

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

APORTES DE LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA AL
CONOCIMIENTO DE LA RELACIÓN ENTRE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y
CAMBIO CLIMÁTICO

por

Rodrigo Agustín OLANO IBARRA

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2019

Tesis aprobada por:

Director: _____
Ing. Agr. Mag Beatriz Bellenda

Lic. Dra. Daniella Bresciano

Ing. Agr. Doc. Virginia Gravina

Ing. Agr. Doc. Gabriela Cruz

Fecha: 28 de noviembre de 2019

Autor: _____
Rodrigo Olano

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar mi agradecimiento a Daniella Bresciano y Beatriz Bellenda por acceder a tutoriar este trabajo, sin su apoyo no hubiera sido posible. También agradezco a Virginia Gravina que fue esencial en la elaboración del trabajo con su aporte desde su experiencia de trabajo con la metodología Q.

Además agradecer a Cecilia Bratschi por haber proporcionado los datos para acceder a la comunicación con los estudiantes.

Central para el trabajo fueron todos los estudiantes que accedieron de diferentes formas a la aplicación de la “encuesta”, recurso fundamental para esta investigación, infinitas gracias a ellos.

Por último agradezco a Ana mi madre y Eduardo mi padre, a mis hermanos, amigos y a Lucia mi compañera por el apoyo y aliento que recibí todos estos años de facultad.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
1.1. OBJETIVOS	1
1.1.1. <u>Objetivo general</u>	1
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	2
 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	 3
2.1. EL CAMBIO CLIMÁTICO	3
2.1.1. <u>Los gases de efecto invernadero y su relación con el sector agropecuario</u>	4
2.1.1.1. Dióxido de carbono (CO ₂)	6
2.1.1.2. Metano (CH ₄)	7
2.1.1.3. Óxido nitroso (N ₂ O).....	8
2.1.1.4. Vapor de agua.....	10
2.1.1.5. Otros gases	10
2.1.2. <u>Balance de emisiones de GEI</u>	13
2.2. AGRICULTURA Y CAMBIO CLIMÁTICO	15
2.3. CAMBIO CLIMÁTICO, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN	17
2.3.1. <u>Sociedad</u>	17
2.3.2. <u>Educación</u>	18
 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	 21
3.5. OBTENCIÓN DE LOS DATOS	22
 4. <u>RESULTADOS</u>	 24
4.1. TIPOLOGÍA 1: “CONSCIENTES DEMANDANTES”	24

4.2. TIPOLOGÍA 2: “CAUTELOSOS”	25
4.3. TIPOLOGÍA 3: “ACRÍTICOS Y LEGOS”.....	26
4.4. SENTENCIAS CONSENSO ENTRE LAS TRES TIPOLOGÍAS	27
5. <u>DISCUSIÓN</u>	28
6. <u>CONCLUSIONES</u>	32
7. <u>RESUMEN</u>	33
8. <u>SUMMARY</u>	34
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	35
10. <u>ANEXOS</u>	41

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Figura No.	Página
1. Principales fuentes de emisión/absorciones de gases de efecto invernadero y procesos en ecosistemas gestionados	6
2. Grilla tipo	22
3. Estudiantes de primer año aplicando la encuesta	43
 Gráfica No.	
1. Contribución de los diferentes gases al efecto invernadero antrópico a escala mundial.....	11
2. Emisiones relativas de GEI en Uruguay 2014.....	12
3. Emisiones por sector en Uruguay para el año 2014.....	12
4. Contribución al total de emisiones de GEI, sector agropecuario Uruguay	13
5. Balance entre emisiones y fijaciones de GEI en Uruguay por sector en CO ₂ eq. por métrica GWP	14

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático (CC) es un fenómeno especialmente difícil de valorar e interpretar. La comunidad científica aporta cada vez más información sobre la naturaleza del fenómeno y sus consecuencias, pero existe un abismo entre lo que se conoce en relación con el tema y lo que se hace para tratar de darle respuesta. El tema en el que se centra este trabajo es el cambio climático ya que este fenómeno se entiende como una de las expresiones de la crisis ambiental global.

Actualmente existe un fuerte consenso científico en que el clima se verá alterado significativamente como resultado del cambio climático, lo que modificaría el funcionamiento de los ecosistemas. La producción agropecuaria es responsable de gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con el uso de la tierra. En el caso de Uruguay el 75% de las emisiones provienen de la producción agropecuaria, fundamentalmente de la ganadería (Picasso et al. 2012, MVOTMA 2017). La toma de decisiones y las distintas acciones llevadas a cabo para producir alimentos puede modificar el balance de las emisiones a diferentes escalas. Por otra parte, la producción agropecuaria es una de las actividades que ofrece oportunidades para secuestrar gases de efecto invernadero mediante los denominados sumideros y esta información debería ser manejada por todo profesional de la agronomía. Se considera necesario que los estudiantes agrarios sepan de la problemática ambiental y tengan conocimiento sobre ella y su dinámica.

El trabajo se fundamenta en el entendido de que los profesionales agrarios se definen, según la propuesta del nuevo Plan de estudios de la Facultad de Agronomía, Comisión Pro Plan (julio 2018) como *“el profesional universitario con principios éticos, preparado para comprender, manejar, mejorar y transformar agroecosistemas, comprometido con el bienestar social y el desarrollo sustentable”*. Si bien el perfil no lo explicita, se entiende que los profesionales de la Agronomía deberían estar formados e informados de la contribución del sector agropecuario al problema.

Esta propuesta se llevó adelante como un estudio de caso, mediante la metodología Q. Esto implica el análisis de pocos casos a los efectos de generar un conocimiento en profundidad de los mismos (Gravina, 2010).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Contribuir al análisis de los aprendizajes de los estudiantes universitarios de agronomía y su percepción sobre la problemática del cambio climático y sus causas.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Determinar cuál es la percepción y formación de los estudiantes universitarios de la Facultad de Agronomía sobre la temática del cambio climático.

2. Analizar la relación entre la formación universitaria y la comprensión de los efectos de la actividad agropecuaria sobre el cambio climático.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EL CAMBIO CLIMÁTICO

El término clima hace referencia a las características medias del tiempo, considerando un amplio período que generalmente incluye varias décadas. Se describe utilizando parámetros como las temperaturas medias anuales, las precipitaciones medias anuales o las características de los vientos dominantes. Es muy frecuente que el clima se confunda con el tiempo. El tiempo se define como el estado de la atmósfera en un lugar y momento dado (frío o calor, humedad o sequedad, calma o tormenta). Existen percepciones que permiten reconocer el estado del tiempo diario y no así el clima, ya que se trata de un concepto más abstracto y su cambio no es fácil de percibir a través de la experiencia personal (Heras, 2008).

Otro concepto importante y muchas veces utilizado indistintamente por el del cambio climático es el de variabilidad climática. La variabilidad climática se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos de tiempo relativamente cortos, mientras que el cambio climático es el resultado de los cambios en el clima en periodos más largos, por lo menos décadas (Montalegro y Pabon, 2000).

La mayor parte de la energía solar que recibe la Tierra se absorbe y se convierte en calor. A su vez, una parte de ese calor es irradiado desde la superficie terrestre hacia la atmósfera. En la atmósfera existen gases que tienen la capacidad de absorber calor, denominados gases de efecto invernadero (GEI). De esta manera parte del calor que la Tierra irradia desde su superficie queda retenido en la atmósfera y resulta en un calentamiento de la misma y de la superficie terrestre. Este mecanismo es el que se denomina efecto invernadero natural, sin el cual la temperatura de la Tierra sería aproximadamente 33° C más baja que la actual (Baethgen y Martino 2001, Piccaso et al. 2012).

El rápido y constante incremento de la quema de combustibles fósiles, el aumento de la deforestación y desertificación, la expansión de las áreas cultivadas, los sistemas productivos cada vez más intensivos y el alto uso de agroquímicos generan la desaparición de la biodiversidad y la alteración del agua dulce subterránea y superficial. Estas actividades han resultado en cambios importantes en la composición de la atmósfera, principalmente la concentración atmosférica de GEI que ha venido incrementándose continuamente desde que comenzó la era industrial. Esto provoca el calentamiento global de la superficie de la Tierra que hace que los ciclos naturales de energía, agua, carbono, oxígeno y nitrógeno se alteren. La variación de uno sólo de estos factores produce un efecto en cadena que genera daños e impactos ambientales acelerando el fenómeno del cambio climático (Baethgen y Martino 2001, García et al. 2006).

Actualmente, existe un fuerte consenso científico en que el clima global se verá alterado significativamente en el próximo siglo, como resultado del aumento de la concentración de gases de efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y otros gases. Si bien hay una considerable incertidumbre respecto a las implicaciones del cambio climático global y las respuestas de los ecosistemas, entre los consensos científicos se prevé un aumento de la temperatura media y mínima en regiones terrestres y oceánicas, aumento del nivel del mar y cambios en la severidad o frecuencia de eventos extremos. Además se pronostica la extinción de especies vegetales y animales, comprometiendo la biodiversidad, el fracaso de cultivos en áreas vulnerables, una mayor frecuencia e intensidad de los procesos de invasión biológica, cambios en la cantidad y distribución de las precipitaciones, derretimiento de glaciares, y la afectación del funcionamiento de los ecosistemas entre otros efectos (Baethgen y Martino 2001, Walther et al. 2002, Toranza 2011, IPCC 2018). Por otra parte en ciertas regiones los cambios se valoran como positivos, ya que en algunas zonas que poseen climas fríos, el calentamiento global se relaciona con un tiempo más suave y agradable (Gilmore, citado por Heras, 2008).

En Uruguay se han verificado algunas alteraciones en el clima y en el ambiente costero, aunque aún no ha sido posible atribuir las al cambio o la variabilidad climática. Entre ellas se mencionan un aumento de 200 mm en las precipitaciones de Montevideo desde 1883, lo cual resulta más evidente en el período 1961-1990 y el incremento de 0,5 ° C en la temperatura del aire (Grezzi, 2004).

2.1.1. Los gases de efecto invernadero y su relación con el sector agropecuario

Los principales gases de efecto invernadero son vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), ozono (O₃), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), que se producen naturalmente y representan menos del 1% de la atmósfera. También integran este grupo los halocarburos y gases industriales (Gallardo y Barra, 1997).

Al analizar los gases atmosféricos, incluidos los GEI, es importante identificar las fuentes, los sumideros y el ciclo de vida de cada uno de ellos, datos importantes para controlar la contaminación atmosférica. Las fuentes son procesos que generan GEI y los sumideros son procesos que los destruyen o eliminan, es decir el gas es removido de la atmósfera o absorbido en otros componentes del sistema climático incluyendo océanos, hielos y suelo. El ciclo de vida denota el periodo promedio que una molécula contaminante se mantiene en la atmósfera. Esto se determina por las velocidades de emisión y de captación en reservorios o sumideros (GCCIP, 2001).

Si bien todos los GEI mencionados contribuyen al cambio climático, los que se relacionan directamente a la producción agropecuaria y los de mayor relevancia son CO₂, CH₄ y N₂O.

No todos los GEI se encuentran en la misma proporción en la atmósfera ni tienen la misma capacidad de absorber la radiación. En efecto, los GEI presentan diferente capacidad de atrapar calor en la atmósfera. Por esta razón el IPCC ha definido el concepto de Potencial de Calentamiento Global (PCG) de diferentes gases, en el cual el CO₂ es tomando como referencia (Baethgen y Martino, 2001). Los valores de PCG para cada GEI se detallarán más adelante.

Las concentraciones atmosféricas de CO₂, CH₄ y N₂O, han aumentado desde 1750 debido a la actividad humana. En 2011, las concentraciones de estos gases excedían los niveles preindustriales en aproximadamente 40%, 150% y 20%, respectivamente, lo que llevó a un aumento de la temperatura superficial de la Tierra. De acuerdo a los cálculos realizados por el IPCC, para lograr que el incremento medio de las temperaturas globales se mantenga entre 2 y 2,4 °C, la concentración atmosférica de gases debería estabilizarse entre los 445-490 ppm de CO₂ equivalente. Para lograr la estabilización en torno a esos valores se estima que sería necesario recortar las emisiones globales entre 50% y 85% para el año 2050 (Gallardo y Barra 1997, Heras 2008, IPCC 2013).

El uso y la gestión de la tierra tienen influencia sobre una diversidad de procesos de los ecosistemas, afectando los flujos de los GEI. Entre esos procesos se encuentran algunos tales como fotosíntesis, respiración, descomposición, nitrificación/desnitrificación, fermentación entérica y combustión. Estos procesos incluyen transformaciones del carbono y del nitrógeno provocadas por la actividad biológica de los microorganismos, plantas y animales; y física por combustión, lixiviación y escurrimiento (figura 1, IPCC 2006, FAO 2015).

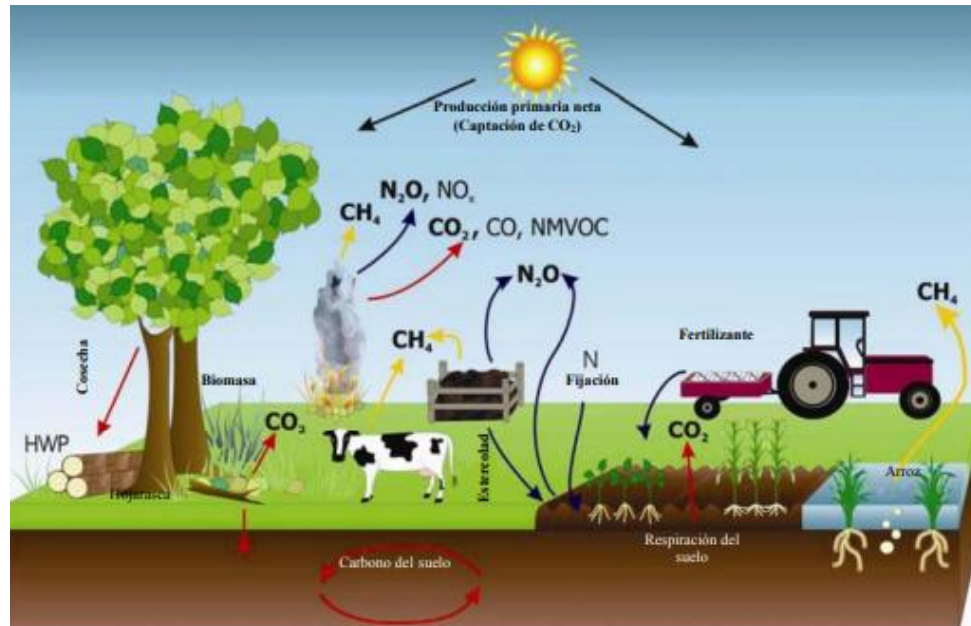


Figura 1. Principales fuentes de emisión/absorciones de gases de efecto invernadero y procesos en ecosistemas gestionados
Fuente: tomado de IPCC (2006).

Un indicador de la emisión conjunta de los diferentes GEI en los procesos productivos es la Huella de Carbono (HC). El mismo es reconocido internacionalmente para comprender la dinámica de los GEI. La HC estima las emisiones de GEI provenientes de la producción de una unidad funcional de producto. Se expresa en Kg de CO₂ equivalente por Kg de unidad funcional y toma en cuenta las emisiones totales de GEI para producir ese producto, ya sea 1 kg carne, 1 litro de leche, o cualquier otro producto (Becoña 2011, 2012).

2.1.1.1. Dióxido de carbono (CO₂)

Este gas tiene un ciclo de vida entre 50 y 200 años (Gallardo y Barra, 1997). En el año 2001 se le atribuyó el 60% del efecto invernadero “antrópico” y el 85% de las emisiones mundiales se producen a través de la generación de energía, principalmente por la quema de petróleo y gas natural. Los principales sumideros de CO₂ están constituidos por las aguas oceánicas y organismos marinos y terrestres, especialmente los bosques (Baethgen y Martino 2001, GCCIP 2001).

Los flujos de CO₂ entre la atmósfera y los ecosistemas se controlan fundamentalmente por captación, mediante la fotosíntesis de las plantas, y por liberación, a través de la respiración, descomposición y combustión de materia orgánica. La biomasa vegetal, incluyendo sus partes aéreas y subterráneas, constituye el principal

medio de absorción de CO₂ de la atmósfera. Debido a estos mecanismos, los flujos de este gas se ven influenciados por el uso y la gestión de la tierra a través de una diversidad de actividades agrícolas como la deforestación, forestación, fertilización, irrigación, cosechas y elección de las especies. Los ecosistemas forestales son los reservorios más grandes de CO₂, aunque son sumideros de gran magnitud en la cosecha se liberan grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera. En tierras de cultivo o pastizales, la biomasa constituye una reserva mucho menor de carbono que las tierras forestales, aunque de gran importancia. En caso de que el material vegetal no sea cosechado se transfiere a depósitos de materia orgánica muerta. Parte de ella se descompone rápidamente y devuelve el carbono a la atmósfera, pero hay una parte retenida en el suelo durante meses hasta años o décadas (IPCC 2006, FAO 2015).

El uso y el manejo de la tierra afecta las existencias de carbono en la materia orgánica muerta al modificar la velocidad de descomposición, mineralización y el ingreso de nueva materia orgánica. La historia de uso del suelo, sus propiedades, el clima y los cambios en las prácticas de gestión, pueden producir incrementos o reducciones en las existencias de carbono (C) en el suelo y por lo tanto modificar la magnitud de este sumidero. El encalado, práctica que se emplea para reducir la acidez del suelo, es también una fuente directa de emisiones de CO₂. Específicamente, transfiere carbono de la corteza de la tierra a la atmósfera cuando se elimina el carbonato de calcio proveniente de la caliza y de la dolomita que evoluciona a CO₂. El fuego como herramienta de manejo de pastizales es otra práctica común en Uruguay que conduce a pérdidas significativas de carbono de la biomasa (IPCC 2006, FAO 2015). Asimismo, en los pastizales del Río de la Plata se ha estimado una disminución del 22% de las reservas de carbono en el suelo después de 370 años de pastoreo por especies domesticadas e introducidas como los rumiantes. Actividades como el laboreo del suelo e implantación de una pradera anual también generan reducciones de CO₂ en el suelo, de similares magnitudes pero en un periodo entre 20 a 40 años (Piñeiro, 2006).

2.1.1.2. Metano (CH₄)

El metano tiene un tiempo de vida en la atmósfera de 10 años y se elimina de la misma (sumidero) mediante reacciones químicas que son muy difíciles de modelar y predecir. Contribuye con el 20% del efecto invernadero antropogénico mundial (GCCIP 2001, IPCC 2006). La contribución del CH₄ al efecto invernadero a escala global es muy alta debido al mayor potencial de calentamiento que caracteriza a este gas; se ha estimado que el CH₄ es 23 veces más efectivo que el CO₂ en atrapar calor (Picasso et al., 2012). Sus concentraciones también aumentan por acción antropogénica directa e indirecta. Naturalmente se genera a través de la descomposición de materia orgánica en condiciones anaeróbicas, así como también en los sistemas digestivos principalmente de los rumiantes a través de la fermentación entérica (Gallardo y Barra 1997, IPCC 2006, FAO 2015).

Las mayores emisiones de este gas se dan en condiciones de producción extensiva. Una reducción de la edad promedio del ganado de carne acompañado de un aumento de la digestibilidad de la dieta que consumen, reduciría las emisiones CH_4 (Baethgen y Martino, 2001). Por otra parte, las decisiones de gestión respecto a la eliminación y almacenamiento de estiércol, afectan las emisiones de CH_4 , que se producen durante la descomposición del estiércol como subproductos de la metanogénesis (IPCC 2006, FAO 2015).

Para comparar las emisiones de GEI en diferentes sistemas de cría vacuna se ha utilizado como indicador la Huella de Carbono (HC). En el caso de Uruguay es posible determinar que las emisiones son menores en sistemas intensivos y confinados (6.9 Kg de CO_2 equivalente por kilo de carne producida), que en sistemas extensivos totalmente a base de pastizales (16,7 Kg de CO_2 equivalente por kilo de carne producida). Si bien la HC es un indicador clave de la contribución de la producción de alimentos al cambio climático se ha utilizado como un índice de sostenibilidad para evaluar los sistemas de producción. Sin embargo no tiene en cuenta muchas otras dimensiones ambientales biofísicas más relevantes a escala local, como la erosión del suelo, el desequilibrio de nutrientes y la contaminación por pesticidas, los cuales aumentan en sistemas intensivos (Modernel et al., 2016). En Uruguay la mayor parte de los productores ganaderos son extensivos, quienes podrían reducir las emisiones de CH_4 mediante la adopción de tecnologías que actualmente están disponibles en Uruguay como pasturas de mejor calidad y mejores prácticas de cría (Becoña, 2012).

En condiciones de inundación, como en los humedales y en la producción de arroz, hay una fracción significativa de materia orgánica muerta en descomposición y de materia orgánica del suelo que se devuelve a la atmósfera en forma de CH_4 , constituyendo una fuente importante de emisiones. En el caso del cultivo de arroz en Uruguay la emisión de metano varía en función de los niveles de agua en suelo, el momento en que el cultivo está inundado, el estado de desarrollo del cultivo y los niveles de materia orgánica en el suelo previo a la inundación (Pereyra, 2009).

Por otra parte los incendios, además de CO_2 , emiten directa o indirectamente CH_4 . Las emisiones de los basurales, las fugas de la minería del carbón y la producción de gas natural también generan emisiones de este gas (IPCC, 2006).

2.1.1.3. Óxido nitroso (N_2O)

Los niveles de óxido nitroso han aumentado 16%, principalmente debido al modelo de agricultura intensiva. En el caso del Uruguay, el sector agropecuario es responsable por el 99% del total de las emisiones de óxido nitroso (Baethgen y Martino, 2001). El óxido nitroso tiene un potencial de calentamiento 300 veces mayor al CO_2 para un horizonte de 100 años (Picasso et al., 2012), y su vida media en la atmósfera es de 100 años (IPCC, 2006). Los sumideros para este gas son las reacciones fotolíticas. La

fijación por los suelos puede ser un sumidero pequeño pero no ha sido bien evaluado (Gallardo y Barra, 1997).

El óxido nitroso (N_2O) es producido por procesos biológicos en océanos, suelos y bosques lluviosos. También por procesos antropogénicos como prácticas de manejo en la agricultura, principalmente el agregado de fertilizantes nitrogenados, manejo del cultivo de arroz y quema de biomasa. Además por combustión industrial, gases de escape de vehículos de combustión interna, producción de nylon y ácido nítrico (GCCIP, 2001). Los cambios de uso de la tierra realzan las emisiones de N_2O si están asociados con una elevada tasa de descomposición de la materia orgánica del suelo y con la subsiguiente desmineralización del nitrógeno, como sucede cuando se inician cultivos en humedales, bosques o pastizales o cuando se rotura el suelo. Los incendios también emiten directa o indirectamente N_2O (FAO, 2015). Prácticas agronómicas como el laboreo, la irrigación, la incorporación de residuos de pasturas con leguminosas también afectan los flujos de gases desde y hacia el suelo (Baethgen y Martino, 2001).

El agregado de nitrógeno (N) es una práctica muy común en Uruguay y en el mundo para incrementar los rendimientos de los cultivos, a través de la aplicación de fertilizantes sintéticos de N y/o abono orgánico como el estiércol, particularmente en tierras de cultivo y pastizales. Este incremento en la disponibilidad de N del suelo aumenta las emisiones de N_2O como subproducto de la nitrificación y la desnitrificación. La nitrificación no libera directamente N_2O a la atmósfera pero genera el sustrato para que se lleve adelante la desnitrificación. Esta última es una reducción biológica que se da en el suelo por un gran número de microorganismos anaeróbicos. En condiciones de anaerobiosis estos microorganismos utilizan el NO_3^- (nitrato) y el NO_2^- (dióxido de nitrógeno) en lugar del O_2 (oxígeno) como aceptores de electrones (e^-), produciendo dos formas gaseosas de nitrógeno, N_2 (N molecular) y N_2O (UdelaR. FA, s.f.).

Para la producción de arroz en las condiciones nacionales se determinó que las emisiones de N_2O del cultivo están dadas en gran medida por el manejo del agua y que la fertilización nitrogenada junto con la presencia de cobertura vegetal en el invierno aumentan las emisiones de N_2O . Las emisiones son mayores a medida que aumentan los niveles de nitrógeno y agua en el suelo ya que estas condiciones aumentan la desnitrificación. Los momentos en que se inunda o fertiliza el cultivo también pueden modificar las emisiones de este gas (Pereyra, 2009).

En cuanto a la producción animal las decisiones de gestión tomadas respecto de la eliminación y el almacenamiento de estiércol afectan las emisiones de N_2O formado durante la descomposición del estiércol, como subproducto de la nitrificación/desnitrificación (IPCC 2006, FAO 2015).

2.1.1.4. Vapor de agua

El mayor contribuyente al efecto invernadero natural es el vapor de agua. Su presencia en la atmósfera no se ve afectada en términos relativos por la actividad humana. Sin embargo, el vapor de agua es importante para el cambio climático debido a una importante "retroalimentación positiva". Ya existen registros de aumentos de 1° C en la temperatura terrestre desde la Revolución Industrial y se espera un aumento adicional de 0,5° C entre 2030 y 2050. El aire más cálido puede contener más humedad, y los modelos predicen que el calentamiento global llevaría a un aumento en los niveles globales de vapor de agua, lo que aumentaría aún más el efecto invernadero (GCCIP 2001, IPCC 2018).

2.1.1.5. Otros gases

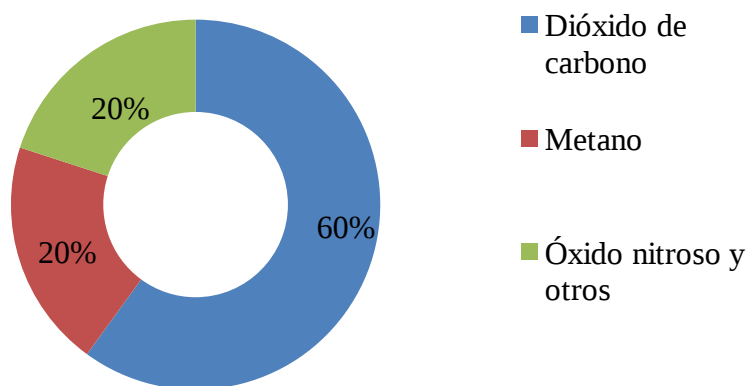
Entre otros gases se encuentran los aerosoles, que se definen como nubes de partículas microscópicas que incluyen polvo, cenizas, cristales de sal oceánica, esporas, bacterias, entre otras. Las fuentes naturales se calculan que son cuatro o cinco veces mayores que las antropogénicas. Tienen el potencial de influenciar fuertemente la cantidad de radiación de onda corta que llega a la superficie terrestre (Gallardo y Barra, 1997). Además de las fuentes naturales, se producen aerosoles a partir de dióxido de azufre (SO₂) emitido principalmente por las centrales eléctricas, el humo de incendios forestales y la quema de desechos de cultivos. El efecto de estos gases es el enfriamiento a nivel local al dispersar la luz solar en el espacio y bloquearla directamente estimulando la formación de nubes. En regiones altamente industrializadas, el enfriamiento por aerosol puede contrarrestar casi todo el efecto de calentamiento de los aumentos de gases de efecto invernadero (GCCIP, 2001).

El ozono (O₃) es otro GEI, y si bien no se emite directamente a la atmósfera se forma a través de reacciones fotoquímicas que involucran radiación solar, una molécula de O₂ y un átomo solitario de oxígeno. También puede ser generado por complejas reacciones fotoquímicas asociadas a emisiones de la actividad industrial. En la tropósfera (capa en contacto con la superficie) el ozono funciona como un GEI atrapando calor. En la estratósfera son necesarias altas concentraciones de ozono, que generan la conocida capa de ozono que protege contra los rayos ultravioletas. En los últimos años se ha verificado un aumento del O₃ en la tropósfera por la actividad industrial y una disminución en la estratósfera por la presencia de ciertos contaminantes como los clorofluorocarbonos que lo destruyen. Las condiciones de la estratósfera hacen que el movimiento vertical de los gases sea muy lento y difícil, por lo que el O₃ de la tropósfera no llega a la estratósfera. El aumento del O₃ en la tropósfera significa un doble problema, por un lado aumenta el efecto invernadero directa e indirectamente. Por otro lado es perjudicial para las plantas ya que el aumento del O₃ en la tropósfera afecta los tejidos vegetales pudiendo causar estrés oxidativo, generar daños en las estructuras

foliares generando clorosis, moteados y otros síntomas visibles. Además afecta la absorción de CO₂ por inducir el cierre de estomas y disminuir la actividad de la enzima rubisco (GCCIP 2001, Asensi 2008, IPCC 2013, IPCC 2018).

Los halocarbonos son otro grupo de gases entre los que se encuentran los clorofluorocarbonos (CFCs) e hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) y son compuestos mayormente de origen antrópico. Estos gases no se producen por la producción agropecuaria sino que se relacionan con actividades domésticas como la refrigeración. Su importancia radica en que no existen sumideros para estos gases y que en su degradación liberan átomos libres de cloro que destruyen efectivamente el ozono. Por la larga vida que poseen son GEI muy potentes (Gallardo y Barra, 1997). Mientras que los CFCs se están estabilizando debido a los controles de emisión introducidos en virtud del Protocolo de Montreal, los HFC, los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre están aumentando (GCCIP, 2001). Los gases como el freón (CFC-115) y el hexafluoruro de carbono (C₂F₆), de origen sintético industrial, tienen un poder de calentamiento 6000 veces superior al CO₂ y su tiempo de residencia en la atmósfera se estima en miles de años, además de su efecto sobre el ozono estratosférico (Picasso et al., 2012).

En síntesis, a nivel mundial el dióxido de carbono y el metano son los gases de efecto invernadero con mayor contribución al calentamiento global (gráfica 1). El óxido nitroso, varios gases industriales y el ozono contribuyen al 20% restante del efecto invernadero “antrópico” (GCCIP, 2001).

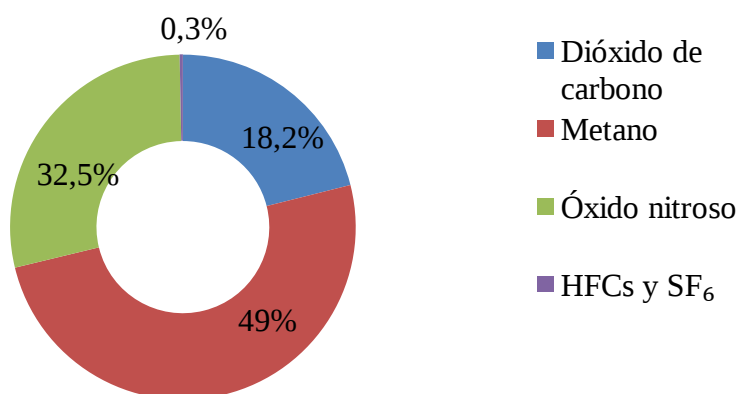


Gráfica 1. Contribución de los diferentes gases al efecto invernadero antrópico a escala mundial

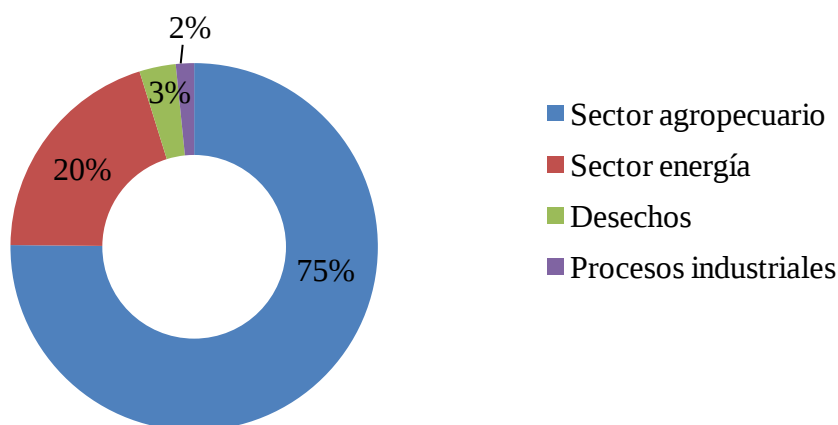
Fuente: elaborado en base a GCCIP (2001).

A diferencia de lo que pasa a escala global los gases de mayor relevancia respecto a las emisiones nacionales son el metano y el óxido nitroso (gráfica 2). Si bien

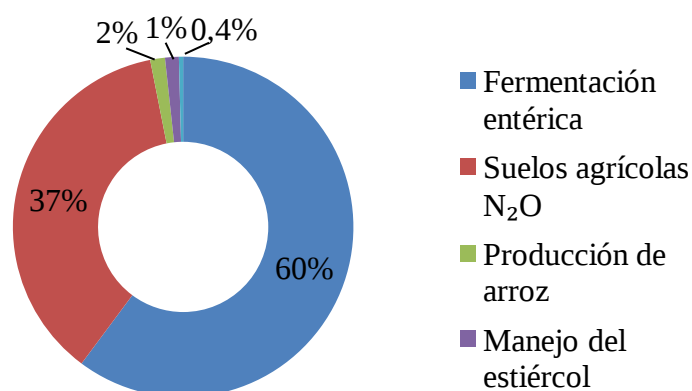
los valores de Potencial de Calentamiento Global (PCG) son discutibles, los valores de emisiones de GEI en Uruguay corregidos por su PCG, indican que los gases con mayor contribución al efecto invernadero son el CH₄ y el N₂O (Baethgen y Martino 2001, MVOTMA 2017).



Gráfica 2. Emisiones relativas de GEI en Uruguay 2014
Fuente: MVOTMA (2017).



Gráfica 3. Emisiones por sector en Uruguay para el año 2014
Fuente: elaborado en base a MVOTMA (2017).



Gráfica 4. Contribución al total de emisiones de GEI, sector agropecuario Uruguay
Fuente: elaborado en base a MVOTMA (2017).

La participación de Uruguay en las emisiones de GEI per cápita (se expresa per cápita para comparar el impacto de todos los habitantes de la Tierra) es el doble del promedio mundial (8t CO₂ equivalente/ habitante/ año), aunque sensiblemente menor a la de los países industrializados (Picasso et al., 2012).

2.1.2. Balance de emisiones de GEI

Se presenta un panorama general del balance de emisiones de GEI en Uruguay considerando los procesos de emisión y fijación de estos gases (gráfica 5). Se construyó esta gráfica en base a los datos correspondientes al inventario nacional de GEI de 2014, publicado en el segundo informe bienal de actualización (MVOTMA, 2017).

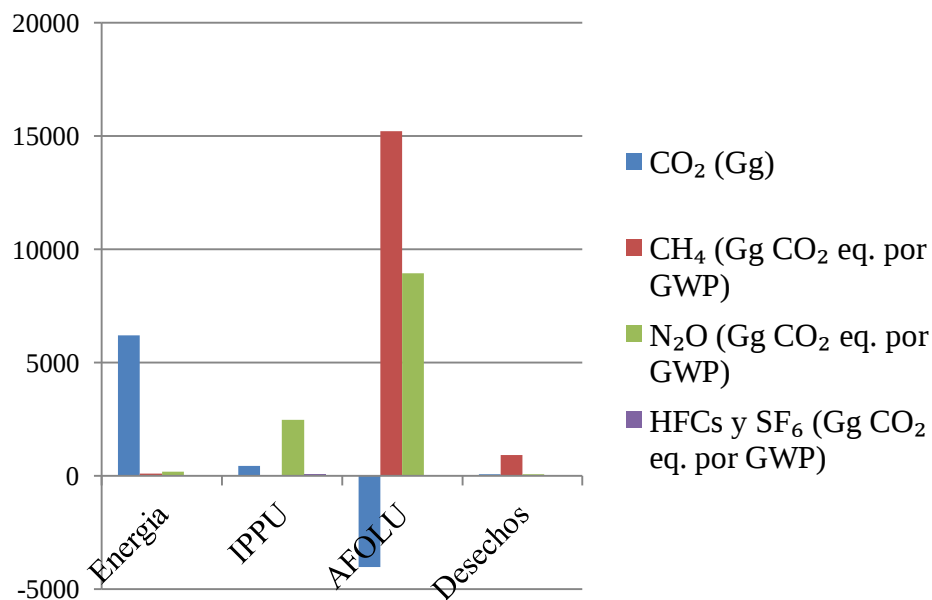
Para la elaboración del inventario nacional de GEI se consideran cuatro sectores generadores de emisiones: energía, procesos industriales y uso de solventes (IPPU por sus siglas en inglés), desechos y el sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU por sus siglas en inglés).

Para hacer un análisis objetivo entre las emisiones de los diferentes GEI existe un consenso científico de agregación de los gases en unidades equivalentes de CO₂ con la finalidad de cuantificar las contribuciones relativas y absolutas de los diferentes GEI. Está basada en la importancia relativa de los gases de efecto invernadero en relación con el CO₂ y depende en gran medida del horizonte temporal y la métrica utilizada (IPCC, 2013). Esto puede realizarse de dos maneras con diferentes enfoques:

a) El Potencial de Calentamiento Global (GWP) en un horizonte de tiempo de 100 años y se centra en la capacidad de absorción de calor de los diferentes gases y su vida útil en la atmósfera (IPCC, 1995).

b) El Potencial de cambio de Temperatura Global (GTP) también utiliza la capacidad de absorción de calor y su vida útil atmosférica pero integra otras variables climáticas más complejas (IPCC, 2013).

Realizar la agregación de las emisiones de GEI por la métrica del GWP o GTP modifica de forma sustancial las estimaciones de emisiones en CO₂ equivalente. Si bien en ambos casos el sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra se citan como el principal emisor de GEI, la magnitud de la contribución del sector AFOLU al cambio climático y la importancia relativa de cada gas se modifican. De acuerdo con la métrica GWP el sector es responsable del 75,1 % de las emisiones nacionales e indica que el CH₄ es el principal gas emitido. Por la métrica GTP las emisiones descienden representando el 58%. Esto se debe a que por esta última las emisiones de CH₄ descienden muy significativamente en CO₂ eq. (MVOTMA, 2017). En este trabajo se tomó en cuenta la métrica de GWP ya que toda la bibliografía hace referencia a la misma y las gráficas presentadas anteriormente corresponden a esa metodología.



Gráfica 5. Balance entre emisiones y fijaciones de GEI en Uruguay por sector en CO₂ eq. por métrica GWP

Fuente: elaborado en base a MVOTMA (2017).

Según la información del último inventario nacional de GEI (2014) las mayores emisiones provienen del sector AFOLU seguido del sector energía. El sector agropecuario es responsable de un 75% del total de emisiones realizadas (MVOTMA, 2017). El total de emisiones nacionales en CO₂ eq. es 32.662 Gg, el único sector que secuestra gases de la atmósfera (CO₂) es AFOLU que en dicho año fijó 4.021 Gg. El total de emisiones netas de Uruguay según la métrica de GWP para el año 2014 fue de 28.641 Gg de CO₂.

2.2. AGRICULTURA Y CAMBIO CLIMÁTICO

La agricultura representa la mayor proporción de uso de la tierra por el ser humano y es la principal fuente de emisión de CH₄ y N₂O a nivel mundial, y en menor medida aunque también importante, de CO₂ (García et al., 2006).

A su vez, se anticipa que el cambio climático podrá causar impactos sobre la producción agrícola, cambios que serán diversos, severos y específicos según la ubicación geográfica. La temperatura y la disponibilidad de agua siguen siendo factores clave que determinan el crecimiento de los cultivos y la productividad, por lo que el cambio climático generará efectos a nivel de rendimiento y producción en el sector agropecuario debido a la ocurrencia de eventos extremos: sequías, aumento en frecuencia de precipitaciones, heladas tempranas e incrementos de temperatura. Por otra parte, modificaciones inducidas por el clima en cuanto a las dinámicas poblacionales de las plagas (insectos, patógenos y malezas) también modificarán los rendimientos. Los eventos climáticos relevantes varían según se trate de actividades ganaderas, lecheras o cultivos. No obstante, en todos los casos, los eventos afectarán la evolución de la actividad, los resultados físicos y económicos, y en función de ello, las decisiones futuras que tomarán los agentes para optimizar la producción (Bartaburu et al. 2013, Nicholls et al. 2015).

La degradación de los suelos y los recursos hídricos supondrá una enorme presión para lograr la seguridad alimentaria de las poblaciones en crecimiento. Estas condiciones pueden empeorar por el cambio climático. Según estimaciones, un calentamiento global de más de 2.5 ° C podría reducir los suministros mundiales de alimentos y contribuir a un aumento de los precios de los mismos (GCCIP, 2001).

En el caso de Uruguay la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Uruguay (MGAP) presentaron las diversas amenazas del cambio climático para los principales rubros productivos del país.

En el sector ganadero los eventos climáticos que inciden mayormente son las sequías agronómicas que provocan impactos negativos relevantes tanto a nivel predial

como sectorial. Los años con incidencia de este evento presentan disminuciones en la tasa de preñez y aumento en la tasa de mortalidad; en el subsistema forrajero generan disminución de la productividad primaria neta aérea y pérdida de mejoramientos forrajeros. En Uruguay, las regiones más sensibles se ubican en el Basalto en el Norte y Noroeste del país, así como en las Sierras del Este, debido fundamentalmente a la baja capacidad de almacenaje de agua de los suelos. Se reconoce que otros eventos climáticos como los excesos de lluvias, inundaciones y heladas impactan negativamente aunque son de menor importancia relativa. Las explotaciones de menor área presentan la mayor sensibilidad frente a las amenazas climáticas debido a un perfil con énfasis criador de los sistemas productivos y la alta carga animal con la que habitualmente trabajan (Cruz 2011, Bartaburu et al. 2013).

En el caso de la fruticultura se identificaron como principales amenazas la falta de frío invernal para las especies de hoja caduca y la alta humedad atmosférica. Además las lluvias en el período de floración podrían comprometer la polinización, mientras que desde cuajado a maduración influyen sobre los tratamientos sanitarios que se realizan en la zafra principalmente para las enfermedades fúngicas. A esto se le suma el granizo, el déficit hídrico y el quemado por sol. Todos estos aspectos mencionados inciden directamente sobre los rendimientos y costos de producción y por lo tanto en la rentabilidad de los sistemas frutícolas (Ferrer et al., 2013).

En la producción lechera, las sequías de primavera-verano son el evento climático con mayor impacto sobre el sistema ya que en estas estaciones se produce el 70% del forraje anual (pasturas y cultivos forrajeros de verano). Esta reducción de la producción de forraje trae como consecuencia una menor disponibilidad de alimento para el otoño-invierno del año siguiente. Es importante tener en cuenta además que prácticamente el 40 % de la leche del ejercicio se produce en primavera, por lo cual los animales que comienzan la lactancia en esta estación disminuirían su producción ante una sequía que afecte la disponibilidad de forraje. Los que comienzan su lactancia en invierno pueden presentar un efecto arrastre de un mal inicio de lactancia, que tendrá consecuencias importante sobre la producción y el resultado económico de todo el ejercicio (Astigarraga et al., 2013).

La producción agrícola extensiva se ve afectada en mayor medida por la ocurrencia de precipitaciones durante el ciclo productivo habiendo mayores efectos para los cultivos de verano que para los de invierno. Los rendimientos menores son registrados en los años que presentan el fenómeno de la “niña” es decir precipitaciones por debajo de lo normal. Los años con el fenómeno del “niño” ósea precipitaciones mayores a las normales presentan mayor incidencia de enfermedades fúngicas. Esto implica que deban tomarse diferentes estrategias para enfrentar el problema de la variabilidad climática creciente en los últimos tiempos. Entre ellas, se proponen: no sembrar, cambiar el cultivo o el cultivar, cambiar la fecha de siembra o modificar la fertilización nitrogenada. Además se presentan estrategias para reducir el riesgo, tales

como diversificación de cultivos, riego y diversificación geográfica (Mazzilli et al., 2013).

Los países industrializados son los mercados más codiciados para la colocación de productos uruguayos provenientes del agro. Es de esperar que a corto o mediano plazo las exportaciones que se realizan a estos países, incluyan información sobre la huella de carbono y tal vez algunos otros indicadores ambientales, como la contaminación por nitrógeno y fósforo, por unidad de producto exportado. Será necesario prepararse para una presión que va a llegar desde los países industrializados para fiscalizar cuáles son las condiciones en las que se produce, desde el punto de vista ambiental (Picasso et al., 2012). Estos requisitos podrían beneficiar a aquellos productores con una menor huella de carbono, a través de ventajas comerciales.

2.3. CAMBIO CLIMÁTICO, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN

La comunicación y la educación ambiental pueden ser herramientas útiles para facilitar la comprensión del cambio climático y para generar un sentido de la responsabilidad ante el fenómeno, el cual debe percibirse como un problema creciente. Los esfuerzos para frenar el CC deben plantearse en numerosos contextos colectivos: comunidades de vecinos, centros educativos y de trabajo, municipios, gobierno nacional, gobiernos regionales y ámbito internacional llegando a todas las sociedades. Los medios de comunicación también influyen en cierta medida en las percepciones, actitudes y preocupaciones de las personas (Heras 2008, Keinonen et al. 2016).

2.3.1. Sociedad

Según Heras (2008) una de las grandes limitantes que hacen que las personas y los políticos no implementen acciones para disminuir su contribución al cambio climático es la falta de entendimiento del fenómeno y el manejo de conceptos erróneos. A continuación se presentan algunas de las limitantes para el entendimiento del CC según este autor:

- Frecuentemente se confunden los conceptos de tiempo y clima.
- Se relacionan incorrectamente el cambio climático y el agujero de la capa de ozono.
- Es común que se observe un sesgo industrialista ya que las industrias han sido presentadas como las grandes responsables de las emisiones, especialmente a través de las imágenes de las chimeneas humeantes utilizadas en medios de comunicación, lo cual es erróneo porque no son las fuentes más significantes de emisiones.
- También es común el sesgo geográfico donde se informa que las consecuencias se dan en lugares lejanos como las regiones polares.

- Por último el sesgo tecnológico en donde la renovación tecnológica se presenta como la salida al problema, ejemplo de esto es la instalación de energías renovables.

Según este autor es necesario contar con información práctica y criterios útiles para tomar nuevas opciones con menor huella de carbono, tanto en lo personal como en lo colectivo.

2.3.2. Educación

El concepto de “educación para el desarrollo”, “educación ambiental”, “educación para el desarrollo sostenible” entre otras formas surgió a fines de la década de 1980 junto con las discusiones internacionales sobre protección ambiental y desarrollo sostenible y cobró relevancia a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro en 1992 (Bangay y Blum, 2010).

La educación ambiental es un tema muy amplio que comprende muchas dimensiones. El papel de la educación para enfrentar los desafíos del cambio climático es fundamental, aun así la educación para contribuir a las medidas de adaptación y mitigación no ha permeado en el modelo actual de desarrollo. Para que esto suceda, debe destacarse el potencial de toda la gama de canales educativos, formales y no formales, y desde la educación primaria hasta la educación terciaria (Bangay y Blum, 2010). La educación ambiental sola no va a lograr un modelo ambiental para un desarrollo humano sustentable, sin un cambio en el modelo de desarrollo económico. Es importante entender que la educación ambiental es política ya que responde a intereses de transformación de la realidad. La transformación hacia la vida sustentable solo es posible a través de un proceso colectivo de educación y un cambio de las sensibilidades, ideas y actitudes de políticos y ciudadanos (ReNAE, 2005).

Programas u organizaciones de carácter mundial como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (UNFCCC) entre otros, presentan a la educación como el pilar del cambio en el camino para alcanzar la sustentabilidad y establecen que la educación es fundamental para enfrentar los impactos de la variabilidad y el cambio climático (Astigarraga et al., 2014).

La educación ambiental fraccionada no ayuda en la cuestión ambiental. El inicio del proceso educativo en la escuela cuenta sólo con un referente educativo la/el maestra/o. Esto cambia sustancialmente con el pasaje a secundaria, donde desaparece el maestro y aparece un conjunto de profesores limitando todo intento o posibilidad de intercambiar, coordinar e integrar; generando la fragmentación y la sectorialización del

conocimiento. El posterior proceso universitario tampoco permite la integración sino que es otra instancia tendiente a la fragmentación (Chabalgoity, 2010).

La educación ambiental en la Universidad de la República (UdelaR) se ha ido desarrollando y diversificado en los últimos años, incorporando nuevas propuestas, pero no está presente en todos los servicios. A falta de una política institucional definida las actividades de educación ambiental son iniciativas dispersas, de alcance restringido y a menudo voluntarias, que obtienen por cuenta propia sus espacios y recursos, así como deciden sus objetivos y estrategias. En general esta educación es específica y alternativa a la dominante en cada formación de grado (GEA, 2010).

En la nueva propuesta del plan de estudios de la carrera de agronomía no se menciona el fenómeno del cambio climático. Si bien menciona la necesidad de un manejo sustentable de los sistemas, no plantea explícitamente una mejora en la educación ambiental (UdelaR. FA, 2018). A su vez, en el informe de la última evaluación institucional y acreditación que obtuvo la carrera de Agronomía en el año 2016, no se realizan observaciones respecto a la escasa educación ambiental o cambio climático (RANA, 2016). El marco legal actual en educación ambiental en Uruguay establece en el artículo 40 de la Ley General de Educación No. 18.437, de diciembre de 2008, la incorporación de la educación ambiental como línea transversal en cualquiera de sus modalidades y señala que “(...) *tendrá como propósito que los educandos adquieran conocimientos con el fin de fomentar actitudes y comportamientos individuales y colectivos, para mejorar las relaciones entre los seres humanos y de éstos con el entorno. Procurará desarrollar habilidades para potenciar un desarrollo humano sostenible en la búsqueda de una mejora sostenida de la calidad de vida de la sociedad*”. Asimismo la Ley General de Protección del Ambiente No. 17.283 establece en su artículo 11 que “*Las entidades públicas fomentarán la formación de conciencia ambiental de la comunidad a través de actividades de educación y capacitación* (ReNAE, 2014).

Por otra parte el Departamento de Sistemas Ambientales de la Facultad de Agronomía viene desarrollando actividades en educación ambiental. Desde el año 2011 se dicta el curso “La variabilidad y el cambio climático como problema ambiental” para estudiantes de grado y posgrado (a partir del 2019 solo para estudiantes de posgrado). Además, los docentes de este departamento coordinan o participan en: proyectos de extensión en esta temática, representación institucional en diversos ámbitos (Grupo Ambiental Montevideo (GAM), Red Temática de Medio Ambiente (RETEMA), Comité Nacional de Especies Exóticas Invasoras, entre otras). Cuenta con el Programa de Huertas en Centros Educativos (PHCE) dirigido a niños y jóvenes de escuelas y liceos públicos, donde la educación ambiental es un pilar central. Por otra parte, en la Facultad de Agronomía existe la Comisión de Patrimonio Vegetal con la finalidad de promover el cuidado de especies valiosas y la Comisión cogobernada de Educación y Gestión Ambiental (CEGA), que dentro de sus actividades creó la Unidad Demostrativa de

Compostaje (Bellenda y Bresciano, 2010). Junto a esto, se desarrollan por docentes de otros Departamentos líneas de investigación relacionadas al CC entre los que se destaca el Departamento de Producción Animal. Como se mencionó estas iniciativas surgen a partir de la inquietud de docentes y estudiantes y no como políticas institucionales.

La Universidad de la Republica cuenta con el Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática, creado en respuesta a la creciente demanda de investigación en CC. Está conformado por docentes e investigadores de las Facultades de Agronomía, Ciencias, Ingeniería y Ciencias Sociales. Tiene como objetivos aportar fundamentos académicos a la elaboración de una estrategia nacional para responder al problema y además generar conocimiento interdisciplinario en base a la articulación e integración de las disciplinas que actualmente están representadas en el centro.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio, se empleó la Metodología Q. Q abarca un conjunto de principios psicométricos y principios operacionales, que unidos a técnicas de correlación y análisis factorial, proveen al investigador de medios sistemáticos y cuantitativos para examinar la subjetividad humana (Gravina, 2010). Ésta implica el marco autorreferencial a través del cual los seres humanos definen y expresan su mundo. Q es una forma de abordar el estudio del comportamiento humano con su propia epistemología y ontología (Kramer et al., 2003). La razón para utilizar esta metodología es su poder para revelar las divisiones funcionales de los puntos de vista de las personas dentro de un tema.

La Metodología Q, se presenta como una inversión del análisis factorial convencional, ya que correlaciona individuos en lugar de variables (Stephenson, citado por Brown, 1993). La correlación entre perfiles personales, indica puntos de vista similares; los factores resultantes del análisis representan grupos de subjetividades que son operativos (Brown, 1993).

La primera etapa consistió en generar un universo de ideas, a partir del cual se seleccionaron una serie de afirmaciones, entendiendo por afirmación una posición que expresa creencias, pensamientos o conceptos (Brown, 1993). Se consideraron tres dimensiones vinculadas al conocimiento por parte de los estudiantes sobre el cambio climático: **aprende, entiende y aplica**. Para analizar la dimensión **aprende**, se generaron afirmaciones referentes a la información sobre el tema. Ejemplos de sentencias elaboradas para esta dimensión son: “El agro contribuye al cambio climático” o “En Uruguay hay registros de aumentos en precipitaciones y temperatura en los últimos años”. En la dimensión **entiende** se generaron afirmaciones que relacionan conceptos y utilizan un conjunto de información que permite inferir un razonamiento deductivo. Ejemplo de esto son sentencias como “El fenómeno del cambio climático no aumenta en el tiempo” o “El sector agropecuario ofrece oportunidades de secuestro de carbono”. Por último en la dimensión **aplica**, se consideran sentencias que refieren a acciones concretas y prácticas en la vida profesional y cotidiana. Ejemplo de esta última categoría son las sentencias “He tomado algunas medidas para disminuir mis emisiones de gases de efecto invernadero” o “El cambio en el uso del suelo no se relaciona con el cambio climático”. Se elaboraron 40 afirmaciones las cuales se presentan en anexo, 11 pertenecen a la dimensión aprende, 25 a la dimensión entiende y 4 en la dimensión aplica.

Se incluyeron conceptos básicos sobre los GEI; efectos de diferentes manejos de suelo sobre su generación y fijación, consecuencias del cambio climático, entre otros. Además se formularon afirmaciones de opinión con respecto a la educación sobre cambio climático.

El objetivo final de esta etapa es generar un conjunto balanceado y representativo de afirmaciones de manera que puedan emerger diferentes puntos de vista (Gravina, 2010). Las mismas fueron numeradas e impresas en tarjetas individuales, para que durante la aplicación de la encuesta fueran ordenadas en la grilla por los estudiantes.

La metodología Q no requiere un gran número de participantes, y estos deben ser relevantes para el problema bajo consideración, de estas personas se espera que tengan una visión clara y distintiva del problema (Brown, citado por Gravina, 2010).

La segunda etapa del estudio se llevó adelante entre junio y agosto de 2018, y consistió en la obtención de los datos a partir de las clasificaciones de los participantes. La población analizada se conformó por 30 estudiantes de la Facultad de Agronomía, quedando 29 consultas validas ya que una debió descartarse por incompleta. Los estudiantes se dividieron en 3 grupos dependiendo del ciclo de la carrera que estuvieran cursando. La muestra se constituyó por estudiantes de agronomía de diferentes etapas de la carrera; los de primer ciclo fueron citados vía correo electrónico o seleccionados al azar en las aulas de la Facultad. Los de segundo y tercer ciclo se seleccionaron al azar en diversos espacios de la institución.

3.5. OBTENCIÓN DE LOS DATOS

Se solicitó a los estudiantes que clasificaran las 40 afirmaciones con la siguiente indicación: *“El cambio climático es un fenómeno especialmente difícil de valorar e interpretar, la comunidad científica aporta cada vez más información sobre la naturaleza del fenómeno y sus consecuencias, pero existe un abismo entre lo que conocemos en relación con el tema y lo que hacemos para tratar de darle respuesta. Con este trabajo contribuimos al análisis de los aprendizajes de los estudiantes universitarios sobre la problemática del cambio climático y sus causas. Complete la grilla ubicando cada sentencia donde lo crea necesario y considerando que las celdas -5 y +5 significan el mayor desacuerdo y mayor acuerdo respectivamente, también considere que el 0 significa desconocimiento o indiferencia con respecto a la afirmación en cuestión. No deben superponerse tarjetas y todos los espacios de la grilla deben estar cubiertos.”*

La grilla tipo donde debían colocarse las afirmaciones se presenta en la figura 2.

4. RESULTADOS

Se obtuvieron tres factores o tipologías que representan tres percepciones o formas de pensar de los estudiantes de agronomía sobre el cambio climático y su relación con la producción agropecuaria. Los factores son estables ya que 22 de los 29 estudiantes se distribuyeron en tres tipologías que explican un 60% de la varianza. El factor 1 explica la mayor parte de la varianza y agrupa a once estudiantes seguidos por los factores 2 y 3 que agrupan cinco estudiantes cada uno. Los ocho estudiantes restantes no resultaron significativos al 1%, es decir son aquellos que la metodología no logra correlacionar con ninguno de los grupos resultantes y además son diferentes entre sí.

Los estudiantes incluidos en la muestra presentan una edad promedio de 22 años, con un rango de edades de entre 18 y 30 años. Proviene de nueve departamentos del país y ninguno de ellos se vincula a organizaciones ambientalistas. Los estudiantes del primer ciclo en su mayoría (90%) provienen de centros educativos públicos ya sea Liceos o Escuelas Agrarias del interior del país. Los grupos de estudiantes de segundo y tercer ciclo en su totalidad cursaron sus últimos dos años en la Facultad de Agronomía. En cuanto a estas variables la única que presentó una tendencia a la hora de definir las distintas tipologías fue la edad, los estudiantes que representan la tipología uno son los más jóvenes y cursan el primer ciclo de la carrera.

Se analizan las tres tipologías resultantes.

4.1. TIPOLOGÍA 1: “CONSCIENTES DEMANDANTES”

Está representado por once estudiantes, mayoritariamente de primer ciclo (primero y segundo año), y es el grupo que explica la mayor parte de la varianza. Esta tipología se diferenció de los otros factores por no estar de acuerdo con la afirmación 28 “En Uruguay no es necesario adoptar medidas de mitigación del cambio climático”, y estar muy de acuerdo con las afirmaciones 26 “La facultad debería ofrecer más formación sobre los aportes de la producción agropecuaria al cambio climático” y la 2 “La solución a los problemas ambientales depende de nuestro comportamiento individual y colectivo”. Este grupo demanda a la facultad más formación sobre el tema, critica la formación previa y no cree tener un conocimiento adecuado sobre el fenómeno del cambio climático.

Esta tipología identifica al CC como un fenómeno que aumenta en el tiempo y reconoce al metano y al dióxido de carbono como gases de efecto invernadero que causan el aumento de la temperatura. Es consciente de que el agro contribuye al cambio climático, y reconoce que los ingenieros agrónomos tienen un rol fundamental como gestores de los agro-ecosistemas aunque no logra relacionar el fenómeno con prácticas agronómicas concretas. Todas las afirmaciones que relacionan prácticas agronómicas

con procesos de fijación o emisión de gases fueron ubicadas en los rangos entre -2 y +2 (posición de desconocimiento o indiferencia).

Este grupo estuvo muy en desacuerdo con una serie de afirmaciones incorrectas como la 19 “El efecto invernadero protege contra la radiación ultravioleta del sol”, la 39 “El agujero de la capa de ozono permite que se escapen los gases de efecto invernadero” y la 10 “El único efecto del cambio climático es el deshielo de los polos causado por el calentamiento global”. Además estuvo en desacuerdo con la afirmación 30 “Es más importante aumentar la rentabilidad que proteger el medio ambiente”.

Encuentra a la sociedad como pilar para el cambio. Reclama más formación, le preocupa el tema, pero a nivel personal no lleva a cabo ninguna medida para disminuir su contribución al fenómeno aunque sabe que es parte del problema.

Los estudiantes con mayor correlación con este factor califican la enseñanza pública sobre cambio climático utilizando adjetivos como: insuficiente, regular, mala.

4.2. TIPOLOGÍA 2: “CAUTELOSOS”

Este grupo está constituido por cinco estudiantes del segundo y tercer ciclo (segundo, tercero, cuarto y quinto año de la carrera). Se distinguió del resto por estar muy en desacuerdo con la sentencia 29 “La tecnología podrá resolver el problema del cambio climático”, en desacuerdo con la afirmación 3 “Tengo buen conocimiento sobre el cambio climático” y de acuerdo con la 1 “El fenómeno del cambio climático no aumenta en el tiempo”. Además reconoce que la solución a los problemas ambientales depende tanto de su comportamiento individual como colectivo y también de las políticas públicas.

Expresan preocupación por el problema, pero tienen errores conceptuales y presentan contradicciones en la distribución de las sentencias en la grilla. Tienden a llevar a los extremos las sentencias políticamente correctas por ejemplo la 30 “Es más importante aumentar la rentabilidad que proteger el medio ambiente” o la 27 “Al tema del cambio climático se le da más importancia de la que tiene” fueron ubicadas en el extremo negativo; mientras que la 25 “El fenómeno del cambio climático me preocupa” fue ubicada en el extremo positivo. Aquellas que indican entendimiento del tema o una posición marcada al respecto, las ubican en posiciones intermedias por ejemplo la 7 “El sector agropecuario ofrece oportunidades de secuestro de carbono”. No ven el proceso como algo dinámico ya que consideran que no aumenta con el tiempo.

Este grupo reconoce el rol del ingeniero agrónomo pero presenta falta de conocimientos básicos del fenómeno. No logra identificar procesos del agro que aporten o mitiguen el cambio climático o no lo consideran relevante, ya que todas estas sentencias fueron ubicadas en posiciones de indiferencia en la grilla. La falta de

conexión entre la producción agropecuaria y el cambio climático se hace más marcada que en el grupo anterior, ya que este grupo no encuentra una relación entre los mismos. Esta tipología al igual que la anterior no logra relacionar procesos ni actividades agrícolas con el CC.

Este grupo reconoce no tener “buena” formación y reclama mayor aporte de la educación en la misma. Al igual que los conscientes demandantes, los integrantes de este grupo reconocen no realizar ninguna acción para disminuir su contribución individual al problema.

En la mayoría de los casos califican la enseñanza pública como buena en la formación del tema.

4.3. TIPOLOGÍA 3: “ACRÍTICOS Y LEGOS”

Este grupo está representado por cinco estudiantes del segundo y tercer ciclo de la carrera al igual que la tipología dos.

Esta tipología se identifica por su desacuerdo con la sentencia 10 “El único efecto del cambio climático es el deshielo de los polos causado por el calentamiento global” y la sentencia 20 “Con prácticas de labranza convencional se emiten iguales cantidades de GEI que en siembra directa”. Se mostró en desacuerdo con la sentencia 24 “La solución a los problemas ambientales depende de las políticas públicas”. Además expresó estar de acuerdo con la sentencia 11 “Lo que se sabe sobre cambio climático lo aprendí en ámbitos de educación formal” y muy de acuerdo con la 36 “En Uruguay hay registros de aumentos en precipitaciones y temperatura en los últimos años”.

Presentan, al igual que los cautelosos, errores conceptuales como considerar que el calentamiento global se debe al agujero de la capa de ozono entre otros, y presenta contradicciones en la grilla, por lo que parecería no comprenderse el fenómeno. Tienden a llevar a los extremos las sentencias políticamente correctas, por ejemplo la 30 “Es más importante aumentar la rentabilidad que proteger el medio ambiente” y la 27 “Al tema del cambio climático se le da más importancia de la que tiene” fueron ubicadas en las posiciones de mayor desacuerdo; mientras que la 25 “El fenómeno del cambio climático me preocupa” se ubicó en el extremo de mayor acuerdo. Entiende que algunas prácticas agronómicas afectan la intensidad del fenómeno y que en Uruguay ya se han evidenciado cambios en variables climáticas, a causa del fenómeno. Sin embargo como futuro profesional del agro no se visualiza involucrado en el tema ni considera que la facultad debería ofrecer mayor formación en cambio climático.

En el momento que se le pidió una calificación sobre la enseñanza pública en cambio climático, no realizó un aporte ni crítica, utilizó adjetivos como: media y muy importante.

4.4. SENTENCIAS CONSENSO ENTRE LAS TRES TIPOLOGÍAS

Estas sentencias son las que las distintas tipologías ubican en la grilla con similitud. Con respecto a la afirmación “En mi educación formal obtuve buena formación sobre el cambio climático” los tres grupos estuvieron en desacuerdo. Además todos los factores mostraron una posición fuerte de desacuerdo con que “Es más importante aumentar la rentabilidad que proteger el medio ambiente”.

Todos los estudiantes que conforman los tres grupos se mostraron indiferentes o con desconocimiento respecto a:

- “El sector agropecuario ofrece oportunidades de secuestro de carbono”,
- “El cambio climático tiende a disminuir la biodiversidad”,
- “La silvicultura y los recursos forrajeros secuestran carbono de la atmósfera”,
- “El óxido nitroso es un gas de efecto invernadero”,
- “Al modificar las propiedades físicas del suelo (estructura, porosidad, etc.) por un uso intensivo se disminuye su capacidad de secuestro de carbono”,
- “El 20% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero provienen del agro”.

5. DISCUSIÓN

El CC es un tema muy discutido, debatido y cuyo abordaje es “políticamente correcto”. Observando los resultados se puede inferir que la formación universitaria en la Facultad de Agronomía sobre el CC no estaría siendo suficiente para alcanzar un aprendizaje que permita la comprensión de los aportes de la producción agropecuaria al fenómeno del CC. En ninguna de las tipologías se observó un entendimiento profundo del fenómeno y los estudiantes demandan mayor formación en el tema. Esta demanda no es igualmente requerida por los tres grupos, los estudiantes “conscientes demandantes” son los que ponen mayor énfasis en que la formación en CC por la Facultad de Agronomía debería mejorar y se muestran más preocupados, lo que creo que se debería a un mayor entendimiento del fenómeno. Los “cautelosos” también creen que la formación universitaria es importante, mientras que los “acríticos y legos” si bien se expresan preocupados por el CC no considerarían importante mejorar la formación en el tema. En cuanto a la relación agro-CC, ninguna de las tres tipologías logró relacionar procesos productivos con emisiones o remociones de GEI. Con respecto a esto se hace más evidente en los “cautelosos” y los “acríticos y legos”, los “cautelosos” no consideran necesaria la adopción de medidas de mitigación del CC en Uruguay o al menos no lo consideran muy importante. Además esta misma tipología reclama más a las políticas públicas que a la Facultad, lo cual es coherente con la percepción de no ser parte del problema (como futuro ingeniero agrónomo) por lo que confirmaría que no relacionan la actividad agropecuaria con el CC. Algo importante a remarcar es que ninguna de las tres tipologías reconoció al óxido nitroso como GEI, siendo este junto con el metano los gases más relevantes tanto en las emisiones nacionales como mundiales y que provienen de la producción agropecuaria. Reafirmando esta idea, en las sentencias consenso se observa como las tres tipologías ubicaron las afirmaciones que relacionan procesos productivos del agro con el CC en las celdas de indiferencia o desconocimiento. Esto podría deberse entre otras cosas a las limitantes que cita Heras (2008) como el sesgo industrialista muy instalado en la sociedad que atribuye el CC a la actividad industrial.

Los grados de aprendizaje-entendimiento del CC son diferentes en las distintas tipologías. Los “conscientes demandantes” entienden algunos aspectos teóricos del fenómeno ya que, analizando de forma general la grilla, no se encuentran grandes contradicciones ni errores. Se podría inferir que estos estudiantes aprenden, entienden parcialmente y no aplican ninguna acción para mitigar el CC. Los “cautelosos” aprendieron conceptos básicos como cuáles son los principales gases de efecto invernadero, pero no parecen entender el proceso ni tampoco lo visualizan en el funcionamiento del sistema agropecuario. Por estos motivos se podría inferir que aprenden parcialmente, no entienden y no aplican. Por último los “acríticos y legos” evidencian conceptos erróneos sobre las causas del CC, no presentan mucha solidez en la distribución de sentencias en la grilla, no se visualiza una posición clara y pareciera

que la ubicación de las sentencias se hizo al azar denotando falta de reflexión sobre el tema. Por ello se hace muy difícil analizar la tipología de estos estudiantes.

En base a los resultados obtenidos se sugiere que los estudiantes más avanzados en la carrera y próximos a ejercer su vida profesional (“cautelosos” y “acríticos y legos”) no habrían comprendido ni aprendido sobre el fenómeno del CC, y sería a los que menos les preocupa. Esto es una diferencia con los estudiantes de primero y segundo año que aprendieron, entendieron de forma parcial el CC y estarían más preocupados (“conscientes demandantes”).

A partir de lo anterior podrían desprenderse dos interpretaciones:

a) los estudiantes más jóvenes se presentan más sensibilizados con el tema y con menor incertidumbre, lo que los llevaría a entender y preocuparse más por la problemática,

b) en el caso de los estudiantes más avanzados en la carrera, el enfoque productivista dominante podría “desdibujar” la preocupación por el CC y orientar hacia una producción que desatiende las consecuencias ambientales.

Aunque las generaciones más jóvenes crecieron con más información y menos incertidumbre científica sobre el CC presentan confusión en el manejo de los conceptos, al igual que el resto de los estudiantes participantes del estudio. Es posible que haber transcurrido la enseñanza formal con mayor información sobre el tema los lleva a demandar mayor formación universitaria. Los estudiantes consultados señalaron no asumir compromisos para disminuir su huella de carbono en su vida cotidiana y este comportamiento podría explicarse por el manejo de conceptos erróneos y las dificultades para entender el problema. Esto coincide con estudios realizados en Estados Unidos que establecen que los estudiantes con mayor conocimiento sobre las causas y consecuencias del CC tienden a estar más preocupados por el mismo. La falta de actitudes para involucrarse en un comportamiento mitigador y/o adaptativo por parte de los estudiantes universitarios también podría atribuirse a la ausencia de motivación, debido a los fracasos de las políticas mundiales sobre CC. Ejemplo de esto es el acuerdo de París de 2015 en el que los países firmantes se comprometieron a reducir sus emisiones de GEI, posteriormente Estados Unidos uno de los países con mayores emisiones abandono dicho acuerdo (Wachholz et al., 2014).

En cuanto al rol de la Universidad, es urgente su aporte en una educación ambiental cada vez más necesaria por la sociedad global y local. El marco legal plantea claramente que la enseñanza debe potenciar el desarrollo humano sostenible y que éste debe ser promovido por las instituciones públicas. Esto, hasta ahora, ha estado liderado por propuestas innovadoras impulsadas por estudiantes y docentes emprendedores “desde abajo”, con escaso apoyo, formalización o fortalecimiento “desde arriba”, situación que es necesario cambiar para ampliar el alcance. En este sentido, se entiende

fundamental que se defina una política institucional expresa: que cuente con recursos, marco formal y conceptual (GEA, 2010), así como un abordaje y evaluación integrada para el estudio de fenómenos complejos. La evaluación integrada se define como un proceso interdisciplinario y participativo que combina, interpreta y comunica el conocimiento de diversas disciplinas científicas para una mejor comprensión (Rotmans y van Asselt, 1996). Este enfoque deberá comprender a la UdelaR en su conjunto y demás niveles educativos. El desarrollo científico y tecnológico internacional promovido a nivel nacional por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) y políticas específicas del MGAP para la conservación de los recursos naturales y el cuidado del ambiente, exigen mejor formación y preservan un espacio de trabajo profesional para los agrónomos, demandando la definición de posiciones éticas, sociales y políticas de los profesionales que debería considerarse en su formación (Marisquirena, 2017). Viendo el CC como la expresión más evidente de la presente crisis ambiental y teniendo en cuenta el origen de las emisiones de GEI, la Facultad de Agronomía deberá integrar este enfoque para formar al profesional responsable y capaz de manejar los sistemas complejos de manera sustentable como se establece en el perfil de egreso de la carrera de agronomía en dicha institución.

A partir de esto cabe preguntarse ¿es la formación la que lleva a los estudiantes más avanzados a “olvidarse” de la problemática ambiental?, ¿es la sociedad? Solamente con esta investigación es difícil determinar cuáles son las causas de esto y por tanto habría que continuar las investigaciones en esta línea. En acuerdo con Chabalgoity (2010), la fragmentación de la enseñanza es lo que no permitiría transmitir la problemática ambiental en la carrera y en el caso de aquellos estudiantes interesados y más sensibilizados por la temática, el modelo de producción hegemónico para el cual los profesionales son formados no logra integrar esta problemática. La fragmentación se visualiza cuando la problemática ambiental se presenta en un curso del primer semestre de la carrera y luego no se integra holística y sistemáticamente en otros cursos a lo largo de la misma, sino de forma parcial o compartimentada en función de las disciplinas. En esta misma línea y en concordancia con Marisquirena (2017), más allá de los programas, es el docente en el ámbito de su clase el que determina lo que efectivamente se enseña y como lo enseña. La enseñanza con un enfoque de sustentabilidad a nivel de los sistemas agropecuarios en la Facultad de Agronomía queda muchas veces a consideración de los docentes aun cuando en el plan de estudios y en la misión de la Facultad se establece la sustentabilidad como eje de la formación. Según el mismo autor en un estudio de relevamiento de opiniones en cuanto a cómo debería ser el perfil de egreso de los profesionales de la agronomía (UdelaR) se diferenciaron tres grupos de opinión en el cual uno solo no considero relevante la sustentabilidad. Este grupo está representado mayormente por Ingenieros Agrónomos que tienen cargos de investigación y dirección de departamentos en la institución, que son quienes deciden sobre la educación. Esto representa una gran limitante para la integración de la educación ambiental. En las discusiones sobre el perfil de egreso *“no se evidencia una discusión epistemológica, lo que cuestiona o debilita la formación científica que se ofrece, siendo un riesgo imponer*

en los estudiantes la visión dominante, a modo de adoctrinamiento dogmático y una reproducción de saberes, en lugar de formar para el pensamiento autónomo y creativo” (Marisquirena, 2017).

6. CONCLUSIONES

En momentos en que el mundo está preocupado por las consecuencias globales del CC y considerando que Uruguay tiene un fuerte sustento en el sector agropecuario, el cual se identifica como la principal fuente de GEI a nivel nacional, la formación de los ingenieros agrónomos es sustancial para adaptar los sistemas productivos al fenómeno y mitigar sus efectos. En su mayoría los estudiantes de la Facultad demandan mayor formación en CC y debería hacerse especial énfasis en las medidas de mitigación dentro de los contenidos curriculares. Esto podría aportar a la visualización y comprensión de la relación del agro con el fenómeno. La elaboración del Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Agronómica que se está llevando a cabo actualmente sería una excelente oportunidad para integrar estos temas en toda la currícula. Que las nuevas generaciones de agrónomos aprendan, entiendan y apliquen estos temas a su desempeño profesional, dependerá de ello.

Las percepciones de los estudiantes universitarios sobre este problema pueden ser elementos muy importantes a la hora de pensar estrategias de enseñanza y comunicación. Comprender sus puntos de vista podría llevar a prácticas de enseñanza más efectivas y, por lo tanto, fomentar mayores niveles de aprendizaje, entendimiento y acción respecto al cambio climático (Wachholz, 2014). En este sentido, este trabajo debería ser solamente el inicio para seguir indagando en los estudiantes.

7. RESUMEN

El cambio climático se entiende como una de las expresiones de la crisis ambiental global. En Uruguay el sector agropecuario es responsable del 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), siendo la fermentación entérica y la gestión de los suelos agrícolas los procesos que más contribuyen. Este trabajo se centra en analizar la enseñanza de este fenómeno en la Facultad de Agronomía, en el marco de la propuesta del nuevo plan de estudios de la institución los ingenieros agrónomos se definen como los profesionales universitarios comprometidos con el desarrollo sustentable. Los objetivos son determinar cuál es la percepción y formación de los estudiantes universitarios sobre la temática del cambio climático, así como analizar la relación entre la formación y la comprensión de los efectos de la actividad agropecuaria sobre el problema. Se determinaron tres formas de percibir el cambio climático por los estudiantes, los cuales también presentan diferentes grados de aprendizaje-entendimiento del fenómeno siendo los más jóvenes los más sensibilizados y entendidos en el tema. La formación en la facultad de agronomía no parecería ser suficiente para la comprensión del cambio climático. Los estudiantes en su mayoría reclaman mayor formación, no reconocen algunos de los GEI y no relacionan procesos productivos del agro con emisiones de GEI.

Palabras clave: Cambio climático; Percepciones; Formación; Estudiantes; Metodología Q; Facultad de Agronomía.

8. SUMMARY

Climate change is understood as one of global environment crisis' expressions. In Uruguay the agriculture and livestock sector is responsible for 75% of greenhouse gases' (GHG) emissions, being enteric fermentation and agricultural soil management the most contributing processes. This work is centered in analyzing the teaching about this phenomenon in Facultad de Agronomía. Within the proposal for the new study plan for the institution, the engineers in agronomy are defined as university professionals compromised with the sustainable development. The objectives are to determine what is the perception and education of Facultad de Agronomía's university students about climate change, as well as to analyze the relation between university's formation and the comprehension of agricultural and livestock's effects on climate change. There were determined three ways of perceiving climate change by the students, which also present different degrees of learning-understanding the phenomenon, being the youngest students the most sensitive and aware about the subject. The education in Facultad de Agronomía does not seem to be enough to understand climate change. Most students claim for more education, do not recognize the GHG and do not relate agricultural and livestock productive processes with GHG emissions.

Key words: Climate change; Perceptions; Education; Students; Q Methodology; Agronomy Faculty.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Asensi, A. 2008. Efecto del ozono troposférico sobre el cultivo de patata en Carcaixent (Valencia). Tesis Dr. en Ciencias Biológicas. Valencia, España, Universidad de Valencia. 187 p.
2. Astigarraga, L.; Cruz, G.; Caorsi, M.; Taks, J.; Cobas, P.; Mondelli, M.; Picasso, V. 2013. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la lechería frente al cambio climático. (en línea). In: Galván, M.; Grille, E. eds. Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Montevideo, s.e. p. irr. Consultado 14 feb. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/climatechange/84982/es/>
3. _____.; Terra, R.; Cruz, G.; Picasso, V. 2014. Centro interdisciplinario de respuesta al cambio y a la variabilidad climática: vínculos ciencia-política y ciencia-sociedad. Montevideo, Universidad de la República. 124 p.
4. Baethgen, W.; Martino, D. 2001. Emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores agropecuario y forestal del Uruguay y oportunidades en el mercado de carbono. In: Reunión de ALPA (16ª., 2000, Montevideo, Uruguay). Actas. Alpa. 9 (2): 127-134.
5. Bangay, C.; Blum, N. 2010. Education responses to climate change and quality: two parts of the same agenda. International Journal of Educational Development. 30: 359–368.
6. Bartaburu, D.; Morales, H.; Dieguez, F.; Lizarralde, C.; Quiñones, A.; Pereira, M.; Molina, C.; Montes, E.; Modernel, P.; Taks, J.; De Torres, F.; Cobas, P.; Mondelli, M.; Terra, R.; Cruz, G.; Astigarraga, L.; Picasso, V. 2013. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la ganadería frente al cambio climático. (en línea). In: Galván, M.; Grille, E. eds. Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Montevideo, s.e. p. irr. Consultado 8 feb. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/climatechange/84982/es/>
7. Becoña, G. 2011. La huella de carbono de los productos agropecuarios. In: Semana de Reflexión sobre Cambio y Variabilidad Climática (3ª., 2011, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 29-30
8. _____. 2012. Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de cría vacuna del Uruguay. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 69 p.

9. Bellenda, B.; Bresciano, D. 2010. Diez años de camino: reflexiones a partir de acciones en lo ambiental desde la Facultad de Agronomía. *In*: Bresciano, D.; Burger, M.; Guevara, R.; Martínez, G.; Taks, J. eds. Educación ambiental en la Universidad de la República: estado y perspectivas. Montevideo, Tradinco. pp. 35-45.
10. Brown, S. R. 1993. A primer on Q methodology. Kent, Ohio, Kent State University. 26 p.
11. Chabalgoity, M. 2010. La universidad y la cuestión ambiental. *In*: Bresciano, D.; Burger, M.; Guevara, R.; Martínez, G.; Taks, J. eds. Educación ambiental en la Universidad de la República: estado y perspectivas. Montevideo, Tradinco. pp. 19-32.
12. Cruz, G. 2011. Amenazas y vulnerabilidad en contextos de variabilidad climática. *In*: Semana de Reflexión sobre Cambio y Variabilidad Climática (3ª., 2011, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 15-16.
13. Del Pino, A. 2011. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de suelos en diferentes sistemas de producción. *In*: Semana de Reflexión sobre Cambio y Variabilidad climática (3ª., 2011, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 26-28.
14. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2015. Estimación de gases de efecto invernadero en la agricultura: un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo. Roma. 193 p.
15. Ferrer, M.; Camussi, G.; Fourment, M.; Varela, V.; Pereyra, G.; Taks, J.; Contreras, S.; Cruz, G.; Astigarraga, L.; Picasso, V. 2013. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la viticultura y la fruticultura frente al cambio climático. (en línea). *In*: Galván, M.; Grille, E. eds. Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Montevideo, s.e. p. irr. Consultado 2 feb. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/climatechange/84982/es/>
16. Gallardo, M.; Barra, R. 1997. Cambio climático global. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. 10 p. Consultado 28 feb. 2019. Disponible en http://www.produccionbovina.com.ar/clima_y_ambientacion/06-cambio_climatico_global.pdf
17. García, A.; Laurin, M.; Llosa, M.; Gonzalvez, V.; Sanz, M.; Porcuna, J. 2006. Contribución de la agricultura ecológica a la mitigación del cambio

climático en comparación con la agricultura convencional. Agroecología. 1: 75-88.

18. GCCIP (Global Climate Change Information Programme, DE). 2001. Climate change: information kit. (en línea). Berlin, Climate Change Secretariat (UNFCCC). 63 p. Consultado 7 mar. 2019. Disponible en <https://unfccc.int/resource/iuckit/cckit2001en.pdf>
19. GEA (Grupo de Educación Ambiental, UY). 2010. Relevamiento de actividades de educación ambiental en la Universidad de la República 2009. *In*: Bresciano, D.; Burger, M.; Guevara, R.; Martínez, G.; Taks, J. eds. Educación ambiental en la Universidad de la República: estado y perspectivas. Montevideo, Tradinco. pp. 35-45.
20. Gravina, M. 2010. Metodología Q: un abordaje metodológico alternativo para la evaluación de proyectos de desarrollo. Tesis Ing. Agr. Mag. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 148 p.
21. Grezzi, C. 2004. Aproximación al cambio climático desde Uruguay: políticas y medidas. Observatorio Medioambiental. 7: 249-282.
22. Guevara, R. 2014. ¿Qué se está haciendo en educación ambiental para el cambio climático en Uruguay?: el caso de la Universidad de la República. *In*: Astigarraga, L.; Terra, R.; Cruz, G; Picasso, V. eds. Centro interdisciplinario de respuesta al cambio y a la variabilidad climática: vínculos ciencia-política y ciencia-sociedad. Montevideo, Universidad de la República. pp. 51-62.
23. Heras, F. 2008. Comunicar el cambio climático. *In*: Riechmann, J. ed. ¿En que estamos fallando? Cambio social para ecologizar el mundo. Barcelona, Icardia. pp. 201-238.
24. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, CH). 1995. Climate change 1995: the Science of Climate Change. (en línea). Cambridge, University of Cambridge. 588 p. Consultado 15 ago. 2019. Disponible en <https://archive.ipcc.ch/>
25. _____. 2006. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. (en línea). Hayama, Instituto para las Estrategias Ambientales Globales. 25 p. Consultado 20 mar. 2019. Disponible en https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/Glossary_Acronyms_BasicInfo/Glossary.pdf

26. _____. 2013. Climate change 2013: the physical science basis. (en línea). New York, University of Cambridge. 1552 p. Consultado 31 jun. 2019. Disponible en <https://archive.ipcc.ch/>
27. _____. 2018. Summary for policymakers. (en línea). In: Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pörtner, H.; Roberts, D.; Skea, J.; Shukla, P.; Pirani, A.; Moufouma-Okia, W.; Péan, C.; Pidcock, R.; Connors, S.; Matthews, J.; Chen, Y.; Zhou, X.; Gomis, M.; Lonnoy, E.; Maycock, T.; Tignor, M.; Waterfield, T. eds. Global warming of 1,5°C. s.l., Incheon. pp. 1-24. Consultado 22 de may. 2019. Disponible en <https://archive.ipcc.ch/>
28. Keinonen, T.; Palmberg, I.; Kukkonen, J.; Yli-Panula, E.; Persson, C.; Vilkonis, R. 2016. Higher education students' perceptions of environmental issues and media coverage. *Discurso y Comunicación para una Educación Sostenible*. 7(1):5-22.
29. Kramer, B.; de Hegedüs, P.; Gravina, V. 2003. Evaluating a dairy herd improvement project in Uruguay to test and explain Q methodology. In: Annual Conference (19th., 2003, North Carolina, USA). Proceedings. *Journal of International Agricultural and Extension Education*. 10 (2): 41 – 50.
30. Marisquirena, G. 2017. Perfiles de egreso para la formación de profesionales de la agronomía. In: Jornadas de Investigación en Educación Superior (3^{as}., 2017, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Udelar. p. irr.
31. Mazzilli, S.; Bonilla, C.; Siri, G.; Arbeletche, P.; Rubio, V.; Bacigaluz, P.; Taks, J.; García, M.; Cobas, P.; Mondelli, M.; Cruz, G.; Astigarraga, L.; Picasso, V. 2013. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la agricultura de secano y el arroz frente al cambio climático. (en línea). In: Galván, M.; Grille, E. eds. *Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay*. Montevideo. s.e. p. irr. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/climatechange/84982/es/>
32. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuaria, UY). 2017. Anuario estadístico agropecuario. 20^a. ed. Montevideo. 214 p.
33. Modernel, P.; Astigarraga, L.; Picasso, V. 2013. Global versus local environmental impacts of grazing and confined beef production systems. *Environ*. 8 (3): s.p.

34. Montealegre, J.; Pabon, J. 2000. La variabilidad climática interanual asociada al ciclo el niño-la niña- oscilación del sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombia*. 2: 7-21.
35. MVOTMA (Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, UY). 2010. Primer informe bienal de actualización de Uruguay: a la Convención Marco de las Naciones Unidas. (en línea). Montevideo. 182 p. Consultado 5 may. 2019. Disponible en <https://www.mvotma.gub.uy/component/k2/item/10012069-burs?highlight=WyJpbmZvcml1IiwYmllbmFsIiwicHJpbWVYIiwiaW5mb3JtZSBiaWVuYWwiXQ==>
36. _____. 2017. Segundo informe bienal de actualización de Uruguay: a la Convención Marco de las Naciones Unidas. (en línea). Montevideo. 69 p. Consultado 17 ago. 2019. Disponible en <https://www.mvotma.gub.uy/component/k2/item/10010205-segundo-informe-bienal-de-actualizacion-a-la-conferencia-de-las-partes-en-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico-2017-uruguay?highlight=WyJpbmZvcml1IiwYmllbmFsIiwic2VndW5kbyIsImluZm9ybWUgYmllbmFsIl0=>
37. Nicholls, C.; Henao, A.; Altieri, M. 2015. Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología (Uruguay)*. 10(1): 7-31.
38. Pereyra, V. 2009. Emisiones de metano y óxido nitroso en arrozales de la zona este del Uruguay: el manejo de cultivo como factor determinante. Lic. en Ciencias Biológicas. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Química/Facultad de Ciencias. 40 p.
39. Picasso, V.; Cruz, G.; Astigarraga, L.; Terra, R. 2012. Cambio y variabilidad climática: respuestas interdisciplinarias. Montevideo, Universidad de la República. 176 p.
40. Piñeiro, G. 2006. Biogeoquímica del carbono y nitrógeno en los pastizales pastoreados del Río de la Plata: un análisis basado en modelos de simulación, sensores remotos y experimentos a campo. Tesis Doctor en Ciencias Agropecuarias. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Agrarias. 166 p.
41. RANA (Red de Agencias Nacionales de Acreditación, UY). 2016. Resolución de acreditación No. 3/16. (en línea). s.l. 18 p. Consultado 15 may. 2019. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/index.php/259->

[institucional/acreditacion/3076-carrera-de-agronomia-fagro-udelar-acredita-su-calidad-por-tercera-vez-consecutiva-2](#)

42. ReNAE (Red Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Humano Sustentable, UY). 2005. Taller preparatorio de 1er. seminario nacional de educación ambiental: documento de síntesis. Montevideo, Rosgal. 40 p.
43. _____. 2014. Plan Nacional de Educación Ambiental (PlaNEA): documento marco. (en línea). s.l. 18 p. Consultado 10 abr. 2019. Disponible en <http://www.reduambiental.edu.uy/2014/07/2824/>
44. Rotmans, J.; van Asselt, M. 1996. Integrated assessment: a growing child on its way to maturity. *Climate Change*. 34 (3-4): 327-336.
45. Toranza, C. 2011. Biodiversidad y cambio climático. In: Semana de Reflexión sobre Cambio y Variabilidad Climática (3ª., 2011, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 18-19.
46. UdelaR. FA (Universidad de la República. Facultad de Agronomía, UY). s.f. Nitrógeno. Montevideo. 74 p.
47. _____. _____. 2018. Propuesta plan de estudio de la carrera de agronomía. Montevideo. 10 p.
48. Wachholz, S.; Artz, N.; Chene, D. 2014. Warming to the idea: university students knowledge and attitudes about climate change. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 15(2): 128 – 141.
49. Walther, G.; Post, E.; Convey, P.; Menzel, A.; Parmesan, C.; Beebee, T.; Fromentin, J.; Hoegh-Guldberg, O.; Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*. 416: 389-395.

10. ANEXOS

8.1. AFIRMACIONES PARA LA APLICACIÓN DE LA ENCUESTA

1. El fenómeno del cambio climático no aumenta en el tiempo.
2. La solución a problemas ambientales depende de nuestro comportamiento individual y colectivo.
3. Tengo buen conocimiento sobre el cambio climático.
4. El manejo de la alimentación de los rumiantes no se relaciona con las emisiones de gases de efecto invernadero.
5. En mi educación formal obtuve una buena formación sobre el cambio climático.
6. Los gases de efecto invernadero causan el aumento de la temperatura.
7. El sector agropecuario ofrece oportunidades de secuestro de carbono.
8. Metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) son los gases con mayor contribución al efecto invernadero en Uruguay.
9. Dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero.
10. El único efecto del cambio climático es el deshielo de los polos causado por el calentamiento global.
11. Lo que sé sobre cambio climático lo aprendí en ámbitos de educación formal.
12. El cambio climático tiende a disminuir la biodiversidad.
13. El cambio climático afecta los recursos hídricos en cantidad y calidad.
14. La silvicultura y los recursos forrajeros secuestran carbono de la atmósfera.
15. La pérdida de productividad en los sistemas agropecuarios se debe exclusivamente al cambio climático.
16. El metano es un gas de efecto invernadero.
17. El indicador “huella de carbono” no tiene relación con el cambio climático.
18. El cambio climático es causado por el agujero en la capa de ozono.
19. El efecto invernadero protege contra la radiación UV del sol.

20. Con las prácticas de labranza convencional se emiten iguales cantidades de GEI que en siembra directa.
21. Los últimos 30 años han sido los más cálidos de la historia.
22. El óxido nitroso es un gas de efecto invernadero.
23. Al modificar las propiedades físicas del suelo (estructura, porosidad, etc) por un uso intensivo se disminuye su capacidad de secuestro de carbono.
24. La solución a los problemas ambientales depende de las políticas públicas.
25. El fenómeno del cambio climático me preocupa.
26. La facultad debería ofrecer más formación sobre los aportes de la producción agropecuaria al cambio climático.
27. Al tema del cambio climático se le da más importancia de la que tiene.
28. En Uruguay no es necesario adoptar medidas de mitigación del cambio climático.
29. La tecnología podrá resolver el problema del cambio climático.
30. Es más importante aumentar la rentabilidad que proteger el medio ambiente.
31. El cambio en el uso del suelo no se relaciona con el cambio climático.
32. El 20% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero provienen del agro.
33. Como agrónomos podemos hacer poco ante el fenómeno del cambio climático.
34. He tomado algunas medidas para disminuir mi emisión de gases de efecto invernadero.
35. Las prácticas de conservación de ecosistemas como el campo natural y monte nativo mitigan el cambio climático.
36. En Uruguay hay registros de aumentos en precipitaciones y temperatura en los últimos años.
37. El agro contribuye al cambio climático.
38. Aprendí más sobre cambio climático por los medios de comunicación, mi casa, internet, que en ámbitos formales.

39. El agujero de la capa de ozono permite que se escapen los gases de efecto invernadero.

40. La gestión (modificación del tapiz natural) de nuevos suelos mejora su capacidad de secuestro de carbono.

8.2. FOTOS DE LOS ESTUDIANTES APLICANDO LA ENCUESTA

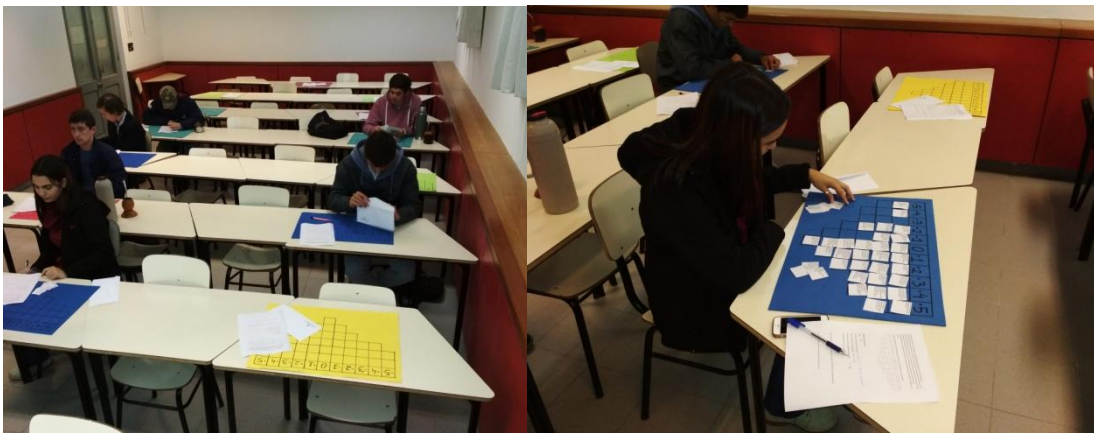


Figura 3. Estudiantes de primer año aplicando la encuesta.