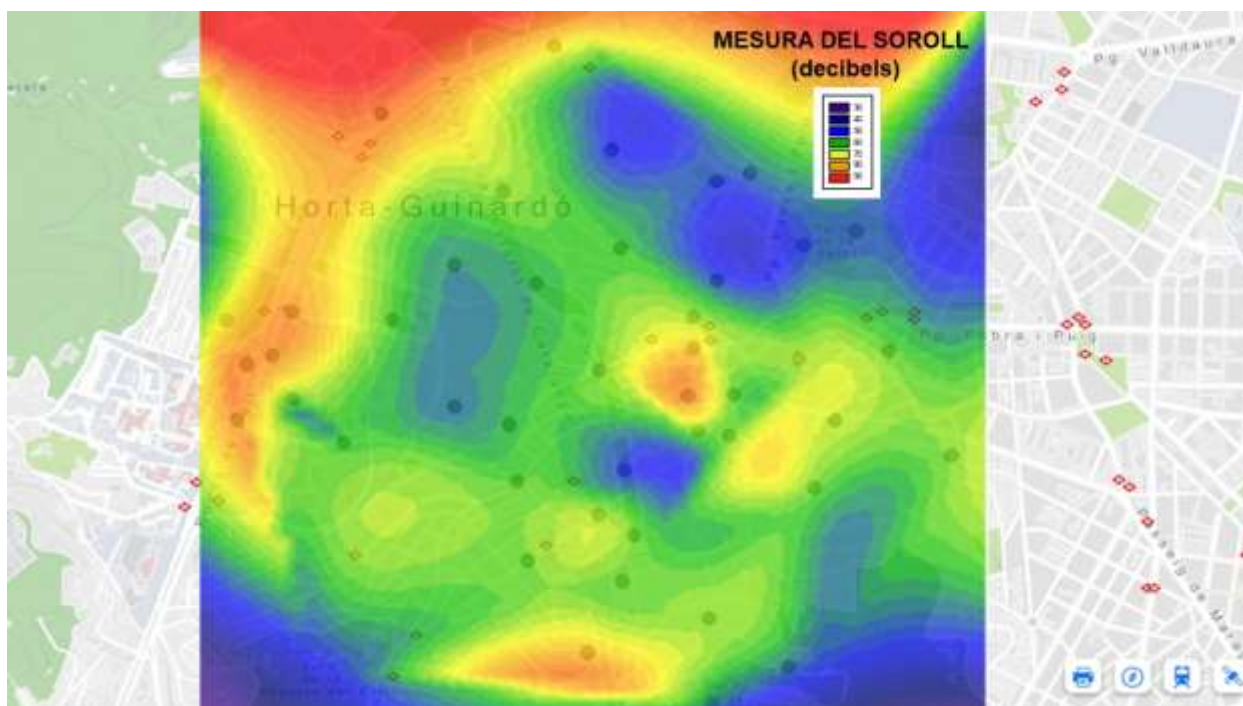


Figura 5. Variació del nivell de soroll (dB) en la zona del voltant de l'escola. En la figura es pot observar els punts on s'han fet les mesures. En vermell els punts amb una intensitat sonora alta i el lila-blau baixa intensitat sonora.



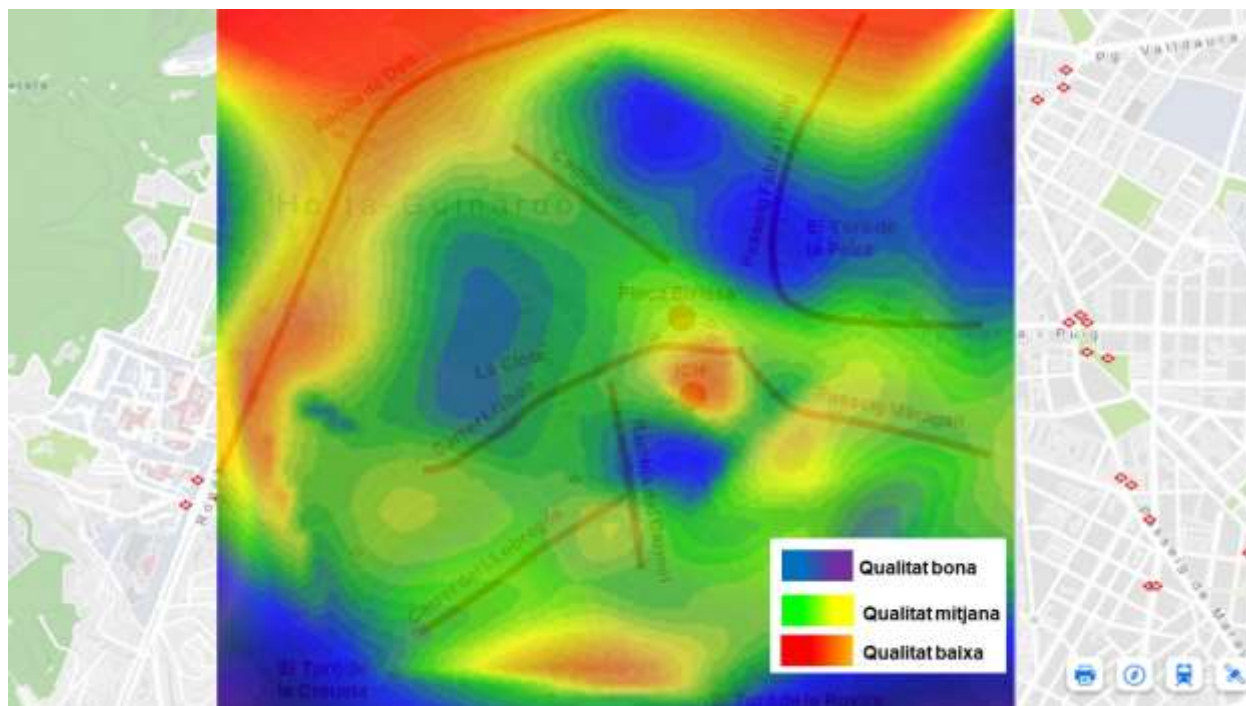


Figura 6. Mapa final que ens permet definir les zones de bona, mitjana i baixa qualitat ambiental basats en mesures de soroll ambiental i concentració de diòxid de carboni.

treball: 15h corresponents a l'assignatura de Reptes Científics i 8h d'altres assignatures per poder fer les sortides corresponents per prendre les dades pel barri.

Pel que fa als programes emprats, l'Excel és una bona ajuda ja que és un programa fàcil d'utilitzar i que tothom té a l'abast. En el cas d'observar correlacions lineals, l'índex de correlació lineal és un paràmetre molt útil per confirmar les correlacions, per animar-los a buscar la millor regressió lineal i també per calcular de forma simple l'error associat al pendent. Donat que es tenien paràmetres mesurats amb diferents sensors, també el treball ens va permetre aprofundir en test estadístics com la t de Student i l'anàlisi per correlacions lineals. Per tal de generar els mapes de colors es va optar no fer-ho amb l'Excel ja que hi ha altres programes, com el SigmaPlot, que generen gràfiques 3D sobre un mapa 2D de forma molt més visual i atractiva.

Gràcies a les dades obtingudes, s'han estudiat les relacions entre diferents paràmetres mesurats. S'ha trobat una relació lineal entre la concentració de CO<sub>2</sub> i els decibels o bé la radiació solar i la intensitat lumínica. A més, els mapes de gradient de colors, han permès identificar zones de Horta-

Guinardó amb una qualitat ambiental similar. S'ha confirmat la sospita que els que tenen una qualitat pitjor són els que estan al voltant de les vies de comunicació i carrers amb més transit.

La valoració final és que és un treball que promou l'esperit crític entre l'alumnat, un treball en el que els alumnes fan recerca, on la part teòrica d'anàlisi i tractament de dades els alumnes l'aprenen d'una forma efectiva donat que és una estratègia directa sobre casos que ells mateixos generen i un treball que els permet treure conclusions.

## AGRAÏMENTS

Aquest treball no podria haver-se fet sense l'ajuda del CESIRE i del CRP Horta-Guinardó.

## BIBLIOGRAFIA

Miller, J.N., Miller, J. C., Jiménez, C. M. i Hornillos, R. I. (2002). *Estadística y quimiometría para química analítica (4a ed.)*. Pearson Educación. Madrid. ISBN: 84-205-3514-1