



Impacto del cambio climático en la formación de estudiantes: Un enfoque Geomático

Impact of climate change on student learning: A Geomatics approach

Anquela Julián, Ana Belén^a, Martín Furones, Angel^b, Marqués Mateu, Angel^c, Garrido Villén, Natalia^d y Berné Valero, José Luis^e

^aUniversitat Politècnica de València, anquela@upv.es ^bUniversitat Politècnica de València aemartin@upv.es .

^cUniversitat Politècnica de València amarques@upv.es ^dUniversitat Politècnica de València ngarrido@upv.es .

^eUniversitat Politècnica de València jlberne@upv.es .

How to cite: Anquela Julián, A.B.; Martín Furones, A.; Marqués Mateu, M.; Garrido Villén, N. y Berné Valero, J.L. (2024). Impacto del cambio climático en la formación de estudiantes: Un enfoque Geomático. En libro de actas: *X Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 11 - 12 de julio de 2024.

Doi: <https://doi.org/10.4995/INRED2024.2024.17391>

Abstract

This experience allows students of the master's degree in Geomatics and Geoinformation Engineering to assess the consequences of climate change. A learning methodology has been incorporated to quantify the environmental consequences of the processes derived from climate change and their relationship with the three SDG13 goals through the development of a project. The variation of the altimetric component is studied at points located at latitudes close to the poles, on the Antarctic, North American and Eurasian plates. The solution of the positions over time is available through the database provided by the NASA Crustal Dynamics Data Information System. The results are shared and discussed. Subsequently, students complete an anonymous survey to obtain relevant information regarding whether this coordinated project has contributed to their knowledge of sustainability and the UN-driven SDGs (Sustainable Development Goals). The results obtained show an elevated level of student satisfaction with the activity developed

Keywords: SDG13; Project-based learning; Geomatics

Resumen

Esta experiencia permite a estudiantes del máster de ingeniería Geomática y Geoinformación valorar las consecuencias del cambio climático. Se ha incorporado una metodología de aprendizaje que permite cuantificar las consecuencias medioambientales de los procesos derivados del cambio climático y su relación con las tres metas del ODS13 a través del desarrollo de un proyecto. Se estudia la variación de la componente altimétrica en puntos situados en latitudes próximas a los polos, sobre las placas Antártica, norteamericana y Euroasiática. La obtención de las posiciones a lo largo del tiempo está disponibles a través de la base de datos proporcionado por la NASA Crustal Dynamics Data Information System. Se hace una puesta en común de los resultados y discusión. Después,

los estudiantes completan una encuesta anónima para obtener información relevante sobre si este proyecto coordinado ha contribuido con su conocimiento sobre sostenibilidad y los ODS impulsados por la ONU. Los resultados obtenidos muestran un nivel de satisfacción del estudiantado alto con respecto a la actividad desarrollada

Palabras clave: ODS13; Aprendizaje basado en proyectos; Geomática

1. Introducción

El estudio del movimiento de la corteza terrestre generado por la rápida pérdida de masa de hielo de los glaciares y capas de hielo de la Tierra se ha tenido en cuenta en numerosos estudios científicos. Uno de estos estudios es el de Coulson (2021), que demuestra que los cambios de masa en la capa de hielo de Groenlandia y en los sistemas glaciares de alta latitud generaron cada uno un movimiento medio de la corteza de 0,1-0,4 mm/año en gran parte del hemisferio norte, con una importante variabilidad interanual en magnitud y dirección. El cambio climático afecta de manera global a todo el planeta, y tiene un impacto negativo sobre toda la economía y la ciudadanía en general (Anquela 2021).

El objetivo de este trabajo consiste en incorporar metodologías de aprendizaje basada en proyectos en las asignaturas de Programación para aplicaciones geoespaciales, Big Data/Minería de datos geoespaciales y Posicionamiento, de forma que los estudiantes puedan cuantificar las consecuencias medioambientales de los procesos derivados del cambio climático.

Los resultados del estudio de Zhang (2023) mostraron que, en comparación con el modelo de enseñanza tradicional, el aprendizaje basado en proyectos mejora significativamente los resultados de aprendizaje de los alumnos y contribuye positivamente al rendimiento académico, las actitudes afectivas y las habilidades de pensamiento. Paralelamente, el empleo de metodologías activas orientadas a la concienciación, adaptación y mitigación de las consecuencias del cambio climático se viene empleando desde hace ya varios años. En el estudio de Gavilanes (2021), orientado a estudiantes de secundaria, se busca testear la validez de la educación ambiental como una estrategia que aporte para la mitigación y adaptación al cambio climático.

Esta experiencia ha sido diseñada para estudiantes del Máster de Ingeniería Geomática y Geoinformación en el marco de un proyecto de innovación docente de título ODS 13 y Geomática: Aplicación de metodologías de aprendizaje orientadas a la evaluación de consecuencias del cambio climático (PIME/21-22/249). Las asignaturas involucradas han sido Programación para aplicaciones geoespaciales (primer curso, cuatrimestre A), Big Data/Minería de Datos geoespaciales (primer curso, cuatrimestre A), y Posicionamiento (primer curso, cuatrimestre B). Estas asignaturas son obligatorias para todos los estudiantes del máster. Los resultados de la experiencia se obtienen en la asignatura de posicionamiento, que tiene matriculados este curso académico 30 estudiantes, 20 de los cuales proceden del grado de ingeniería Geomática y Topografía, 3 son estudiantes de intercambio académico del programa Erasmus, y 7 son estudiantes cuyo grado de referencia es similar a la ingeniería geomática y Topografía en sus países de origen. Es importante señalar que, a pesar de la aparente heterogeneidad del grupo, su nivel de conocimientos es equilibrado, y las pequeñas diferencias de formación inicial han sido muy beneficiosas para la puesta en común, discusión final de la experiencia y el enriquecimiento de la discusión.

2. Objetivos

El objetivo fundamental de este trabajo es incorporar en las metodologías de aprendizaje de las asignaturas Programación para aplicaciones geoespaciales, Big Data/Minería de datos geoespaciales y Posicionamiento una experiencia que permita cuantificar las consecuencias medioambientales de los procesos derivados del cambio climático, y su relación con tres de las metas del ODS13 (Acción por el clima)

METAS DEL ODS13 QUE SE TRABAJAN

13.1 Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.

13.3 Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana

13. Promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático en los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo.

Este escenario propicia la bondad que supone relacionar la tecnología y la consecución de los ODS (I García 2020). Son muchas las universidades que ya trabajan bajo esta premisa, sin embargo, queda mucho margen para avanzar en este sentido, y la Geomática y la Cartografía son fuente de infraestructura básica de evaluación de problemas y propuesta de soluciones en los objetivos de Desarrollo sostenible.

Paralelamente, como objetivos específicos se ha trabajado en:

- A. Automatizar el procedimiento de captura de coordenadas de las estaciones permanentes GNSS cercanas a los polos
- B. Automatizar el proceso de transformación de coordenadas a un sistema único que permita evaluar las variaciones de las coordenadas
- C. Generación de un interfaz que contribuya a la sensibilización del problema del cambio climático y proporcione mecanismos que faciliten la alerta temprana.
- D. Contribuir al PIME institucional solicitado por la ETSIGCT, consistente en la incorporación de los ODS a las materias de los planes de estudio mediante la experiencia desarrollada en el ámbito del ODS13
- E. Profundizar y ampliar el trabajo desarrollado en el PIME institucional “Aprendizaje basado en proyectos en el Máster Universitario en Ingeniería Geomática y Geoinformación”

3. Desarrollo de la innovación

Como resultado de actividad, los estudiantes han presentado, por grupos de 2-3 personas, la tendencia de desplazamiento en la componente de altura elipsoidal de un grupo de estaciones permanentes GNSS (Global Navigation Satellite System). El periodo en el que se tiene registro de la variación de coordenadas puede ser variable en función de la estación seleccionada.

Los estudiantes representaron de forma gráfica la variación semanal de la posición en altura de un grupo de estaciones permanentes, para buscar tendencias que impliquen una aceleración en el proceso del deshielo producido por el cambio climático. En teoría, al desaparecer la masa helada, su peso debe compensarse con movimientos isostáticos de las placas tectónicas en las zonas polares, que ascienden en estas zonas. Este es el aspecto fundamental que los estudiantes han valorado. Mediante esta experiencia se trabaja de forma simultánea las competencias específicas de las asignaturas implicadas en el pime con la aplicación de metodología de aprendizaje por proyectos.

La actividad se desarrolla de forma completa en la asignatura de posicionamiento, pero ha sido necesario trabajar previamente varios conceptos en las asignaturas del cuatrimestre A programación para aplicaciones geoespaciales y Big Data/Minería de Datos geoespaciales.

Las estaciones permanentes empleadas pertenecen al IGS (International GNSS Service).

En la figura 1 aparecen los datos representados para una de las estaciones permanentes. Se puede observar cómo en el eje de abscisas aparece representado en tiempo, y en el eje de ordenadas la variación en altura del punto considerado con respecto a la primera posición de la que se tiene registro.

En esta figura aparecen representados 4 posiciones en un año, registrados en los distintos periodos estacionales.

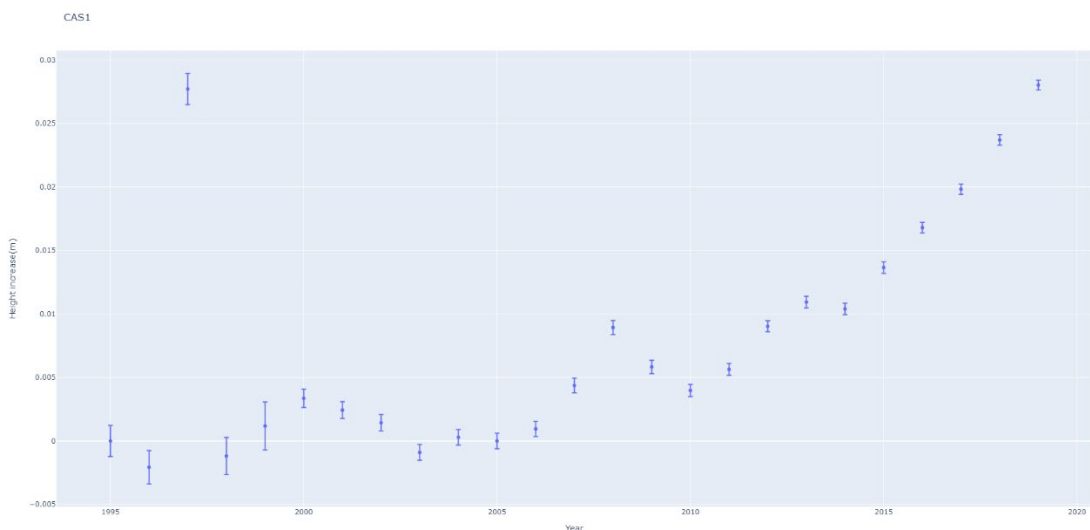


Figura 1. (Propiedad: Trabajo del estudiante Carlos Martínez. Evaluación de efectos del cambio climático empleando técnicas de geodesia espacial: caso de variación de en altura de estaciones permanentes GNSS por equilibrio isostático)

La obtención de las diferentes posiciones a lo largo del tiempo está disponibles a través de la base de datos proporcionada por la NASA CDDIS (NASA Crustal Dynamics Data Information System), que ofrece diferentes soluciones de ajuste para los datos GNSS, disponibles para la comunidad científica y el público en general. Las soluciones de ajuste se refieren a la forma en que los datos GNSS se procesan y analizan para determinar la posición y el movimiento de los receptores GNSS.

La solución elegida se encuentra disponible a partir de la semana 0729 (01/01/1994) y hasta la semana 2221 (31/07/2022).

DESCARGA DE DATOS

Para la automatización de los datos se ha realizado un script en Python empleando una petición HTTPS a la web de la NASA.

https://cddis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/CDDIS_Archive_Access.html.

La información necesaria, organizada en semanas GPS se encuentra:

<https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/products/>

La información que se ha rescatado corresponde a las coordenadas cartesianas geocéntricas XYZ, que posteriormente se han transformado a cartesianas locales NEh

```

IGSO03SNX_1994170000_07D_07D_SNX: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
295 LOD ---- -- 6 94:322:43200 ms 2 2.10253867984470e+00 0.00000e+00
296 LOD ---- -- 7 94:323:43200 ms 2 2.02617180073821e+00 0.00000e+00
297 XGC ---- -- 1 94:320:43200 m 2 0.00000000000000e+00 0.00000e+00
298 YGC ---- -- 1 94:320:43200 m 2 0.00000000000000e+00 0.00000e+00
299 ZGC ---- -- 1 94:320:43200 m 2 0.00000000000000e+00 0.00000e+00

-SOLUTION/APRIORI
*
-----
+SOLUTION/ESTIMATE
*INDEX TYPE CODE PT SOLN REF_EPOCH UNIT S ESTIMATED_VALUE STD_DEV
1 STAX ALBH A 2 94:320:43200 m 2 -2.34133286855340e+06 9.11849e-04
2 STAY ALBH A 2 94:320:43200 m 2 -3.53904952400104e+06 1.16529e-03
3 STAZ ALBH A 2 94:320:43200 m 2 4.74579139252227e+06 1.31867e-03
4 STAX ALGO A 3 94:320:43200 m 2 9.18129535215112e+05 6.18783e-04
5 STAY ALGO A 3 94:320:43200 m 2 -4.34607123378049e+06 1.10559e-03
6 STAZ ALGO A 3 94:320:43200 m 2 4.56197782118348e+06 1.21741e-03
7 STAX AOA1 A 1 94:320:43200 m 2 -2.54787984895956e+06 1.11824e-03
8 STAY AOA1 A 1 94:320:43200 m 2 -4.62877393179500e+06 1.61960e-03
9 STAZ AOA1 A 1 94:320:43200 m 2 3.56104988085014e+06 1.35422e-03
10 STAX AREQ A 3 94:320:43200 m 1 1.94282670343810e+06 1.47064e-03
11 STAY AREQ A 3 94:320:43200 m 1 -5.80407025308652e+06 2.50258e-03
12 STAZ AREQ A 3 94:320:43200 m 1 -1.79689399523256e+06 1.32250e-03
13 STAX BLYT A 1 94:320:43200 m 2 -2.22320658123875e+06 1.09275e-03
14 STAY BLYT A 1 94:320:43200 m 2 -4.83029985246954e+06 1.74960e-03
15 STAZ BLYT A 1 94:320:43200 m 2 3.51058771641180e+06 1.42133e-03
16 STAX BOGT A 1 94:320:43200 m 2 1.74439911686388e+06 1.40379e-03
17 STAY BOGT A 1 94:320:43200 m 2 -6.11603786531009e+06 2.84612e-03
18 STAZ BOGT A 1 94:320:43200 m 2 5.12731603030025e+05 1.31074e-03
19 STAX BOR1 A 1 94:320:43200 m 2 3.73838637008860e+06 1.51779e-03
20 STAY BOR1 A 1 94:320:43200 m 2 1.1403734032333e+06 1.13080e-03

<
Linea 810, columna 81 100% UNIX (LF)

```

Figura 2. (Fuente: A. Anquela)

En la figura 2 se muestra la estructura del fichero, donde cada coordenada es una fila, luego cada estación ocupa tres filas. Otro aspecto importante es la época de referencia, (col 6). Se puede observar que se refiere al instante de observación, sin migrarlo a la época de referencia.

Como resultado se obtiene un fichero Geojson, Figura 3, con información relevante para todas las estaciones disponibles en el mismo día de la semana.

```
[{"type": "FeatureCollection", "features": [{"type": "Feature", "properties": {"id": "0BIS", "description": "0BIS", "error_lat": -1.3434942047751974e-09, "error_lon": 6.273790376098987e-09, "h": 131.46652582008392, "error_h": 0.002461917698383313, "time": "2020-01-01 12:00:00", "Antenna": "JAVRINGANT_DM NONE", "Receptor": "TRIMBLE NETR9"}, {"type": "Feature", "properties": {"id": "0BOD", "description": "0BOD", "error_lat": -2.56370213946866e-09, "error_lon": 6.899227855683421e-09, "h": 45.527705936692655, "error_h": 0.0035843979567289352, "time": "2020-01-01 12:00:00", "Antenna": "JAVRINGANT_DM NONE", "Receptor": "TRIMBLE NETR9"}, {"type": "Feature", "properties": {"id": "0FRL", "description": "0FRL", "error_lat": -1.3642704743688228e-09, "error_lon": 6.050413503544405e-09, "h": 112.73065657261759, "error_h": 0.00239242224078655243, "time": "2020-01-01 12:00:00", "Antenna": "JAVRINGANT_DM NONE", "Receptor": "TRIMBLE NETR9"}, {"type": "Feature", "properties": {"id": "0HDG", "description": "0HDG", "error_lat": -1.4781562640564516e-09, "error_lon": 4.720405399893934e-09, "h": 107.44608899764717, "error_h": 0.0023126741871237755, "time": "2020-01-01 12:00:00", "Antenna": "JNSCR_C146-22-1 NONE", "Receptor": "SEPT POLARX5"}, {"type": "Feature", "properties": {"id": "0HNA", "description": "0HNA", "error_lat": -1.1715499681486108e-09, "error_lon": 3.762433919973773e-09, "h": 42.28928548656404, "error_h": 0.0017763730138540268, "time": "2020-01-01 12:00:00", "Antenna":
```

Figura 3. (Fuente: A. Anquela)

Se ha descargado una solución semanal desde la semana 834 (31/12/1994) hasta la semana 2159 (23/05/2021). No obstante, los estudiantes han debido controlar las variaciones producidas por los cambios en los receptores y las antenas.

ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD FINAL

La experiencia se ha realizado en grupo compuesto de 2 o 3 estudiantes, que han trabajado sobre grupos de estaciones permanentes pertenecientes a la misma placa tectónica (figura 5) y cuya latitud sea superior a $\pm 50^\circ$. Los resultados se presentaron en la clase del 8 de mayo de 2023. Durante la sesión se realizó una exposición de los resultados dejando espacio al debate de los mismos. No podemos afirmar que se trate específicamente de un proceso tipo focus group, pero durante el debate se les pidió un análisis de su contribución que, como profesionales de la geomática y conocedores de técnicas de posicionamiento pueden realizar sobre el ODS13 (Acción por el clima).

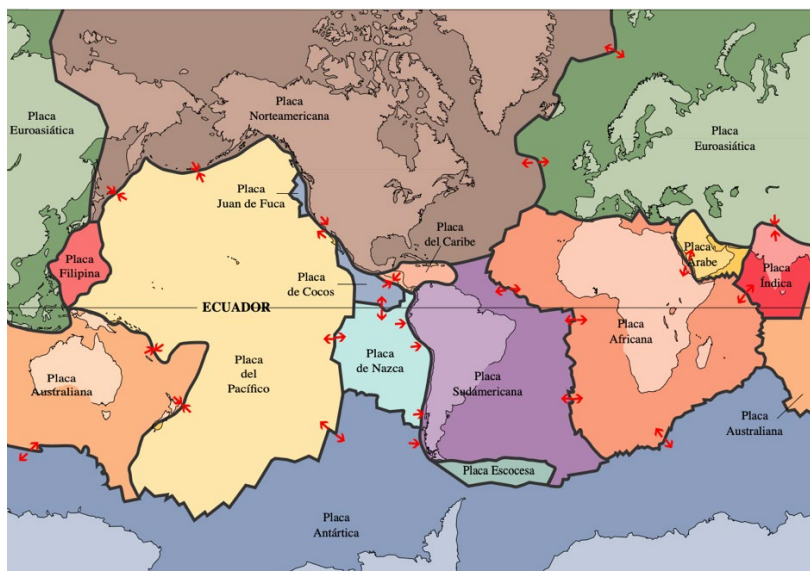


Figura 4. (Fuente:Wikimedia Commons)

Durante la exposición de los trabajos los estudiantes presentaron brevemente su proyecto, comentando el desarrollo que había implementado para llegar a los resultados. Posteriormente mostraban y analizaron sus resultados. Las zonas de estudio se repitieron al menos en dos grupos, lo que facilitó la comprobación de los resultados y el posterior debate.

Adicionalmente, cada estudiante, de forma individual, completó un test. Dicha encuesta es de carácter confidencial y tiene como propósito obtener información relevante respecto a si la actividad académica desarrollada en la asignatura Posicionamiento del máster de ingeniería Geomática y Topografía, ha contribuido con su conocimiento sobre sostenibilidad y los ODS impulsados por la ONU.

Esta encuesta está estructurada en cuatro partes fundamentales y se trata de una adaptación de la realizada por la Asociación de Universidades Populares de Extremadura (AUPEX) y la Diputación de Cáceres desarrollan el proyecto “Jóvenes Globales”, donde se buscaba información sobre la opinión sobre el grado de conocimiento e impacto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en las generaciones más jóvenes. <https://llerena.org/encuesta-de-aupe-x-sobre-el-conocimiento-de-los-ods-que-tiene-la-juventud/>

La primera parte se refiere a datos personales (edad, n de habitantes del municipio que residen, grado universitario de referencia, ...) La segunda parte está diseñada con el objetivo de conocer el grado de conocimiento previo de los ODS (importancia de agenda compartida entre países, sostenibilidad, esfuerzos de instituciones públicas y privadas para toma de conciencia, ...) En la tercera parte relacionan su

contribución a los ODS con sus estudios, y por último valoran la actividad y la contribución de esta a la mejora en la toma de concienciación.

4. Resultados

Los resultados de las experiencias desarrolladas por los estudiantes indican una aceleración en la pérdida de masa de hielo durante la última década, con un impacto más pronunciado en las latitudes más altas. Esto permite a los estudiantes evidenciar las consecuencias del cambio climático a través de su conocimiento y la experiencia adquirida en el aula.

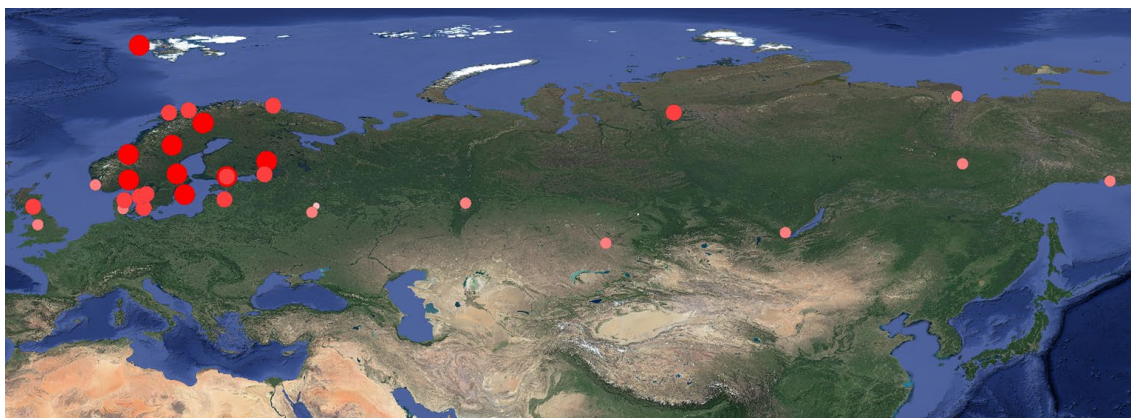


Figura 5. (Fuente: Solución de proyecto de estudiantes Álvaro Verdú y Adrián Simarro)

En esta figura, la variación del diámetro de las circunferencias corresponde a un desplazamiento mayor en altura en sentido positivo. No obstante, se debe señalar que para la obtención de conclusiones a nivel científico es necesario incorporar al estudio soluciones de mediciones del nivel medio del mar para ese periodo a partir de los datos proporcionados por mareógrafos o satélites altimétricos, así como datos gravimétricos obtenidos por observaciones satélite y terrestres (Steffen 2009) y Vestol (2006)

Durante el debate generado en las exposiciones, los estudiantes comparaban sus resultados con los de grupos de trabajo similares, tanto a nivel de resultados obtenidos como en la geovisualización de los datos. Esto enriqueció las memorias entregadas posteriormente.

Paralelamente, del análisis de las encuestas realizadas por los estudiantes señalar que, la mayoría de ellos son jóvenes de entre 21 y 25 años, provienen de un municipio de más de 20.000 habitantes, y en el 60% de los casos provienen del grado de ingeniería Geomática y Topografía de la UPV (Universitat Politècnica de València). En un 80% de los casos tienen pleno o algún conocimiento sobre los ODS. Tienen una preocupación similar por todos ellos, y creen que su formación académica puede contribuir en mayor medida en los ODS acción por el clima, industria, innovación e infraestructura, y ciudades y comunidades sostenibles, contribuyendo a través de su conocimiento en la monitorización de fenómenos y estudios espaciales de la información. Un 70 % cree que los ODS son importantes en la agenda global compartida en la mayoría de los países del mundo, y un 70 % cree que deben impulsar los gobiernos la implementación de los ODS. Piensan que desde las universidades podemos contribuir con los ODS a través de la investigación en metodologías para la preservación de recursos, y creando conciencia a través de la docencia. Creen que las autoridades pueden hacer un mayor esfuerzo en la concienciación de la sostenibilidad, especialmente desde la UPV. Tienen una visión crítica acerca de los esfuerzos que han hecho

las autoridades públicas para avanzar hacia un desarrollo sostenible, aunque su opinión es más favorable cuando se les hace la misma pregunta, pero en el caso de las universidades.

Cuando se les pide que valoren la actividad, en líneas generales la valoración es positiva: “Ha contribuido en la manera en la que he aplicado mis conocimientos para evaluar una problemática que afecta a nuestro planeta y a nuestra sostenibilidad” o “Considero acertada la actividad dando a entender que desde nuestra disciplina podemos realizar acciones para contribuir con los ODS”

Desde la ERT se está trabajando en la implementación actividades orientadas a la divulgación de los ODS a través de diferentes asignaturas del máster de ingeniería Geomática y Geoinformación. Este trabajo ha sido realizado con el conocimiento y soporte de la dirección del centro.

5. Conclusiones

Este proyecto constata que el diseño de actividades que trabajan las competencias específicas de las asignaturas se enriquece exponencialmente cuando se aplica sobre uno de los problemas que suscitan un mayor interés en las agendas de la mayoría de los países del mundo, tal y como se evidencia a través de la opinión de los estudiantes. Desde esta perspectiva se cumple con el principal objetivo de este trabajo, donde se ha incorporado la metodología docente de aprendizaje por proyectos aplicado sobre una experiencia que ha permitido cuantificar las consecuencias medioambientales de los procesos derivados del cambio climático. Es muy gratificante para nuestros estudiantes poner sus conocimientos tecnológicos al servicio de un problema tan importante como el cambio climático. Es fundamental continuar con la línea de trabajo iniciada debido a la creciente urgencia de abordar los desafíos medioambientales y climáticos que enfrentamos a nivel global. La metodología de aprendizaje por proyectos no solo fomenta un mayor compromiso y motivación entre los estudiantes, sino que también los prepara para enfrentar problemas complejos del mundo real con soluciones innovadoras y tecnológicamente avanzadas. Además, esta continuidad permite el desarrollo de competencias transversales como el pensamiento crítico, la colaboración y la responsabilidad social, esenciales para la formación de profesionales capaces de liderar en un futuro marcado por la sostenibilidad. La perseverancia en esta línea de trabajo asegura que los estudiantes no solo adquieran conocimientos teóricos, sino que también los apliquen de manera práctica y efectiva en contextos de alto impacto, promoviendo así una educación integral y relevante para los tiempos actuales.

Mediante esta experiencia se ha contribuido también con el PIME institucional solicitado por la ETSIGCT de la UPV, consistente en la incorporación de los ODS a las materias de los planes de estudio mediante la experiencia desarrollada en el ámbito del ODS13 así como se ha profundizado y ampliado el trabajo desarrollado en el PIME institucional “Aprendizaje basado en proyectos en el Máster Universitario en Ingeniería Geomática y Geoinformación, cumpliendo de esta forma con los objetivos propuestos.

Referencias

- Anquela Julián A.B, Martín Furones A.B, Coll Aliaga E & Porres de la Haza, M.J. Incorporación del objetivo 13 (acción por el clima) de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en la asignatura de posicionamiento del máster de Ingeniería Geomática y Geoinformación de la ETSIGCT de la UPV. XI Congreso Iberoamericano de Docencia Universitaria pp. 1170-1182.
<http://hdl.handle.net/10251/177293>
- Asociación de Universidades Populares de Extremadura (AUPEX) y la Diputación de Cáceres desarrollan el proyecto “Jóvenes Globales” (2022). <https://llerena.org/encuesta-de-aupex-sobre-el-conocimiento-de-los-ods-que-tiene-la-juventud/>
- CDDIS NASA's Archive of Space Geodesy Data (2020). Recuperado de https://cddis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/station_position_products.html.
- Coulson S, Lubeck M, Mitrovica, J, Powell E, Davis J & Hoggard M (2021) The Global Fingerprint of Modern Ice-Mass Loss on 3-D Crustal Motion. *Geophysical Research Letters*. V48 I16
<https://doi.org/10.1029/2021GL095477>
- García I & Astigarraga E (2020) Los objetivos del desarrollo sostenible en la formación universitaria. Recuperado de <https://www.universidadsi.es/objetivos-de-desarrollo-sostenible-universidad/>.
- Gavilanes Capello, R.M & Tipán Barrós, B.G (2021) La Educación Ambiental como estrategia para enfrentar el cambio climático La Educación Ambiental como estrategia para enfrentar el cambio climático Alteridad. *Revista de Educación*, vol. 16, núm. 2, 2021. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. DOI: <https://doi.org/10.17163/alt.v16n2.2021.10>
- Steffen, H., Gitlein, O., Denker, H., Müller, J., & Timmen, L. (2009). Present rate of uplift in Fennoscandia from GRACE and absolute gravimetry. *Tectonophysics*, 474, 69-77.
DOI:10.1016/J.TECTO.2009.01.012
- Vestøl, O. Determination of Postglacial Land Uplift in Fennoscandia from Leveling, Tide-gauges and Continuous GPS Stations using Least Squares Collocation. *J Geodesy* 80, 248–258 (2006).
<https://doi.org/10.1007/s00190-006-0063-7>
- Wikimedia Commons. https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Placas_tectonicas_es.svg
- Zhang Lu, Ma Yan (2023) A study of the impact of project-based learning on student learning effects: a meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*. V.14 DOI=10.3389/fpsyg.2023.1202728

Este documento cuenta con el consentimiento de los estudiantes para el empleo de las figuras 1 y 6.