





Realidad Virtual aplicada a la formación en materia de economía circular para textiles técnicos y compuestos reforzados con fibras – Proyecto CircuTex

Virtual Reality applied to circular economy training for technical textiles and fibrous composites - CircuTex Project

Belda-Anaya, Raquel^a, Díaz-García, Pablo^b, Carbonell-Gisbert, Rafael J.^c, Linares-Pellicer, Jordi^d, Mikucioniene, Daiva^e

^aUniversitat Politècnica de València (España), rabelan@txp.upv.es, , ^bUniversitat Politècnica de València (España), pdiazga@txp.upv.es, , ^cUniversitat Politècnica de València, España, rjcgargis@upv.edu.es, ^dUniversitat Politècnica de València (España), jlinares@dsic.upv.es, , y ^eKaunas University of Technology (Lituania), daiva.mikucioniene@ktu.lt .

How to cite: Belda-Anaya, Raquel, Díaz-García, Pablo, Carbonell-Gisbert, Rafael J., Linares-Pellicer, Jordi y Mikucioniene, Daiva. 2023. Realidad Virtual aplicada a la formación en materia de economía circular para textiles técnicos y compuestos reforzados con fibras – Proyecto CircuTex. En libro de actas: *IX Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 13 - 14 de julio de 2023. Doi: <https://doi.org/10.4995/INRED2023.2023.16590>

Abstract

Virtual reality in education makes it possible to generate educational experiences by simulating virtual scenes that create situations and places that involve the student and allow them to live different experiences or perform certain actions to improve their learning.

This article describes how the development of a virtual laboratory with different interactive experiments has been carried out as part of the CircuTex project, which includes the offer of an e-learning course on circular economy for technical textiles or fibre-reinforced composite materials, whose objective is to improve competences on sustainability, circular economy and recycling of this type of textile products. This online course has been complemented by a series of tests in a virtual environment, allowing students to improve their practical skills, interact with simulated environments to increase their problem-solving skills and provide a more effective learning experience. All this, combined with accessibility to environments, equipment and situations that would otherwise be inaccessible to the student or even dangerous, and which do not require the student to physically move to the laboratory to carry out the practical exercises.

Keywords: *virtual reality, virtual laboratory, learning, online, circularity, textiles.*

Resumen

La realidad virtual en la educación permite generar experiencias educativas, mediante la simulación de escenas virtuales que crean situaciones y lugares que envuelven al estudiante y le permite vivir diferentes experiencias o realizar determinadas acciones para perfeccionar su aprendizaje.

En el presente artículo se describe como se ha llevado a cabo el desarrollo de un laboratorio virtual con diferentes experimentos interactivos que forman parte del proyecto CircuTex, que comprende la oferta de un curso e-learning sobre economía circular para textiles técnicos y materiales compuestos reforzados con fibras, cuyo objetivo es mejorar las competencias en materia de sostenibilidad, economía circular y reciclaje de este tipo de productos textiles. Este curso online se ha complementado con una serie de ensayos en un entorno virtual, permitiendo la mejora de las habilidades prácticas de los estudiantes, la interacción con entornos simulados para aumentar su capacidad de resolución de problemas y brindar una experiencia de aprendizaje más efectiva. Todo ello, sumado a la accesibilidad a entornos, equipos y situaciones que de otra manera serían inaccesibles para el estudiante o, incluso, podrían resultar peligrosos y que no requiere que el alumno se desplace físicamente al laboratorio para la realización de la práctica.

Palabras clave: *realidad virtual, laboratorio virtual, aprendizaje, online, circularidad, textiles.*

Introducción

Con el avance de la tecnología y la necesidad de atraer a los estudiantes, es necesario cambiar el modelo de la enseñanza de la educación superior con innovadores estilos de aprendizaje (Srimadhaven, 2020). Con el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), la educación de las actuales y futuras generaciones está experimentando un importante cambio, donde el uso de libros de textos en el aula está siendo sustituidos por la tecnología, y los estudiantes en vez de memorizar hechos, están desarrollando habilidades para construir y aplicar el conocimiento. La Realidad Virtual (RV) puede apoyar al proceso de enseñanza-aprendizaje ofreciendo a los estudiantes la visualización de conceptos abstractos, estar en ambientes e interactuar con entornos, situaciones y objetos que la distancia, el tiempo o los factores de seguridad los hacen completamente inalcanzables en condiciones reales (Escartín, 2000).

La Realidad Virtual (RV) se define como las experiencias visuales donde el participante se encuentra inmerso y puede interactuar en un entorno o escena virtual 3D, que combinado con la Interacción Tangible (IT) que permite la manipulación física de un objeto y superficies del entorno virtual, ofrece grandes posibilidades para un gran número de sectores, entre ellos la educación a todos los niveles (Básolo, 2017).

Los entornos de simulación son considerados una oportunidad para el desarrollo de habilidades y destrezas por parte de los estudiantes que les ayudarán a afrontar situaciones similares a las que llevarán a cabo en la vida real, al permitir recrear entornos semejantes a las actividades que realizarán en su profesión, permitiendo obtener una retroalimentación oportuna para mejorar en las competencias idóneas que requiere su especialidad (Alvites-Huamaní, 2019).

Se considera que las actividades educativas llevadas a cabo con el uso de RV permitirán a los estudiantes alcanzar una mejor comprensión y retención de los nuevos conocimientos, mediante el aprendizaje activo que brinda esta tecnología de aprender-hacer. Algunas de las razones que se exponen para la utilización de la RV en la educación son que proporciona motivación, anima a la participación más activa, da la oportunidad para la inmersión, proporciona otro método para la presentación del material, permite que el principiante proceda con una experiencia según su propio camino (aprendizaje en primera persona) y durante un amplio período no fijado por un horario regular de clase y permite a estudiantes con discapacidad participe en un experimento o un ambiente cuando no puede hacerlo de otra manera (Rodríguez, 2021).

Se ha realizado diversos estudios de casos aplicando la realidad virtual, como ha sido la elaboración de rutas inmersivas en el proceso educativo donde se desarrollaron rutas turísticas 360° (Maldonado, 2020), o donde se propone un videojuego que incorpora los principios de gamificación para promover y mejorar el trabajo en equipo en estudiantes de ingeniería (Gasca-Hurtado, 2015) o el desarrollo de un sistema de realidad virtual para mejorar el conocimiento de las áreas como de los servicios que ofrece una universidad, y lograr con ello un mayor acercamiento de la comunidad universitaria inscrita y público en general al quehacer diario universitario (Reyes, 2014). Todas ellas con conclusiones similares como es el logro de mejorar el interés del estudiante, su participación, colaboración y el desarrollo de nuevas capacidades y habilidades, dejando de ser el alumno un simple observador a pasar a actuar, interaccionar y hacer.

CircuTex es un proyecto dentro del programa Erasmus +, cofinanciado por la Unión Europea, que tiene como objetivo crear una formación en línea sobre economía circular en el ámbito de los textiles técnicos y los composites reforzados con fibras, con la finalidad de ayudar a los estudiantes a mejorar sus competencias en materia de sostenibilidad y a concienciarse sobre cómo reducir el efecto que este tipo de textiles tienen en el medio ambiente. Como refuerzo a los módulos formativos se ha desarrollado un entorno virtual con experimentos relacionados con los contenidos del curso, donde el alumno puede introducirse en un laboratorio virtual con los equipos, material, muestras, etc., con los que interactúa, para poder llevar a cabo los ensayos planteados. El proyecto cuenta con 5 socios de diferentes países europeos, formados por 4 universidades (University of Western Attica-Grecia, Kaunas University of Technology-Lituania, University of Oradea-Rumania y Universitat Politècnica de València-España) y una empresa griega (IDEC) dedicada a la formación, consultoría de gestión, evaluación y desarrollo de soluciones TIC tanto para el sector privado como para el público (Circular economy in fibrous composites and technical textiles through the use of virtual laboratories – CircuText, 2021).

1. Objetivo

El objetivo principal del proyecto CircuTex es mejorar las competencias en materia de sostenibilidad de los estudiantes y profesores de las instituciones de educación superior en el sector de los composites reforzados con fibras y los textiles técnicos.

Para la consecución de este objetivo central, se marcaron otros objetivos más específicos, como son:

- crear un curso de aprendizaje electrónico para estudiantes sobre la economía circular de los composites fibrosos y los textiles técnicos.
- hacer uso de tecnologías innovadoras, como la realidad virtual, para apoyar el proceso de aprendizaje.
- crear una hoja de ruta y recomendaciones, para la asignación de puntos ECTS al curso y la adopción de microcredenciales.

Con la utilización de la metodología innovadora de realidad virtual como refuerzo al curso de aprendizaje ofrecido, se pretende crear experiencias educativas más atractivas, una mayor motivación y compromiso de los alumnos, una mayor retención de información presentada, una experimentación más segura y una mayor accesibilidad a los estudiantes a una variedad de situaciones y experimentos que podrían ser imposibles de realizar de otra manera.

2. Desarrollo de la innovación

Para la consecución del objetivo principal, el proyecto se estructuró en tres fases:

- La fase de preparación: En la que se desarrolló el plan de estudios del curso en línea, basado en la fase de investigación y la recopilación de prácticas de la Unión Europea sobre la economía circular de los composites reforzados con fibras y los textiles técnicos. Partiendo de esta información recopilada, se definieron y desarrollaron los materiales de aprendizaje que se pondrán al alcance del estudiante a través de una plataforma online de libre acceso. Dentro de este material didáctico, se definieron una serie de experimentos relacionados con los contenidos del plan de formación y los cuáles se han llevado a cabo en el entorno virtual.
- La fase de implementación: Donde el curso e-learning y el laboratorio virtual desarrollados serán evaluados, mediante una prueba piloto con estudiantes de cada universidad participante que se inscribirán en el curso online y llevarán a cabo los experimentos virtuales, con la finalidad principal de comprobar su idoneidad, su correcto funcionamiento y detectar mejoras a implantar.
- Por último, la fase de finalización: Durante esta fase los socios finalizarán los resultados del proyecto de acuerdo con las mejoras y comentarios de evaluación de los participantes en la fase de pilotaje. El curso desarrollado se dará a conocer y se difundirá a otras universidades para que lo incorporen en sus instituciones.

En la etapa de preparación del proyecto, para los experimentos virtuales, se definieron las especificaciones del laboratorio virtual. Para ello, previamente al desarrollo y programación de los experimentos, se han definido:

- Plataforma y dispositivos (gafas de Realidad Virtual): Meta Quest 2 es un dispositivo de realidad virtual desarrollado por Oculus, una filial de Facebook. Es compatible con la biblioteca de juegos de Oculus, que incluye una amplia variedad de títulos diseñados específicamente para la realidad virtual. Es conocida por su facilidad de uso, ya que no requiere una conexión a una computadora o consola, y su capacidad de ofrecer una experiencia de realidad virtual de alta calidad sin necesidad de cables o dispositivos adicionales. Además, incluyen un control táctil integrado para una interacción más intuitiva y natural con la experiencia RV y con la tecnología de seguimiento de las manos disponible, los usuarios pueden interactuar de manera realista con objetos virtuales en su experiencia RV.
- Programa para desarrollar el software en realidad virtual: Se seleccionó el programa Unity que es un entorno de desarrollo para crear videojuegos, simulaciones y otras experiencias interactivas. Con este programa se pueden crear entornos 2D y 3D utilizando una variedad de lenguajes de programación e incluye un editor visual. Unity se caracteriza por su versatilidad, permitiendo a los desarrolladores crear software para una amplia gama de plataformas incluyendo, entre otros, la realidad virtual y aumentada.
- Experimentos o test de laboratorio virtual: Se establecieron los experimentos que se iban a desarrollar en el entorno virtual relacionados con los contenidos del curso sobre textiles técnicos y composites fibrosos. Estos ensayos se analizaron y se desglosaron para definir el diagrama de flujo de su procedimiento, establecer los equipos, muestras y material necesarios para llevarlos a cabo, así como los resultados que alumno debe de obtener.
- Modelaje 3D: Para el entorno virtual se llevó a cabo el diseño propio de equipos, material y muestras en 3D con programas específicos, debido a que se trata de un equipamiento y elementos muy concretos, por lo que la oferta y variedad de estos modelos en las librerías de modelos 3D disponible en internet es limitada. Así como, la mayoría de diseños disponibles están compuestos por multitud de elementos que ocasionaba que, una vez introducidas en la aplicación, ralentizara el funcionamiento de la misma.

Es por ello, que se realizaron gemelos virtuales de los equipos reales y se diseñó el material necesario para el desarrollo de cada una de las prácticas de laboratorio definidas.

Con cada uno de los puntos anteriores establecidos y en marcha, se procedió con la programación de los experimentos. Utilizando el motor Unity y los modelos 3D diseñados, se fueron desarrollando los experimentos acordes a los procedimientos de trabajo descritos en los diagramas de flujo, dotándoles de animación, movimientos, interacción con el usuario, sonidos, efectos visuales, etc. Además, se propusieron las prácticas teniendo en cuenta la funcionalidad de seguimiento con las manos que dispone los dispositivos Oculus Quest 2, donde los usuarios pueden interactuar con sus manos de manera realista con objetos virtuales en su experiencia RV, sin necesidad de utilizar los mandos.

Para hacer accesible los experimentos virtuales a los estudiantes que deseen inscribirse en el curso online creado en el proyecto CircuTex y que puedan descargarse la aplicación desarrollada de forma gratuita, una vez finalizada y, como requerimiento de la plataforma seleccionada, es necesario subirla a la tienda de la marca. Para ello, Meta dispone de una serie de requisitos que deben de cumplir las aplicaciones que se oferten en su tienda. Es por ello, que se analizaron y revisaron las condiciones y particularidades requeridos para poder cargarla en su plataforma y, se trabajó y modificó los aspectos necesarios para satisfacerlos.

3. Resultados

Para el establecimiento de las especificaciones del laboratorio virtual, se realizaron varios prototipos iniciales que sirvieron de experiencia y punto de partida para delimitar el tipo de laboratorio virtual que se necesitaba para el desarrollo de los experimentos que se habían seleccionado y, consecuentemente, las necesidades que requería cada escenario o etapa de los ensayos que el alumno iba a poder llevar a cabo.

Se establecieron un total de 11 experimentos virtuales, relacionados con los contenidos del curso en línea sobre economía circular de los composites fibrosos y los textiles técnicos. En la tabla 1, se detallan los test que se acordaron desarrollar por los socios del proyecto para el laboratorio virtual.

Tabla 1. Experimentos desarrollados para el Laboratorio Virtual del proyecto CircuTex

Nº Experimento	Título del experimento	Breve descripción del experimento
1	Identificación de la fibra - Prueba de solubilidad	Identificación de fibras mediante el comportamiento de diferentes fibras antes determinados solventes
2	Identificación de fibras - Análisis pirognóstico	Identificación de fibras mediante el comportamiento de la fibra a la exposición al fuego
3	Identificación de fibras - Punto de fusión	Identificación de fibras sintéticas atendiendo a la temperatura específica de fusión
4	Identificación de fibras – Microscopio óptico	Identificación de fibras por las características morfológicas presentadas por las fibras al microscopio óptico
5	Cuantificación de mezclas heterogéneas de fibras mediante procedimientos químicos	Determinación de la composición de un tejido con mezcla binaria de fibras.
6	Adhesión fibra-matriz: Análisis de la curva tensión-deformación. Análisis al SEM	Determinación de la adherencia fibra-matriz mediante la identificación del fallo de delaminación bajo cargas de tracción y análisis de imagen obtenida al SEM

7	Pérdida de masa tras el ensayo de abrasión Martindale	Determinación de la pérdida de masa de las muestras sometidas al ensayo de resistencia a la abrasión.
8	Estructuras laminares de textiles técnicos.	Identificación al microscopio de las estructuras de los tejidos de punto, calada y no tejidos
9	Disolución de pulpa a partir de residuos de viscosa	Observación de las diferencias en el grado de polimerización durante el proceso de disolución de la celulosa.
10	Diferentes métodos de blanqueo de tejidos reciclados	Comparación del sistema de blanqueo por diferentes métodos
11	Resistencia a la tracción de las fibras recicladas	Comparación de la resistencia a la tracción de los hilos de fibras recicladas frente a los hilos de fibras vírgenes

En el diseño y recreación del entorno virtual se han tenido en cuenta el máximo de detalle para reproducir y representar la escena real, copiando equipos, material, interacciones usuario-entorno, sonidos, resultados, etc. Algunos de los equipos 3D desarrollados para los experimentos indicados pueden observarse en las imágenes fig.1 a la fig.6.

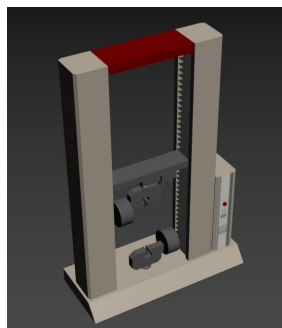


Fig. 1 Dinamómetro 3D

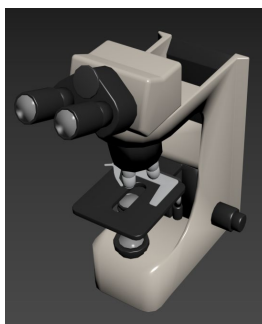


Fig. 2 Microscopio óptico 3D

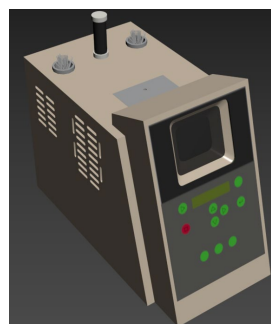


Fig. 3 Equipo MeltPoint 3D

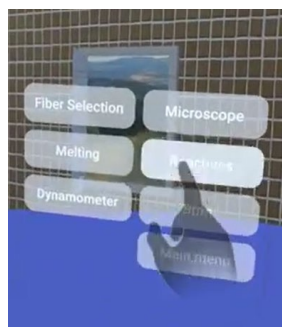


Fig. 4 Pantalla de selección de test



Fig. 5 Balanza de precisión 3D



Fig. 6 Estufa de secado 3D

Estos equipos han sido diseñados como gemelos de los reales sobre los cuáles el alumno puede interactuar. Como por ejemplo, en el experimento nº2 “Identificación de fibras - Análisis pirognóstico” se ha diseñado e introducido un mechero Bunsen, donde el usuario debe de girar la llave de apertura del gas y, tras escuchar el sonido del gas que emerge del mechero, se utiliza una cerilla para encenderlo. La llama aparece para poder aproximar la muestra y obtener los resultados de la fibra quemada. O el caso de los experimentos que

precisan pesaje, se dispone de una balanza de precisión sobre la cual se debe dejar la muestra y se indica el peso de la misma, para poder realizar los cálculos que conlleva el experimento y obtener el resultado final.

Igualmente, el alumno debe escoger una muestra textil entre las ofrecidas y efectuarle los diferentes test propuestos. Puede manipularlas, cortarlas, colocarlas en los equipos de ensayo, disolverlas en distintos solventes, pesarlas, etc. con la finalidad de obtener un resultado, gráfico o imagen.

Para facilitar la navegación del usuario por los diferentes experimentos, se ha dotado de instrucciones de ayuda mediante pantallas emergentes sobre cómo manipular objetos, utilización de los equipos, identificaciones de muestras o en qué consiste el ensayo, entre otras.

Al finalizar cada ensayo, se le propone al alumno algún tipo de cuestión o ejercicio donde se determina si el alumno ha adquirido los conocimientos y habilidades establecidas como objetivo en cada una de las pruebas propuestas.

Con estos experimentos desarrollados, el alumno puede estar presente en un laboratorio químico-físico textil, con diferentes dispositivos a su alcance para realizar diferentes ensayos a las muestras, repitiendo los mismos el número de veces necesario para comprender y asimilar los conceptos adquiridos. La presencia de herramientas interactivas, animaciones, gráficos y sonidos permite una experiencia de aprendizaje más atractiva e inmersiva, facilitando la adquisición de conocimientos.

El proyecto se encuentra en la fase de finalización de los experimentos indicados, siendo la etapa siguiente la realización de una prueba piloto con estudiantes. En este taller, que se efectuará con estudiantes de las universidades participantes en el proyecto, se les animará a probar los experimentos virtuales y servirá de evaluación preliminar para medir el grado de respuesta y efectividad; siendo una técnica de investigación valiosa con la finalidad de recopilar datos que pueden ayudar a ajustar y mejorar el programa o ensayos, para optimizar el laboratorio virtual y hacerlo más apropiado para el grupo al que se dirigirá, antes de su completa implementación.

4. Conclusiones

La realidad virtual ha avanzado de forma significativa en los últimos años y ha permitido la creación de entornos virtuales que simulan la realidad de manera cada vez más precisa. Una de las áreas en las que la realidad virtual está siendo utilizada es la educación y, concretamente, en la creación de laboratorios virtuales para realizar ensayos. Estos laboratorios ofrecen ventajas sobre los laboratorios tradicionales, como son la posibilidad de realizar pruebas sin necesidad de disponer realmente del equipamiento o material, experimentar con situaciones peligrosas o costosas sin poner en riesgo a los estudiantes, la capacidad de repetir los experimentos varias veces para una mejor comprensión de los conceptos, o la posibilidad de crear escenarios que serían imposibles de reproducir en un laboratorio real. El proyecto CircuTex aprovecha esta valiosa herramienta tecnológica de aprendizaje interactivo para ayudar a los estudiantes a complementar la formación ofrecida con el curso online en materia de textiles técnicos y composites reforzados con fibras, propiciando una mejor comprensión de los procesos y técnicas relacionados con los conceptos aprendidos y con el desarrollo habilidades que les serán útiles en su futura carrera en la industria textil.

Sin embargo, también hay algunos retos que deben ser abordados para garantizar que los laboratorios virtuales sean efectivos, como son la calidad de los gráficos y la interactividad de los entornos virtuales deben ser lo suficientemente realistas para proporcionar una experiencia de aprendizaje efectiva. Es

probable que, a medida que esta tecnología vaya avanzando, su uso en las aulas sea cada vez mayor convirtiéndose en una herramienta más en el proceso de aprendizaje del alumno.

Agradecimientos

El proyecto CircuTex está financiado por el programa Erasmus+ de la Unión Europea con el número de referencia 2021-1-ES01-KA220-HED-000032075. El apoyo de la Comisión Europea a la producción de esta publicación no constituye una aprobación de su contenido, que refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.

Referencias

- Alvites-Huamani, C. G. (2019). Entornos virtuales simulados y realidad virtual: Tecnologías que aportan a la educación. *Hamut' ay*, 6(3), 5-8.
- Básolo Guerrero, M. J., Sanz, C. V., Naiouf, M., De Giusti, A. E., Santos, G., Castro, M. L., & Bouciguez, M. J. (2017). Realidad aumentada, realidad virtual e interacción tangible para la educación. In XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires).
- Circular economy in fibrous composites and technical textiles through the use of virtual laboratories - CircuText. (2021). <https://circutex.eu/>.
- Escartín, E. R. (2000). La realidad virtual, una tecnología educativa a nuestro alcance. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 15, 5-21.
- Gasca-Hurtado, G. P., Peña Pérez Negrón, A., Gómez-Álvarez, M. C., Plascencia-Osuna, Ó. A., & Calvo-Manzano Villalón, J. A. (2015). Realidad virtual como buena práctica para trabajo en equipo con estudiantes de ingeniería= Virtual Reality as good practice for teamwork with engineering students. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*, (16), 76-91.
- Maldonado, F. J., Ramírez, J. L., & Andrade, M. I. B. (2020). Rutas inmersivas de Realidad Virtual como alternativa tecnológica en el proceso educativo. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(1), 48-56.
- Reyes, C. G., Rosas, R. M. V., Gallegos, M. S., Eleuterio, R. A., & Jiménez, V. M. (2014). Realidad virtual y entornos virtuales como apoyo al acercamiento universidad-comunidad: el caso de la Facultad de Ingeniería de la UAEMex|. *Apertura*, 6(1), 76-85.
- Rodríguez, J. S. M., Aspiazu, Q. J. R., Magallón, Á. M. C., & García, M. R. L. (2021). Simulación y realidad virtual aplicada a la educación. *Reciamuc*, 5(2), 101-110..
- Srimadhaven, T., AV, C. J., Harshith, N., & Priyaadharshini, M. (2020). Learning analytics: Virtual reality for programming course in higher education. *Procedia Computer Science*, 172, 433-437.