



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innova-Docencia

Convocatoria 2017/2018

Nº 295

Laboratorio de cambio climático

María Dolores Jiménez Escobar

Facultad de Ciencias Biológicas

Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

La docencia de la Ecología en los grados de biología tiene como dificultad para los alumnos un nivel elevado de abstracción, cuantificación y formalización en comparación con otras materias afines. Esta dificultad no es sólo por el empleo de análisis estadísticos y complicados modelos matemáticos sino también por el uso de conceptos que tienen difícil materialización física y que requieren que el alumno sea capaz de comprenderlos desde una posición abstracta o a partir de una serie más o menos larga de ejemplos. Aunque es posible apoyarse en prácticas para facilitar la adquisición de los conceptos abstractos a través de la experimentación y discusión de ejemplos y alternativas, el desarrollo de las mismas implicaría que sólo se podrían abordar una serie muy limitada de los mismos. Se hace necesario, por lo tanto, obtener material de apoyo que permita a los estudiantes trabajar sobre los conceptos abstractos a partir de experiencias más concretas.

En el presente proyecto, se pretendía abordar e ilustrar de un modo sencillo **el estudio del cambio climático** dentro de la asignatura de Ecología y asignaturas relacionadas. En este tema, los estudiantes deben superar la dificultad de entender que el cambio climático es un proceso a nivel planetario, con consecuencias detectables a nivel local. Para facilitar la comprensión de éstos conceptos podemos simular de manera experimental un aumento de temperatura a nivel de parcela y estudiar cómo se pueden ver afectados algunos de los procesos esenciales que rigen la dinámica de las comunidades biológicas y el funcionamiento de los ecosistemas a pequeña escala. Con dicho propósito en el presente proyecto de innovación docente se proyectó la instalación de OTCs (Open Top Chamber) en el Real Jardín Botánico Alfonso XIII, para facilitar la monitorización por parte de los alumnos de variables ambientales sensibles al cambio climático y poder realizar pequeños experimentos que permitieran abordar trabajos de investigación, trabajos fin de grado e, incluso, trabajos fin de máster.

Por lo tanto, los objetivos específicos propuestos en el presente proyecto eran:

- Instalación de parcelas experimentales (OTCs) para el estudio de los efectos del cambio climático en los ecosistemas.
- Realización de fichas resumen que sinteticen los contenidos y procedimientos para posibles visitas a las instalaciones.
- Evaluación de la utilidad de dichos modelos y materiales con estudiantes de la asignatura de ecología o asignaturas afines.

2.- Objetivos alcanzados

A continuación se detalla el grado de consecución de los objetivos detallados en el apartado anterior:

Objetivo 1: Instalación de parcelas experimentales para el estudio de los efectos del cambio climático en los ecosistemas: Este objetivo ha sido desarrollado con éxito, pese a la ausencia de financiación. Se instalaron 8 parcelas de calentamiento inducido (OTCs) en las instalaciones del Real Jardín Botánico Alfonso XIII (Fig. 1). Durante éste período, hemos recibido a colegios e institutos con motivo de actividades vinculadas a la “Semana de la ciencia”, o bien mediante visitas programadas que organiza nuestra

Facultad, donde se les enseñó a los escolares cómo funcionan dichas parcelas y cuáles son los parámetros habituales que se monitorizan en éste tipo de estudios sobre cambio climático. Algunos estudiantes, tuvieron la oportunidad de manejar alguno de los equipos de medición que monitorizan dichas variables y fueron activos respondiendo las cuestiones que planteamos relacionadas con el cambio climático.



Figura 1: OTC instalada en el RJB Alfonso XIII y visita de escolares (programa científicate, Facultad de Biología). Uno de los jóvenes está tomando unos datos climáticos dentro de las OTCs.

Además de éstas labores de tipo divulgativo dirigido al público general, en las instalaciones se han desarrollado dos trabajos fin de grado (TFGs) y un trabajo fin de Master (TFM) dentro del Master de Restauración de Ecosistemas, todos ellos bajo nuestra dirección. Dichos trabajos los han realizado estudiantes que han formado parte del equipo de éste proyecto de innovación. En concreto dentro del grado en biología (mención ambiental) Agata Betanska ha llevado a cabo el TFG titulado “Efectos del incremento de temperatura sobre procesos funcionales en suelos urbanos”, y Fernando Soneira realizó el TFG titulado “Efectos del calentamiento experimental (mediante OTCs) sobre la germinación, mortalidad y crecimiento de plantas en ambiente urbano”. Además, otro de los estudiantes, Miguel Díaz Carro, ha desarrollado el Trabajo Fin de Máster titulado “Cambio climático y especies invasoras en un entorno urbano: efectos en el medio edáfico”. Los resultados de éstos tres trabajos se han presentado recientemente en el Congreso Nacional de Medioambiente (CONAMA2018) como una comunicación técnica en formato Poster (ver Anexo 1) dentro de la sesión temática “Renovación urbana”. Las conclusiones más destacables fueron los siguientes: 1) Las OTCs fueron capaces de incrementar la temperatura en su interior de 1 a 2 grados, resultados similares a los reportados en trabajos previos, 2) Las diferencias térmicas generan un desplazamiento en la curva de producción vegetal (biomasa), y provocaron un adelanto de la fenología (floración) de dos a tres semanas, 3) El aumento de la temperatura genera una reducción en el tiempo medio de germinación, lo que adelantó la salida de la latencia, 4) En febrero se adelantó el periodo de actividad bacteriana, y aumentó la respiración del suelo dentro de las OTCs, lo que podría afectar al balance total de carbono.

Objetivo 2: Realización de fichas resumen que sinteticen los contenidos y procedimientos para posibles visitas a las instalaciones.

Con el fin de utilizar estas infraestructuras para desarrollar aprendizaje-servicio, (combinar procesos de aprendizaje y dar servicio a la comunidad), se realizaron visitas de colegios e institutos interesados en profundizar en el conocimiento sobre cambio climático a las OTCs instaladas dentro del Real Jardín Botánico Alfonso XIII. Con el fin de facilitar la interpretación de lo que allí veían, se les proponían algunas de las cuestiones que aparecen en el cuestionario elaborado con dicho propósito (fichas didácticas, Anexo 2), y se les permitía realizar mediaciones de parámetros “in situ” según se recoge en la ficha didáctica.

Objetivo 3: Evaluación de la utilidad de dichos modelos y materiales con estudiantes de la asignatura de ecología o asignaturas afines.

Los estudiantes de Grado y Master que han desarrollado su trabajo de investigación en las instalaciones, así como los estudiantes externos que han visitado las instalaciones han evaluado la utilidad de las instalaciones de una manera muy positiva, haciendo sus propias aportaciones para mejorar la calidad de las mismas en proyectos futuros.

Cabe destacar que unos de los problemas que hemos tenido es que hemos sufrido robos de los sensores microclimáticos, lo que complicó el seguimiento y monitorización de una manera adecuada y automatizada de las variables ambientales consideradas. Los robos se suplieron gracias al trabajo de los estudiantes que bajaban periódicamente al jardín botánico (tres veces por semana) a tomar datos climáticos de manera manual. Por lo tanto, entre las mejoras propuestas por los estudiantes que hicieron uso de las instalaciones se recomienda el vallado perimetral de las OTCs, y mejorar la vigilancia del recinto.

3.- Metodología empleada en el proyecto

Diseño y construcción de las OTCs

Las cámaras de inducción de alta temperatura (OTCs) se diseñaron de acuerdo al modelo estándar que se utilizan en éste tipo de experimentos de cambio climático, según Marion et al 1997 ⁽¹⁾. No obstante, se realizaron dos variaciones de tamaño, para que las cámaras se adaptaran a las necesidades de los experimentos. Ambos tipos de cámaras incrementaron la temperatura significativamente en su interior, siendo las cámaras más pequeñas capaces de alcanzar valores más altos. Las cámaras fueron realizadas en el CAI de físicas y cada unidad tiene un coste aproximado de 200 euros, los materiales empleados deben ser los recomendados en la publicación (policarbonato 100% transparente) para asegurar la transparencia requerida para el correcto desarrollo de las plantas. Asimismo, para el mantenimiento de la temperatura es importante mantener la inclinación de los planos recomendada en Marion et al. 1197. En el Anexo 3 aparece un esquema de una OTC.

⁽¹⁾ Marion, G. M., Henry, G. H. R., Freckman, D. W., Johnstone, J., Jones, G., Jones, M. H. & Svoboda, J. (1997). *Open-top designs for manipulating field temperature in high latitude ecosystems*. *Global Change Biology*, 3(S1), 20-32.

Diseño experimental: Instalación de las OTCs y sensores microclimáticos

Se solicitó permiso a las personas responsables del Real Jardín Botánico Alfonso XIII y se acordó el lugar más adecuado para la instalación de las mismas, teniendo en cuenta que las OTCs debían colarse en una zona del jardín con un mantenimiento mínimo (sin riego programado) y evitando en la medida de lo posible que fueran sombreadas por árboles cercanos, atendiendo a estos requerimientos las parcelas se ubicaron como se indica en la Figura 2.



Figura 2: Ubicación de las parcelas y detalle de las mismas

La instalación de los sensores microclimáticos destinados a la captación automática de datos de temperatura y humedad se hizo tanto dentro como fuera de las OTCs (Fig. 3), y tanto unos como otros fueron robados hasta en dos ocasiones, por lo que finalmente tuvimos que desestimar su uso, y sustituir la obtención de datos automáticos cada 10 minutos por la obtención manual de los mismos. Para ello los estudiantes bajaban de 11:30 a 13:00 horas tres días por semana a realizar mediciones de temperatura y humedad que se anotaban en un cuaderno de campo.



Figura 3: instalación de sensores microclimáticos (detalle de sensor en el interior de la parcela y toma de datos manual).

Puesta en marcha de visitas y experimentos

Coincidiendo con la Semana de la Ciencia, y las actividades de difusión programadas por la Facultad de Biología (programa científicaté), las instalaciones fueron visitadas por estudiantes de colegios e institutos (Fig. 1)

Los experimentos vinculados a los dos Trabajos fin de Grado y al Trabajo Fin de Máster se pusieron en marcha con el inicio del curso académico 2017-2018 a mediados de septiembre de 2017 y se definieron a finales de curso.

Mediciones de los flujos de CO₂ en las OTCs

El flujo de CO₂ de la respiración del suelo es un indicador de la actividad microbiana del suelo. Asimismo, se sabe que el flujo de CO₂ es sensible a la temperatura, por lo que el análisis de esta variable es fundamental para conocer indirectamente la actividad en el interior del suelo. La metodología que se ha utilizado para medir la respiración del suelo se ha basado en el protocolo de Keith & Wong, 2006 ⁽²⁾. Utilizando 8g de soda lime (cal sodada) que consiste en un granulado de NaOH y Ca(OH) y aproximadamente un 20% de agua absorbida, necesaria para la absorción química de CO₂ y su formación en Na₂CO₃ y CaCO₃. Siguiendo el protocolo, los granos de soda lime fueron introducidos en placas Petri y secados en una estufa a una temperatura comprendida entre los 102°C y los 105°C durante 24 horas. Las placas fueron pesadas y se introdujeron en unas cámaras de respiración (24cm de altura y 11cm de diámetro). Las cámaras fueron selladas durante 24 horas. Después de ese periodo, las placas se sacaron y se volvieron a meter en la estufa a 102-105°C durante 24 horas. Posteriormente, las placas se volvieron a pesar para obtener el peso final. Para hallar los valores de flujo de C se utilizó la fórmula descrita en el protocolo:

$$\begin{aligned} & \text{Flujo de C del suelo (g} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}) \\ & = \left\{ \frac{[(\text{peso ganado (g)} - \text{peso ganado blanco (g)}) \cdot 1,69]}{\frac{\text{área de la cámara (m}^2)}{24 \text{ (h)}}} \times \frac{12}{44} \right\} \\ & \times \left[\frac{\text{duración de la exposición (h)}}{44} \right] \end{aligned}$$

Se utilizaron dos blancos para medir la variación de peso que se produce por el manejo de las placas Petri a lo largo del procedimiento.

⁽²⁾ KEITH, H., & WONG, S. C. (2006). *Measurement of soil CO₂ efflux using soda lime absorption: both quantitative and reliable*. Soil Biology and Biochemistry, 38(5), 1121–1131. <http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.09.012>

4.- Recursos humanos

Los cuatro profesores implicados en la realización de este proyecto docente pertenecen a la Unidad Docente de Ecología (Facultad de Biología), así como Nathalia Hernández Pazmiño (asistente de investigación del Departamento). Además, el proyecto habría sido inviable sin el esfuerzo e implicación de los estudiantes participantes que han dotado de contenido a éste proyecto. También hay que reconocer el apoyo del personal del Jardín Botánico (Lorena García Álvarez y Juan Carlos Marín Blanco) por facilitarnos el espacio y concedernos el permiso necesario para trabajar en las instalaciones. Los técnicos del CAI de Físicas por la ayuda en la Construcción de las OTCs. El soporte económico del grupo de investigación al que pertenecemos dos de los cuatro profesores ha sido fundamental para el desarrollo del trabajo dado que no se nos asignó presupuesto. La profesora Esther Pérez Corona de nuestro Departamento ha codirigido el Trabajo fin de Máster de Miguel Díaz Carro. La Facultad de Biología, a través del Decanato realizó las labores de difusión del Proyecto de Innovación y divulgó a través de sus redes las visitas realizadas por escolares a las OTCs.

A continuación se relacionan todas las personas implicadas en el proyecto de innovación docente (aunque no figuren en la solicitud, pero que han contribuido al proyecto)

Unidad Docente de Ecología, Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución.
PDI
María Dolores Jiménez Escobar
Juan Antonio Delgado Sáez
Jesús M ^a Barandica Fernández
José Talavera Serrano
Esther Pérez Corona
Asistente de investigación
Nathalia Hernández Pazmiño
Estudiantes
Agata Betanska
Miguel Díaz Carro
Fernando Soneira
Real Jardín Botánico Alfonso XIII
Juan Carlos Marín Blanco
Lorena García Álvarez
Grupo de investigación UCM "ECOLOGÍA EVOLUTIVA VEGETAL Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA"
Taller Mecánico Facultad de CC Físicas Vicerrectorado de Política Científica, Investigación y Doctorado Plataforma Talleres de Apoyo a la Investigación

5.- Desarrollo de las actividades

Las actividades se han realizado de acuerdo a la siguiente planificación:

Diseño, adquisición de materiales y elaboración de las OTCs	Junio 2017
Instalación de las OTCs en el Real Jardín Botánico Alfonso XIII	Julio 2017
Diseño de trabajos experimentales	Septiembre 2017
Instalación de sensores microclimáticos	Octubre 2017-Julio 2018
Inicio de TFGs y TFM	Octubre 2017
Visitas escolares	Octubre, Noviembre 2017

Actividades programadas dentro del TFG 1 "Efectos del calentamiento experimental (mediante OTCs) sobre la germinación, mortalidad y crecimiento de plantas en ambiente urbano"

Siembra de semilla de 5 especies distintas dentro y fuera de las OTCS	Enero 2018
Seguimiento semanal de la germinación de las especies sembradas	hasta Abril
Trasplante de plantúlas crecidas en vivero a las OTCs	Abril 2018
Recuento total de supervivencia	Mayo 2018
Monitoreo de floración y fructificación	Abril-Mayo 18
Redacción de memoria TFG y defensa	Junio 2018

6.-Anexos

Anexo 1	Poster presentado al CONAMA 2018	página 10
Anexo 2	Material didáctico entregable. Incluye Ficha	páginas (11-12)
Anexo 3	Esquema para la construcción de una OTC	página 13



PROCESOS ECOLÓGICOS EN AMBIENTES URBANOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Díaz-Carro, M*, Betanska A., Soneira F., Jiménez M.D.,
Delgado J.A., Pérez-Corona M.E.
Grupo de investigación Ecología evolutiva vegetal y Restauración
ecológica
Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución (UCM)
(* mdc195@gmail.com)

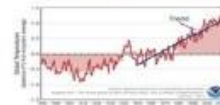


**UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE**
MADRID

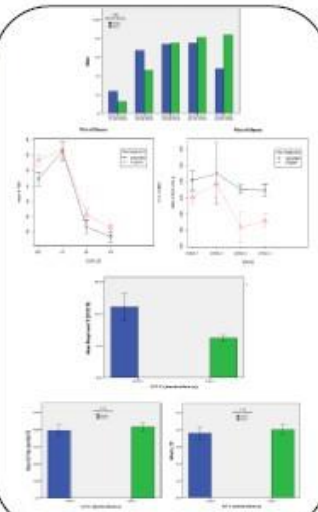
INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los motores principales del cambio global (Millenium Ecosystem Assessment, 2005) afectando a multitud de ecosistemas. En el caso de las comunidades herbáceas el cambio climático modifica procesos vegetales como la germinación o la fenología de las plantas (De Frenne et al, 2010) y, por consiguiente, a los procesos ecológicos en los que intervienen. Algunos de estos procesos están muy ligados a la dinámica del carbono, como la respiración del suelo o la descomposición de la materia orgánica, generando bucles de realimentación positiva (Karhu et al, 2014).

Uno de los ecosistemas menos estudiados en este contexto de cambio global es el ecosistema urbano a pesar de estar sometido a incrementos de temperatura más notables que los ecosistemas naturales (efecto "isla de calor"), y a poseer sustratos muy particulares, de nueva generación en su mayoría. Es probable que ambas circunstancias modulen su respuesta a los efectos del cambio global. Del mismo modo, su importancia se acentúa con el tiempo (UNPD, 2006).



El objetivo de este trabajo es conocer el efecto uno de los componentes del cambio climático el aumento de temperatura, a corto plazo en los procesos edáficos y vegetales de ecosistemas urbanos a través de un experimento manipulativo situado en el Jardín Botánico Alfonso XII (Madrid), mediante el uso de cámaras OTC (open top chambers, n=4).

OBJETIVO	MATERIALES Y MÉTODOS	RESULTADOS	DISCUSIÓN
<p>Determinar el efecto del aumento de temperatura sobre la cobertura vegetal.</p> <p>Evaluar los efectos del aumento de la temperatura sobre la germinación y crecimiento de plantas.</p> <p>Analizar los cambios en respiración del suelo como consecuencia de un incremento de temperatura.</p> <p>Evaluar el potencial descomponedor del suelo con un incremento de temperatura.</p>	<p>Se midió el porcentaje de cobertura mediante fotointerpretación (área gráfica de 20cm²)</p> <p>Se sembraron distintas especies dentro y fuera de las OTCs, monitorizando la germinación (TMG). Tras su crecimiento se recogieron para calcular el SLA².</p> <p>Se midió la respiración con el método Soda-Lime (Keith y Wong, 2004), en 4 meses.</p> <p>Se cuantificó la descomposición mediante el método "Tea bag" (http://www.teabagscience.org), calculando el porcentaje de peso perdido³ y la constante de descomposición⁴.</p>		<p>La diferencia térmica genera un desplazamiento en la curva de producción vegetal, adelantando la fenología de las plantas estudiadas.</p> <p>El aumento de la temperatura genera una reducción en el tiempo medio de germinación (TMG). Esto también aumenta el SLA (Yin et al, 2008).</p> <p>Estos son los primeros análisis de respiración edáfica en una ciudad de la cuenca mediterránea. Sólo en febrero se observan diferencias, siendo las medias mayores en la OTC. Se adelanta el periodo de actividad bacteriana, lo que afecta al balance total de carbono.</p> <p>La descomposición no se ve afectada por la temperatura, ni en cantidad de materia degradada, ni en la velocidad con la que lo hace.</p>

CONCLUSIONES

Pequeñas diferencias de temperaturas (1-2°C) como las simuladas con las OTC, producen diferencias significativas en distintos parámetros. A nivel de planta, se produce un adelantamiento en la germinación y el crecimiento vegetal y un aumento en este. En el suelo se observan cambios en la respiración, que deben ser integrados para valorar el balance de carbono de las ciudades.

AGRADECIMIENTOS

A los profesionales del laboratorio Nutrilab (URJC) y del Taller de Apoyo a la Investigación (UCM) por contribuir materialmente a este experimento, así como al Jardín Botánico Alfonso XIII-UCM y su personal por darnos todas las facilidades en el transcurso del trabajo y cedernos parte de sus instalaciones. A REMEDINAL por financiar parte de la ejecución del experimento.



BIBLIOGRAFIA

De Frenne, P. et al (2010). The use of open-top chambers in forests for evaluating warming effects on herbaceous understorey plants. *Ecol Res.*, 25(1), 160-171.

Karhu, K. et al. (2014). Temperature sensitivity of soil respiration rates enhanced by microbial community response. *Nature*, 513: 81-86.

Keith H. y Wong S.C.(2004) Measurement of soil CO₂ efflux using soda lime absorption: both quantitative and reliable. *Soil Res and Bloch*, 38: 1121-1131.

Millenium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Scenarios*. Island Press, Washington, DC.

Yin, H. J. et al (2008). Warming effects on growth and physiology in the seedlings of the two conifers *Pinus oopuntia* and *Abies faxoniana* under two contrasting light conditions. *Ecol Res.*, 23(2), 409-440.

Anexo 2 Material entregable a visitas externas. Incluye Ficha de recogida de datos “in situ”

Con el fin de utilizar estas infraestructuras para desarrollar el aprendizaje-servicio, en éstas instalaciones se pueden realizar visitas de la comunidad educativa u otros colectivos interesados en mejorar sus conocimientos sobre cambio climático. Con dicho propósito se ha desarrollado material didáctico que se hará llegar al público interesado en visitar las instalaciones (OTCs).

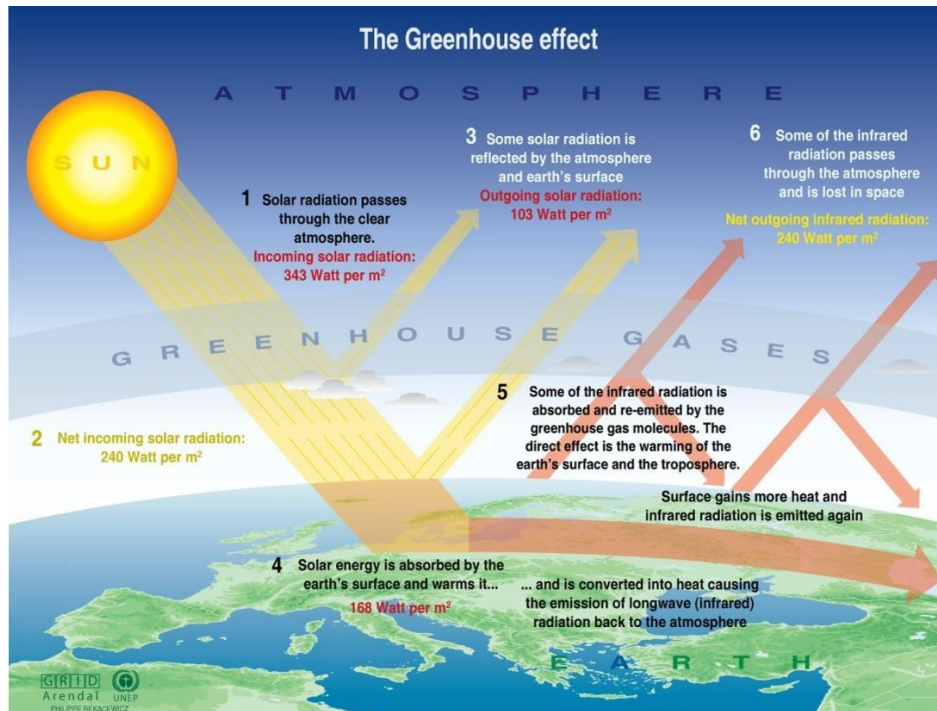
El siguiente cuestionario se debería hacer llegar a los centros previamente a la visita de las instalaciones para que los estudiantes puedan trabajar en el aula sobre los conceptos que luego se desarrollarán “in situ”.

Lo deseable sería que los estudiantes investiguen por sus propios medios una o varias de las cuestiones planteadas y las expongan al grupo, no obstante también el profesor de ciencias podría resolver las cuestiones en el aula antes de la experiencia en las instalaciones del Real Jardín Botánico Alfonso XIII. En cualquier caso, lo importante es llegar a la visita con una idea previa general sobre el tema del cambio climático.

¿Qué es el cambio climático?
¿Qué es el efecto invernadero?
¿Qué gases contribuyen de manera más significativa al incremento de temperatura ligado al efecto invernadero?
¿Qué consecuencias puede tener un aumento de la temperatura sobre las comunidades vegetales?
¿Qué evidencias existen como consecuencia del aumento de temperatura ligado al cambio climático?
¿Qué procesos esenciales pueden verse afectados como consecuencia de un aumento de la temperatura?
¿Cómo se estudia el cambio climático?
¿Qué variables climáticas suelen monitorizarse en los estudios de cambio climático?
¿De qué manera nuestras actividades cotidianas contribuyen al cambio climático?
¿Qué son los combustibles fósiles?
¿Qué entendemos por sumidero de Carbono?

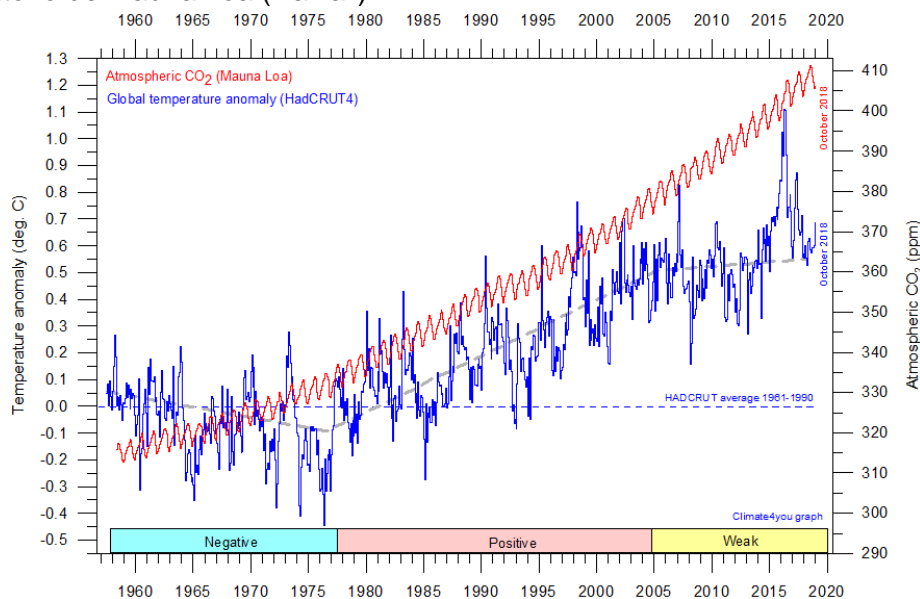
El efecto invernadero

Explicar el fenómeno a nivel planetario, y como gracias al efecto invernadero la temperatura actual de la tierra promedio ronda los 15 °C, lo que permite la existencia de agua líquida y las condiciones de habitabilidad del planeta. Sin el efecto invernadero, es decir, si no existiera una capa de gases que evita la pérdida progresiva de temperatura desde la tierra hacia el espacio exterior, la temperatura de nuestro planeta sería bajo cero (entre -6 a -18°C, según diferentes autores).



Sources: Okanagan university college in Canada, Department of geography, University of Oxford, school of geography; United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington; Climate change 1995, The science of climate change, contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge university press, 1996.

No obstante, la emisión de CO₂ a la atmósfera como consecuencia de la emisión de combustibles fósiles está incrementando de manera muy rápida la temperatura de planeta, tal y como sabemos gracias a los datos que se toman desde los años 60 en el observatorio de Mauna Loa (Hawaii).



Fuente: NOAA

El aumento de temperatura, consecuencia del cambio climático, puede tener efectos sobre algunos procesos biológicos, por ejemplo:

- Pueden alterarse las fechas en las que pueden florecer las plantas
- La polinización puede verse desacoplada (las flores pueden florecer antes de que los polinizadores estén presentes en la zona)
- La producción de biomasa y el crecimiento máximo de las plantas puede adelantarse.
- La descomposición de la hojarasca puede no ocurrir de manera efectiva si existen desacoples entre los insectos, bacterias y hongos que deben llevarla a cabo.
- las plantas sometidas a altas temperaturas pueden no hacer la fotosíntesis correctamente, pues pueden cerrar los estomas para evitar deshidratarse y por lo tanto no captan del CO₂ y no crecen correctamente.

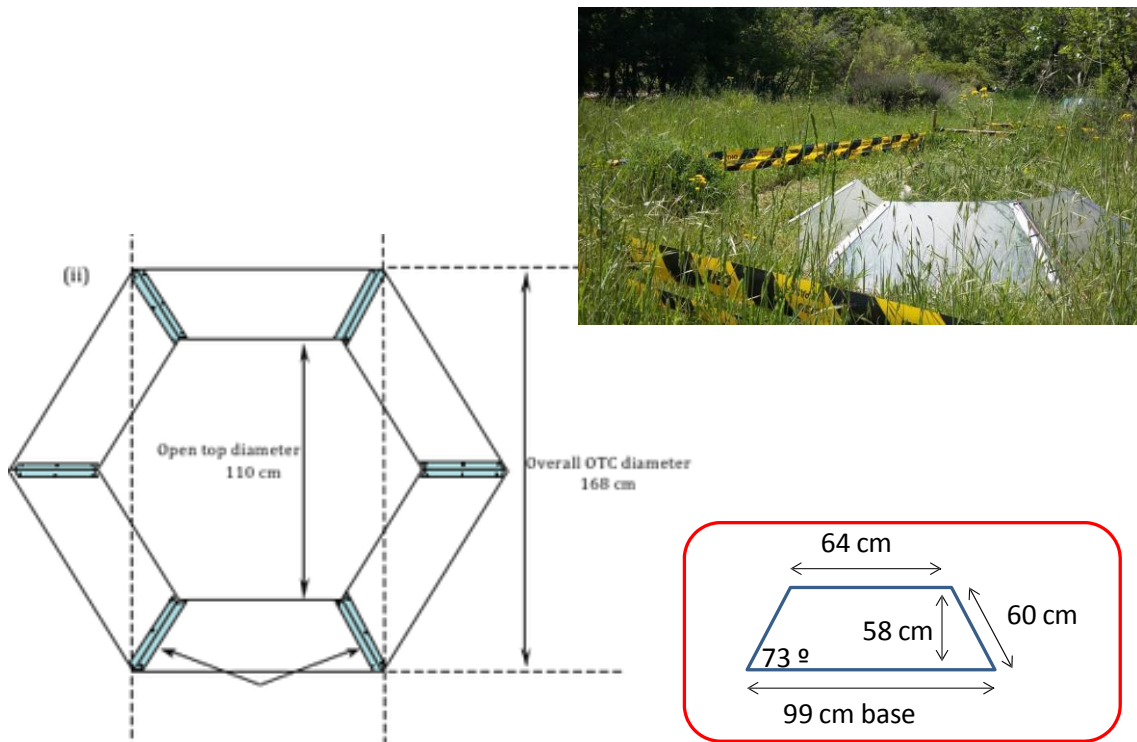
¿Cómo se pueden estudiar estos procesos?

Podemos simular experimentalmente el aumento de temperatura con las OTCs y dentro de ellas medir variables sencillas relacionadas con el clima (la temperatura y la humedad relativa) y también monitorizar alguna de las variables que se pueden ver alteradas como consecuencia del aumento de temperaturas.

Los colectivos que realicen la visita deberán tomar una serie de datos que anotaran en la siguiente ficha. Los estudiantes deben organizarse en tantos grupos como parcelas (en 8) y deben tomar sus datos en cada una de las fichas. Posteriormente todos los datos deben ser pasados un fichero común (por ejemplo en excel) y sacar los valores medios obtenidos para cada variable dentro y fuera de las OTCs. Discutir los resultados obtenidos.

Nombre del grupo			
Fecha:	Hora:	Nubosidad (%):	Viento:
OTC nº			
Variables climáticas	Dentro de OTCs	Fuera OTCs	
	Temperatura aire		
	Humedad aire		
	Temperatura Suelo		
	Humedad Suelo		
Variables de respuesta	Dentro de OTCs	Fuera OTCs	
	Biomasa		
	nº flores		
	nº frutos		
	nº germinaciones		
	nº polinizadores		
	Tasa fotosíntesis		
	Respiración del suelo		

Anexo 3 Esquema para la construcción de una OTC (Open Top Chamber)



Marion, G. M., Henry, G. H. R., Freckman, D. W., Johnstone, J., Jones, G., Jones, M. H. & Svoboda, J. (1997). *Open-top designs for manipulating field temperature in high latitude ecosystems*. *Global Change Biology*, 3(S1), 20-32.