

The background features a repeating pattern of green circles of varying shades. A large, semi-transparent globe is centered in the upper half of the image, showing a grid of latitude and longitude lines. The globe is slightly blurred and has a soft glow.

fijación biotecnológica de CO<sub>2</sub>

proyecto de **fotobiorreducción** de  
**emisiones en una planta cementera**

# el problema

- emisión de 800.000 t/año de CO<sub>2</sub>.
- dificultad en la autorización de la actividad por parte del Organismo Medioambiental.
- retraso en la ejecución del proyecto de inversiones.



# la propuesta

- Cementos del Marquesado se compromete a reducir al 50% sus emisiones anuales de gases de efecto invernadero:

400.000 t/año



# confinamiento del CO<sub>2</sub>

- mecanismos físicos:
  - almacenamiento subterráneo.
  - almacenamiento marino.
- mecanismos químicos.
- mecanismos biológicos:
  - fotosíntesis forestal.
  - utilización en cultivos bajo plástico.
- mecanismos biotecnológicos.



# fijación biotecnológica

- cultivos forzados de algas:
  - algas pluricelulares:
    - menor eficiencia fijadora.
    - sistemas artesanales.
    - dificultad de automatización.
  - cultivos de microalgas:
    - tanques circulares.
    - sistemas *raceway* en tanques rectangulares.
    - fotobiorreactores.



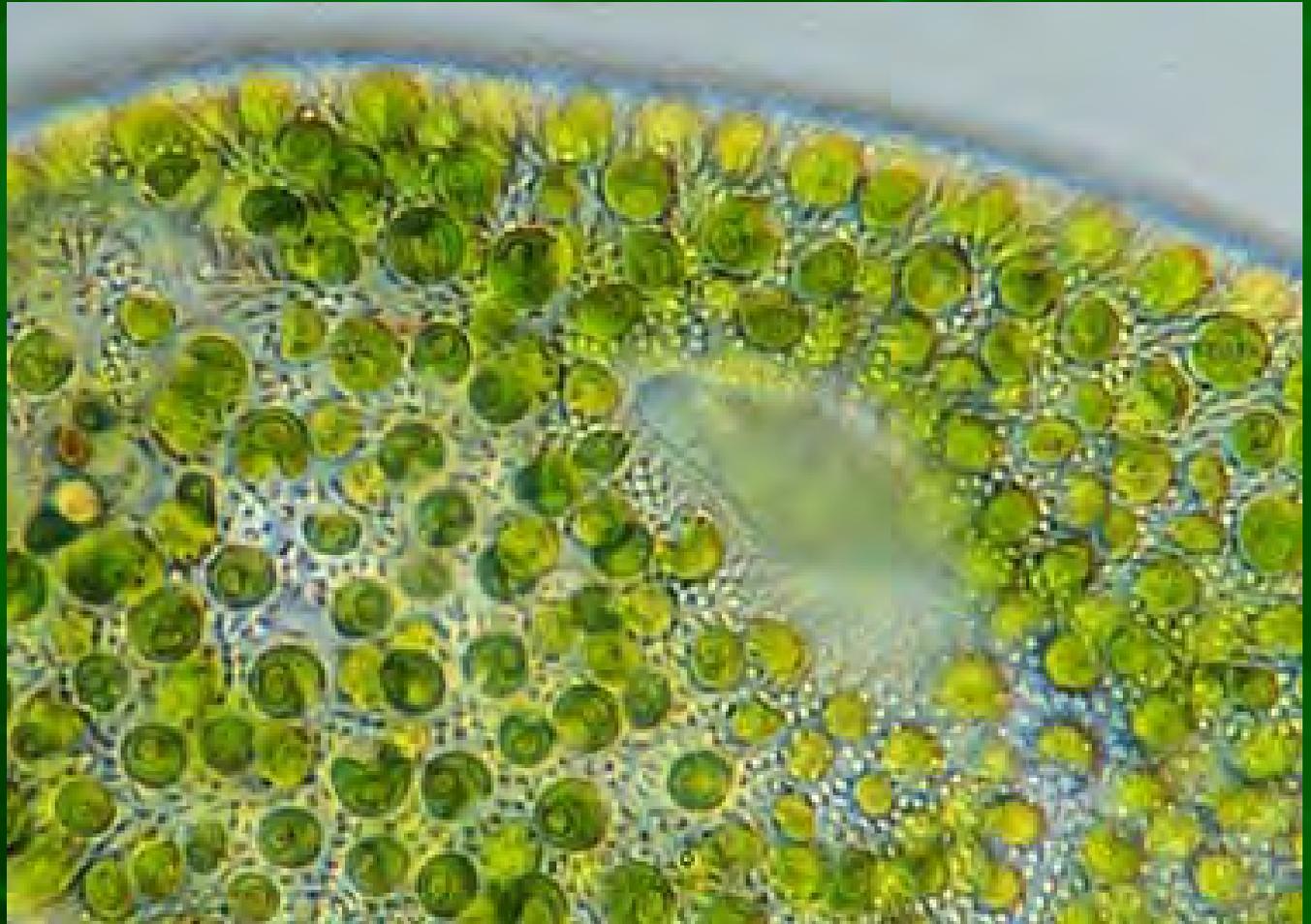
# microalgas

- géneros más estudiados:
  - *Spirulina sp.*
  - *Chlorella sp.*
- especie más eficiente:
  - *Chlorella pyrenoidosa*



# *Chlorella sp.*

microalga  
*Chlorella sp.*



# fotobiorreactores

- cultivo controlado.
- inyección de aire enriquecido en  $\text{CO}_2$ .
- calefacción del cultivo mediante la propia emisión de gases.
- sistemas:
  - discontinuos.
  - continuos.



# fotobiorreactores continuos

- monitorización y control completo.
- cosecha automatizada y continua.
  - centrifugación del caldo de cultivo
- requisitos del sistema:
  - modulable (módulos manejables).
  - escalable (susceptible de ampliación por simple replicación de los módulos)
  - compacto (menor ocupación de superficie).



# fotobiorreactores funcionando

- cilíndricos
- tubulares
  - verticales
  - horizontales
  - inclinados
- propuesta de este proyecto:
  - celdas cilíndricas agrupadas en contenedor



# instalaciones

diseño de  
laboratorio en  
bolsas



# instalaciones



fotobiorreactores  
tubulares  
verticales e  
inclinados



# instalaciones

cultivo  
experimental en  
fotobiorreactores  
inclinados



# instalaciones



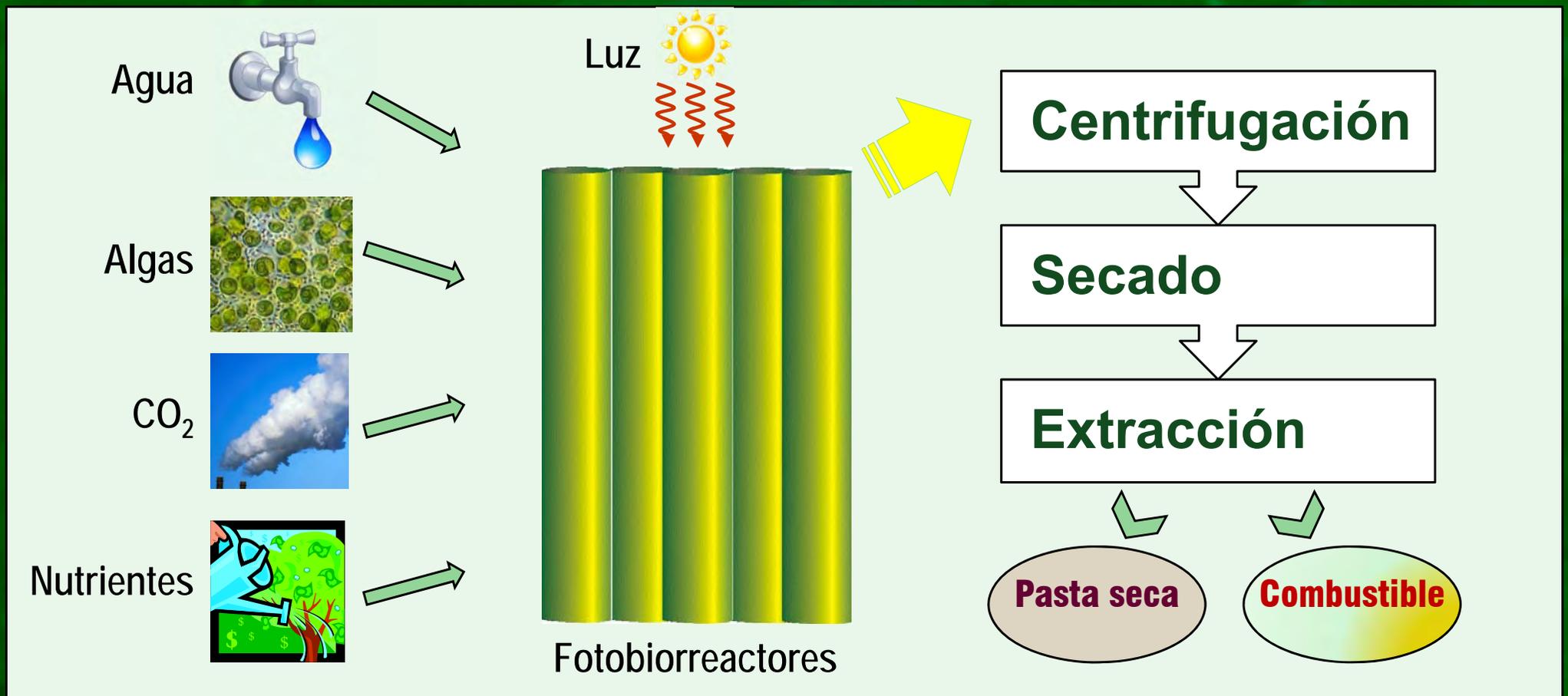
# instalaciones



# instalaciones



# proceso genérico



ejemplo de obtención final de harina destinada a producción de biodiésel



# datos esenciales del proyecto

Organismo fijador	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>
Proporción de materia seca sobre húmeda	> 20 %
Contenido de carbono sobre materia seca	> 50 %
Producción unitaria esperada	~ 5 g/L
Fijación diaria de carbono inorgánico	2,2 g/L
Fijación de CO <sub>2</sub> anual del cultivo	2.944 kg/m <sup>3</sup>
Reducción de CO <sub>2</sub> requerida	400.000 t/año
Volumen de cultivo necesario	135.854 m <sup>3</sup>
Dimensionamiento de fotobiorreactores	Ø 425 mm x 2,4 m altura
Requerimiento superficial estimado	1,276 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> de cultivo
Superficie ocupada	17,3308 ha
Producción diaria de biomasa húmeda	3.400 t



# escalabilidad



simulación de  
instalación  
industrial en el  
Marquesado



UNIVERSIDAD DE JAÉN

proyecto de fotobiorreducción de  $\text{CO}_2$   
director coordinador: Dr. Ing. Agrónomo Carlos Pinilla Ruiz

# usos del producto final

- reutilización como combustible en la propia planta.
- venta directa como harina en seco para:
  - producción de biodiésel.
  - alimentación animal.
  - alimentación humana.
  - abono orgánico.



# entidades participantes

- Cementos del Marquesado, S.A.
- Universidad de Jaén.
- Universidad de Granada.
- Universidad de Córdoba.
- Centro Andaluz de Medio Ambiente.





UNIVERSIDAD DE JAÉN

fijación biotecnológica de CO<sub>2</sub>

proyecto de fotobiorreducción de  
emisiones en una planta cementera

director coordinador:

Dr. Ing. Agrónomo Carlos Pinilla Ruiz