

# ATCG, el futuro de la agricultura

*Alimentos, energía y materiales producidos en una industria ecosostenible*

La Sociedad Europea de Ingeniería Agronómica (EurAgEng) concedió, en su congreso de 2004, el Premio UNACOMA de prospección científica a nueve investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid. Este premio, patrocinado por la asociación de fabricantes de maquinaria agrícola italiana, promueve la búsqueda de respuestas a dos cuestiones fundamentales: qué puede hacer la ingeniería agronómica por la sociedad y cómo será la agricultura del futuro.

El proyecto premiado combina nanorrobótica, mecatrónica, biotecnología, biónica y otras técnicas en un sistema para la obtención de alimentos, energía y materiales: el edificio autosuficiente ATCG ("Agricultural Transformation Clustered Greenfactory"). Con ello se propone resolver problemas derivados del aumento de población, la escasez de alimentos, el exceso de consumo energético y la degradación del medio natural. El proyecto desliga la producción agrícola del campo, a través de la pro-

ducción sin suelo. Asimismo, aúna la obtención de alimentos, energía y materiales en un ciclo productivo cerrado y sin residuos.

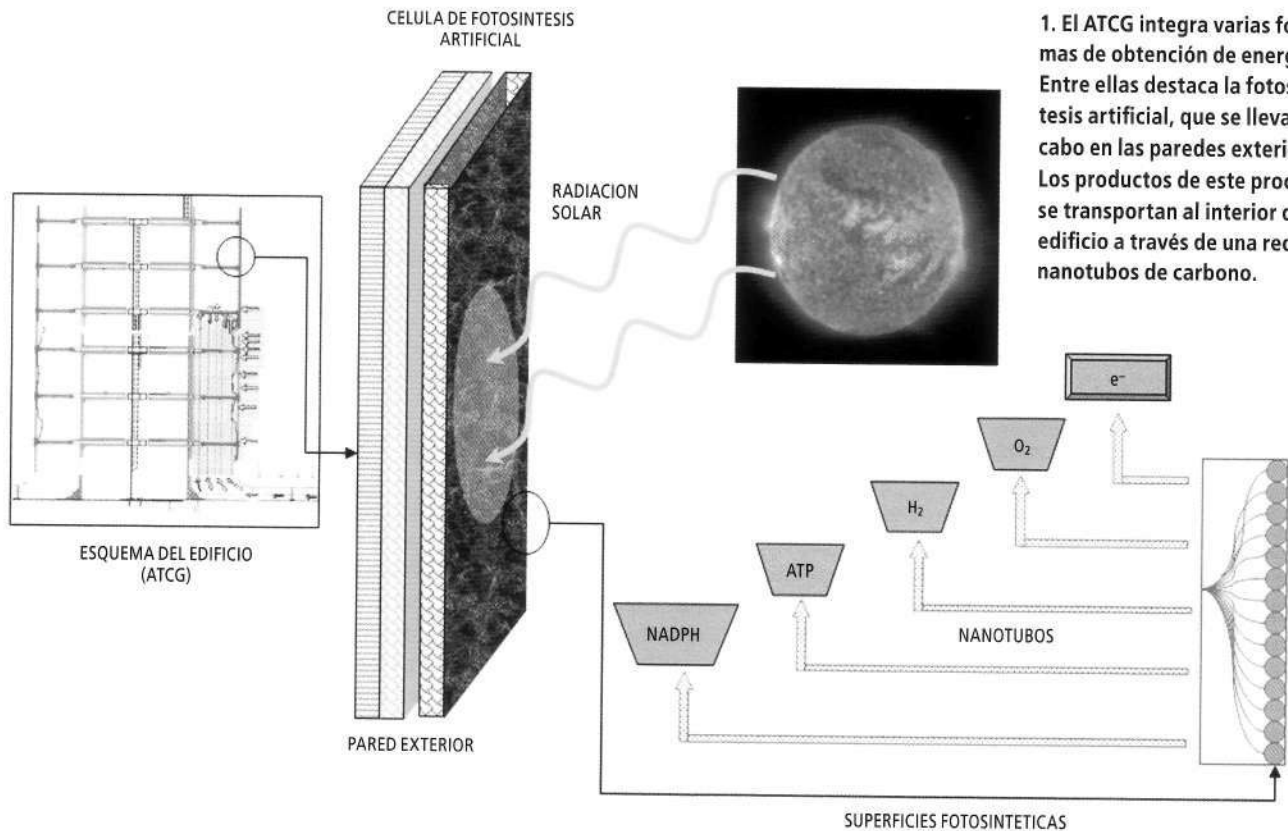
El diseño del edificio se basa en principios de la arquitectura biónica. Una estructura ligera y flexible remeda los modelos constructivos de los tejidos vegetales. Contiene soldaduras deformables realizadas con proteínas; consta de superficies fractales con capacidad de crecimiento modular que absorben tensiones. La estructura define una columna hueca, formada por una fina membrana plegada encapsulada con hormigón; los pliegues le confieren resistencia. El recubrimiento exterior ofrece la resistencia y permeabilidad de una estructura reticular; facilita la circulación del aire y la entrada de luz.

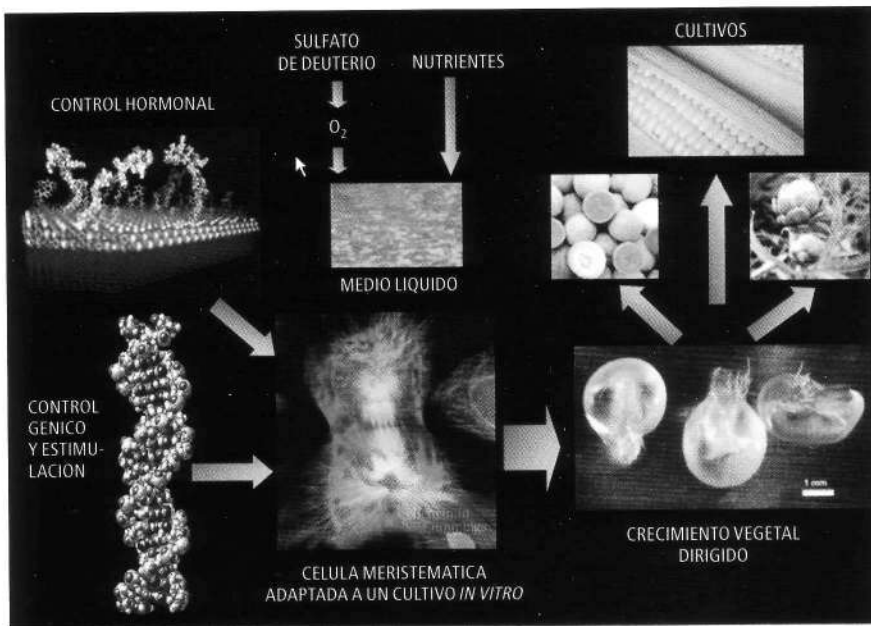
El ATCG obtiene la mayor parte de su energía del Sol. Destaca la fotosíntesis artificial que realizan las paredes del edificio. Estas constan de una capa doble de policarbonato, cubierta con dos fotosistemas que remedan el fotosistema ve-

getal. Un híbrido constituido por la unión de fullerenos y fluoresceína opera a modo de antena colectora de luz: convierte los fotones en electrones que alimentan las unidades del interior del edificio. La oxidación del agua, catalizada por un quelato de manganeso, se convierte en una abundante fuente de electrones, hidrógeno ( $H_2$ ) y oxígeno ( $O_2$ ). El hidrógeno y el oxígeno se almacenan para su consumo en pilas de combustible.

Todos los componentes del fotosistema se integran en una biomembrana; en ella se genera el gradiente de protones que permite la síntesis de ATP. Los productos de la fotosíntesis se conducen y almacenan hacia el interior del edificio, a través de una red de nanotubos de carbono. Luego, estos reservorios suministran a las unidades de producción del ATCG los compuestos necesarios para los procesos metabólicos que allí se desarrollan.

La energía solar se capta también mediante paneles fotovoltaicos. Se utilizan para calentar el aire. Este fluye entonces





2. En las unidades de producción, o terminales meristemáticos, se cultivan, mediante ingeniería genética, células que terminan produciendo sólo la parte comestible del vegetal de interés en lugar del organismo completo.

por el interior de la columna, de forma que provoca el movimiento de unas turbinas productoras de electricidad. A su vez, el aire suministra la mezcla de gases necesaria para la producción de alimentos (oxígeno, carbono y nitrógeno). El nitrógeno del aire se fija mediante microorganismos genéticamente modificados, que viven en el interior de las cavidades estructurales del ATCG. El nitrógeno orgánico obtenido se destina a la síntesis de compuestos químicos.

Otra de las funciones del ATCG es el reciclado de aguas residuales. El agua residual fluye a través de pilas de combustible de microorganismos. Mediante la acción metabólica bacteriana, se obtiene corriente eléctrica y agua reciclada.

En el interior del edificio residen las unidades de producción o "meristemas terminales" (MT). Operan mediante técnicas de cultivo *in vitro*. La producción se funda en una diferenciación controlada de los tejidos vegetales dentro de unos contenedores especiales; se estimulan sólo los genes necesarios para obtener la parte comestible del vegetal, no el organismo entero. Para ello se silencian los genes carentes de interés agronómico.

Los MT se sumergen en un medio líquido que les aporta los nutrientes y hormonas necesarios para el desarrollo del cultivo. El medio contiene también sulfato de deuterio, que facilita la respiración celular y evita, por tanto, la podredumbre de los tejidos por asfixia.

Mediante el control fino de la concentración de nutrientes y de hormonas, y técnicas de ingeniería genética, se dirige el crecimiento y desarrollo del cultivo. El ATCG se aplica así a la producción de alimentos y de materiales (carbonatos, bioplásticos y otros compuestos de carbono).

El sistema está diseñado para que pueda monitorizarse y controlarse mediante nanotecnía. El seguimiento se realiza a tres niveles: microscópico, macroscópico y sistémico. Para el control a escala microscópica se usan dispositivos bioelectrónicos y nanorrobóticos, que interactúan electroquímicamente con los tejidos en crecimiento (meristemas) y las unidades de producción de energía.

Robots con habilidades sociales y dotados de inteligencia artificial basada en redes neuronales controlan, a escala macroscópica, los principios básicos de producción. Temperatura, pH, luz y otros parámetros que afectan a la producción se controlan y modifican mediante sensores electroquímicos y microinyectores, con el fin de maximizar la "cosecha" y optimizar la calidad del alimento.

Por último, la producción se ajusta a la demanda mediante la coordinación de varios ATCG. Una red inalámbrica media el intercambio de información entre las unidades productivas y con otros centros de producción y comercialización.

**Constantino Valero, Pablo Gutiérrez,  
M.<sup>a</sup> Teresa Riquelme, Víctor Gil,  
Luis Ruiz, Belén Diezma,  
María Marín, Natalia Hernández  
y José Rodríguez**  
*Departamento de Ingeniería Rural,  
ETSI Agrónomos  
Universidad Politécnica de Madrid*