

Climate change knowledge prior to the Meteorology course for students from the Agricultural High School at the Universidad Autónoma Chapingo

Mario Castelán Lorenzo

Abstract

Climate change is a global phenomenon that is reflected in changes in climate caused by anthropogenic activities, combined with natural variability that affects the pattern of behavior of different meteorological events such as increases in temperature, intensification of droughts, extreme rainfall, and greater exposure to hurricanes, among others. In the educational aspect, it is extremely important to teach knowledge related to this phenomenon, as in the case of agronomic institutions, which includes the Universidad Autónoma Chapingo; in this regard, the fifth semester at the Agricultural High School includes a compulsory course in Meteorology, which includes the topic of climate change in its program. Therefore, the present research consisted of evaluating the previous knowledge that students have before taking this course, using a questionnaire and drawing method; the methodology was based on a qualitative approach. The results indicated that the students have general ideas regarding the subject, this have been told by their professors from previous courses namely Geography, Physics and the four Agronomy courses.

Keywords: Extreme events, agronomic institution, educational process.

Conocimientos sobre cambio climático previos al curso de Meteorología en estudiantes de la Preparatoria Agrícola en la UACH

Resumen

El cambio climático es un fenómeno mundial que se refleja en cambios en el clima atribuidos a actividades antropogénicas, sumadas a la variabilidad natural que afecta el patrón de comportamiento de los distintos eventos meteorológicos como incrementos en la temperatura, intensificación de las sequías, lluvias extremas, mayor exposición a huracanes, entre otros. En el aspecto educativo, es sumamente importante impartir conocimientos relacionados con este fenómeno, como en el caso de las instituciones de tipo agronómico, de donde la Universidad Autónoma Chapingo forma parte; en este sentido, en la Preparatoria Agrícola, en el quinto semestre se imparte de manera obligatoria la asignatura de Meteorología, que en su programa incluye el tema de cambio climático. Por ello, la presente investigación consistió en evaluar los conocimientos previos que los estudiantes tienen antes de tomar el curso, a través del método del cuestionario y el dibujo, la metodología fue de tipo cualitativo. Los resultados indicaron que los estudiantes tienen ideas generales con respecto al tema, se han informado por sus profesores de cursos previos como Geografía, Física y los cuatro cursos de Agronomía, principalmente.

Palabras clave: Eventos extremos, institución agronómica, proceso educativo.

Universidad Autónoma Chapingo, Academia de Meteorología, Área de Agronomía, km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco estado de México, C. P. 56230.

*Corresponding author: MCASTELANL@chapingo.mx ORCID: 0000-0002-9587-7192.

Received: October 19, 2022

Accepted: January 18, 2023

Introduction

Climate change is defined as a change in the normal behavior of the atmosphere, especially in the troposphere and ozonosphere, due to an increase in the concentration of some gases and the incorporation of substances affecting their dynamics (Vidal, 2011). Therefore, the atmosphere is currently experiencing a significant increase in the average temperature, which according to the IPCC (2014) is 0.74 °C, which worries scientists, governmental institutions, academics and society in general.

Lieberman and Gordon (2021) say that the planet is warming, mainly due to the release of greenhouse gases into the atmosphere, such as Carbon Dioxide (CO₂), Methane (CH₄), Nitrates (HNO₃), Chlorofluorocarbons (CFC), among others, and that this phenomenon has been occurring since the beginning of the earth's history, but has intensified in the last three centuries, as referred to by the United Nations Framework Convention on Climate Change, this phenomenon is a change in climate caused directly or indirectly by human activities modifying the composition of the global atmosphere, in addition to the natural variability observed during comparable periods (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2014). Changes that occur at very different time scales and on all meteorological parameters, including temperature, precipitation, atmospheric pressure, winds and cloudiness

Studies on climate change have been discussed worldwide, especially in Mexico, in some rural and indigenous communities, agreeing that climate change is perceived by variations in temperature and precipitation, caused mainly by anthropogenic activity and reflected in intense events such as increased rainfall and consequent flooding, greater intensity of hurricanes, increased heat waves, rising sea levels, but also greater droughts have been recorded, resulting in decreased water availability, loss of agricultural productivity and increased pests and diseases, forest fires, among others, which have socially and economically harmed the people's quality of life.(Conde, 2011; Olmos et al. 2013; Solís y Salvatierra, 2013; Soares y García, 2014; Corona, 2018).

Moreover, the World Meteorological Organization (2022), reports that Latin America and the Caribbean

Introducción

El cambio climático es definido como la alteración del comportamiento normal de la atmósfera, particularmente de la tropósfera y la ozonósfera, debido al incremento de la concentración de algunos gases y la incorporación de sustancias que modifican su dinámica (Vidal, 2011). Por lo que, actualmente, la atmósfera experimenta un importante aumento en la temperatura media que según el IPCC (2014) es de 0.74 °C, lo cual preocupa por igual a científicos, instituciones gubernamentales, académicos y a la sociedad en general.

Lieberman y Gordon (2021) señalan que el planeta se está calentando, principalmente por la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera, tales como Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Nitratos (HNO₃), Clorofluorocarbonos (CFC), entre otros, y que ha sido un fenómeno presente desde el inicio de la historia de la tierra pero que, se ha intensificado en los últimos tres siglos, como lo refiere la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, este fenómeno es un cambio en el clima atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural observada durante períodos comparables (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, 2014). Cambios que se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros meteorológicos, entre otros, temperatura, precipitación, presión atmosférica, vientos y nubosidad.

Estudios con respecto al cambio climático se han abordado en gran manera en todo el mundo, particularmente, en México, en algunas comunidades rurales e indígenas coincidiendo en que el cambio climático es percibido por las variaciones en la temperatura y precipitación, causado principalmente por la actividad antropogénica y reflejado en eventos intensos como aumento en las precipitaciones y consecuentes inundaciones, mayor intensidad de los huracanes, incremento de las olas de calor, aumento en el nivel del mar, pero además, se han registrado mayores sequías y con ello la disminución de la disponibilidad de agua, pérdida de productividad agropecuaria y aumento de las plagas

is one of the regions of the world that has been most affected by climate change, whose intensification of meteorological phenomena is already causing serious damage to health, water, energy and socioeconomic development in the region, for example, the worst droughts and fires in the last 50 years have occurred in the South of the Amazon rainforest, and hurricanes and floods in Central America. In a study carried out in the municipality of Ozumba, Estado de México, Hernández et al. (2019) indicate that rainfed agriculture is threatened by climate change; the evidence shows an increase in temperature of 0.85 °C, in addition to the modification of the rainfall regime with the appearance of torrential rainfall in short periods, intense hailstorms, early frosts and longer droughts.

Corona (2017), carried out a study on climate change based on several surveys to the Mexican public sector, ranging in age from 18 to 40 years old, concluding that the public employees' perception regarding the impact of climate change on human rights (food, housing, health, education, etc.) are the right to food with 85.7%, followed by access to drinking water, healthy environment and health with 78.6%, mainly. They cited that the human causes of climate change are related to transportation system, burning of fossil fuels, deforestation, poor solid waste management, use of aerosols, electricity generation and agricultural activities. Therefore, Calixto (2017) indicates that the study of climate change should be included as a new curricular content in school education.

Núñez-Rodríguez (2021) mentions that climate change is a new reality and a current issue that forces educational professionals at any level to interpret the complex uncertainty of the environment influenced by this phenomenon and it is here where the school must take advantage of its historically mediating role to bring the knowledge of climate science into contact with the present and future realities of climate scenarios, making the school's participation necessary for the consolidation of personal and professional competencies to adapt to the climate of the future.

In this sense, the Agricultural High School at the Universidad Autónoma Chapingo includes the topic of climate change in the analytical program

y enfermedades, incendios forestales, entre otros, que han perjudicado social y económicamente la calidad de vida de las personas (Conde, 2011; Olmos et al. 2013; Solís y Salvatierra, 2013; Soares y García, 2014; Corona, 2018).

Por otra parte, la Organización Meteorológica Mundial (2022), señala que América Latina y el Caribe es una de las regiones del mundo que más ha sido afectada por el cambio climático, cuya intensificación de fenómenos meteorológicos ya está causando graves daños a la salud, al agua, a la energía y al desarrollo socioeconómico de la región, por ejemplo, se han presentado las peores sequías e incendios en los últimos 50 años en el Sur de la selva amazónica, así como huracanes e inundaciones en Centroamérica. En un estudio realizado en el municipio de Ozumba, Estado de México, Hernández et al. (2019) señalan que la agricultura de temporal está amenazada por el cambio climático, la evidencia registra un aumento de la temperatura de 0.85 °C, además de la modificación del régimen de lluvias con aparición de precipitaciones torrenciales en periodos cortos, granizadas intensas, heladas tempranas y sequías más prolongadas.

Corona (2017), realizó un trabajo en torno al cambio climático a través de diversas encuestas realizadas al sector público mexicano, en edades que oscilan entre 18 y 40 años, concluyendo que la percepción que tienen los servidores públicos en cuanto a las afectaciones de los derechos humanos (alimentación, vivienda, salud, educación, etc.) por el impacto del cambio climático son el derecho a la alimentación con un 85.7 %, siguiéndole el acceso a agua potable, ambiente sano y salud con un 78.6 %, principalmente. Citaron que las causas humanas del cambio climático son el transporte, la quema de combustibles fósiles, la deforestación, el mal manejo de residuos sólidos, el uso de aerosoles, la generación de electricidad y las actividades agropecuarias. Ante ello Calixto (2017) señala que el estudio del cambio climático debe incluirse como un nuevo contenido curricular en la educación escolarizada.

Al respecto, Núñez-Rodríguez (2021) menciona que, el cambio climático es una realidad y un tema actual que obliga al personal educativo de cualquier nivel a interpretar la compleja incertidumbre del entorno ambiental influenciado por este fenómeno

of the subject of Meteorology taught in the fifth semester, which has evolved since the origins of the National School of Agriculture, becoming a compulsory subject since 1924 to date. Therefore, the purpose of this research is to identify and relate the previous knowledge that students have on the subject of climate change before taking the subject of meteorology.

Methodological approach

This study was carried out on three third grade groups at the Agricultural High School which are taught the subject of Meteorology in the fifth semester, two groups had 48 students and one had 49, with a total of 145 students. The sample was of intentional or convenience type, used in non-probabilistic type sampling (Otzen and Manterola, 2017) which is characterized by a deliberate effort to obtain representative samples by including supposedly typical groups in the sample, being very frequent to use as a sample individuals of easy access and proximity, taking into account the three academic groups assigned to the professor out of a total of 20.

Thus, for this type of sampling, it is common to obtain the sample size with the following formula (Aguilar-Barojas, 2005):

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 PQN}{\varepsilon^2 (N-1) + Z_{\alpha}^2 PQ}$$

Where:

n = required sample size

Z = margin of reliability

P = approximate proportion of phenomenon under study in the reference population

Q = percentage of the reference population missing the phenomenon under study (1 -P). The sum of P and Q should always be 1. For example, if P= 0.8 then Q= 0.2

ε = estimation error.

With the above, the 145 students represent a sample with a reliability level of 95 % but with a margin of error close to 7 % of a total population of 1 000 students comprising the 20 groups.

y es aquí donde la escuela debe aprovechar su carácter históricamente mediador para poner en contacto el conocimiento de la ciencia climática con las realidades presentes y futuras de escenarios climáticos, haciéndose necesaria la participación de la escuela para la consolidación de competencias personales y profesionales para adaptarse al clima del futuro.

En este sentido, la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, incluye el tema del cambio climático en el programa analítico de la asignatura de Meteorología que se imparte en el quinto semestre, la cual ha evolucionado desde los orígenes de la Escuela Nacional de Agricultura, constituyéndose como obligatoria desde 1924 a la fecha. Por ello, la presente investigación tiene por objeto, identificar y relacionar los conocimientos previos que los estudiantes tienen sobre el tema del cambio climático antes de cursar la asignatura de meteorología.

Enfoque metodológico

El trabajo se realizó con tres grupos de tercer grado de la Preparatoria Agrícola a los cuales se les imparte la materia de Meteorología en el quinto semestre, dos grupos contaron con 48 alumnos y uno con 49, resultando en total 145 alumnos considerados para el presente estudio. La muestra fue de tipo intencional o de conveniencia, empleada en el muestreo del tipo no probabilístico (Otzen y Manterola, 2017) que se caracteriza por un esfuerzo deliberado de obtener muestras representativas mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos, siendo muy frecuente el utilizar como muestra a los individuos de fácil acceso y proximidad, considerando para ello a los tres grupos académicos asignados al profesor de un total de 20".

De esta manera, para este tipo de muestreo, es común obtener el tamaño de muestra con la siguiente fórmula (Aguilar-Barojas, 2005):

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 PQN}{\varepsilon^2 (N-1) + Z_{\alpha}^2 PQ}$$

To collect the information, we used a questionnaire and drawing as a research technique employed by Barraza et al. (2006) and Calixto (2017). The research approach was qualitative, Martínez (2006) and Álvarez (2018) indicate it as a set of research techniques that are used to obtain an overview of the behavior and perception of people on a particular topic, thereby generating ideas and assumptions that can help to understand how a problem is perceived by the target population, as well as to define or identify options related to that problem. It seeks to identify the deep nature of realities, dynamic structure, the one that gives full reason for their behavior and manifestations. The qualitative, which is the integrated whole, is not opposed to the quantitative (which is only one aspect), but involves and integrates it, especially where it is important.

As previous background knowledge of students related to the topic, in the first year they attended Geography, a subject that induces them to the knowledge of the earth, where it includes part of meteorological science, also, in the first and second year they attended the subjects of Physics I and II that are related to meteorology, in the same way, from the first to the fourth semester they attended the subjects of Agronomy I, II, III and IV, in which they indirectly acquire knowledge about the climate linked to agricultural activities.

A simple questionnaire was designed, where the students wrote their answers according to their ideas, together with a drawing to graphically represent climate change. The questions focused on the definition and concept of climate change, causes of climate change, weather behavior, effects and impacts on livelihoods, agricultural activities, fishing and forestry, sources of information, as well as some adaptation and mitigation measures. Information processing consisted of placing the results under the following headings: causes, effects, impacts and consequences of climate change.

Results and Discussion

100% of the students affirm that the climate change phenomenon is a reality. Although there is some confusion regarding the definition, they agree that it is expressed by global warming, they mentioned

Donde:

n = tamaño necesario de la muestra

Z = margen de confiabilidad

P = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia

Q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio ($1 - P$). La suma de P y Q siempre debe dar 1. Por ejemplo, si $P = 0.8$ entonces $Q = 0.2$

ε = error de estimación

Con lo anterior, los 145 alumnos representan una muestra con un nivel de confiabilidad del 95 % pero con un margen de error cercano al 7 % de una población total de 1 000 estudiantes que constituyen los 20 grupos.

Para obtener la información, se utilizó el cuestionario y el dibujo como técnica de investigación empleadas por Barraza et al. (2006) y Calixto (2017). El enfoque de investigación fue de tipo cualitativo, Martínez (2006) y Álvarez (2018) la señalan como un conjunto de técnicas de investigación que se utilizan para obtener una visión general del comportamiento y la percepción de las personas sobre un tema en particular, con lo cual se generan ideas y suposiciones que pueden ayudar a entender cómo es percibido un problema por la población objetivo, así como definir o identificar opciones relacionadas con ese problema. Trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su estructura dinámica, aquella que da razón plena de su comportamiento y manifestaciones. De aquí, que lo cualitativo, que es el todo integrado, no se opone a lo cuantitativo (que es solo un aspecto), sino que lo implica e integra, especialmente donde sea importante.

Como conocimientos previos de los estudiantes relacionados con el tema, durante el primer año cursaron Geografía, materia que los induce al conocimiento de la tierra, donde incluyen parte de la ciencia meteorológica, igualmente, en el primero y segundo año cursaron las materias de Física I y II que se relacionan con la meteorología, de la misma manera, desde el primero hasta el cuarto semestre cursaron las materias de Agronomía I, II, III y IV, en las cuales de manera indirecta adquieren conocimientos sobre el clima ligados a las actividades agrícolas.

that it is due to the increase in temperature and alterations in the climate. They mention extreme droughts, forest fires, extinction of animal and plant species as consequences; however, it is important to indicate the consequences of these impacts and effects.

In this way, the following differences are listed:

Climate change causes: for climate change to occur, there must be actions that cause it, whether natural or human. The main causes of climate change are atmospheric pollution, which derives from the emission of gases responsible for the greenhouse effect, ozone depletion and cause global warming. These phenomena are mostly derived from human activities such as the excessive use of fossil fuels, factories and fertilizer industries, transportation system, deforestation, agricultural activities, excessive consumption of human needs, among others. Of course, natural causes are also included, such as changes in the position of the continents, changes in planetary orbits, solar cycles, volcanic eruptions, natural release of methane.

Climate change effects: once the causes have been mentioned, we will point out its effects, that is, what follows climate change, in this regard there is an increase in solar radiation leading to increases in the average temperature of the planet and in different regions, in unequal proportions, an increase or decrease in the precipitation parameter, together with irregular rainfall, in some regions rainfall has increased, but in other regions it has decreased, resulting in droughts. The change in temperature causes changes in atmospheric pressure, so that as oceanic waters warm, low-pressure centers are generated and with them the formation of tropical cyclones that are more intense. Another effect of climate change is the decrease in cloud formation.

Climate change impact: the impact is the consequence of the effects, that is, the influence of the effects indicated, in this case, on the planet. Impacts can be positive and negative, and cover several aspects such as environmental, social, economic, ecological, agronomic, among others. This is why it is a topic that generates a lot of discussions and controversies due to its complexity.

Se estructuró un cuestionario sencillo, donde los estudiantes plasmaron las respuestas de acuerdo a sus ideas, complementado con un dibujo para representar gráficamente el cambio climático. Las preguntas se enfocaron en la definición y concepto del cambio climático, causas que lo provocan, comportamiento de los meteoros, efectos e impactos en los medios de vida, actividades agropecuarias, pesca y silvicultura, fuentes de información, así como algunas medidas de adaptación y mitigación. El procesamiento de la información consistió en ubicar los resultados en los rubros: causas, efectos, impactos y consecuencias del cambio climático.

Resultados y discusión

El 100 % de los estudiantes afirman que el fenómeno del cambio climático es una realidad. Aunque existen algunas confusiones con respecto a la definición coinciden en que se expresa por el calentamiento global, mencionaron que se debe al incremento en la temperatura y alteraciones en el clima. Citan como consecuencias las sequías extremas, los incendios forestales, la extinción de especies animales y vegetales, sin embargo, es importante señalar cuales son las consecuencias con respecto a los impactos y efectos.

De esta manera se enuncian las diferencias siguientes:

Causas del cambio climático: para que se presente el cambio climático tiene que haber acciones que lo provoquen, pueden ser naturales o humanas. En este sentido las principales causas del cambio climático son la contaminación atmosférica, que se deriva de la emisión de gases que provocan el efecto invernadero, la destrucción de la capa de ozono y que provocan el calentamiento global. Estos fenómenos son en su mayor parte derivados de actividades humanas como son el uso excesivo de energía fósil, las fábricas e industrias de fertilizantes, transporte, deforestación, actividades agropecuarias, consumo excesivo de satisfactores humanos, principalmente. Por supuesto que también se incluyen las causas naturales como el cambio en la posición de los continentes, cambios en las órbitas planetarias,

In general, the impacts are polar ice melting, leading to a rise in sea level, flooding, and threats to coastal coastal areas. Droughts cause an increase in forest fires, desertification, death of animal and plant species, migration of species, overflowing of rivers and lakes, ocean acidification and, in general, exposure to extreme meteorological phenomena.

Here, some students mentioned the mainly negative impacts combining different spheres of influence, for example, polar melting related to the rise in sea level.

Consequences of climate change: these are the visible manifestations of the impacts. For example, floods cause human losses and damage to urban infrastructure; more intense hurricanes cause unquantifiable damage in the affected countries, both material and human, which can generally be classified as natural disasters. In the agricultural sector, prolonged droughts affect crop and forage yields for livestock feed, causing famine, and forest fires alter the structure and functionality of ecosystems, together with the loss of biodiversity. In the social aspect, irregular rainfall causes water scarcity and its availability for human populations, as well as risks and damage to health.

Thus, Table 1 shows the concentration of responses in relation to the causes, where the most frequently mentioned was pollution, which includes mainly atmospheric pollution, but also environmental pollution in general, as well as pollution from the industrial sector such as electricity, the automotive sector and fertilizers. The second cause of climate change is the greenhouse effect, it should be emphasized that this effect is the consequence of atmospheric pollution, together with ozone depletion, the least mentioned cause of climate change was urban development, which was only mentioned by group 2. The respective percentages can be seen in Figure 1.

Regarding climate change effects, the most mentioned by students was the increase in temperature, followed by droughts, and the least mentioned were changes in cloudiness and changes in atmospheric pressure, which were only mentioned by group 1 (Table 2 and Figure 2).

ciclos solares, erupciones volcánicas, liberación natural de metano.

Efectos del cambio climático: una vez que se han mencionado las causas, se señalan sus efectos, es decir, qué es lo que le sigue al cambio climático, en este sentido se presentan aumentos en la radiación solar que provocan incrementos en la temperatura media del planeta y en varias regiones, en proporciones desiguales, aumento o disminución en el parámetro precipitación, aunado a la irregularidad de las lluvias, en algunas regiones se han intensificado, pero en otras ha disminuido manifestándose como sequía. El cambio en la temperatura provoca cambios en la presión atmosférica, de tal manera que al calentarse las aguas oceánicas se generan los centros de baja presión y con ello la formación de ciclones tropicales que son más intensos. Otro efecto del cambio climático es la disminución en la formación de nubosidad.

Impactos del cambio climático: el impacto es la consecuencia de los efectos, esto es, la influencia de los efectos señalados, en este caso, en el planeta. Los impactos pueden ser positivos y negativos, al igual que abarcan varios ejes como el ambiental, social, económico, ecológico, agronómico, entre otros. Por eso es un tema que genera mucho debate y controversias por su complejidad.

De manera general, los impactos son: el derretimiento de la masa de hielo polar que provoca el aumento en el nivel del mar, inundaciones, amenaza a las zonas litorales costeras. Las sequías provocan aumento en los incendios forestales, desertificación, muerte de especies animales y vegetales, migración de especies, desbordamientos de ríos y lagos, acidificación de los océanos y en general exposición a fenómenos meteorológicos extremos.

En este sentido, algunos estudiantes mencionaron los impactos principalmente negativos combinando diferentes ámbitos de influencia, por ejemplo, el derretimiento de los polos asociado al aumento en el nivel del mar.

Consecuencias del cambio climático: son las manifestaciones visibles de los impactos. Por ejemplo, las inundaciones generan pérdidas humanas y afectaciones en la infraestructura

Table 1. Climate change causes mentioned by third grade agricultural high school
Cuadro 1. Causas del cambio climático vertidas por los estudiantes del tercer grado de PA.

Causes / Causas	Group 1 / Grupo 1	Group 2 / Grupo 2	Group 3 / Grupo 3	Total
Deforestation / Deforestación	5	1	1	7
Pollution and industries / Contaminación e industrias	18	17	27	62
Fossil fuel use / Uso de combustibles fósiles	3	2	9	14
Greenhouse effect / Efecto invernadero	10	5	10	25
Ozone depletion / Destrucción de la capa de ozono	2	3	3	8
Natural resource overuse / Uso excesivo de recursos naturales	12	8	2	22
Use of technology / Uso de tecnología	2	3	1	6
Agricultural burning / Quemas agrícolas	3	1	1	5
Overpopulation / Sobrepoblación	2	2		4
Urbanization / Urbanismo		1		1
Natural causes / Causas naturales		5	7	12

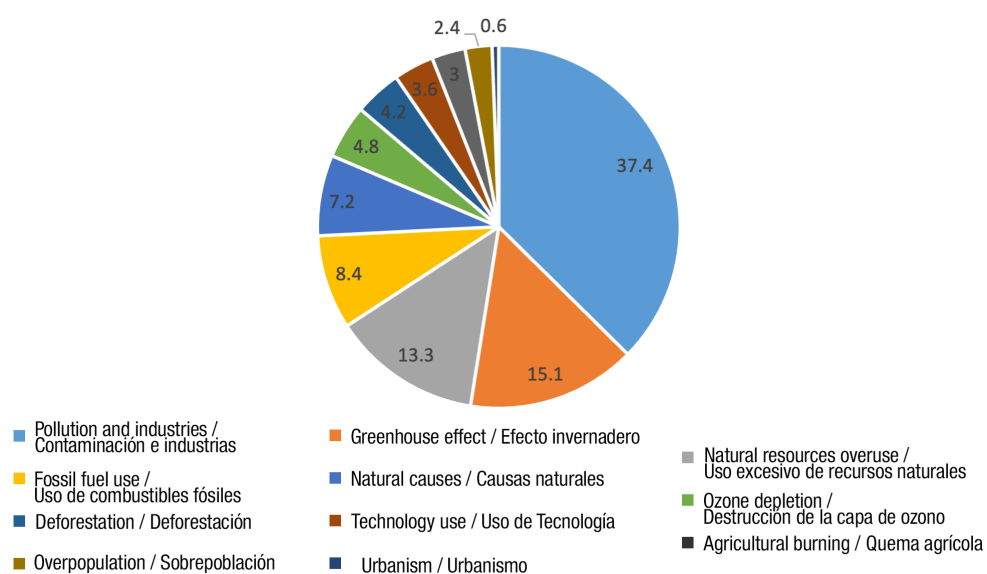


Figure 1. Percentage (%) of climate change causes mentioned by third grade students at the Agricultural High School at the UACH.

Figura 1. Porcentaje (%) de las causas del cambio climático expresadas por estudiantes de tercer grado de Preparatoria Agrícola de la UACH.

Table 2. Effects of climate change as seen by third grade agricultural high school students.
Cuadro 2. Efectos del cambio climático vertidos por los estudiantes del tercer grado de PA.

Effects / Efectos	Group 1 / Grupo 1	Group 2 / Grupo 2	Group 3 / Grupo 3	Total
Solar radiation increase / Mayor radiación solar		1	2	3
Temperature increase / Aumento en la temperatura	18	23	25	66
Temperature decrease / Disminución de temperatura	2	2	3	7
Rainfall decrease / Disminución de las lluvias	1	6	2	9
Droughts / Sequías	4	14	8	26
Cloudiness changes / Cambios en la nubosidad	1			1
Atmospheric pressure changes / Cambios en la presión atmosférica	1			1
Ocean water warming / Calentamiento de aguas oceánicas	1	2		3

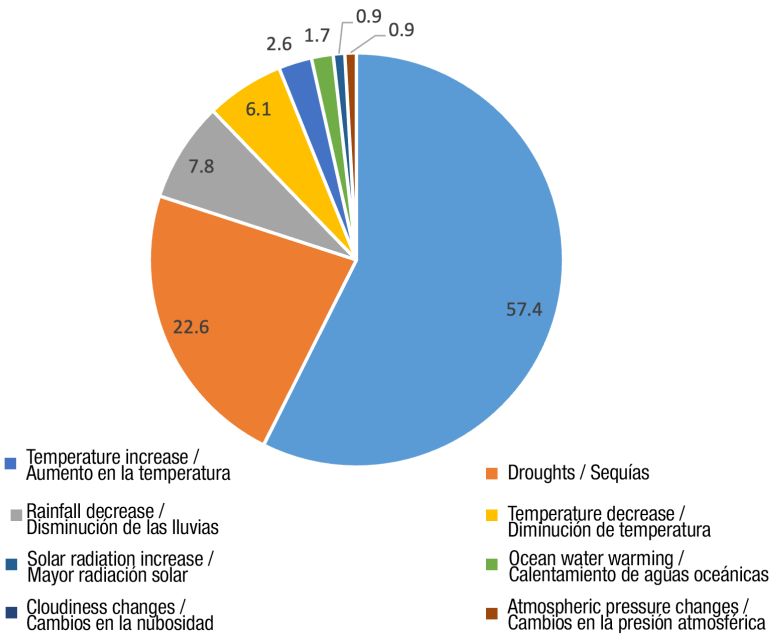


Figure 2. Percentage (%) of climate change effects mentioned by third grade students at the Agricultural High School at the UACH.

Figura 2. Porcentaje (%) de efectos del cambio climático expresados por estudiantes de tercer grado de Preparatoria Agrícola de la UACH.

Regarding climate change impacts, most of the students' responses focused on glacier melting as the most important one, followed by the presence of hurricanes with greater intensity, and in last place was the error in weather forecasts, which was only pointed out by group 3 (Table 3 and Figure 3).

urbana, la intensificación de los huracanes provoca daños incuantificables en los países afectados, tanto materiales como humanos que pueden clasificarse en general como desastres naturales. En el sector agropecuario las sequías prolongadas afectan el rendimiento en los cultivos y forrajes para la

Table 3. Climate change impacts reported by third grade agricultural high school .
Cuadro 3. Impactos del cambio climático vertidos por los estudiantes del tercer grado de PA.

Impacts / Impactos	Group 1 / Grupo 1	Group 2 / Grupo 2	Group 3 / Grupo 3	Total
Glaciers melting / Deshielo de los glaciares	9	7	5	21
Sea level rise / Aumento del nivel del mar	6	2	1	9
Desertification / Desertificación	1	1		2
Floods / Inundaciones	2	6	1	9
Frosts / Heladas	2	2		4
Stronger hurricanes / Huracanes de mayor intensidad	3	9	7	19
Extreme rainfall / Lluvias extremas	2	4	4	10
Tornadoes / Tornados	1		1	2
Heat waves / Olas de calor		1	2	3
Forest fires / Incendios forestales	4	5	9	18
Death and mitigation of flora and fauna / Muerte y migración de flora y fauna	1	4	2	7
Human migration / Migración humana	2			2
Disturbance of agricultural cycles / Afectación a los ciclos agrícolas	2	7	3	12
Unpredictable weather / Tiempo impredecible			1	1
Health damage / Daños a la salud	4	9	2	15

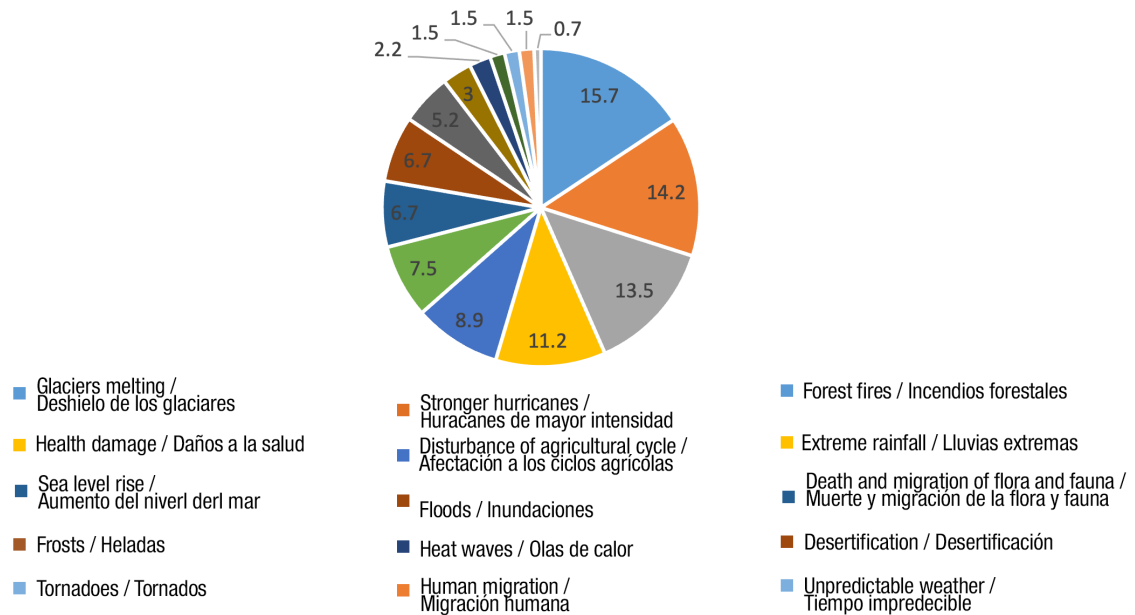


Figure 3. Percentage (%) of climate change impacts expressed by third grade students of the Agricultural High School at the UACH.

Figura 3. Porcentaje (%) de impactos del cambio climático expresados por estudiantes de tercer grado de Preparatoria Agrícola de la UACH.

Regarding the consequences of climate change, the main response focused on the impact on agricultural crops and livestock, perhaps because their professors in their four previous agronomy courses had talked to them about the subject, followed by the deterioration and loss of ecosystems and extinction of species, and the last response was related to the disappearance of cities and countries, which was only mentioned by group 1 (Table 4 and Figure 4).

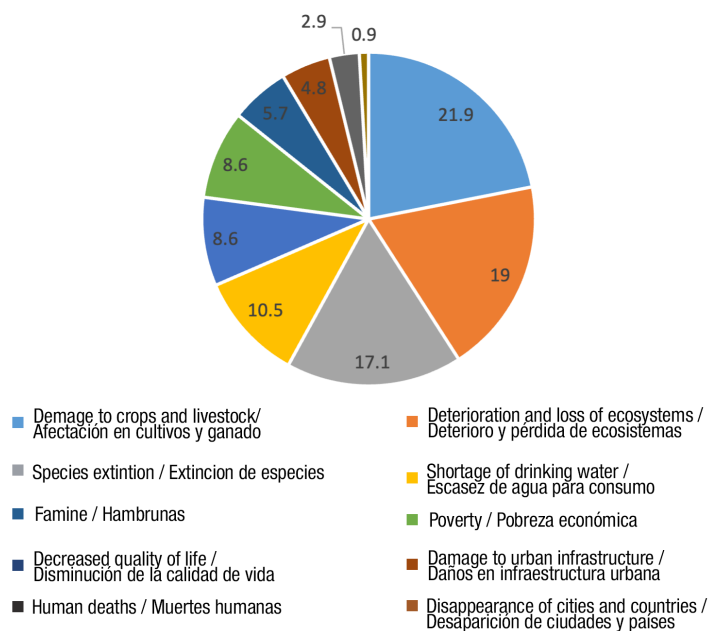
As part of an environmental education that should be taught to students, it is important to inform about climate change, as stated in goal 13 of the 2030 Agenda for Sustainable Development (United Nations, 2018). Which is covered with the subject of Meteorology for the case of students of the Agricultural High School at the UACH, both at the high school level and for those at the propaedeutic level who decide to take Meteorology as an optional subject.

alimentación del ganado, provocando hambrunas y, los incendios forestales alteran la estructura y funcionalidad de los ecosistemas aunado a la pérdida de biodiversidad. En el aspecto social, la irregularidad en las lluvias provoca la escasez de agua y su disponibilidad para las poblaciones humanas, así como los riesgos y daños a la salud.

De esta manera, en el Cuadro 1 se presenta el concentrado de respuestas en relación con las causas, donde se observa que la más mencionada fue la referente a contaminación, la cual incluye la atmosférica principalmente, pero igual la contaminación del ambiente en general, así como el sector industrial como la de energía eléctrica, la automotriz y la de los fertilizantes. Como segunda causa del cambio climático está el efecto invernadero, obviamente debe recalcarse que este efecto es la consecuencia de la contaminación

Table 4. Consequences of climate change reported by students in the third grade of the agricultural high school.**Cuadro 4. Consecuencias del cambio climático vertidas por los estudiantes del tercer grado de PA.**

Consequences / Consecuencias	Group 1 / Grupo 1	Group 2 / Grupo 2	Group 3 / Grupo 3	Total
Human deaths / Muertes humanas	1	2		3
Damage to urban infrastructure / Daños en infraestructura urbana	2	3		5
Disappearance of cities and countries / Desaparición de ciudades y países	1			1
Damage to crops and livestock / Afectación en cultivos y ganado	3	13	7	23
Deterioration and loss of ecosystems / Deterioro y pérdida de ecosistemas	2	10	8	20
Species extinction / Extinción de especies	5	6	7	18
Famine / Hambrunas	3	4	2	9
Shortage of drinking water / Escasez de agua para consumo	1	6	4	11
Poverty / Pobreza económica	3	5	1	9
Decreased quality of life / Disminución de la calidad de vida		2	4	6

**Figure 4. Percentage (%) of climate change consequences mentioned by third grade students at the Agricultural High School at the UACH.****Figura 4. Porcentaje (%) de consecuencias del cambio climático expresados por estudiantes de tercer grado de Preparatoria Agrícola de la UACH.**

The students' opinions refer that those responsible for climate change are human beings, for throwing garbage on the streets, in the water, and also for being very consumerist, but also the companies that exploit natural resources on a large scale such as mining and water, oil and coal extractors, etc. This was expressed through the drawing which, as a research technique, allowed obtaining an image of what climate change represents for the students, highlighting natural elements such as deforestation, polluting industries and global warming, mainly (Figure 5).

It is a fact that climate is changing, as shown in several regions of the world, reflected in the alterations of atmospheric phenomena in terms of their intensity and time lag, especially due to the increase in temperature and the decrease in rainfall, but also the considerable increases in extreme rainfall (Byg and Salick, 2009; Lieberman and Gordon, 2021; WMO, 2022), bringing with it the impacts and consequences mentioned above.

atmosférica, junto con la destrucción de la capa de ozono, la causa que provoca el cambio climático menos señalada fue el urbanismo que solo la mencionó el grupo 2. Los porcentajes respectivos se pueden observar en la Figura 1.

Con respecto a los efectos del cambio climático, el más mencionado por los estudiantes fue el referente al aumento de la temperatura, seguido de las sequías y como las menos señaladas fueron los cambios en la nubosidad y los cambios en la presión atmosférica que solo las mencionó el grupo 1 (Cuadro 2 y Figura 2).

En relación con los impactos del cambio climático, las respuestas de los estudiantes se concentraron en su mayoría en el deshielo de los glaciares como el principal, seguido de la presencia de huracanes con mayor intensidad, quedando en último lugar la equivocación en los pronósticos del tiempo atmosférico que solo la señaló el grupo 3 (Cuadro 3 y Figura 3).



Figure 5. A drawing from a third-grade student of the Agricultural High School representing climate change.

Figura 5. Dibujo de un alumno del tercer grado de Preparatoria Agrícola representando el cambio climático.

The above can be contrasted with the opinions of climate scientists or society in general. In such a way that phrases such as: "now it rains less", "the dry season is more intense", "the springs have dried up", "now it is warmer than before", among others, are common among the population, affirming that there is a change in the behavior patterns of meteorological phenomena.

All this is related to anthropogenic actions such as deforestation and pollution, which coincides with that indicated by Conde (2011) who mentions that, in the case of Mexico, torrential rains will occur in some places in the Center and South, while in the North intense droughts will prevail, given that our country is considered extremely vulnerable to climate change. The European Environment Agency (2015) points out that climate change is a generalized issue that is related to oceans warming, alterations in rainfall and acidification of the marine environment.

González and Meira (2020) highlight the importance of teaching about climate, specifically climate change, to avoid the worst possible scenarios of climate collapse, and the need to implement the strategy of a climate emergency curriculum that accompanies, socializes and reinforces climate policies for adaptation and mitigation of an out-of-control climate at the end of this century, while allowing students to explore the nature of the problem, discuss the appropriate steps to move forward and make positive decisions..

As suggested by Gonzalez (2007), the problem of providing education is not only to inform about the subject, which for a long time it was thought that by providing timely and quality information on environmental problems affecting society in general, behaviors and attitudes required to solve them would be automatically developed. However, based on the students' previous knowledge on the subject, the topic of climate change should be scientifically reinforced, and it will also be necessary to focus the meteorology course on the dynamics of climate change and its applications, not only in the agronomic sciences but also in daily activities in general.

Respecto a las consecuencias del cambio climático, la respuesta principal se centró en la afectación en los cultivos agrícolas y en la ganadería, quizá debido a que sus profesores de sus cuatro cursos anteriores de Agronomía les hablaron sobre el tema, seguido del deterioro y pérdida de ecosistemas y extinción de especies, quedando en último lugar la relacionada con la desaparición de ciudades y países que solo la señaló el grupo 1 (Cuadro 4 y Figura 4).

Como parte de la educación ambiental que se debe inculcar en los estudiantes, destaca el informar sobre el cambio climático, tal y como lo señala el objetivo 13 de la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2018). Lo cual se cubre con la asignatura de Meteorología para el caso de los estudiantes de la Preparatoria Agrícola de la UACH, tanto de nivel preparatoria como para los del nivel propedéutico que deciden tomar como optativa la asignatura de Meteorología.

En sus opiniones, los estudiantes refieren que los responsables del cambio climático son los seres humanos, por tirar basura en la calle, en el agua, además, por ser muy consumistas, pero también que son las empresas que explotan los recursos naturales en gran escala como las mineras y extractoras de agua, petróleo, carbón, etc. Esto lo expresaron a través del dibujo que, como técnica de investigación permitió obtener una imagen de lo que representa el cambio climático para los estudiantes, destacando los elementos naturales como deforestación, industrias contaminantes y calentamiento global, principalmente (Figura 5).

Es una realidad que el clima está cambiando, como lo han manifestado en varias regiones del mundo, reflejado en las alteraciones de los fenómenos atmosféricos en cuanto a su intensidad y desfase, sobre todo, por el incremento en la temperatura y la disminución de la lluvia, pero igualmente los aumentos considerables por las lluvias extremas (Byg y Salick, 2009; Lieberman y Gordon, 2021; OMM, 2022), trayendo consigo los impactos y consecuencias señaladas.

Conclusions

Of the students questioned on climate change prior to taking the meteorology course, 100% agreed that this phenomenon is a reality, despite this, there was some confusion regarding the causes, effects, impacts and consequences concerning the phenomenon.

The causes they highlighted are, in the first place, pollution and industries with 37% and the greenhouse effect with 15%. The main effects they indicated are the increase in temperature (57%) and droughts (22%). Among the impacts reported, glacier melting (15%) and stronger hurricanes (14%) stand out, and finally, as consequences, they highlighted the impact on crops and livestock (21%) and the deterioration and loss of ecosystems (19%).

Being part of an agronomy institution, the information regarding climate change is acquired in their previous courses such as Geography, Physics and Agronomy, mainly as part of their Agricultural High School studies.

Some additional comments from the students dealt with possible actions to be taken to adapt to and mitigate climate change.

End of English version

References / Referencias

- Agencia Europea de Medio Ambiente (2015). El cambio climático y el mar. <https://n9.cl/7uclD>
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11 (1-2), 333-338. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
- Álvarez, J. (2018). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. Paidós Educador.
- Barraza, L., Ahumada, H., y Ceja, A. M. P. (2006). El dibujo como herramienta de análisis: conocimientos, percepciones y actitudes sobre la diversidad biológica de niños de México. En R. Calixto-Flores (Coord.), *Educación ambiental para un futuro sustentable* (pp. 271-282). Universidad Pedagógica Nacional. México.

Lo anterior puede contrastarse con lo que manifiestan los estudiosos del clima o la sociedad en general. De tal manera que frases como: "ahora llueve menos", "la temporada de secas es más intensa", "los manantiales se han secado", "ahora es más caliente que antes" entre otras, son comunes entre la población, afirmando que hay un cambio en los patrones de comportamiento de los fenómenos meteorológicos.

Todo ello lo relacionan con acciones antropogénicas como la deforestación y la contaminación, lo que coincide con lo señalado por Conde (2011) que cita que, para el caso de México se presentarán lluvias torrenciales en algunos lugares del Centro y Sur mientras que en los del Norte prevalecerán las sequías intensas, en vista de que nuestro país se considera sumamente vulnerable al cambio climático. La misma Agencia Europea de Medio Ambiente (2015) señala que el cambio climático es un asunto generalizado que tiene que ver con el calentamiento de los océanos, alteraciones en la pluviosidad y la acidificación del ambiente marino.

González y Meira (2020) señalan la importancia de educar con respecto al clima, específicamente, sobre el cambio climático, con el fin de actuar para evitar los peores escenarios posibles del colapso climático, debiéndose manejar la estrategia de un currículo de emergencia climática que acompañe, socialice y refuerce las políticas climáticas de adaptación y mitigación de un clima fuera de control a finales de este siglo, a la vez que, permitan a los estudiantes explorar la naturaleza del problema, debatir sobre las vías apropiadas para avanzar y tomar decisiones positivas.

Sin embargo, como lo sugiere González (2007) el problema de educar no solo consiste en proporcionar información sobre el tema, que por mucho tiempo se pensó que suministrando información oportuna y de calidad sobre los problemas ambientales que aquejan a la sociedad en general, se generarían en automático las conductas y actitudes requeridas para resolverlos, sino que, partiendo de los conocimientos previos que los estudiantes tienen al respecto, se debe reforzar científicamente el tema del cambio climático, además será necesario enfocar el curso de meteorología en la dinámica del cambio climático y

Byg, A., y Salick, J. (2009). Local perspectives on a global phenomenon climate change in eastern Tibetan Villages. *Global Environmental Change*, 19(2), 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.01.010>

Calixto, F. R. (2017). El cambio climático en el pensamiento social de los estudiantes de educación secundaria. En R. Calixto-Flores (Coord.), *Investigaciones educativas en torno al cambio climático* (pp. 21-49). Universidad Pedagógica Nacional. México.

Conde, C. (2011). *México y el cambio climático global*. Cuarta reimpression. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://n9.cl/2yzph>

Corona, A. A. (2017). *Encuesta de percepción y opinión sobre cambio climático y adaptación en México*. Informe final. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <https://n9.cl/z99sp>

Corona, J. M. A. (2018). El conocimiento, la percepción y disponibilidad para afrontar el cambio climático en una población emergente, los migrantes de retorno. *Estudios Sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 28(52). <https://doi.org/10.24836/es.v28i52.578>

González, G. E. (2007). Educación y cambio climático: un desafío inexorable. *Trayectorias*, IX (25), 33-44. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60715120005>

González, G. E. J., y Meira, C. P. A. (2020). Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles Educativos*, 42(168), 157-174. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168.59464>

Hernández, H. A., Reyes, F. F., y Sánchez, C. M. J. (2019). Agricultura tradicional resiliente al cambio climático en Ozumba, México. En O. R. Castro-Martínez, E. Velázquez-Cigarroa y E. Tello-García (Eds.), *Educación ambiental y cambio climático: repercusiones, perspectivas y experiencias locales* (pp. 73-88). Universidad Autónoma Chapingo.

IPCC. (2014). *Cambio climático. 2014: Informe de síntesis*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <https://n9.cl/s38>

Lieberman, B., y Gordon, E. (2021). *El cambio climático en la historia de la humanidad. Desde la prehistoria al presente*. Almuzara. España.

sus aplicaciones, no solo en las ciencias agronómicas sino en las actividades cotidianas en general.

Conclusiones

El 100 % de los estudiantes cuestionados sobre el tema del cambio climático previo a tomar el curso de meteorología, coinciden en que este fenómeno es una realidad, a pesar de ello, existieron algunas confusiones con respecto a las causas, efectos, impactos y consecuencias con respecto al fenómeno.

Las causas que destacaron son, en primer lugar, la contaminación e industrias en 37 % y el efecto invernadero en 15 %. Los principales efectos que señalaron son el aumento en la temperatura (57 %) y sequías (22 %). Entre los impactos que indicaron, sobresalen el deshielo de los glaciares en 15 % y huracanes con mayor intensidad en 14 % y, finalmente, como consecuencias destacaron la afectación en cultivos y ganado en 21 % y deterioro y pérdida de ecosistemas en un 19 %.

Al ser parte de una institución agronómica, la información con respecto al cambio climático la adquieren es sus cursos anteriores como son Geografía, Física y Agronomía principalmente en el transcurso de sus estudios de Preparatoria Agrícola.

Algunos comentarios adicionales de los estudiantes versaron sobre las posibles acciones que se deben realizar para adaptarse y mitigar el cambio climático.

Fin de la versión en español

Martínez, M. (2006). La Investigación cualitativa (síntesis conceptual). *Revista de Investigación en Psicología*, 9(1), 123-146. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América latina y el Caribe* https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf

Núñez-Rodríguez, J. (2021). Educación para el cambio climático: ¿Por qué formar para afrontar la incertidumbre, vulnerabilidad y complejidad ambiental? *Revista Electrónica Educare*, 25(2), 1-12. <https://doi.org/10.15359/ree.25-2.28>

- Soares, D., y García, A. (2014). Percepciones campesinas indígenas acerca del cambio climático en la cuenca de Jovel, Chiapas-México. *Cuadernos de Antropología Social*, 39, 63-89. <https://www.redalyc.org/pdf/1809/180932448003.pdf>
- Solís, J., y Salvatierra, B. (2013). Percepción social del cambio climático en áreas destinadas voluntariamente a la conservación en comunidades indígenas de Oaxaca y Chiapas. *Revista Científica de Investigaciones Regionales*, 35(1), 29-53. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455845082002>
- Olmos, M. E., González, A. M. E., y Contreras, L. M. R. (2013). Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México. *Polis (Santiago)*, 12(35), 459-481. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-65682013000200020>
- Organización Meteorológica Mundial. (2021). *El estado del clima en América Latina y el Caribe 2020*. OMM. <https://n9.cl/655x2>
- Otzen, T., y Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Int. J. Morphol*, 35 (1), 227-232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Vidal, B. J. (2011). *El cambio climático global*. Universidad Autónoma Chapingo.

