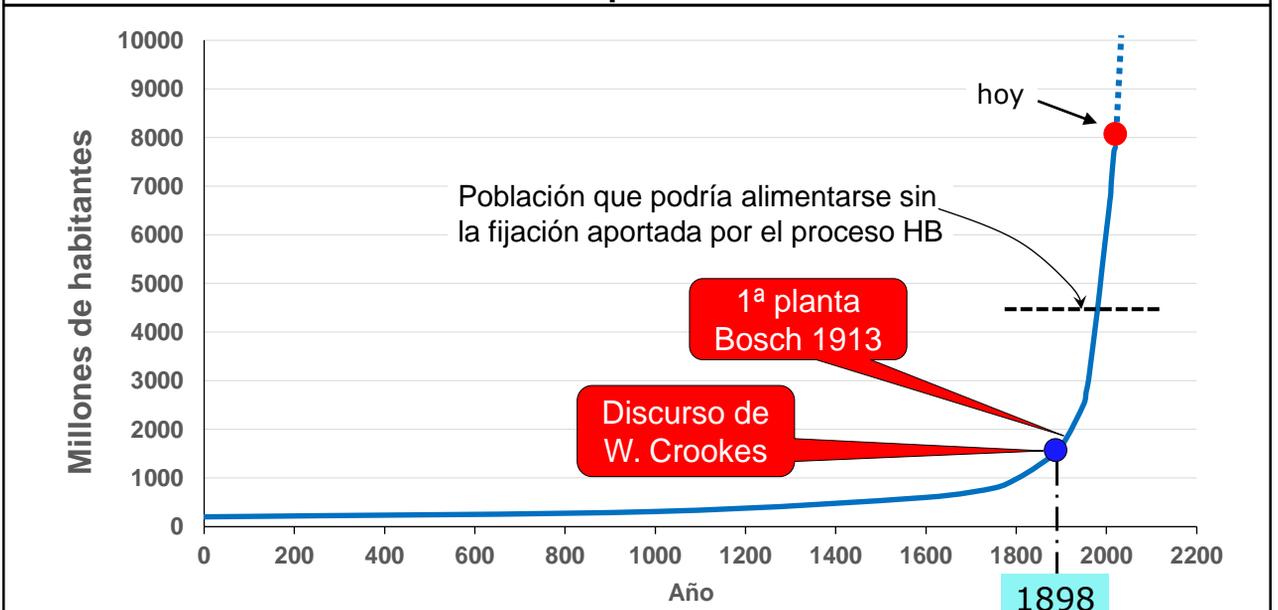


Algunos datos interesantes

1

Evolución de la población mundial

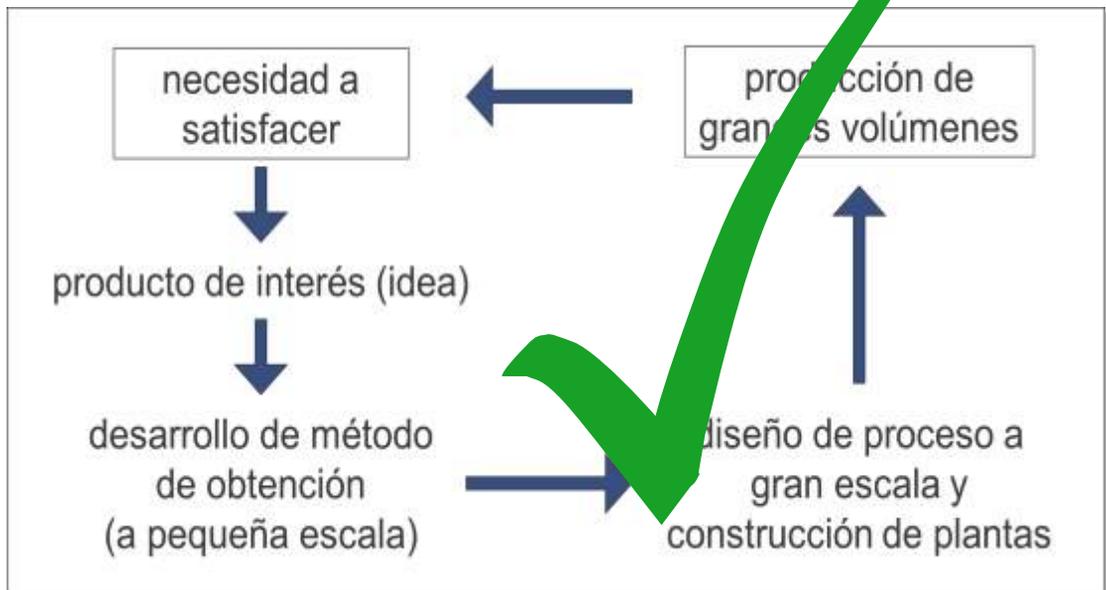


2

Algunos datos interesantes

- ✓ Sin los fertilizantes que se producen a partir del amoníaco sintético, la generación de alimentos podría mantener solamente unos 4.500 millones de personas (hoy somos más de 8.000 millones y aumentando)
- ✓ Se estima que más de la mitad de los átomos de N que tenemos en nuestro cuerpo, llegaron desde la atmósfera a través de amoníaco sintetizado a través del proceso Haber-Bosch

3



4

Algunos datos interesantes

- ✓ El desarrollo del método para la obtención de amoníaco que permitió la fabricación de grandes cantidades de fertilizantes para darle alimento a la humanidad está entre los hitos de la Ingeniería Química.

5

No son todas “flores”

Al mismo tiempo que la Ingeniería Química contribuye a la obtención de materiales y energía para el beneficio de la humanidad, también ha venido siendo co-responsable de consecuencias indeseadas tales como:

- producción de productos químicos con una muy baja tasa de degradabilidad
- emisiones de gases que alteran negativamente propiedades de la atmósfera
- materiales plásticos que se acumulan en grandes cantidades en vertederos de residuos y en océanos
- producción de armas químicas

6

No son todas “flores”

Al mismo tiempo que la Ingeniería Química contribuye a la obtención de materiales y energía para el beneficio de la humanidad, también ha venido siendo co-responsable de consecuencias indeseadas.

La Ingeniería Química tiene por delante el desafío no sólo de

seguir contribuyendo a producir materiales y energía para el beneficio de la humanidad sin provocar estos “daños colaterales”

sino el de

contribuir a revertir los daños ya causados en el pasado.

7

Amoníaco y Fertilizantes “Historias que no enorgullecen”

- ✓ El primer uso que se le dio al amoníaco fabricado en la planta diseñada por Bosch no fue para fertilizantes; fue para fabricar explosivos. Hoy en día, el uso del amoníaco para explosivos es una cantidad insignificante al lado del uso para fertilizantes.

8

Aprovecharemos el caso del amoníaco y el uso de fertilizantes, para ejemplificar otros aspectos que también son relevantes en todos los procesos de transformación y de mucho interés para el Ingeniero Químico:

- seguridad
- impacto en la Naturaleza
- futuro

9

Amoníaco y Fertilizantes “Historias que no enorgullecen”

- ✓ En la primer planta de Amoníaco y fertilizantes de BASF, en Oppau, Alemania, se produjo una explosión muy grave en 1921 (causó 507 muertos y está dentro de las catástrofes más grande en la historia de la industria química.)



10

La explosión tuvo lugar en un silo de nitrato y sulfato de amonio.

«La catástrofe no ha sido originada ni por defecto ni por descuido. Nuevas fuerzas de la naturaleza que todavía nos son inescrutables han ridiculizado nuestros esfuerzos.

Precisamente la sustancia que estaba destinada a dar alimento y llevar vida a millones en nuestra patria y que nosotros produjimos y repartimos durante años se presenta como un enconado enemigo, por causas que todavía desconocemos, y convierte nuestra fábrica en ruinas»

(declaración pública de Karl Bosch).

<http://www.aidic.it/cet/16/48/125.pdf>

11

Amoníaco y Fertilizantes “Historias que no enorgullecen”

- ✓ En la primer planta de Amoníaco y fertilizantes de BASF, en Oppau, Alemania, se produjo una explosión muy grave en 1921 (causó 507 muertos y está dentro de las catástrofes más grande en la historia de la industria química.)
- ✓ Esa fue la primera explosión vinculada a los fertilizantes, pero no la única. Ha habido otras... Seguramente recuerden la explosión en el puerto de Beirut de hace un par de años, con consecuencias catastróficas y atribuida al almacenamiento descuidado de nitrato de amonio.

12

Amoníaco y Fertilizantes Impacto en la Naturaleza

- ✓ Alteración del medio ambiente
- ✓ Uso de recursos agotables

13

Algunos datos relevantes...

- ✓ De todo el N que se vuelca a los suelos como fertilizantes sólo una pequeña parte termina en alimentos ingeridos por el ser humano.

Un alto % se pierde (una pequeña parte vuelve a la atmósfera directamente, la mayor parte va a las aguas)

14

Uso de Nitrógeno para producción de alimentos

Uso del N para producción de alimentos

Total N utilizado (M ton/año)	171
Fertilizantes y abonos	62%
Fijación biológica	16%
Deposición atmosférica	11%
Otras fuentes	11%

Uso del N para producción de alimentos

Total N utilizado (M ton/año)	171
cultivos para humanos (%)	50%
cultivos para animales (%)	30%
praderas para pastoreo (%)	20%

Destino del N utilizado para cultivos

Total N para cultivos(M ton/año)	137
Cosechado consumido (%)	18%
Consechado no consumido (%)	20%
Residuos de cosecha (%)	21%
Perdidas N por arrastre (%)	17%
Perdidas N a la atmósfera (%)	15%
Otras pérdidas (%)	9%

Algunas cantidades anuales en millones de ton de Nitrógeno

Fertilizantes y abonos	100
Alimento consumido	25
Arrastre	23

Datos del año 2000

Fuente:

<https://www.nature.com/articles/srep30104>

15

Algunos datos relevantes...

- ✓ De todo el N que se vuelca a los suelos como fertilizantes sólo una pequeña parte termina en alimentos ingeridos por el ser humano.

Un alto % se pierde (una pequeña parte vuelve a la atmósfera directamente, la mayor parte va a las aguas)

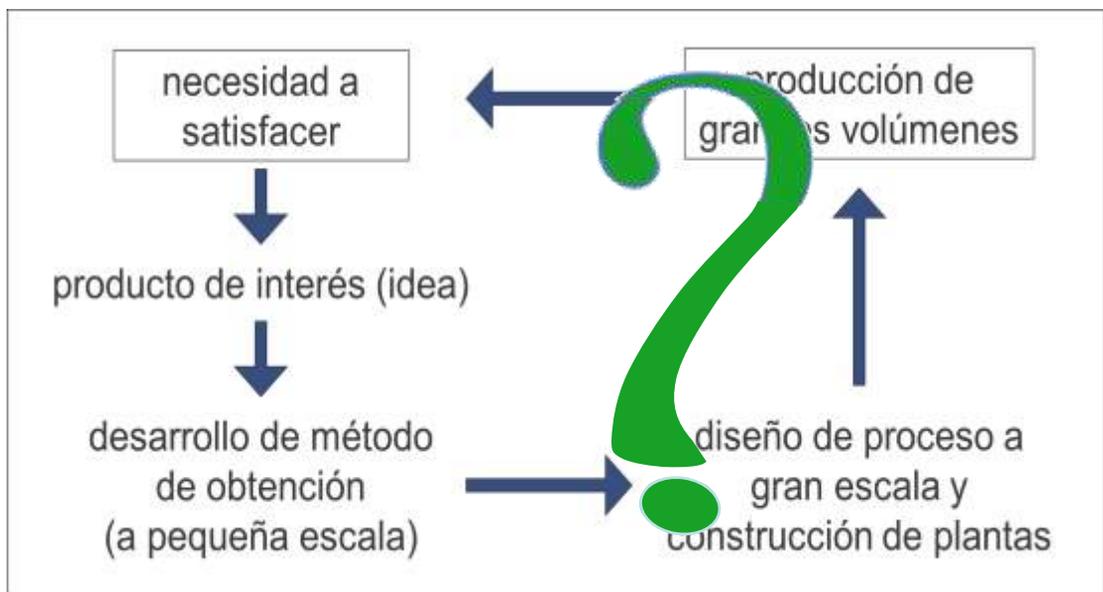
- ✓ El exceso de N en las aguas causa "eutrofización" (gran crecimiento de algas y bacterias que además de consumir este nitrógeno residual consumen oxígeno dejando condiciones muy adversas para el resto de la vida acuática).

16

Algunos datos relevantes...

- ✓ La fabricación de amoníaco consume más del 1% de toda la energía que se consume en el mundo (entre 25-35 GJ/ton NH₃)
- ✓ La fabricación de amoníaco a partir de gas natural es el proceso industrial que emite más GEI (0,93% del total)
- ✓ El gas natural es un recurso natural no renovable

17



18

Preguntas

¿Qué podemos hacer para corregir la contaminación por exceso de Nitrógeno volcado a los ríos y aguas subterráneas?

¿Qué podemos hacer para fijar nitrógeno por un camino más “verde” –que emita menos GEI y no consuma recursos no renovables?

19

Los colores del amoníaco...

En estas clases hemos hablado del proceso Haber-Bosch en el que el NH_3 se fabrica a partir de H_2 obtenido por SMR. Ese es el método convencional que se usa para fabricar la gran mayoría de las casi 180 millones de toneladas anuales consumidas en el mundo. El proceso emite mucho CO_2 . Ese es el **amoníaco gris o marrón**.



El **amoníaco azul** es amoníaco fabricado de manera convencional pero en el cual el CO_2 obtenido como subproducto no se dispone a la atmósfera sino que se captura y almacena, reduciendo así el nivel de emisiones de GEI. La extracción de gas natural sigue siendo un proceso emisor de GEI.

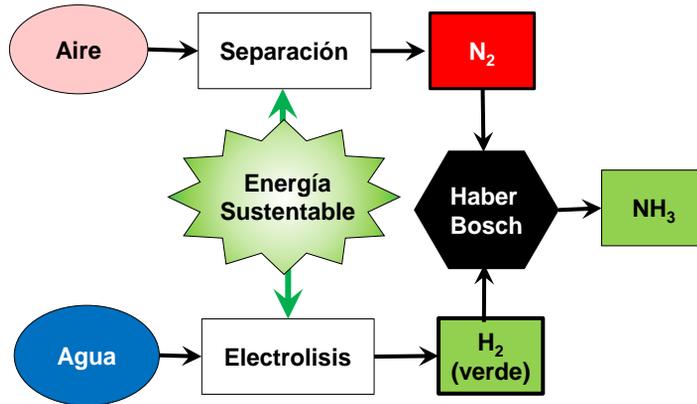


El **amoníaco verde** es el fabricado con H_2 obtenido por electrolisis de agua con energía obtenida de fuentes alternativas (sin emisión de CO_2). Por ahora las plantas son de pequeña magnitud, pero el desarrollo de la tecnología está acompañando el interés de la humanidad en **satisfacer la necesidad** de reducir las emisiones de GEI



20

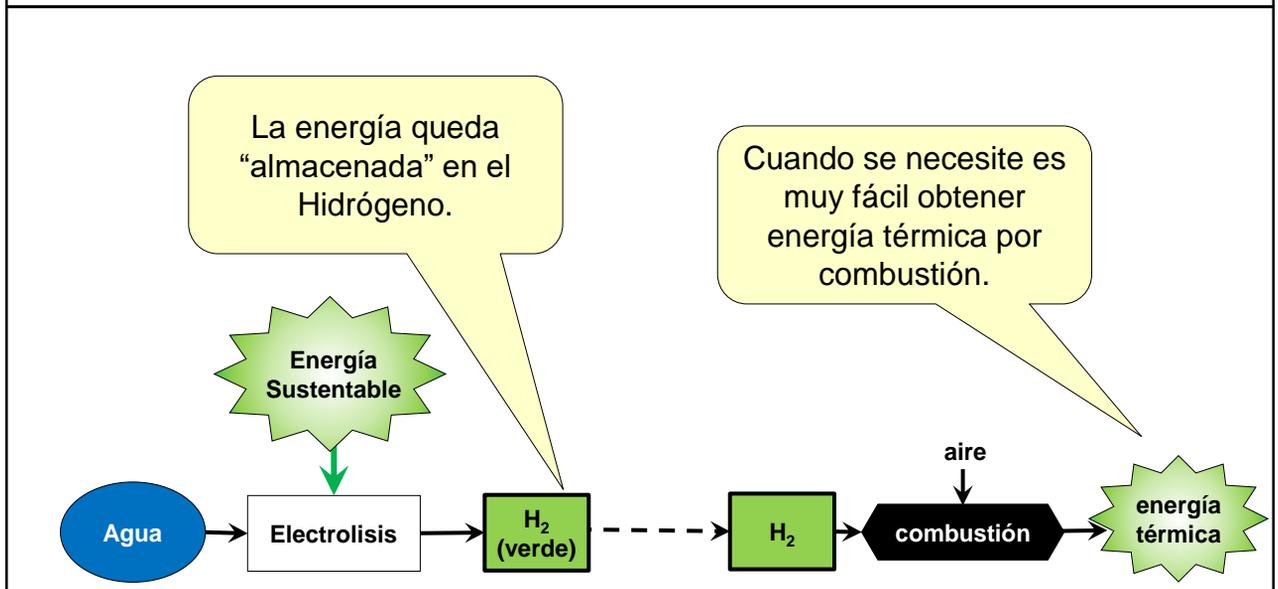
El **amoníaco verde** es el fabricado con hidrógeno obtenido por electrolisis de agua cuya energía se obtiene de fuentes alternativas. Por ahora las plantas son de pequeña magnitud.



https://www.kapsom.com/avada_portfolio/ammonia-plant/?gclid=EAIaIQobChMIvcaItZD08AIVDweRCh2q6wPqEAAAYASAAEgJ97_D_BwE

21

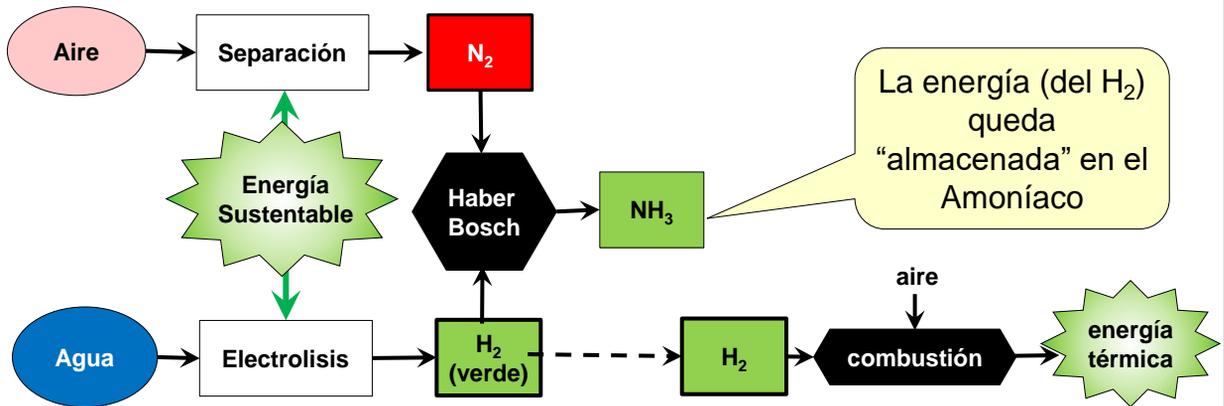
Una oportunidad...



22

Una oportunidad...

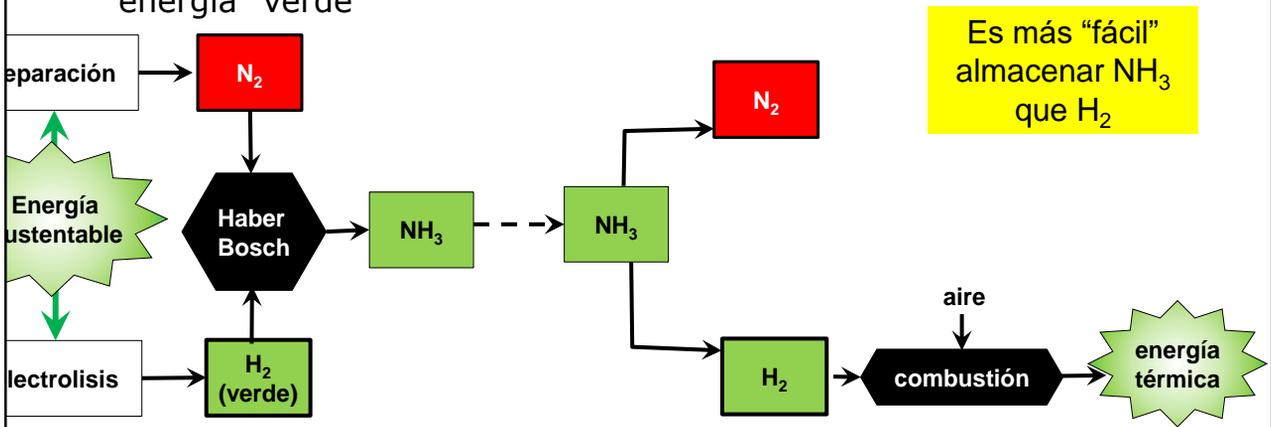
Una alternativa...



23

Una oportunidad...

- ✓ El uso de Hidrógeno "verde" para obtener Amoníaco "verde" es no sólo una forma de reducir el impacto ambiental de la fabricación de amoníaco y fertilizantes, sino una oportunidad para almacenar energía "verde"

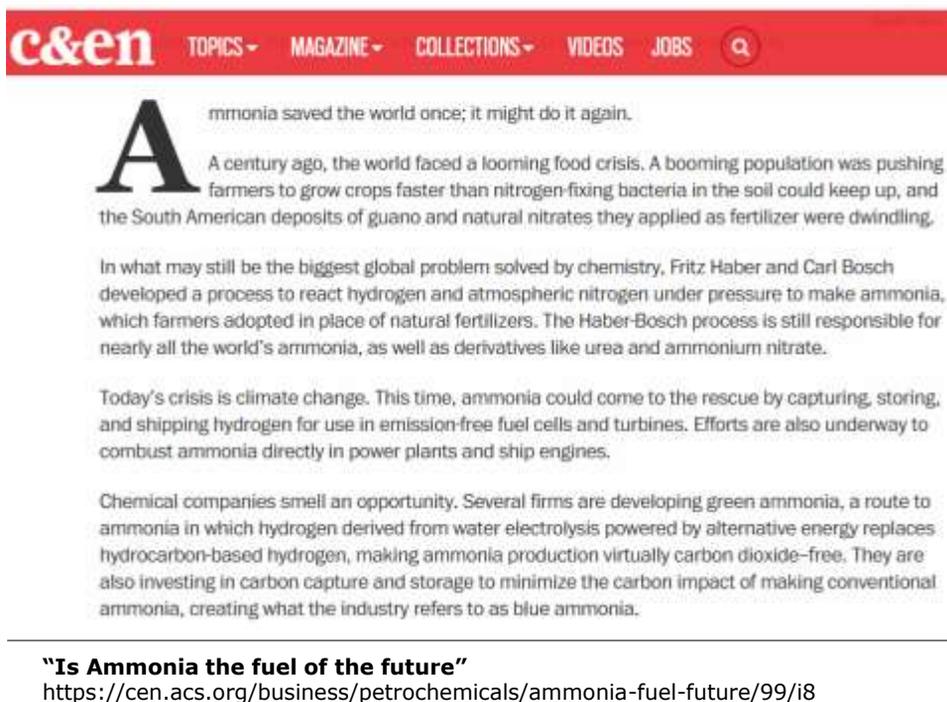


24

Una oportunidad...

- ✓ El uso de Hidrógeno "verde" para obtener Amoníaco "verde" es no sólo una forma de reducir el impacto ambiental de la fabricación de amoníaco y fertilizantes, sino una oportunidad para almacenar energía "verde"

25



c&en TOPICS - MAGAZINE - COLLECTIONS - VIDEOS JOBS

Ammونيا saved the world once; it might do it again.

A century ago, the world faced a looming food crisis. A booming population was pushing farmers to grow crops faster than nitrogen-fixing bacteria in the soil could keep up, and the South American deposits of guano and natural nitrates they applied as fertilizer were dwindling.

In what may still be the biggest global problem solved by chemistry, Fritz Haber and Carl Bosch developed a process to react hydrogen and atmospheric nitrogen under pressure to make ammonia, which farmers adopted in place of natural fertilizers. The Haber-Bosch process is still responsible for nearly all the world's ammonia, as well as derivatives like urea and ammonium nitrate.

Today's crisis is climate change. This time, ammonia could come to the rescue by capturing, storing, and shipping hydrogen for use in emission-free fuel cells and turbines. Efforts are also underway to combust ammonia directly in power plants and ship engines.

Chemical companies smell an opportunity. Several firms are developing green ammonia, a route to ammonia in which hydrogen derived from water electrolysis powered by alternative energy replaces hydrocarbon-based hydrogen, making ammonia production virtually carbon dioxide-free. They are also investing in carbon capture and storage to minimize the carbon impact of making conventional ammonia, creating what the industry refers to as blue ammonia.

"Is Ammonia the fuel of the future"
<https://cen.acs.org/business/petrochemicals/ammonia-fuel-future/99/i8>

26

EJEMPLO 2

Desalinización de Agua Marina

27

Nuestro problema con el agua potable

En condiciones normales, Montevideo y Canelones (67% de la población de Uruguay) se abastecen con agua del río Santa Lucía potabilizada en la planta de Aguas Corrientes.



28

Nuestro problema con el agua potable

Debido a la gran escasez de lluvias, los puntos naturales de toma de agua para la planta potabilizadora de OSE fueron perdiendo volumen...



... y se empezó a completar el faltante con agua del río Santa Lucía más cercana a su desembocadura en el de la Plata (y que tiene un mayor contenido de sales disueltas)

29

Uso de agua en el mundo

- Anualmente se están extrayendo en el mundo unos 4×10^{12} m³ de agua (4.000.000.000.000.000 lts)
- Aproximadamente la mitad no se consume (se evapora, se infiltra en el terreno o se vierte a algún cauce).
- De la otra mitad, se estima que el 65% se destina a la agricultura, el 25% a la industria y el 10% a consumo doméstico.



30

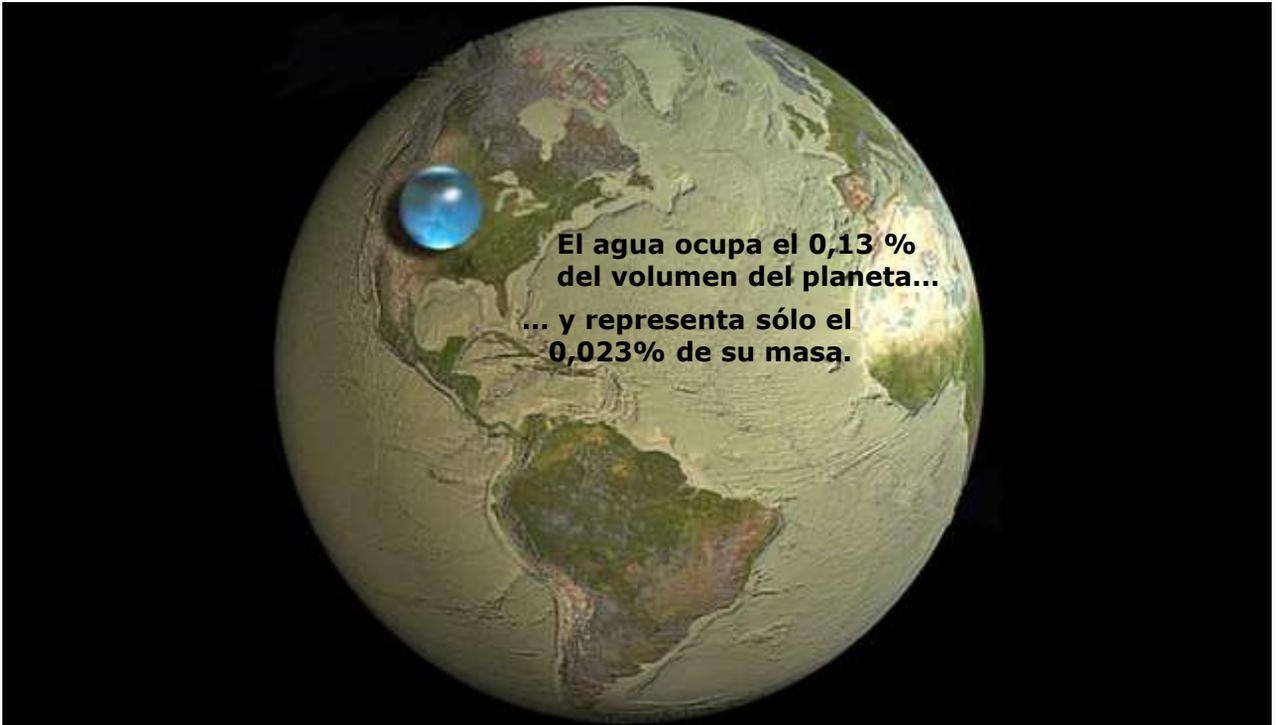
Existencias de agua

- El 71% de la superficie del planeta es agua.
- En el planeta se estima que hay $1,386 \times 10^{18} \text{ m}^3$ de agua (unas 350 millones de veces lo que se extrae por año)
- El 97,5% del total del agua del planeta es agua con alto contenido salino (aprox. 3,5% en peso) por lo que no puede usarse como tal ni para consumo humano, ni agrícola, ni industrial.

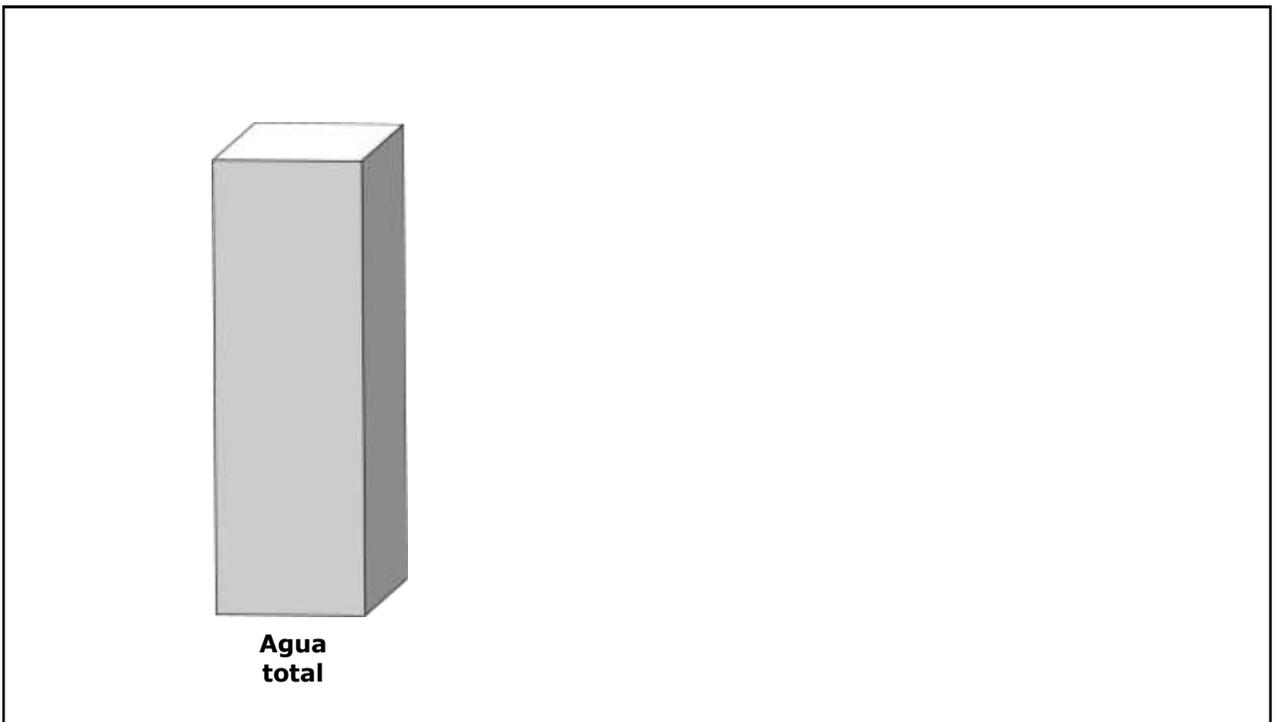
31



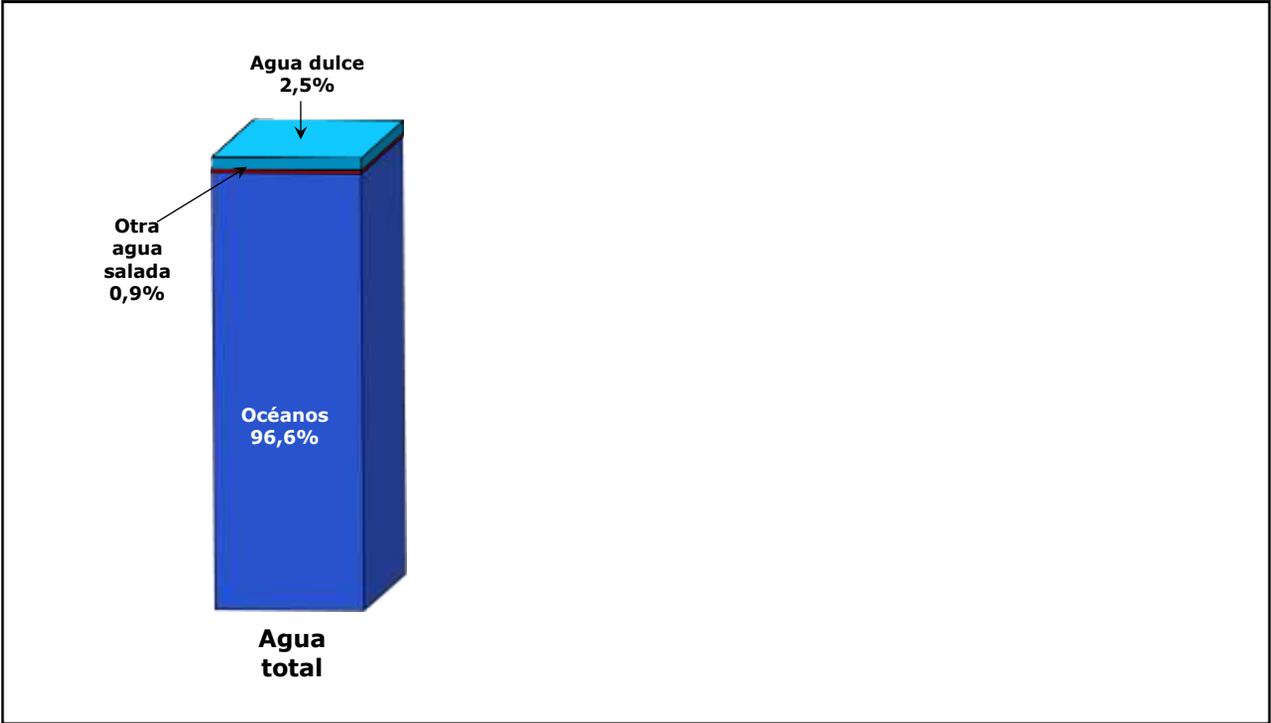
32



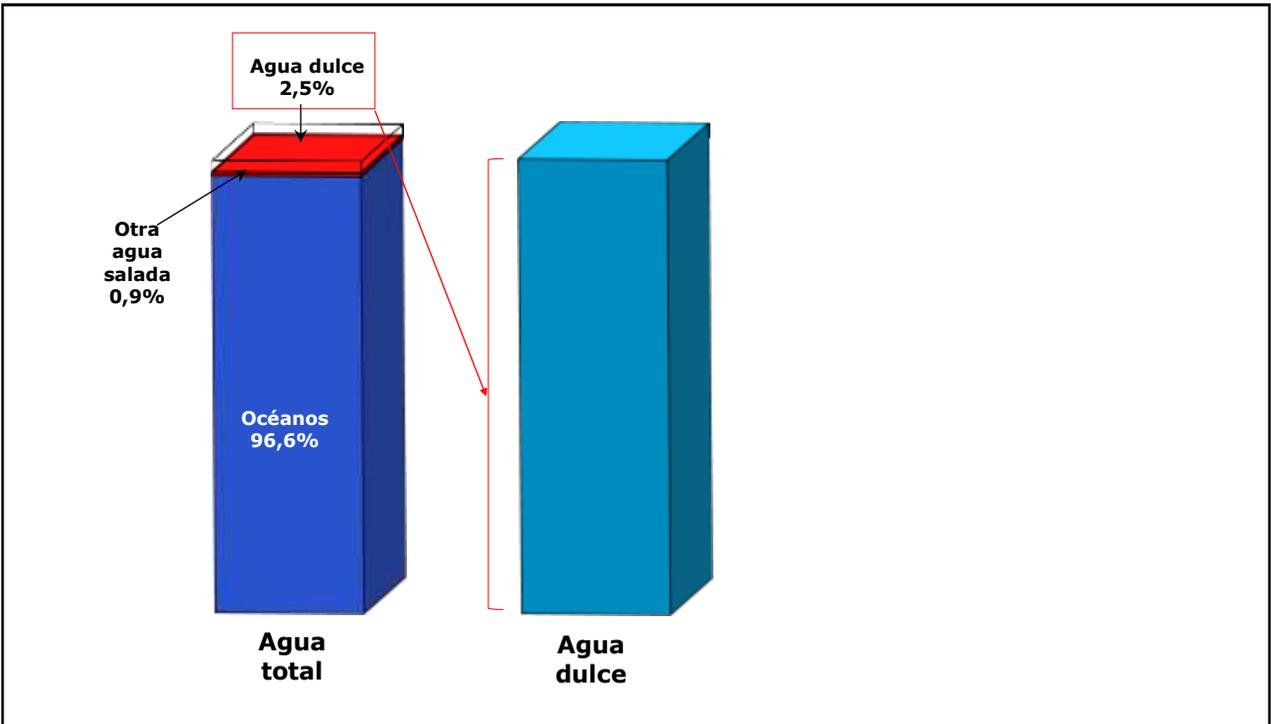
33



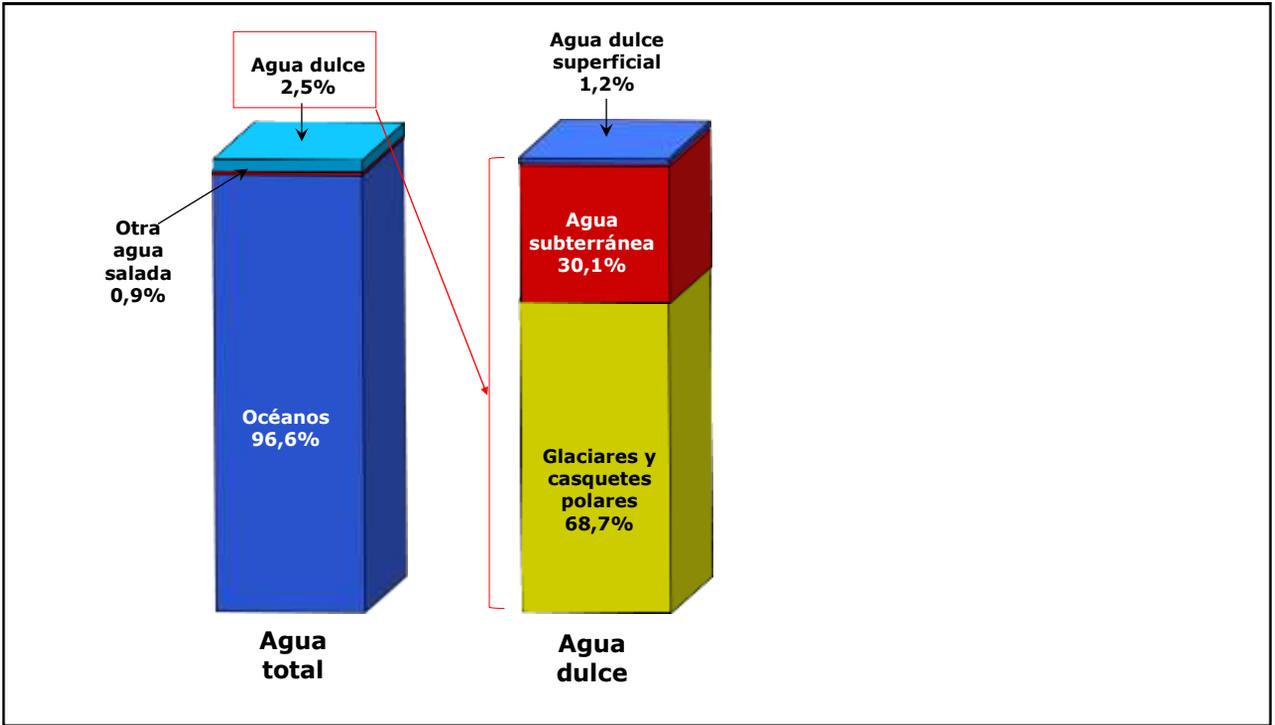
34



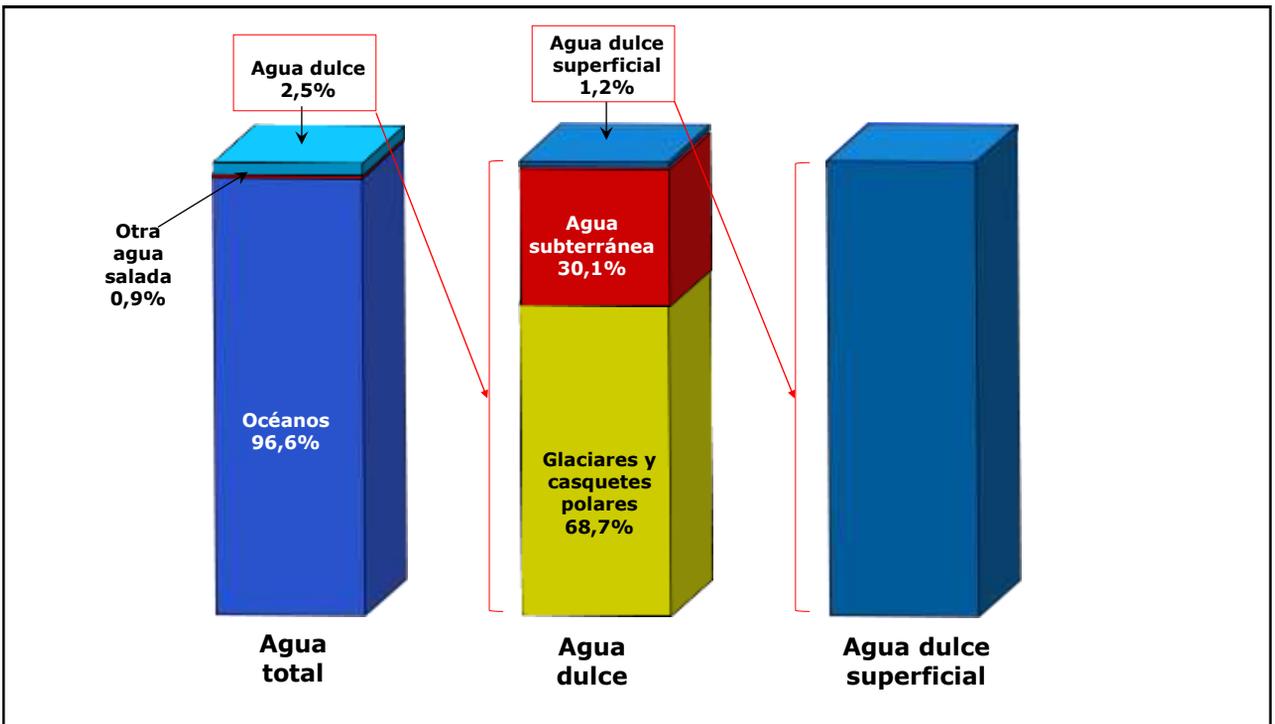
35



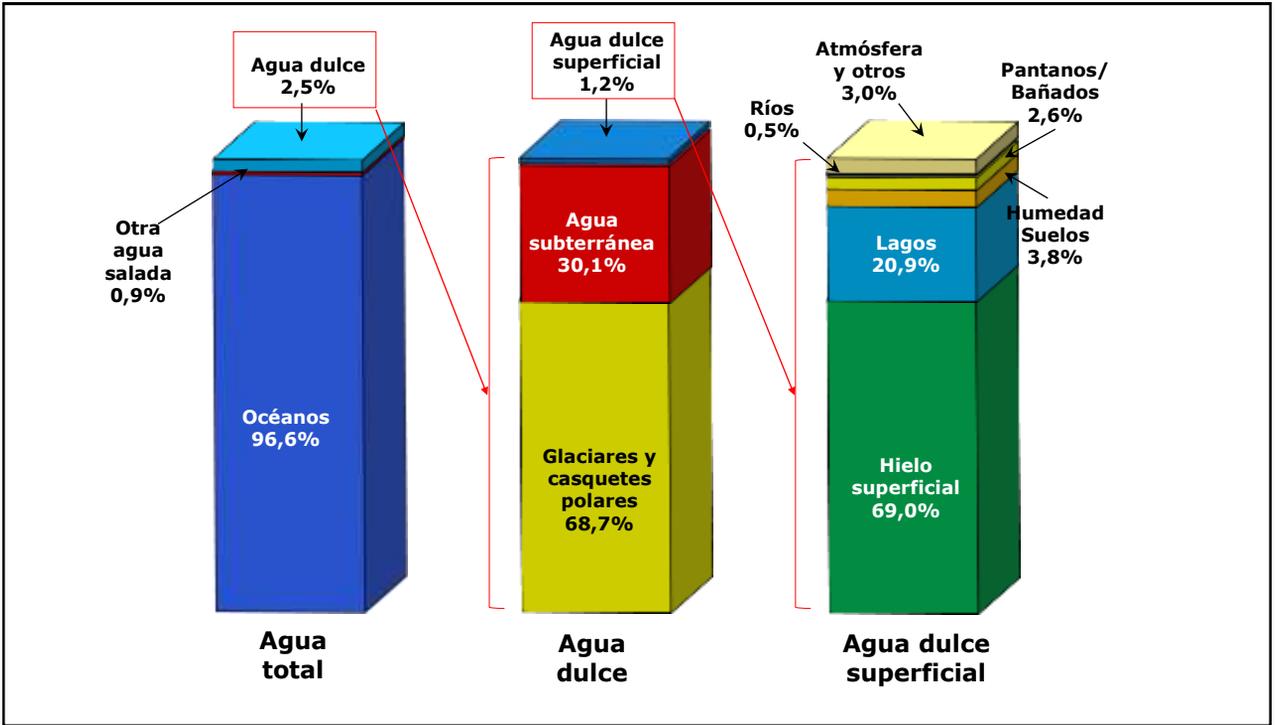
36



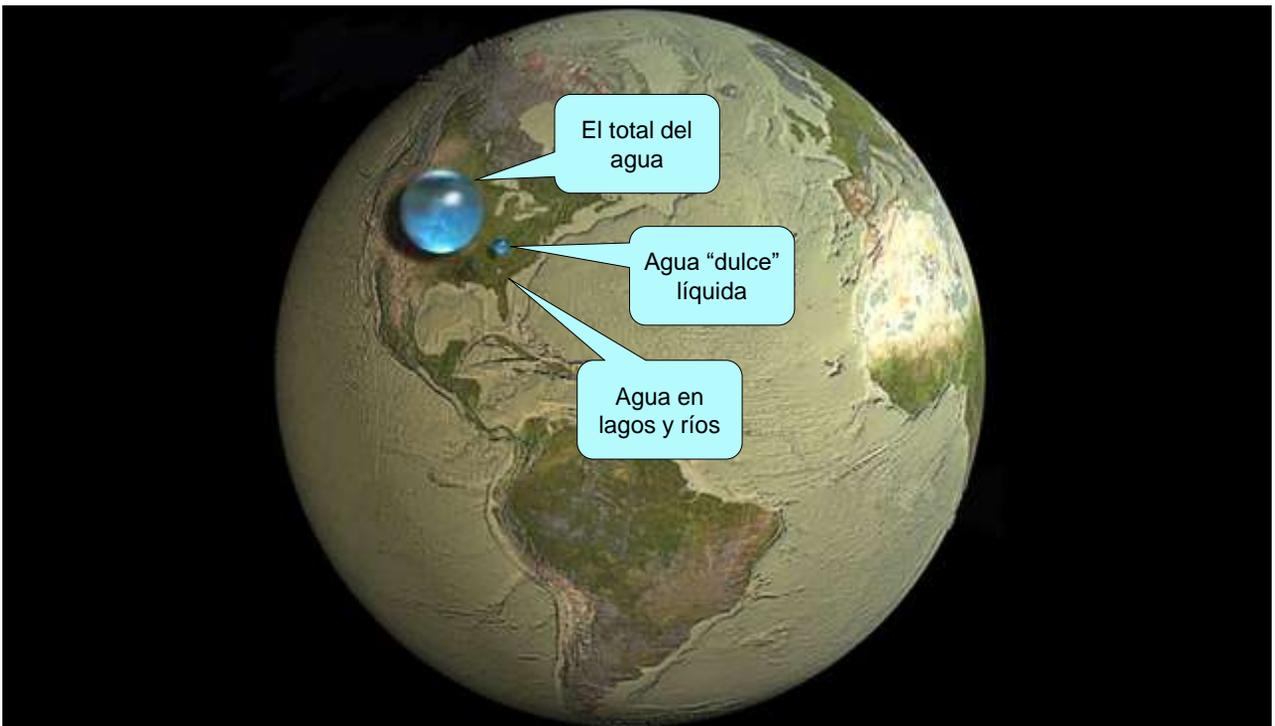
37



38



39



40

Abastecimiento de agua

- El total de agua líquida dulce es un 0,76% del total del agua pero buena parte de esa agua dulce está en acuíferos a mucha profundidad. **X**
- En general el agua que usamos es extraída de cursos de agua dulce líquida superficial y acuíferos no muy profundos.
- El caso del sur de Uruguay, es uno especial que se ha dado por una inusual falta de lluvias. Seguramente en no mucho tiempo volverá a llover.

41

Abastecimiento de agua

- Sin embargo, hay zonas del planeta muy áridas, con escaso acceso a corrientes de agua o acuíferos; e incluso algunas, donde la velocidad de extracción de agua supera a la velocidad de reposición.
- En aquellos lugares del planeta donde hay escasez de agua dulce, la Desalinización de Agua Marina es una alternativa.

<https://edition.cnn.com/2018/07/11/middleeast/middle-east-water/index.html>

42



43



44

¿Cómo desalinizar agua marina?

Separar la sal del agua!!!

¿Métodos posibles?

45

Métodos de desalinización

- Por Ósmosis Inversa
- Por Congelación
- Por Evaporación
- Evaporación flash
- Otros....

46

Nota: Si bien enseñar estos conceptos está fuera del alcance previsto para estas clases introductorias, aclaramos lo siguiente:

OSMOSIS INVERSA: Cuando dos soluciones de los mismos soluto y solvente pero de diferente concentración son separadas por medio de una membrana permeable sólo al solvente, el solvente tiende a fluir desde la solución más diluida a la solución más concentrada. Este fenómeno se llama ósmosis. En la ósmosis inversa se aplica presión del lado de la solución más concentrada, y se obliga al solvente a difundir hacia la solución más diluida

EVAPORACION FLASH: El agua salada se pulveriza en una cámara a baja presión y parte del agua se evapora. El vapor se recoge y luego se condensa resultando agua dulce (sin sal).

47

Desalinización por congelación

Enfriar el agua de mar hasta congelar parte del agua, para que se separe hielo (sin sal) y después derretirlo.



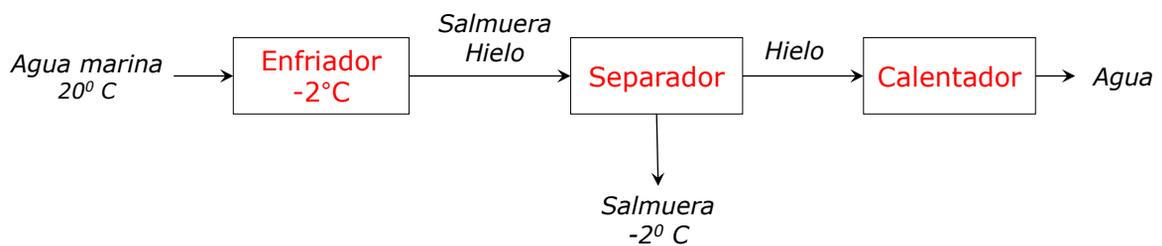
48

Desalinización por congelación



49

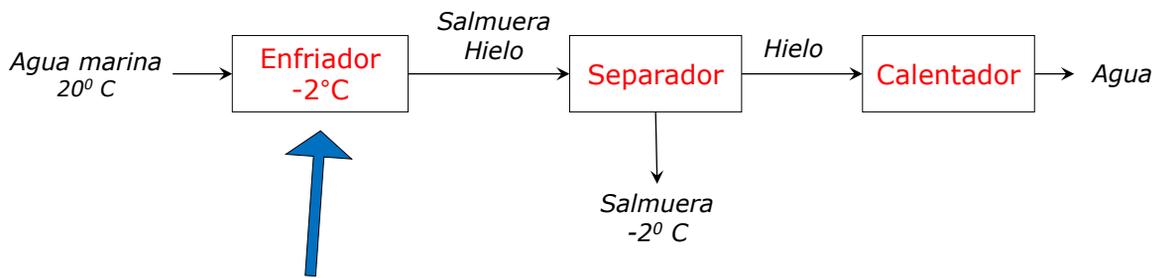
Desalinización por congelación



! Pero tenemos que hacerlo "a gran escala" **!**

50

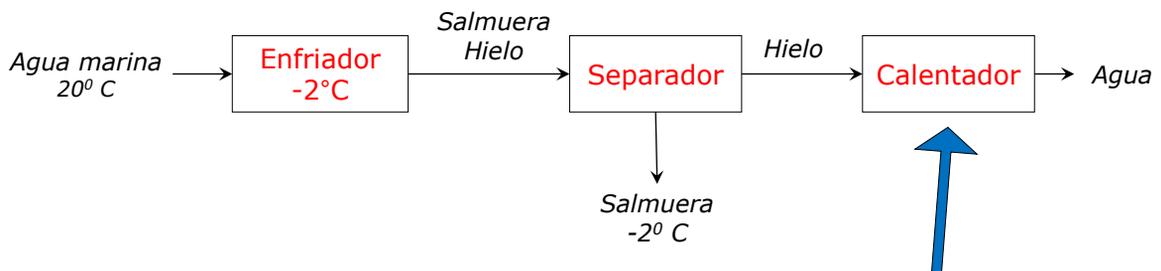
Desalinización por congelación



¿ Cómo enfriamos ?

51

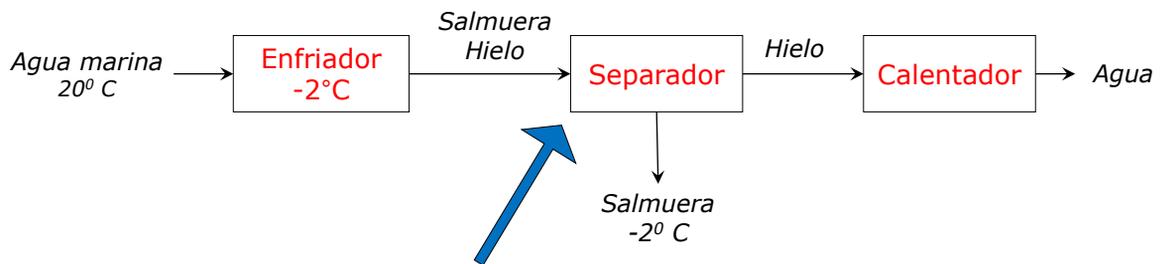
Desalinización por congelación



¿ Cómo calentamos el hielo para derretirlo ?

52

Desalinización por congelación



¿Cómo separamos el hielo de la solución concentrada en sal?

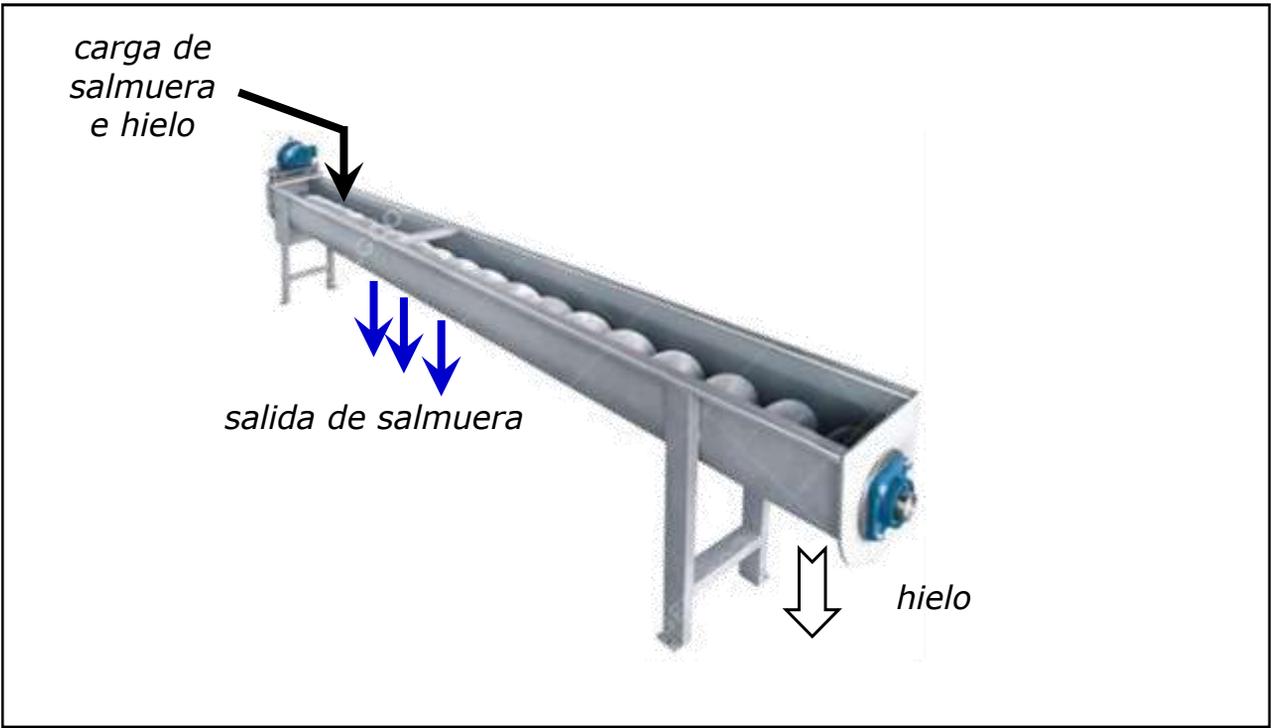
53



54

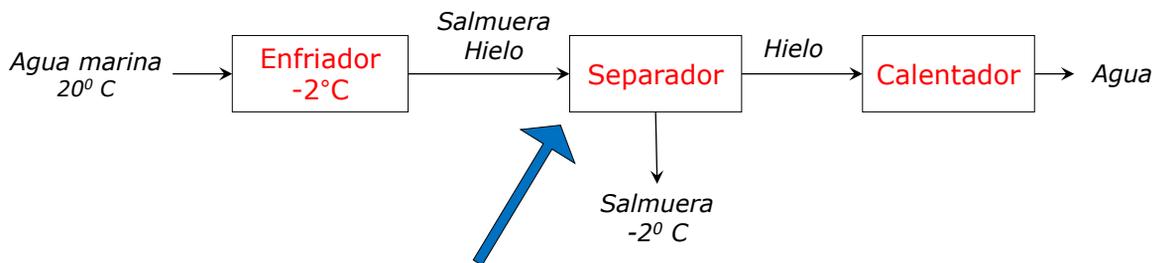


55



56

Desalinización por congelación

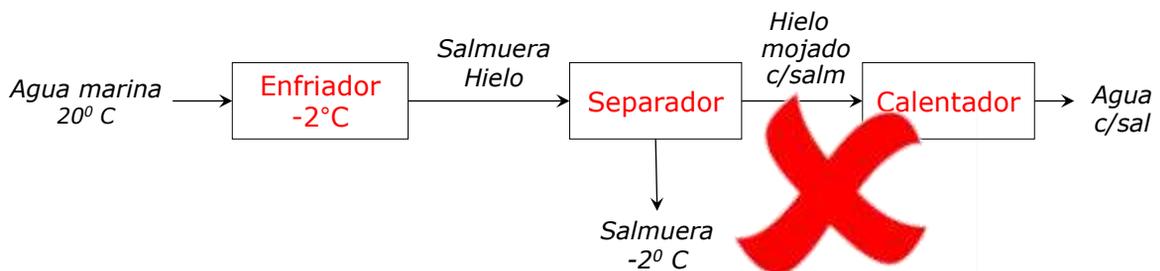


Resp: Retención del sólido (colador, cinta transportadora perforada, etc...)



57

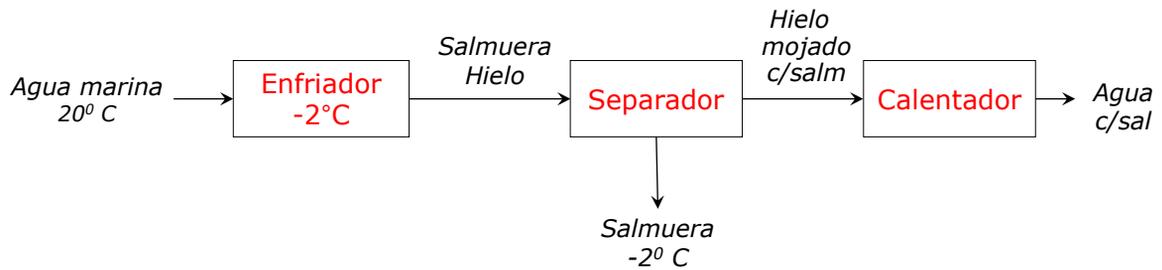
Desalinización por congelación



Pero... el hielo va a salir mojado en salmuera...
(cuando se derrita va a dejar agua con más sal de la deseada)

58

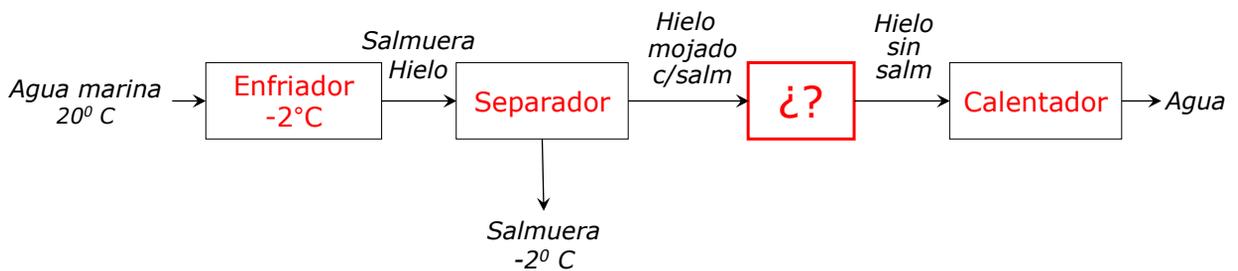
Desalinización por congelación



(¿entonces?)

59

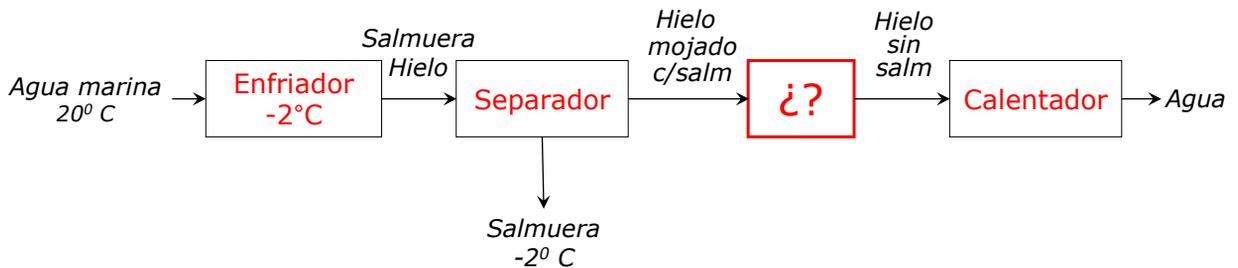
Desalinización por congelación



¿Cómo "secamos" los trozos de hielo para que no arrastren salmuera?

60

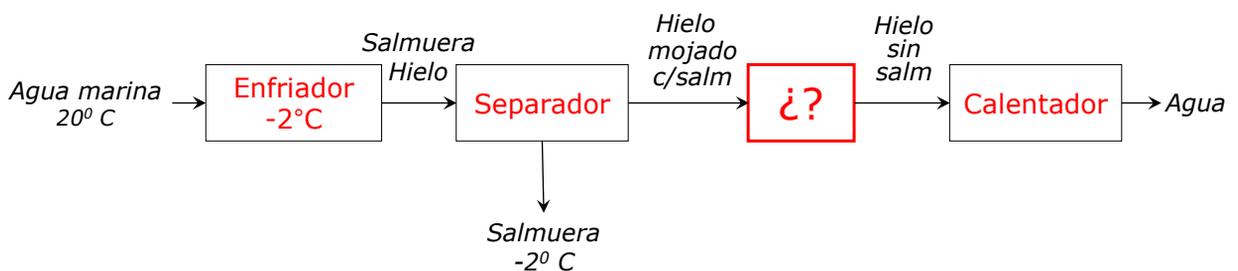
Desalinización por congelación



¿Cómo “secamos” los trozos de hielo para que no arrastren salmuera?

61

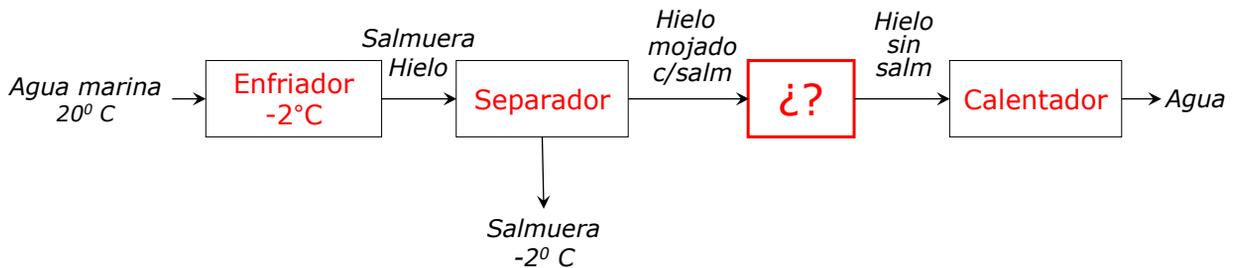
Desalinización por congelación



El problema no es que el hielo salga mojado, sino que el líquido que moja es salmuera...

62

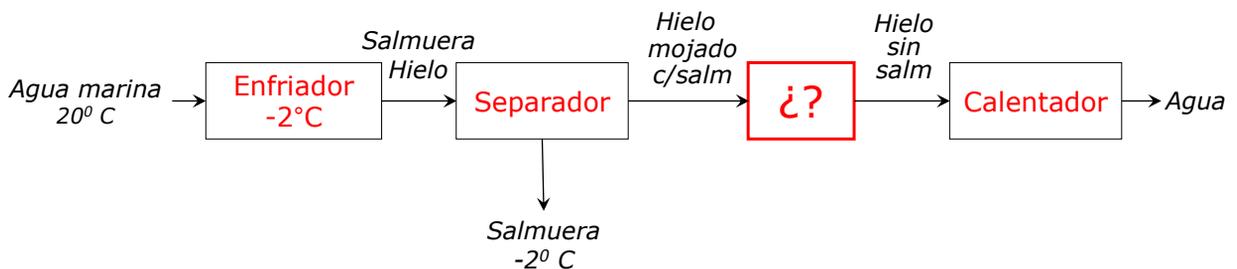
Desalinización por congelación



¿ ... y si lavamos los trozos de hielo con un líquido que no contamine y que se lleve la salmuera?

63

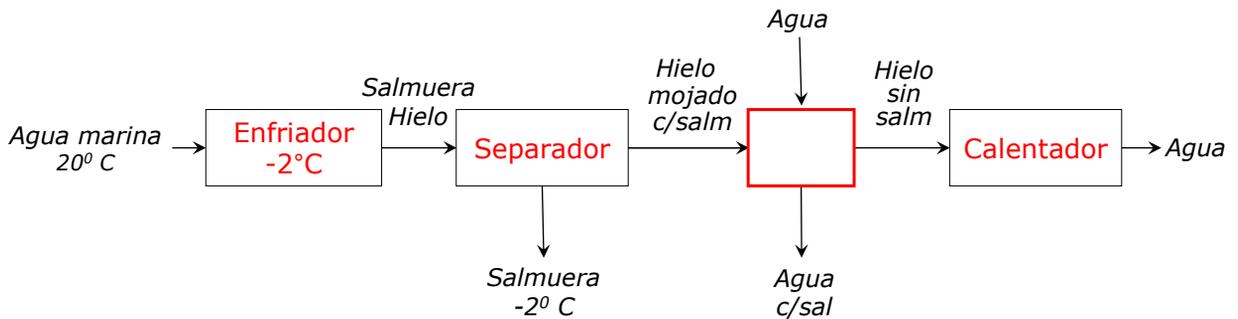
Desalinización por congelación



Una alternativa...
Lavar el hielo con agua sin sal

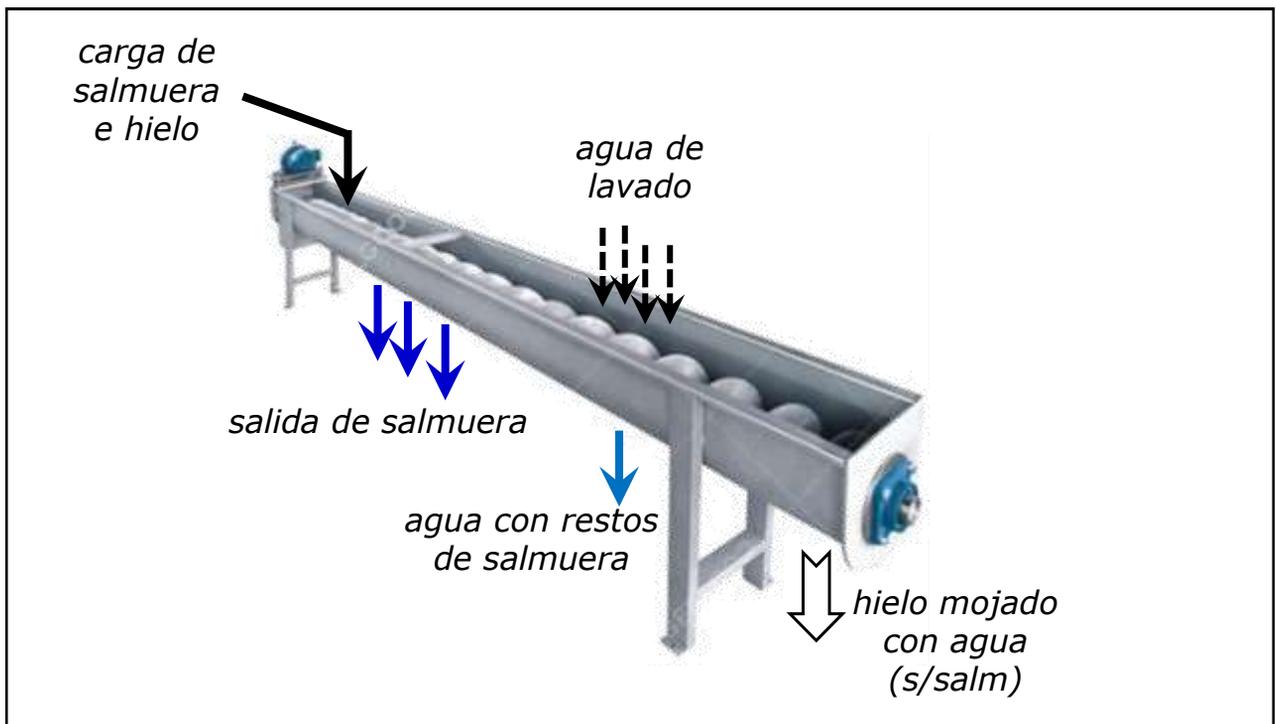
64

Desalinización por congelación



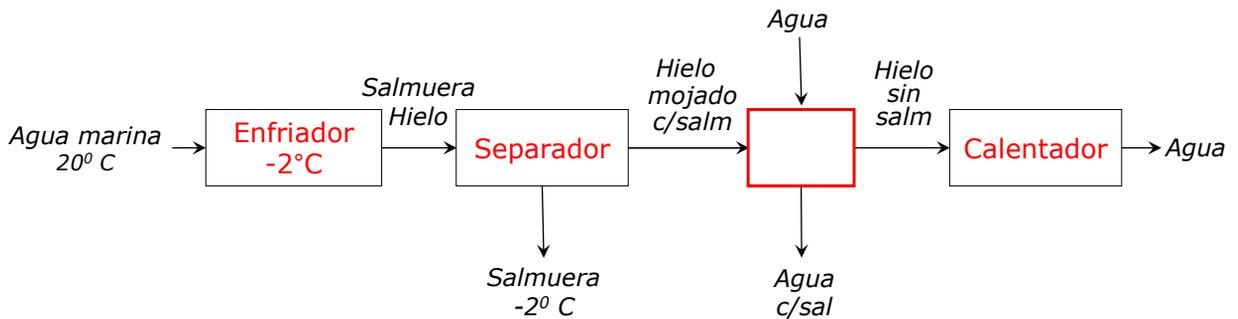
Se lava el hielo en el mismo separador

65



66

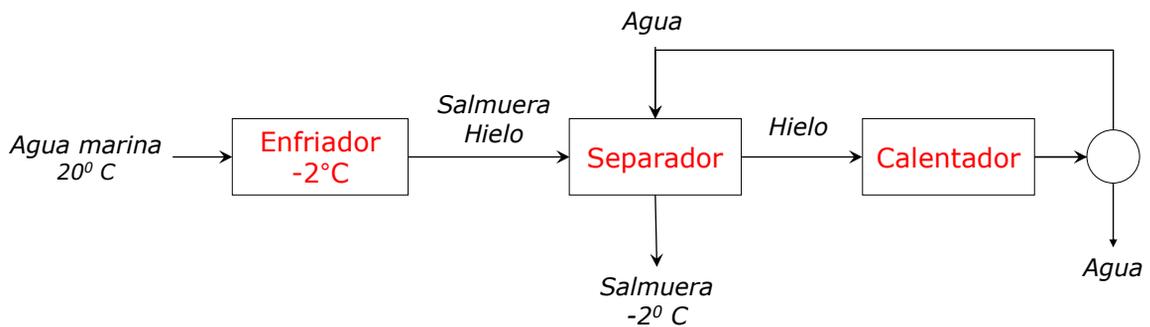
Desalinización por congelación



Se lava el hielo en el mismo separador

67

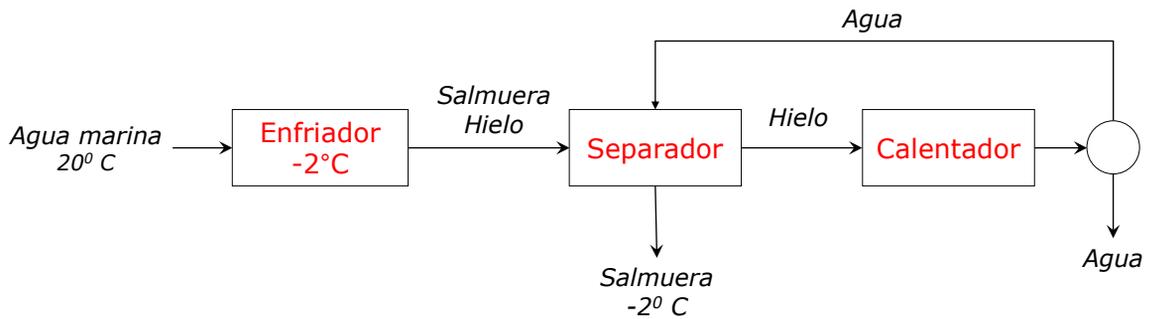
Desalinización por congelación



Para lavar se recircula parte del agua obtenida

68

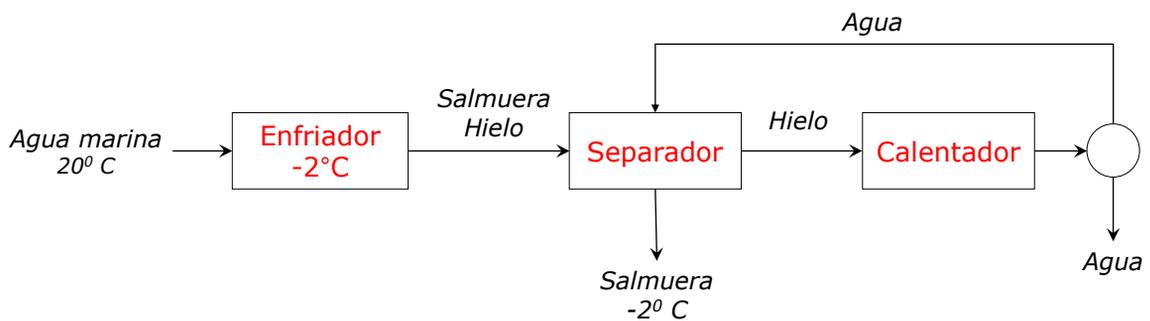
Desalinización por congelación



ESTE PROCESO FUNCIONA!

69

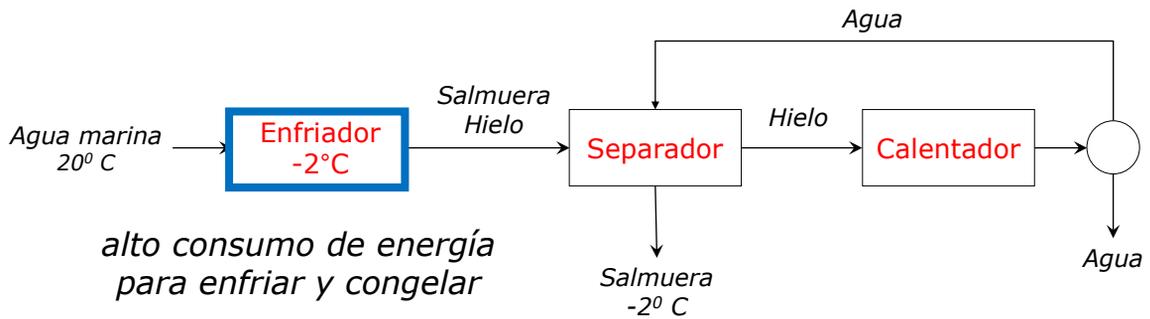
Desalinización por congelación



¿Podemos mejorar algo?

70

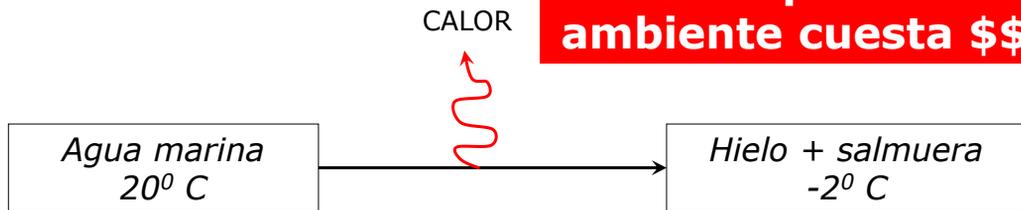
Desalinización por congelación



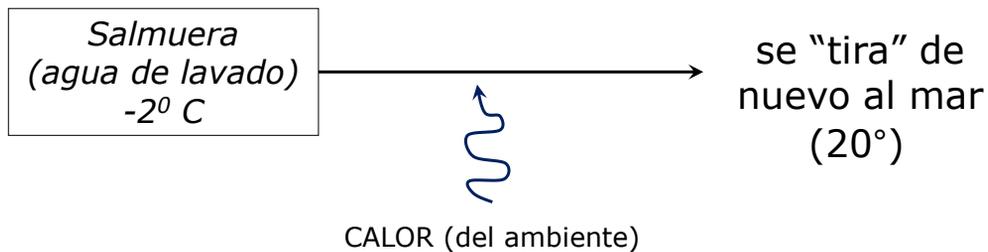
¿Cómo podemos aprovechar mejor la energía?

71

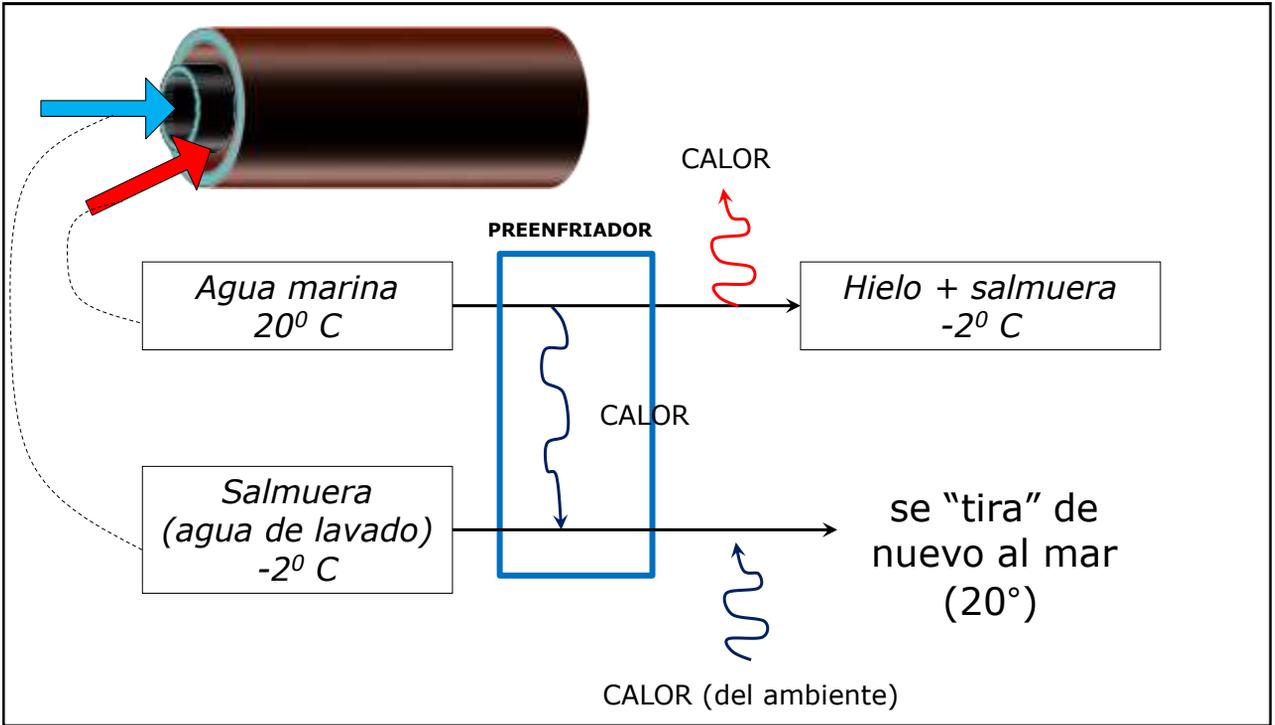
Enfriar por debajo de la temperatura ambiente cuesta \$\$\$



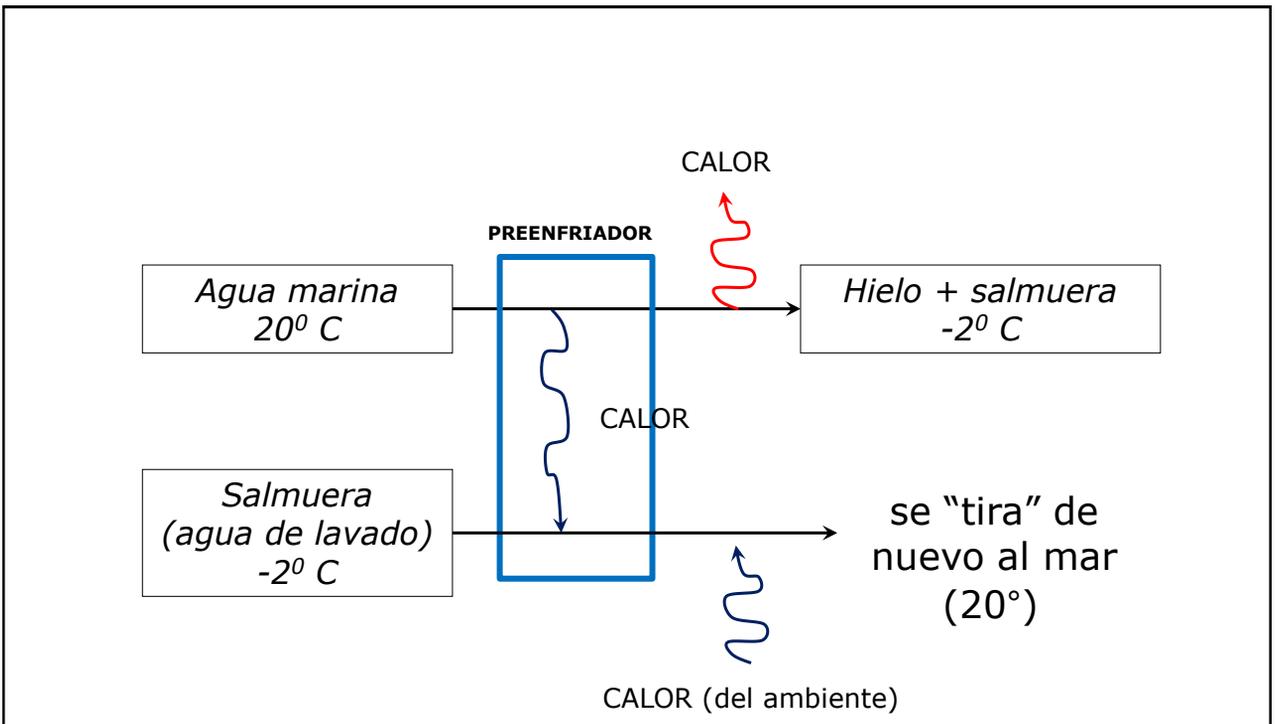
... pero al mismo tiempo:



72

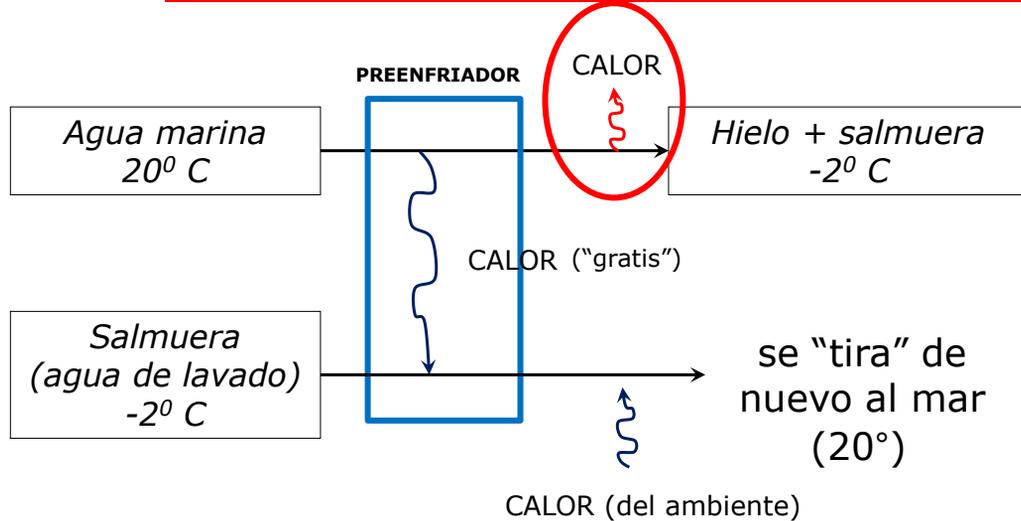


73



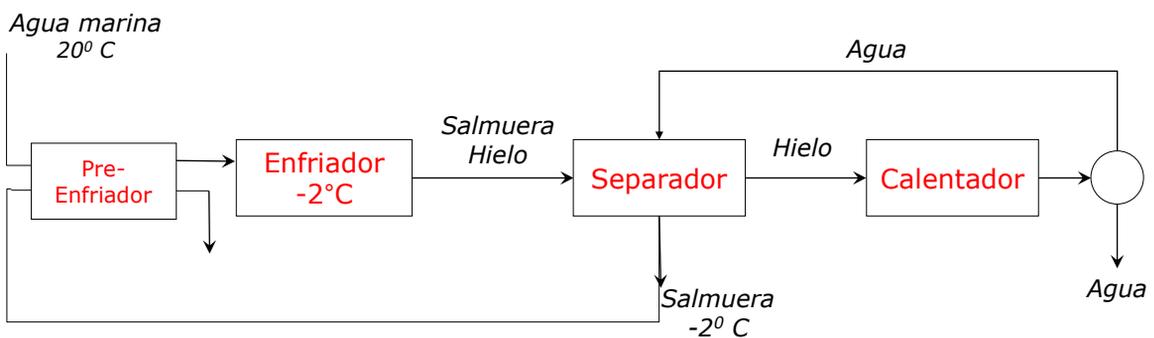
74

El enfriador tiene que enfriar menos, el costo de energía es menor



75

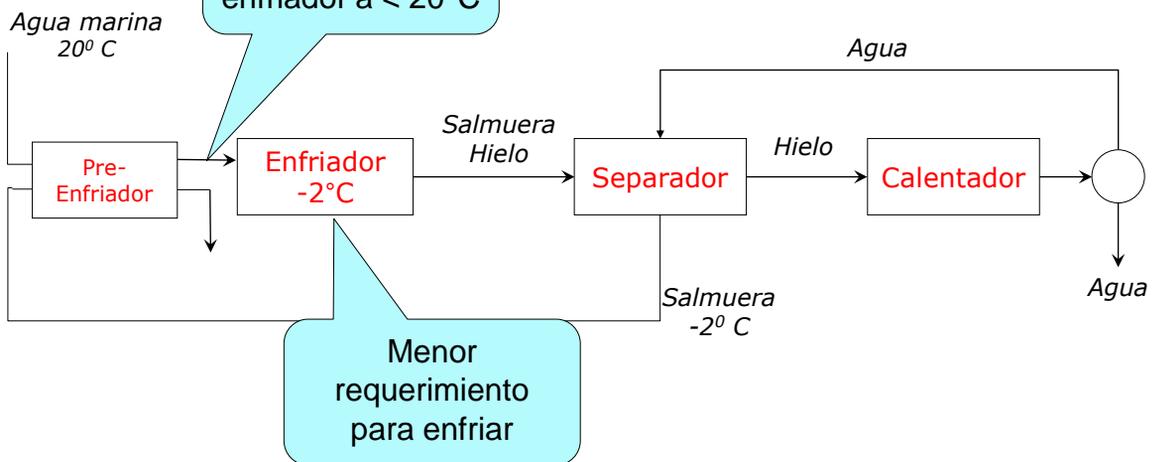
Desalinización por congelación



¿Cómo podemos aprovechar mejor la energía?

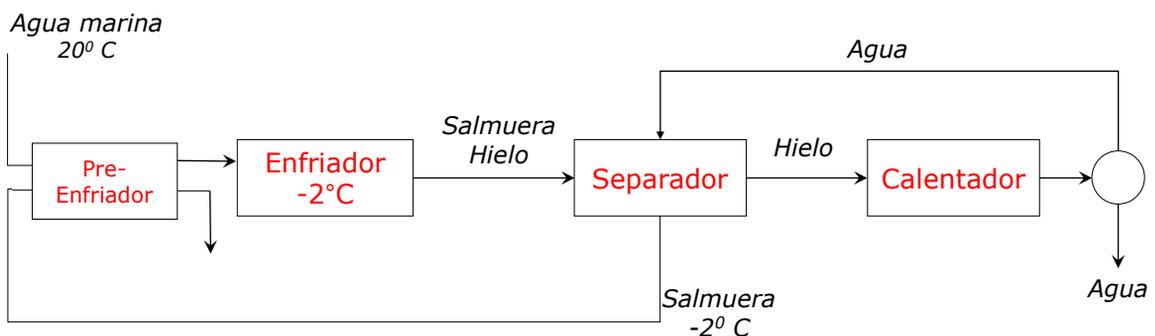
76

Desalinización por congelación



77

Desalinización por congelación

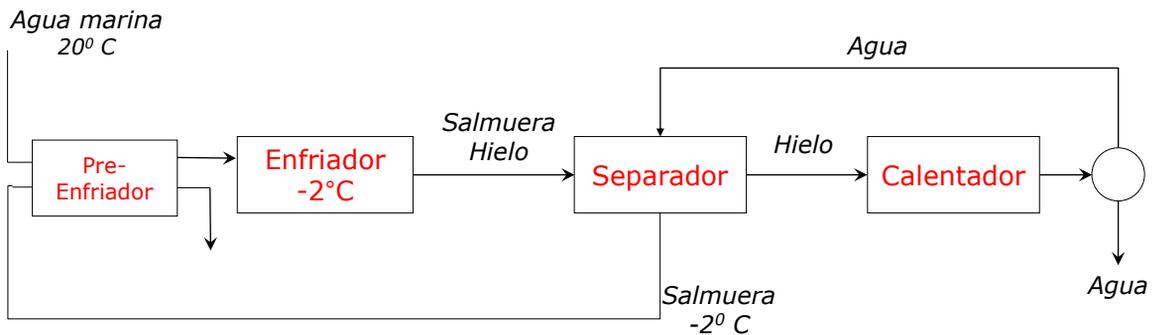


Este es un **Diagrama de Bloques** que representa al proceso de transformación de una manera muy simple.

(NOTA: los dibujos y fotos mostrados de posibles equipos fueron sólo a efectos demostrativos y no son los equipos que se usan en procesos reales)

78

Desalinización por congelación



Este es un **Diagrama de Bloques** que representa al proceso de transformación de una manera muy simple.

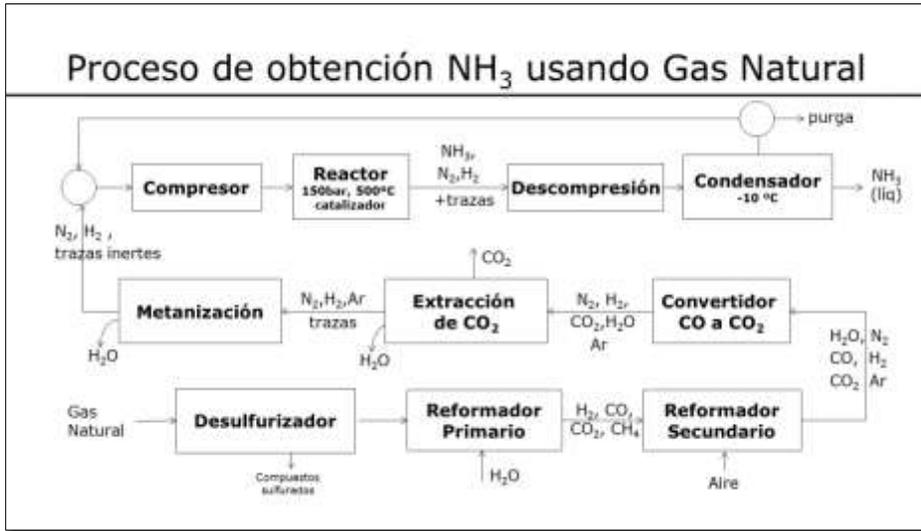
(NOTA: los dibujos y fotos mostrados de posibles equipos fueron sólo a efectos demostrativos y no son los equipos que se usan en procesos reales)

79

Procesos de Transformación

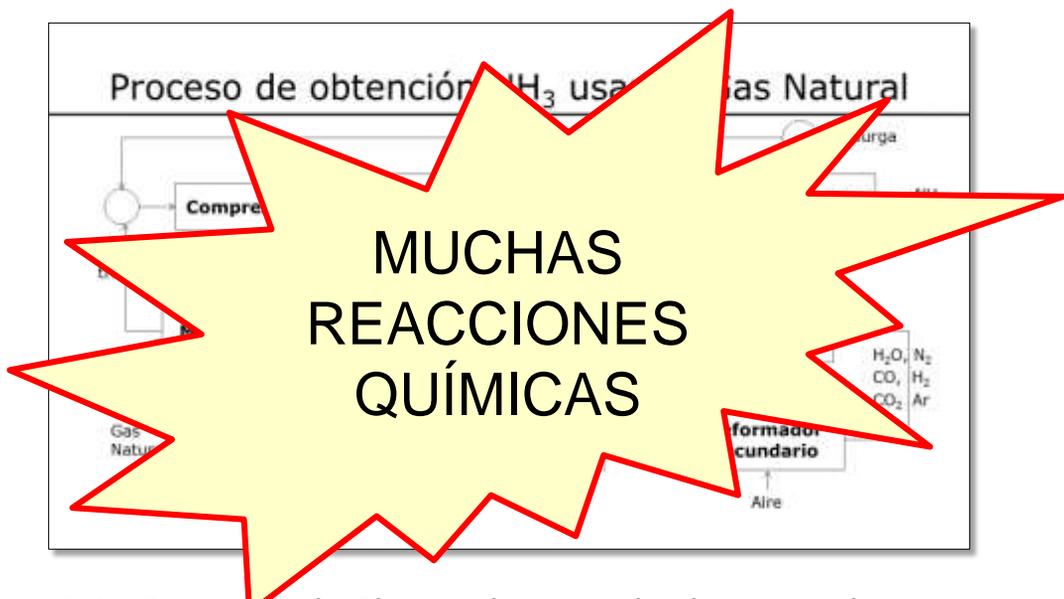
Consideraciones finales

80



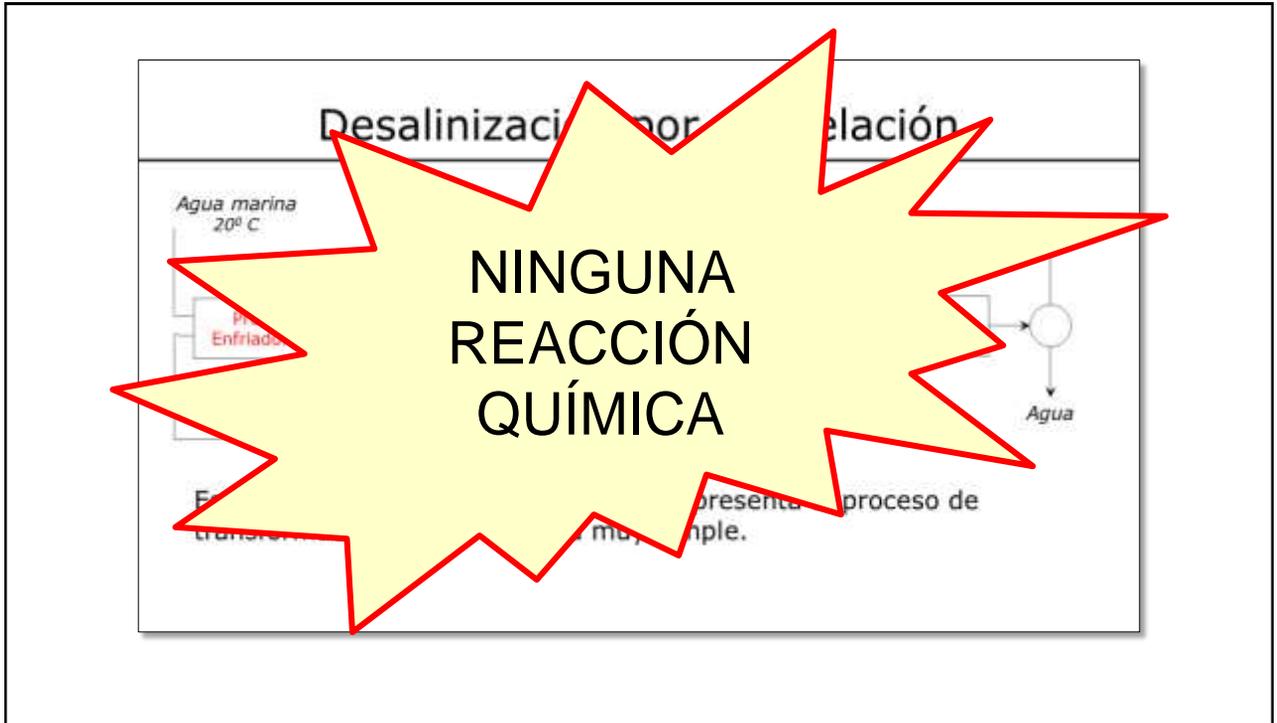
Este Diagrama de Bloques lo vimos la clase pasada para representar el proceso de obtención de amoníaco.

81



Este Diagrama de Bloques lo vimos la clase pasada para representar el proceso de obtención de amoníaco.

82



83

Tipos de "transformaciones"

La transformación de materiales (cosas) disponibles en productos finales de interés requiere la ocurrencia de cambios en los materiales de partida a través de un conjunto de pasos ordenados.

Esos pasos pueden involucrar

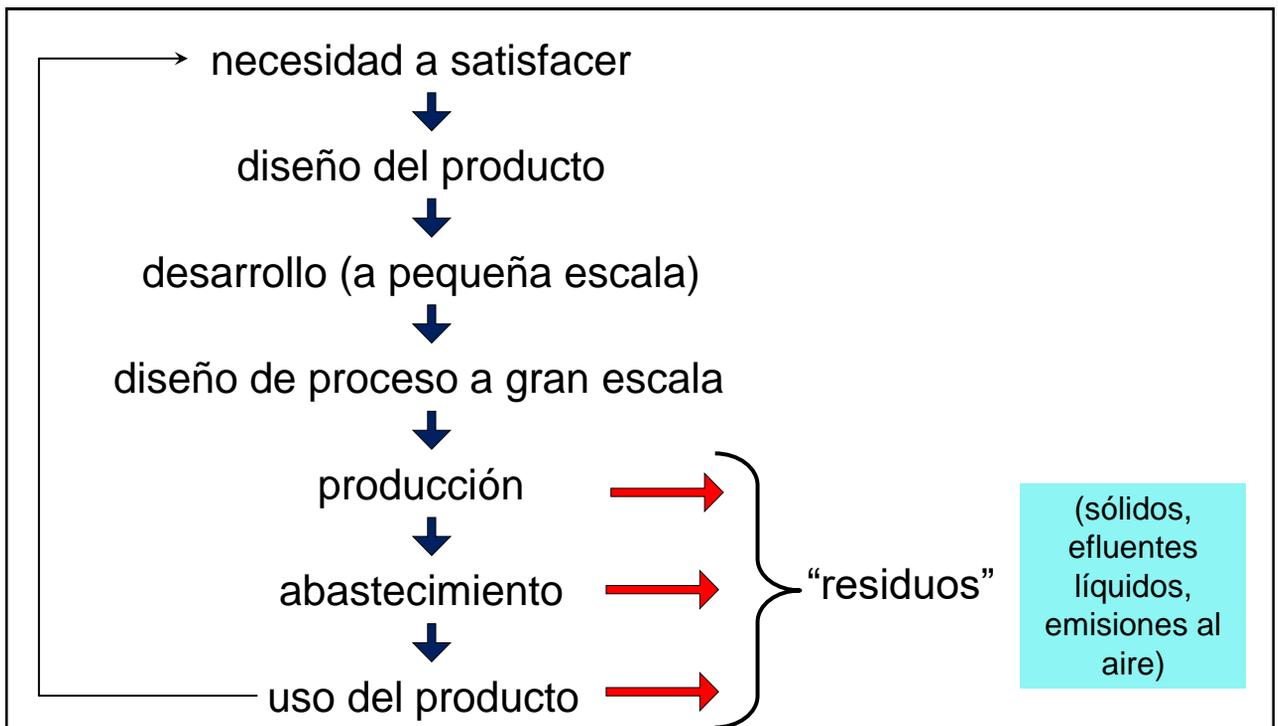
- cambios físicos,
- reacciones químicas (incluyendo reacciones electroquímicas, bioquímicas y fotoquímicas),
- ~~y/o reacciones nucleares (*)~~

(*) En la industria los procesos de transformación más comunes no involucran cambios nucleares.

84

Afectación del medio ambiente

85



86

¿Qué hacer con los “residuos”?

1. Evitar que se produzcan
2. Reciclarlos
3. Valorizarlos
4. Disponerlos de manera segura y sustentable

Tener esto presente en todas las etapas de “diseño”
Poner cuidado en todas las etapas de operación

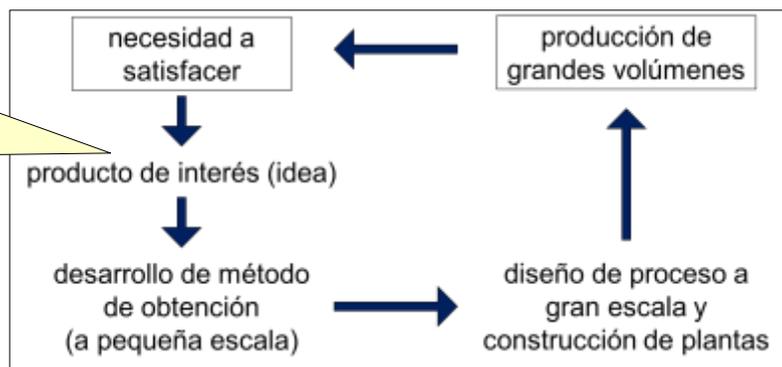
Acá hay trabajo para los IQs

87

Disposición segura y sustentable de “residuos”

Dado un “residuo” que no puede ser reciclado ni valorizado, su disposición segura y sustentable es una “NECESIDAD A SATISFACER”

Producto “no nocivo” partiendo de “materias primas” que son residuos nocivos para el medio ambiente



88

Disposición segura y sustentable de “residuos”

Dado un “residuo” que no puede ser reciclado ni valorizado, su disposición segura y sustentable es una “NECESIDAD A SATISFACER”

Muchas veces esta necesidad se satisface a través de procesos de transformación que convierten “residuos nocivos” en “materiales no nocivos” que pueden ser dispuestos en el medio ambiente.

Tanto el procesamiento de los residuos que se generan debido a operaciones presentes como la remediación del daño ya causado por operaciones pasadas, también es parte del campo de acción de la ingeniería química.