

TÍTULO: «LA DETERMINACIÓN DEL CO₂ DE ORIGEN VOLCÁNICO COMO PROYECTO EXPERIMENTAL PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS»

AUTOR: Álvaro Moneo Marín

INTRODUCCIÓN

En esta disertación, exponemos la experiencia realizada con alumnado de 4º ESO del CEO Manuel de Falla (La Orotava) dentro de la materia de Física y Química. Para ello, analizamos aspectos como la idiosincrasia del alumnado del centro, su contexto socio-cultural y la influencia de la experimentación en campo y aula-laboratorio como herramienta para despertar su inquietud científica, motivarles y hacerles ver su gran potencial. Como temática del proyecto de investigación nos centramos en la determinación de la emisión difusa de CO₂ y su aplicación como herramienta de control de la actividad volcánica. La novedad del proyecto experimental, despertó un interés inesperado en el alumnado, con un impulso emocional evidente, que se tradujo en un gran salto cualitativo en su proceso de alfabetización científica.



Vista del Teide desde nuestro centro

MARCO TEÓRICO

En la última década, la dimensión emocional, tanto en el alumnado como en el profesorado, ha sido objeto de numerosos estudios en didáctica de la ciencia.^{1,2} En cuanto a las emociones en el alumnado, podemos considerar que se ha llegado a un consenso generalizado sobre la influencia³ que la madurez emocional tiene en el proceso de aprendizaje y, por tanto, en su rendimiento escolar. A su vez, su madurez emocional influye en

su propia percepción de capacidad⁴ y en las expectativas de su rendimiento, llegando incluso, a encontrarse una correlación positiva significativa entre ambos términos.^{5,6} Parece entonces esencial la creencia que el alumnado tiene de sus propias capacidades, pues suele ocurrir que en los contextos con altas ratios de fracaso, perciben que su situación académica es fruto de causas externas a ellos, mientras que en contextos con bajos ratios, el alumnado es consciente de su responsabilidad ante un fracaso, mostrando un mayor control de la situación y una madurez que les permite superarlo.⁷

Ya en el Área de la Didáctica de las Ciencias, se ha trabajado intensamente para desarrollar metodologías que inciten el interés en el alumnado por estas materias, motivándoles a aprender la ciencia, quitando esa idea de lejanía y dificultad que tiene el alumnado sobre unos conocimientos abstractos que nada tienen que ver con ellos. La conexión entre el conocimiento cotidiano y el escolar, mediante la utilización de las actividades fuera del contexto ordinario del aula, ha sido una alternativa de cara a conseguir este objetivo. Parece evidente que, en lo que respecta a la enseñanza de las ciencias, estas actividades son muy pertinentes cuando los objetivos conceptuales, actitudinales o procedimentales no pueden alcanzarse en su totalidad en el aula.⁸ Existen evidencias substanciales⁹ de que el trabajo en campo, con actividades bien concebidas y planificadas, con un adecuado seguimiento por parte del docente, ofrece al alumnado oportunidades de desarrollar su conocimiento y sus habilidades, eso sí, con una adecuada contextualización de la ciencia en lo cotidiano¹⁰, puesto que la interpretación y comprensión de lo que ocurre a su alrededor, de los fenómenos y de los contenidos, hace que éste se motive a seguir evolucionando en su proceso de aprendizaje.

Por otro lado, la utilización del aula-laboratorio, como recurso imprescindible para el aprendizaje de la ciencia, no siempre ha sido todo lo habitual que se podría esperar. La reticencia de docentes acostumbrados a una metodología tradicional de aula ordinaria, libro de texto, la limitación de recursos tanto humanos como materiales, la escasa valorización de la ciencia en nuestra sociedad, son factores que, sin duda, no han sido nada

favorables. A su vez, las experiencias de laboratorio, no siempre tienen el fruto deseado, debido a que se fundamentan simplemente en meros guiones, fijados de antemano por el/la docente, que el alumnado debe seguir como autómatas para comprobar lo estudiado en clase¹¹, sin dejar espacio a la curiosidad y la innovación propias de una auténtica persona de ciencia, dándose el caso de que, el alumnado incluso ya conoce los resultados que deben obtener.¹²

DESARROLLO DEL PROYECTO Y RELACIÓN CON EL CURRÍCULO

Nos encontrábamos al inicio del curso con un grupo de 6 alumnos y 1 alumna de la materia de Física y Química de 4º ESO, con una madurez científica que no correspondía a su nivel educativo y, con una baja motivación e ímpetu por conseguir acabar con éxito su etapa de la ESO. Parecía obvio que era necesario emplear una metodología que creara un impacto emocional que revertiera esta situación tan negativa.

Teniendo en cuenta esta realidad, el contexto socio-cultural del centro y lo analizado en el Marco Teórico en lo que a la enseñanza de la ciencia se refiere, planteamos la idea de desarrollar un proyecto al puro estilo de la ciencia experimental real, pero sin olvidar el currículo oficial, es decir: que fuera novedoso, que permitiera al alumnado ser el protagonista de su aprendizaje, manejar el instrumental y reactivos del laboratorio y, conectar tanto con los contenidos del currículum como con su contexto cotidiano fuera del aula, dando como resultado un producto que tuviera una repercusión social final.

En cuanto al currículum de la materia de Física y Química de 4º ESO, nos encontramos con contenidos como: analizar y utilizar las tareas de la indagación científica, aplicar el método científico en la resolución de problemas, la química del carbono y el estudio de las reacciones químicas más importantes, entre ellas, las reacciones ácido-base.

Tras barajar diferentes opciones con el alumnado, entramos en contacto con el Instituto Volcanológico de Canarias (INVOLCAN) que desarrolla proyectos de investigación en el área de las cien-

cias experimentales, entre ellos, la determinación del CO₂ de emisión difusa como herramienta para el control de la actividad volcánica en las Islas Canarias. Además, nos informaron que podríamos presentar el trabajo en la Feria de la Ciencia y los Volcanes.

La temática del proyecto nos resultó muy interesante, ya que, según los datos científicos¹³ de los últimos 20 años, nuestras islas han experimentado un importante aumento de la actividad volcánica en términos de emisión difusa de CO₂, terremotos menores, descargas de gases en las fumarolas y otros procesos sísmicos. De hecho, el aumento en la emisión de CO₂ en el cono del Teide se debe a movimientos de magma bajo la superficie. Por esta razón, el INVOLCAN monitoriza toda esta actividad geológica con el objetivo de proteger a la población de posibles riesgos.

Entre los diversos métodos empleados para la determinación del CO₂ de origen volcánico, se encuentra el llamado «trampa alcalina» o, como se le conoce internacionalmente: «*static closed accumulation chamber*», que permite calcular, de manera sencilla, los gramos de CO₂ emitidos por metro cuadrado y día en una determinada zona. Dado que el instrumental y reactivos empleados son básicos y que, el INVOLCAN se ofreció a facilitarnos todo lo necesario, concluimos que el proyecto cumplía con los requisitos planteados y decidimos participar como centro colaborador.

PARTE EXPERIMENTAL

Las trampas alcalinas consisten en un tubo plástico, con su base abierta y la parte superior cerrada con una tapa hermética, que es enterrado a unos 50 cm de profundidad. En el interior del tubo se coloca un recipiente, en nuestro caso un tupper de plástico, que contiene una disolución básica 1N de KOH (Hidróxido potásico), en nuestro caso 50 ml. Esta disolución básica será la encargada de reaccionar con el CO₂ que emite el suelo y, que presenta naturaleza química ácida. La reacción que se produce entre el KOH y el CO₂ es una ácido-base típica: $2\text{KOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Como podemos observar, en esta disolución básica, el CO₂ atrapado se encuentra en su forma química carbonato (CO₃²⁻).



El alumnado colocando la trampa

Por tanto, el primer paso consistió en elegir una localización adecuada para colocar la trampa dentro del recinto del centro. Afortunadamente, el CEO Manuel de Falla tiene a su disposición un extenso terreno no cementado en la parte posterior del edificio de aulas, en el que se sitúa el huerto escolar, el corral de cabras, una caseta de aperos y el resto, terreno libre sin cultivar desde hace años. A su vez, buscábamos zonas en las que no había, o no hubo en un tiempo cercano, cultivos agrícolas, de cara a evitar detectar emisiones de CO₂ de origen orgánico (no volcánico) que contaminaran las muestras. Decidimos que, aunque habría que limpiar la mala hierba, la zona más cómoda para cavar los agujeros y proteger la trampa de los juegos de alumnado de infantil y primaria en el recreo sería el terreno más apartado e inalterado. Una vez colocada la trampa con su correspondiente tupper de 50 ml de disolución de KOH en su interior, esta se cerraba herméticamente hasta la recolección de la muestra siete días después. Tras pasar los siete días, se recogía el tupper y se llevaba al laboratorio para su análisis. Dentro de la trampa se colocaba nuevamente otro tupper con otros 50 ml de disolución de KOH frescos y se dejaba otros siete días, y así sucesivamente. Decidimos crear un calendario de recogida y análisis de las muestras, de forma que cada semana, una pareja recogía la muestra y colocaba la nueva (teniendo que preparar las disoluciones nuevas cuando se agotaban) y otra la analizaba y registraba los datos en una hoja de cálculo. De esta forma, todos los miembros del grupo participaba de todas las fases que presenta un experimento real de campo.

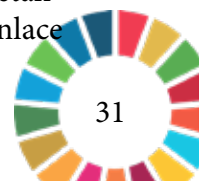
En cuanto a los análisis de las muestras, se realizaban mediante una valoración ácido-base,

empleando el instrumental de vidrio y reactivos necesarios. Como dijimos, uno de los grandes objetivos del proyecto era que, nuestro alumnado se familiarizara con el manejo de instrumental de vidrio y familias de reactivos, realizando ellos y ellas todos los procesos de la investigación. En nuestro caso emplearon: matraces aforados, embudos, erlenmeyer, probetas, pipetas y buretas y, como reactivos: KOH 85% (perlas); HCl ($d=1.185$ g/ml, 35%); indicadores ácido-base: fenolftaleína (1% en etanol) y naranja de metilo (0.1% en H₂O).



Imágenes del proceso de colocación del tupper con disolución de KOH

La secuencia química del análisis de las muestras fue sin duda la parte más compleja, ya que el alumnado desconocía las formas químicas que un ácido o una base puede adoptar en disolución dependiendo del pH, así como, la razón por la que se empleaban indicadores diferentes a lo largo del ensayo. Para solucionar este problema, se alteró la programación de la materia, adelantando el estudio de las reacciones ácido-base conectándolas directamente con los contenidos de enlace



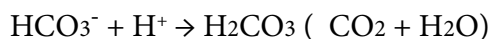
químico y las características periódicas de los elementos. De esta forma, lograron entender, la razón por la cual se forman los cationes y aniones, así como, su reactividad. El concepto de pH como escala logarítmica, fue también un obstáculo, que resolvimos acordando con la docente de matemáticas que adelantara estos conceptos en su programación. Como vemos, la interdisciplinariedad del proyecto, requería de una correcta coordinación y cooperación entre el equipo docente.

Entrando ya en la secuencia química, el análisis de la muestra comienza con la neutralización del exceso de iones hidroxilo (OH⁻) presentes en el tupper, que no han reaccionado con el CO₂ y, así, llevar el pH de la disolución hasta prácticamente la neutralidad, pero sin llegar a ella totalmente. Se emplea para ello una disolución de HCl 1N y fenolftaleína como indicador ácido-base. La fenolftaleína, que en medio básico tiene color violeta, cambia a rosa muy pálido, indicando que todos los OH⁻ en exceso han sido neutralizados.

Posteriormente, con la disolución de HCl 0.1N en la bureta, se lleva la disolución de color rosa claro hasta la neutralidad (transparente). El volumen gastado de HCl 0.1N se anota como V1. En este rango de pH, todo el CO₃²⁻ se convierte a su forma bicarbonato (HCO₃⁻)



Llevada la disolución a pH neutro, se le añaden unas gotas de indicador naranja de metilo, indicador que vira de color naranja (pH neutro) a rojo ladrillo (pH≈3). Sin rellenar la bureta, se sigue valorando el HCO₃⁻ de la muestra con HCl 0.1N hasta que la disolución cambia de color a rojo indicando que todo el bicarbonato se ha consumido. Anotamos ese volumen gastado como V2.



Reactivos utilizados, disoluciones y alumnado en el proceso de valoración ácido-base.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Se tomaron alícuotas de 10 ml de las muestras obtenidas para su valoración. Los gramos de CO₂ de emisión difusa por m² y día se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$g \text{ CO}_2 \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = M_{\text{HCl}} \left(\frac{\text{mmol}}{\text{ml}} \right) \cdot (\text{ml}_{V2} - \text{ml}_{V1}) \cdot 2 \cdot \frac{\text{CO}_2 \left(\frac{\text{mg}}{\text{mmol}} \right)}{2} \cdot \frac{V \text{ KOH recogido (ml)}}{V \text{ alicuota valorada (ml)}} \cdot \frac{1}{\text{Área (m}^2) \cdot \text{días}} \cdot \frac{1 (g)}{1000 (mg)}$$

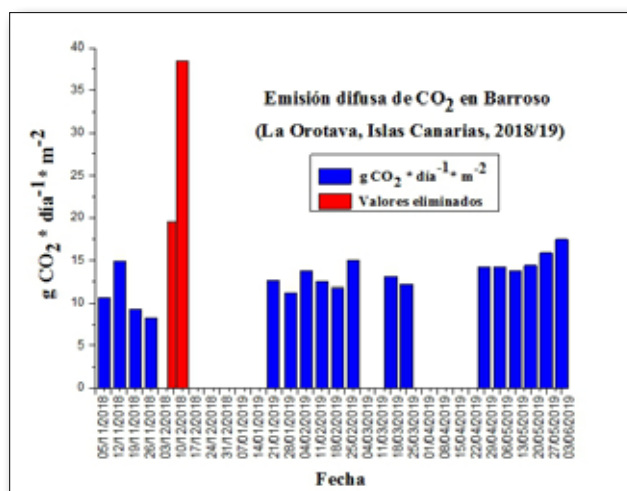


Gráfico 1. Valores de emisión de CO₂ recogidos desde el 18 de noviembre al 3 de junio (en g CO₂ · día⁻¹ · m⁻²)

Según los datos, obtenemos un valor promedio de 13.07 g CO₂ · día⁻¹ · m⁻², un valor ligeramente superior a los mostrados por el INVOLCAN en su boletín¹⁴ mensual, posiblemente debido al uso del terreno a cultivo en el pasado o a la presencia de vegetación muerta. Como podemos ver, en el mes de diciembre, solo se tomaron dos muestras con resultados muy elevados, que fueron eliminados del cálculo final al considerarlos contaminados. Podemos observar también, un pico máximo de emisión en el último mes de junio, lo que parece indicar una tendencia ascendente en las emisiones en los últimos meses del proyecto.

CONCLUSIÓN

El proyecto desarrollado en el CEO Manuel de Falla por el alumnado de 4º de ESO, ha demostrado varias realidades. En primer lugar, que emplear la experimentación en las materias de ciencias es

esencial para el proceso de aprendizaje del alumnado. El hecho de tener que realizar un trabajo en equipo y saber que su trabajo va a ser expuesto en una feria científica, generó una interdependencia positiva sin precedentes, traduciéndose en una motivación que no estaba presente al inicio del curso y que se reflejó en la adquisición de conocimientos



CEO Manuel de Falla

a lo largo del curso y como consecuencia, en sus calificaciones finales. Por otro lado, el hecho de trabajar en parejas, e ir alternado sus miembros, potencia la responsabilidad, el respeto y la inclusión de todos los miembros como iguales. A su vez, la temática ligada a su contexto rural a los pies del Teide, hizo que el interés surgiera desde el primer momento, corroborando la idea de la idoneidad de sacar del aula al alumnado y de contextualizar los aprendizajes.

La manipulación de instrumental de laboratorio, delicado, caro, con reactivos peligrosos a pesar de la supervisión docente, con realización de medidas que requieren exactitud máxima, la repercusión que el proyecto tuvo tanto en la comunidad educativa, como en el propio contexto local generaba en el alumnado aún más atención, concentración, templanza, algo que hasta entonces no habían experimentado. Y un hecho de suma importancia, tener que hablar por primera vez en su vida en público, ante cientos de alumnos y alumnas de su edad, desconocidos, habiendo tenido que prepararse la exposición, superando los miedos y los nervios, no hay duda de que no lo olvidarán nunca.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al INVOLCAN por darnos la oportunidad de participar en su proyecto experimental, así como, por facilitarnos todos los materiales y reactivos necesarios para el ensayo. Agradecer también a Lorena Acuña, profesora de Biología y Geología del CEO Manuel de Falla por

su inestimable ayuda.

CEO Manuel de Falla

REFERENCIAS

- 1 Frenzel, A.C. (2014) Tacher Emotions. In R. Pekrun and L. Linnenbrink (Eds), *International Handbook of Emotions in Education* (pp. 494-519) Florence: Taylor and Francis.
- 2 Garritz, A. (2010) La enseñanza de las ciencias en una sociedad con incertidumbres y cambios acelerados. *Enseñanza de las Ciencias*, 28 (3), 315-326.
- 3 Alsop, S., Watts, M. (2003) Science education and affect. *International Journal of Science Education*, 25 (9), 1043-1047.
- 4 Stephanou, G. (2011) Students' classroom emotions: socio-cognitive antecedents and school performance. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 9 (1), 5-48.
- 5 Gil-Olarte, P., Palomera, R., Brackett, M.A. (2006) Relating emotional intelligence to social competence, and academic achievement among high school students. *Psychothema*, 18 (supl.), 118-123.
- 6 Ferrando, M., Prieto, M., Almeida, L., Ferrándiz, C., Bermejo, R., López-Pina, J., Hernández, D., Sainz, M., Fernández M. (2011) Trait Emotional Intelligence and Academic Performance: Controlling for the effects of IQ, personality, and self-concept. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 29 (2), 150-159.
- 7 Kingston, E. (2008) Emotional competence and drop-out rates in higher education. *Education+Training* 50 (2), 128-139.
- 8 Vilarrasa, A. (2003) Salir del aula. Reapropiarse del contexto. *Didáctica de las ciencias sociales, geografía e historia*, 36, 13-25.
- 9 Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K., Morris, M., Young, M., Sanders, D., Benefield, P. (2004) *A Review of Research on Outdoor Learning*.

London: NFER & Kings College, London.

10 Jiménez-Liso, M.R., De Manuel, E. (2009) La química cotidiana, una oportunidad para el desarrollo profesional del profesorado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8 (3), 878-900.

11 Hofstein, A, Lunetta, V.N. (2002). The laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88 (1), 28-54.

12 Jiménez, G., Llobera, R., Llitjós Viza, A. (2005). Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3).

13 Pérez, N.M., Hernández, P.A., Padrón, E., Melián, G., Nolasco, D., Barrancos, J., Padilla, G., Calvo, D., Rodríguez, F., Dionis, S., Chiodini, G. *Journal of the Geological Society*. 2013, 170, 585-592.

14 <http://www.involcan.org/boletin-mensual/>

