

CO₂ EN LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

ESTUDIOS SOBRE PREVENCIÓN DE RIESGOS POR TUFO EN ALEMANIA

Msc. Felipe Salinas B. & Dr. Maximilian Freund

FelipeAndres.SalinasBonich@hs-gm.de

Maximilian.Freund(at)hs-gm.de

Hochschule Geisenheim University
Institut für Önologie

AGENDA

1. Dióxido de carbono: una mirada a futuro en viticultura
 1. Origen de las emisiones en la industria
 2. Introducción al proyecto FACE
 3. Principales resultados

2. Dióxido de carbono en bodegas de fermentación
 1. Tufo del vino
 2. Fermentación alcohólica
 3. Propiedades del CO₂

3. Seguridad en las bodegas
 1. Introducción a la seguridad y responsabilidad en las bodegas
 2. Estadísticas de accidentes
 3. Legislación en Alemania
 4. Áreas de riesgos y espacios confinados
 5. Valor límite en el lugar de trabajo
 6. Extracción de CO₂ en la fermentación
 7. Síntomas de una intoxicación
 8. Medidas de rescate

4. Gestión de CO₂ y sus alternativas

1. DIÓXIDO DE CARBONO: UNA MIRADA A FUTURO EN VITICULTURA

ORIGEN DE LAS EMISIONES EN LA INDUSTRIA

Producción de uva: Implementación y mantención del viñedo (cambio de uso de suelo, laboreos, tratamientos fitosanitarios, maquinarias, vendimia)

Producción de vino: Recepción de uva, despalillado, prensado, fermentaciones, embotellado, conservación, etc.

Comercialización: Distribución, uso y consumo.

Fin de vida del producto: Gestión de residuos

Huella de carbono estimada: 0.9 - 2.0 kg CO₂ eq/ botella

PROYECTO FACE (FREE AIR CO₂ ENRICHMENT)

Investigación del efecto de la futura concentración de CO₂ en el comportamiento de la vid.



<https://www.hs-geisenheim.de/en/research/research-profile-projects/face/>

DISEÑO EXPERIMENTAL

Incremento de 20% de CO₂ atmosférico (pronosticado para el 2050)

Variedades Riesling y Cabernet Sauvignon

Sistema de anillos (diámetro interior 12 m)



<https://www.hs-geisenheim.de/en/research/research-profile-projects/face/>

PRINCIPALES RESULTADOS

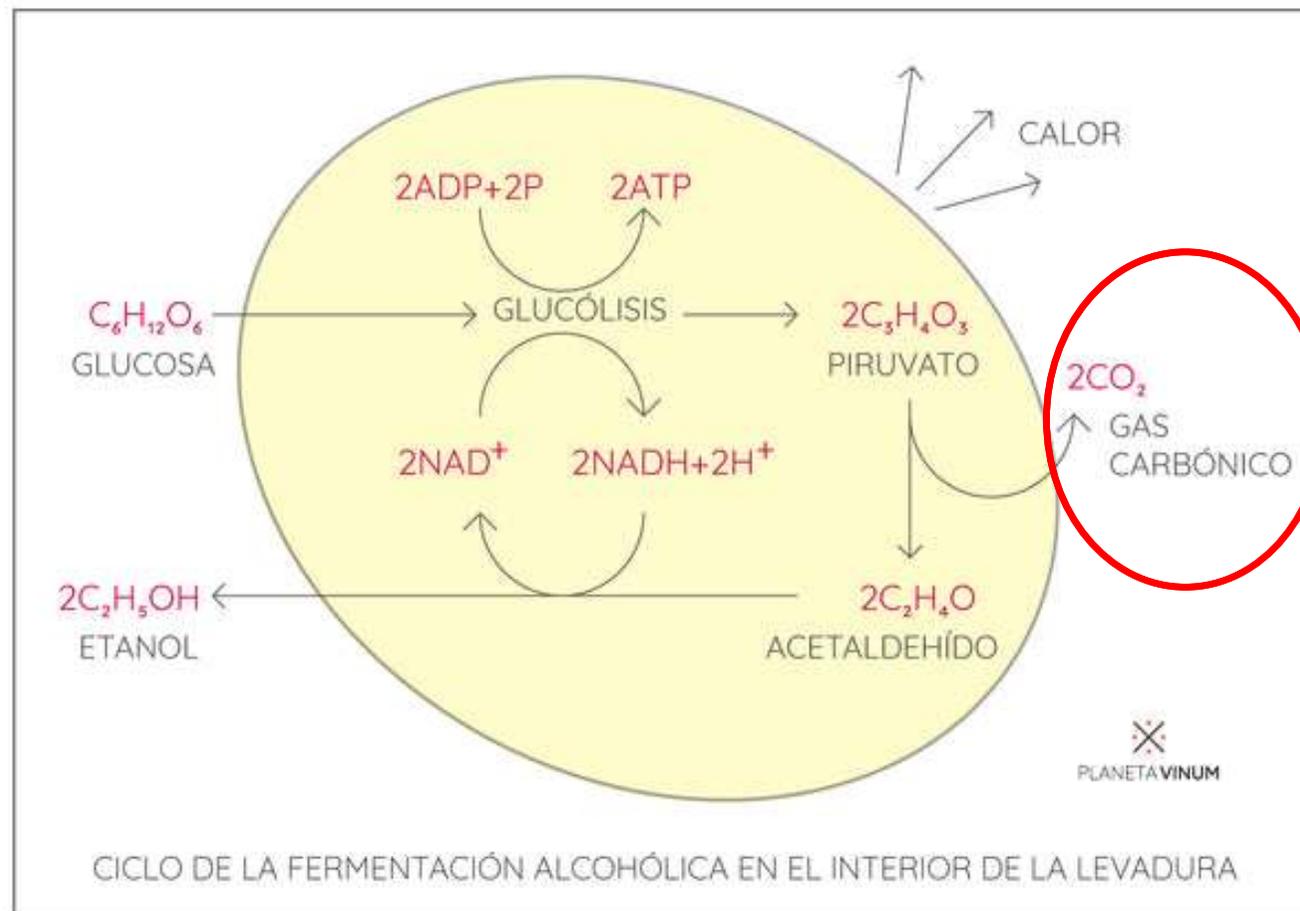
- **Aumento** significativo de madera en Riesling pero no para Cab. Sauv.
- La biomasa fresca fue **estimulada** por el CO₂ para ambos cultivares.
- **Sin** diferencias para ambas variedades, en cuanto a fenología.
- **Cambios** en la arquitectura de racimos para Riesling y Cabernet Sauvignon.
- **Reducción de rendimientos** en Riesling pero no en Cab. Sauv.
- El peso por baya, por semilla y la densidad del mosto **presentan valores más altos**.
- **Mínimo efecto** sobre la composición del mosto de uva y del vino joven.

Atención con el régimen hídrico, por aumento en la evapo-traspiración

2. DIÓXIDO DE CARBONO EN BODEGAS DE FERMENTACIÓN

¿QUÉ ES EL TUFO DEL VINO?

En el sector vinícola se llama “tufo del vino” al **CO₂ que se desprende cuando se realiza la fermentación alcohólica** del mosto para producir vino.



¿Cuántos litros de CO₂ se producen a partir de un litro de mosto de uva en fermentación?

FERMENTACIÓN ALCOHOLICA

BALANCE E IMPACTO DEL CO₂

Calculo de muestra

90 °Oe ~ 215 g/L Azucar (+- 12° alcohol potencial)

Con un rendimiento del 45 % de CO₂, esto corresponde a

97 g CO₂ por L de vino

2,2 mol CO₂ por L de vino

~ 49,5 L CO₂ por L de vino

Otras fuentes potenciales de CO₂ en una bodega

- Hielo seco: 541 L CO₂ por kg
- Desprezuración de los tanques
- Vaciar los tanques de maceración
- Limpieza de prensas

PROPIEDADES DEL CO₂

CO₂ es un **gas incoloro e inodoro** que no es explosivo ni inflamable y no es una sustancia peligrosa según la definición de la Ordenanza sobre Sustancias Peligrosas.

CO₂ es un componente normal del aire que respiramos y de casi todos los procesos metabólicos naturales

Concentración de CO₂ en la atmósfera ca. 0,035 vol. % o 350 ppm

Valor límite en el lugar de trabajo:

9600 g/m³ = 5 L CO₂ en 1000 L aire = 0,5 % o 5000 ppm

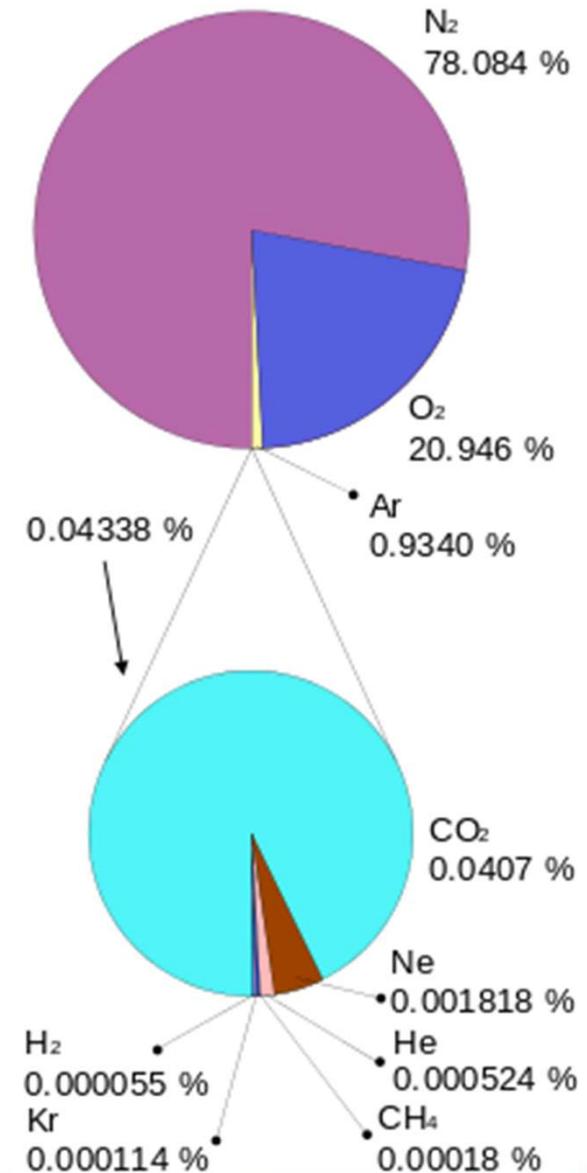
Densidad del CO₂ 1,98 kg/m³; aire 1,293 kg/m³ (a 0 °C y 1,013 bar)

→ 1,5 veces más pesado que el aire = PELIGRO DE ASFIXIA

Turbulencia por corrientes de aire

¿Cuál es la concentración de CO₂ en el aire (%)?

- 360 ppm (partes per millón) en áreas de aire limpio
- 700 ppm en las ciudades



3. Seguridad en las bodegas

INTRODUCCIÓN A LA SEGURIDAD

La salud y la seguridad son buenos negocios. Un compromiso con la salud y la seguridad es una de las mejores maneras para que una bodega proteja su mayor recurso: **su gente**.

Tal compromiso puede:

- Crear un mejor ambiente de trabajo
- Aumentar la moral
- Ayudar a retener buenos trabajadores
- Aumentar la participación de los trabajadores en la toma de decisiones
- Mejorar la productividad
- Mejorar el servicio al cliente



RESPONSABILIDADES

Todos desempeñan un papel importante en el tema de salud y seguridad

- **Empleador:** Implementar un programa de salud y seguridad.
- **Supervisores:** Velar por el cumplimiento del programa.
- **Trabajadores:** Seguir los requisitos del programa.

Demostrar debida diligencia ayudará a garantizar la seguridad y también se puede utilizar como defensa contra sanciones monetarias o enjuiciamiento cuando se alega que se han violado los procedimientos.

Los trabajadores tienen el derecho de rechazar realizar trabajos en condiciones no seguras.

ESTADISTICAS DE ACCIDENTES EN BODEGAS



Sozialversicherung für
Landwirtschaft,
Forsten und Gartenbau



Las estadísticas de accidentes del SVLFG muestran un total de 859 accidentes laborales en las bodegas de vino en los últimos cinco años, incluidos dos accidentes mortales causados por los gases de fermentación.

Fuente: http://www.svlfg.de/30-praevention/prv051_fachinfos_a_z/w/05_weinbau/0502_keller/index.html

LEGISLACIÓN ALEMANA



Seguro social para la agricultura, la silvicultura y la horticultura

§ 2 Construcción de salas de fermentación

El productor debe asegurarse de que:

1. Las salas de fermentación se construyan y acondicionen de tal manera que los gases nocivos se liberen de forma segura al aire libre.
2. En el caso de ventilación forzada, el dispositivo de conexión y desconexión está diseñado de tal manera que las personas aseguradas no estén en peligro por los gases de fermentación y el sistema de ventilación esté asegurado contra una operación no autorizada.
3. En las entradas de los locales en los que puedan acumularse gases peligrosos, se colocará un cartel de advertencia en un lugar claramente visible que llame la atención sobre estos peligros.



§ 3 Entrada en salas de fermentación y tanques

1. Si se esperan peligros de gases, compruebe si hay suficiente aire respirable. Si se detecta una concentración peligrosa de gas de fermentación, la ventilación debe garantizar que haya suficiente aire para respirar.
2. Solo se permite ingresar a las salas de fermentación o ingresar a los tanques de fermentación para rescatar a las víctimas si se toman medidas de seguridad.

§ 4 Instalaciones de seguridad y salvamento

1. El productor debe asegurarse de que, durante el tiempo de fermentación, se dispone de equipos de seguridad y salvamento a la entrada de la sala de fermentación o en las inmediaciones del recipiente de fermentación.

PRINCIPALES ÁREAS DE RIESGOS

Bodega: Dependiendo de su diseño y ventilación



Típica bodega en Alemania

PRINCIPALES ÁREAS DE RIESGOS

Espacios confinados: Espacio cerrado o parcialmente cerrado

- No está diseñado ni destinado a ser ocupado por una persona.
- Tiene medios de entrada y salida restringidos.
- Es probable que sea un riesgo para la salud y la seguridad debido a que no tiene un nivel seguro de oxígeno.



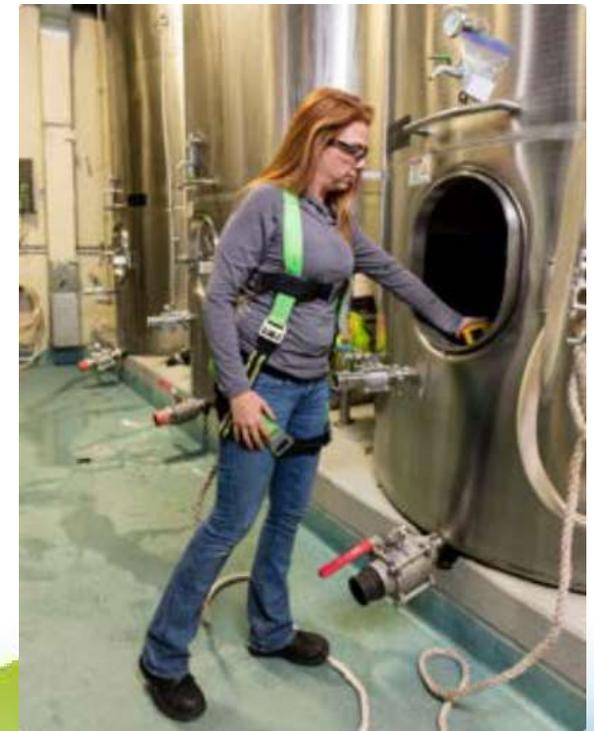
thebigwinetheory.com

Peligros Potenciales de los Espacios Confinados:

- Deficiencia de Oxígeno: $<19.5\%$ concentración de Oxígeno
- Niveles de $\text{CO}_2 > 0,5\%$

ESPACIOS CONFINADOS:

- Se debe evitar entrar en los espacios confinados a menos que sea necesario.
- La entrada debe ser solo por personal entrenado y bajo autorización.
- Usar señalética de advertencia.
- Ventile a un ritmo de por lo menos cuatro (4) volúmenes por hora.
- Pruebe el contenido de Oxígeno: Por lo menos 19.5%.
- Tener un auxiliar preocupado de la persona entrante.



EJEMPLO DE FORMULARIO DE ENTRADA

Lista de verificación: permiso requerido para espacios confinados.

Muchos de los desafíos del sector de salud y seguridad se asocian con el trabajo en espacios confinados. Utiliza la siguiente lista de verificación para ayudar a evaluar algunas consideraciones para ingresar a un espacio confinado. Esta lista de verificación no debe utilizarse con un único recurso de control. Siempre sigue todas las normas y regulaciones aplicables.

Completada

¿Es necesario ingresar?

Prueba: ¿Están correctamente calibrados los instrumentos utilizados en las pruebas atmosféricas?

¿Se probó la atmósfera en el espacio confinado?

¿Se encontraba el nivel de oxígeno entre 19,5 %, como mínimo, y 23,5 %, como máximo?

¿Se detectaron gases, vapores tóxicos, inflamables o que consumen oxígeno?

Sulfuro de hidrógeno.

Monóxido de carbono.

Metano.

Dióxido de carbono.

Otro (especifica).

¿Tuvo el operario autorizado, o el representante autorizado del operario, una oportunidad para observar las pruebas periódicas del espacio confinado objeto del permiso?

Control:

¿Se controlará la atmósfera en el espacio confinado mientras se desarrolla algún trabajo?

¿Se controlará de manera continua la atmósfera en el espacio confinado mientras se desarrolla algún trabajo?

¿Se controlará de forma periódica la atmósfera en el espacio confinado mientras se desarrolla algún trabajo? Si la respuesta es afirmativa, indica el intervalo:-----

¿Se controlará la atmósfera en el espacio confinado antes del desarrollo de algún trabajo?

¿Se controlará la atmósfera en el espacio confinado al finalizar el desarrollo de algún trabajo?

Recordatorio:

Los cambios atmosféricos se producen debido al procedimiento de trabajo o al producto almacenado. Es posible que la atmósfera sea segura al entrar, pero esta puede cambiar muy rápidamente.

Limpieza:

¿Se limpió el espacio confinado antes de la entrada? ¿Se realizó esta limpieza mediante vapor?

Si el espacio confinado se limpió mediante vapor. ¿Se esperó a que bajara la temperatura?

Ventilación:

¿Están disponibles las instrucciones apropiadas para el operador en espacios confinados?

¿Se ventiló el espacio confinado antes de la entrada?

¿Continuará la ventilación después de la entrada?

¿Está la entrada de aire para el sistema de ventilación ubicada en un área libre de polvos, vapores combustibles y de sustancias tóxicas?

Si se determinó que la atmósfera no era aceptable y luego se ventiló. ¿Se volvió a probar antes de la entrada?

Lista de verificación: permiso requerido para espacios confinados (cont.)

Completada

Aislamiento, bloqueo y etiquetado:

¿Cuenta la compañía con un programa de bloqueo o etiquetado?

¿Están capacitados los empleados?

¿Hay disponibles procedimientos específicos de bloqueo o etiquetado en el lugar de trabajo?

¿Se aisló el espacio confinado de otros sistemas?

¿Se bloqueó el equipo eléctrico?

¿Se realizaron desconexiones siempre que fueron posibles?

¿Se bloqueó, acufó y desconectó el equipo mecánico cuando fue necesario?

¿Se cerraron y purgaron las líneas bajo presión?

Indumentaria y equipamiento:

¿Se realizó el análisis de riesgos del equipo de protección personal según la NOM-033 ó todas las que se refiere a la NOM-033, NOM-010, NOM-117, NOM-009 y NOM-027, etc.

¿Se capacitó y certificó a los operarios en el uso de equipos de protección personal según la NOM-033, NOM-010, NOM-009, NOM-027, etc?

¿Se requiere indumentaria especial (botas, trajes químicos, gafas, etc.)? Si es así, especifica cuál:

¿Se requiere el uso de equipo especial (es decir, equipo de rescate, equipo de comunicaciones, etc.)? Si es así, especifica cuál:-----

¿Se requiere el uso de herramientas especiales (es decir, herramientas a prueba de chispas)? Si es así, especifica cuál:-----

Protección respiratoria:

¿Cuenta el empleador con un programa de protección respiratoria?

¿Están los empleados afectados incluidos en el programa?

¿Utilizas algún respirador disponible aprobado por la NIOSH ó NFPA para el tipo de actividad a realizar?

¿Se requiere protección respiratoria (es decir, purificador de aire, aire suministrado, aparatos de respiración autónoma, etc.)? Si es así, especifica el tipo:-----

¿Se puede pasar por la abertura con un respirador? Si no lo sabes averigua ántes de tratar de ingresar.

Capacitación:

¿Recibiste capacitación en el uso apropiado de un respirador?

¿Recibiste capacitación en primeros auxilios o RCP?

¿Recibiste tu o los operadores en espacios confinados, capacitación adecuada para la entrada a espacios confinados?

Trabajadores involucrados (Vigia, Contratista) personal de emergencia y rescate, o personas involucradas en la realización de actividades en espacios confinados:

¿Habrá un asistente del operador en espacios confinados en el exterior en constante comunicación visual o auditiva con la persona en el interior?

¿Podrá el auxiliar ver o escuchar a la persona en el espacio confinado todo el tiempo?

¿Recibió el auxiliar capacitación en rescate?

¿Se requerirán líneas de seguridad y ameses para sacar a una persona?

¿Cuenta la compañía con procedimientos de rescate disponibles en caso de emergencia?

¿Estás familiarizado con los procedimientos de rescate de emergencia?

¿Sabes a quién notificar y cómo hacerlo en caso de emergencia?

Permiso:

El permiso es una autorización por escrito en el cual se establece lo siguiente: que el espacio confinado ha sido probado por una persona calificada y que es seguro para la entrada; qué precauciones, equipos, etc., se requieren; y cuál es el trabajo por desarrollar.

¿Se ha emitido un permiso de entrada al espacio confinado?

¿Incluye el permiso una lista de números de teléfono de emergencia?



¡Una vela solo se apaga con concentraciones de CO₂ en el área de peligro agudo para la vida (aprox. 8-10% en volumen) y, por lo tanto, es completamente inadecuada para la "medición de CO₂"!

VALOR LÍMITE EN EL LUGAR DE TRABAJO

Contenido de CO ₂	Significado
0,042 % 420 ppm	Concentración del aire en el año 2022
0,15 % 1.500 ppm	Valor orientativo recomendado para espacios interiores
0,5 % 5000 ppm	Valor límite AGW
5 % 50.000 ppm	Aparición de dolores de cabeza, mareos
8-10 % 80.000 to 100.000 ppm	Dificultad para respirar, aumento de la presión arterial, zumbidos en los oídos, náuseas, sensación de debilidad, dificultad de movimiento y pérdida del conocimiento. Riesgo vital luego de 30 – 60 minutos.
20 % 200.000 ppm	Colapso súbito e inconsciente, riesgo vital luego de 5 – 10 minutos

Picos de exposición al CO₂: 1% 10.000 ppm, máximo cuatro veces en un turno por periodos de no más de 15min.



EXTRACCIÓN DE CO₂ EN LA FERMENTACIÓN



https://www.bgn-branchenwissen.de/daten/asi/a8_01/6.htm

EXTRACCIÓN DE CO₂ EN LA FERMENTACIÓN



https://www.bgn-branchenwissen.de/daten/asi/a8_01/6.htm

CÁLCULO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES DE FERMENTACIÓN

Para separar 1 litro de CO₂, hay que intercambiar 200 litros de aire

Escenario:

Sala en la bodega de 300 m² x 4 m, Capacidad de los tanques 300.000 L, sin otras instalaciones

Volumen de fermentación: 225.000 litros de mosto

Cálculo:

(1) Volumen de intercambio (= espacio de aire en la bodega)

Volumen de intercambio = Volumen bodega – Volumen tanques

$$1200 \text{ m}^3 - 300 \text{ m}^3 = 900 \text{ m}^3$$

(2) Emisiones totales de CO₂

CO₂ emisión total= (Volumen de mosto x 50)

$$225.000 \text{ L mosto} = 225\text{m}^3 \text{ mosto} \times 50 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{m}^3 \text{ mosto} = 11.250 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

(3) Volumen de aire necesario por hora para la eliminación de CO₂

$$11.250\text{m}^3 \text{ CO}_2 \times 200 = 2.250.000\text{m}^3 \text{ aire que debe ser intercambiado}$$

$$21 \text{ días de duración de la fermentación} \times 24\text{h} = 504\text{h}$$

$$2.250.000\text{m}^3 \text{ aire} : 504\text{h} = 4.500 \text{ m}^3/\text{h} \quad (4500/900= 5 \text{ veces el intercambio de aire})$$

SISTEMA DE ALARMA SEGÚN NIVELES DE CO₂

Aumento de las concentraciones de CO₂ > 1,0 % provocan:

- Las luces de advertencia se encienden en el techo
- Se iluminan las señales de advertencia sobre las puertas de entrada de la bodega y el subterráneo

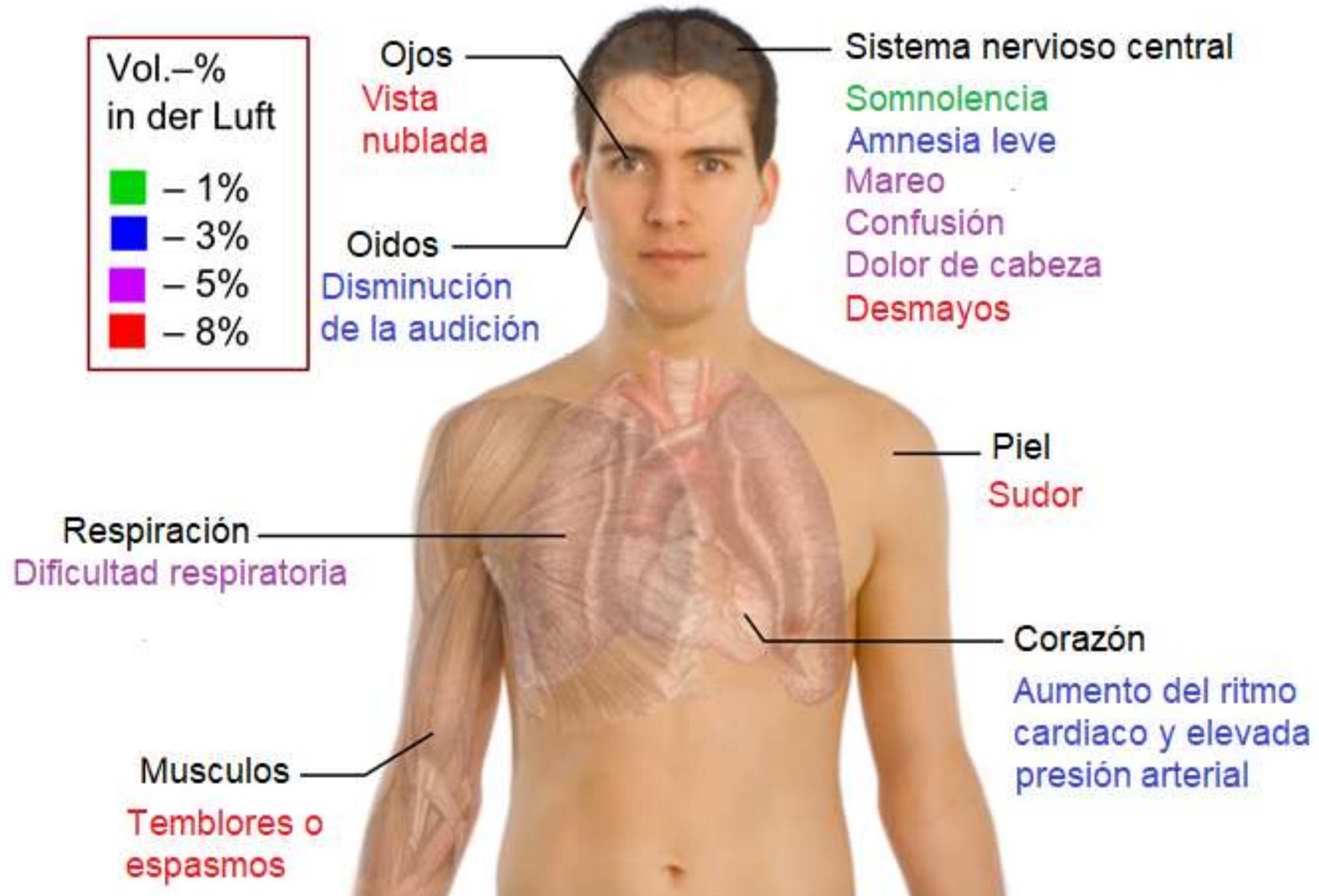
Aumento de las concentraciones de CO₂ > 2,0 % provocan:

- Advertencia acústica
- **La desactivación** de la señal de advertencia sólo está permitida a los empleados de la bodega

SISTEMA DE ALARMA NIVELES DE CO₂



SÍNTOMAS DE UNA INTOXICACIÓN POR CO₂



MEDIDAS DE RESCATE EN CASO DE ACCIDENTE

Cualquier intento de rescate sin aparato de respiración es **altamente peligroso** para la vida.

- Alertar inmediatamente a los bomberos y servicios de rescate!
- Nunca hagas la prueba con una vela encendida
- El rescate debe ser realizado por los bomberos.

Las máscaras respiratorias no ofrecen ninguna protección

Informar a los colegas

Encender el extractor, suministrar aire fresco



Rescate siempre con aparatos de respiración de aire comprimido!

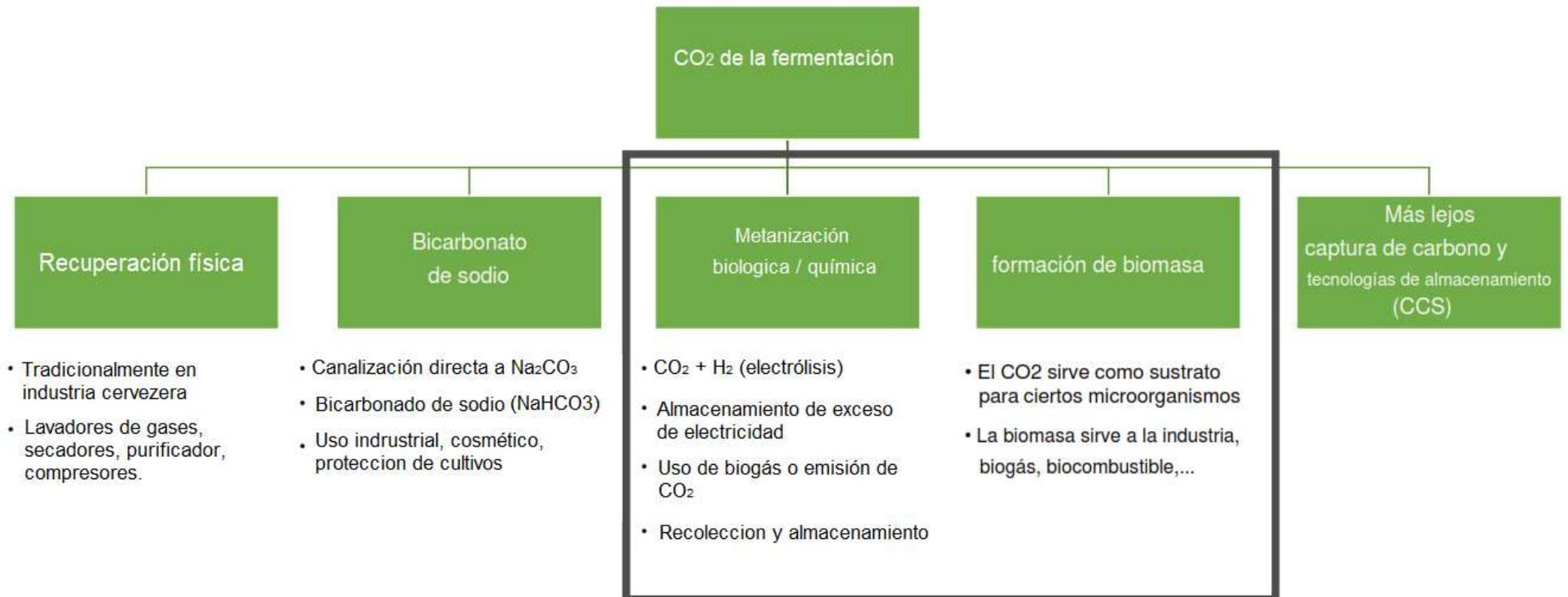
4. Gestión de CO₂ y sus alternativas



OPCIONES DE GESTIÓN DE CO₂

Tipos de tecnologías

1. Captación y recuperación física
2. Captación y recuperación química
3. Captación y recuperación biológica



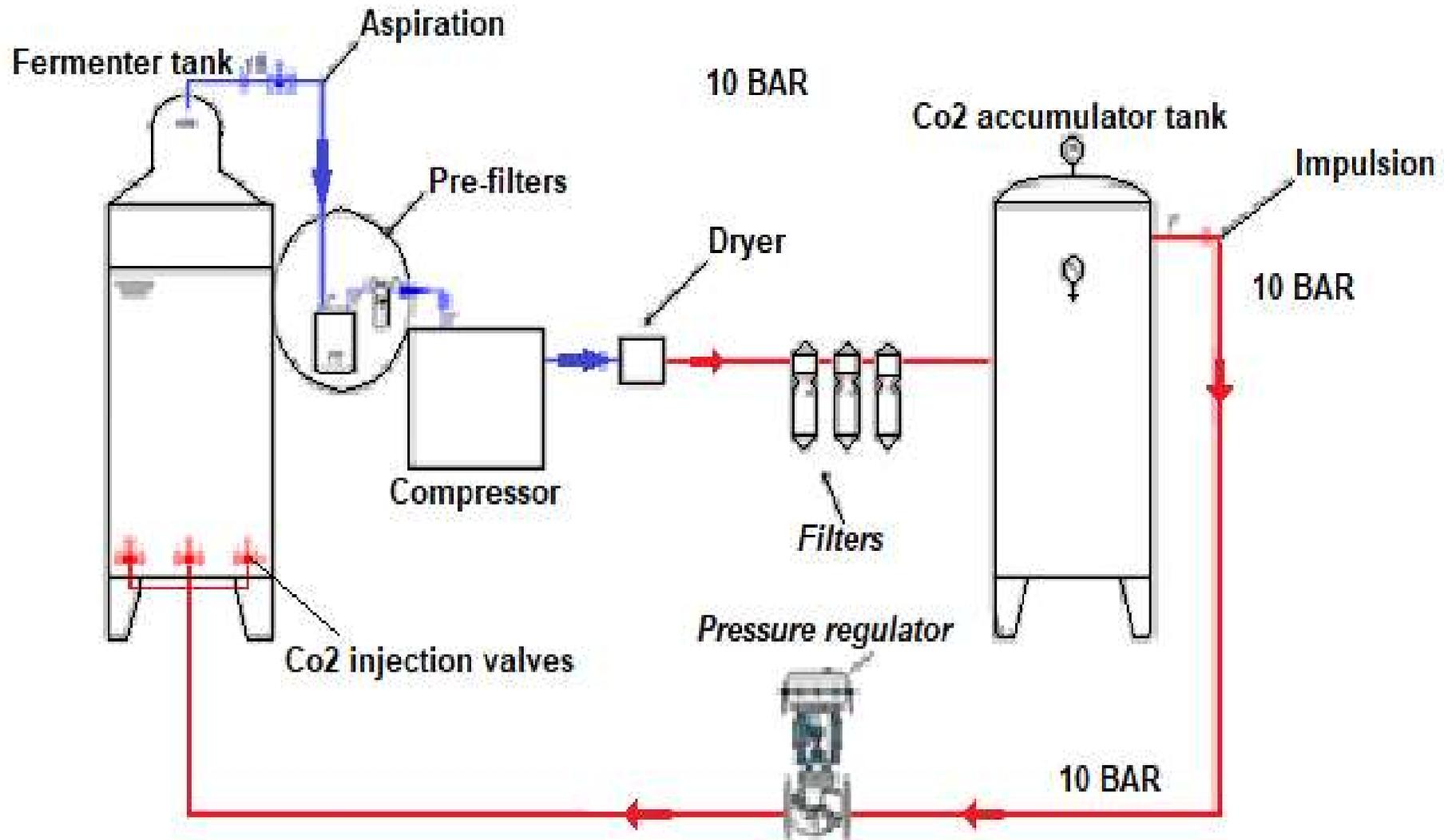
SISTEMA DE RECUPERACIÓN ORESTEO



<https://www.oresteo.com/>



NIVEL INDUSTRIAL



<https://www.oresteo.com/>

ALTERNATIVAS PEQUEÑA ESCALA

CiCi ®



<https://www.chartindustries.com>

Galileo ®



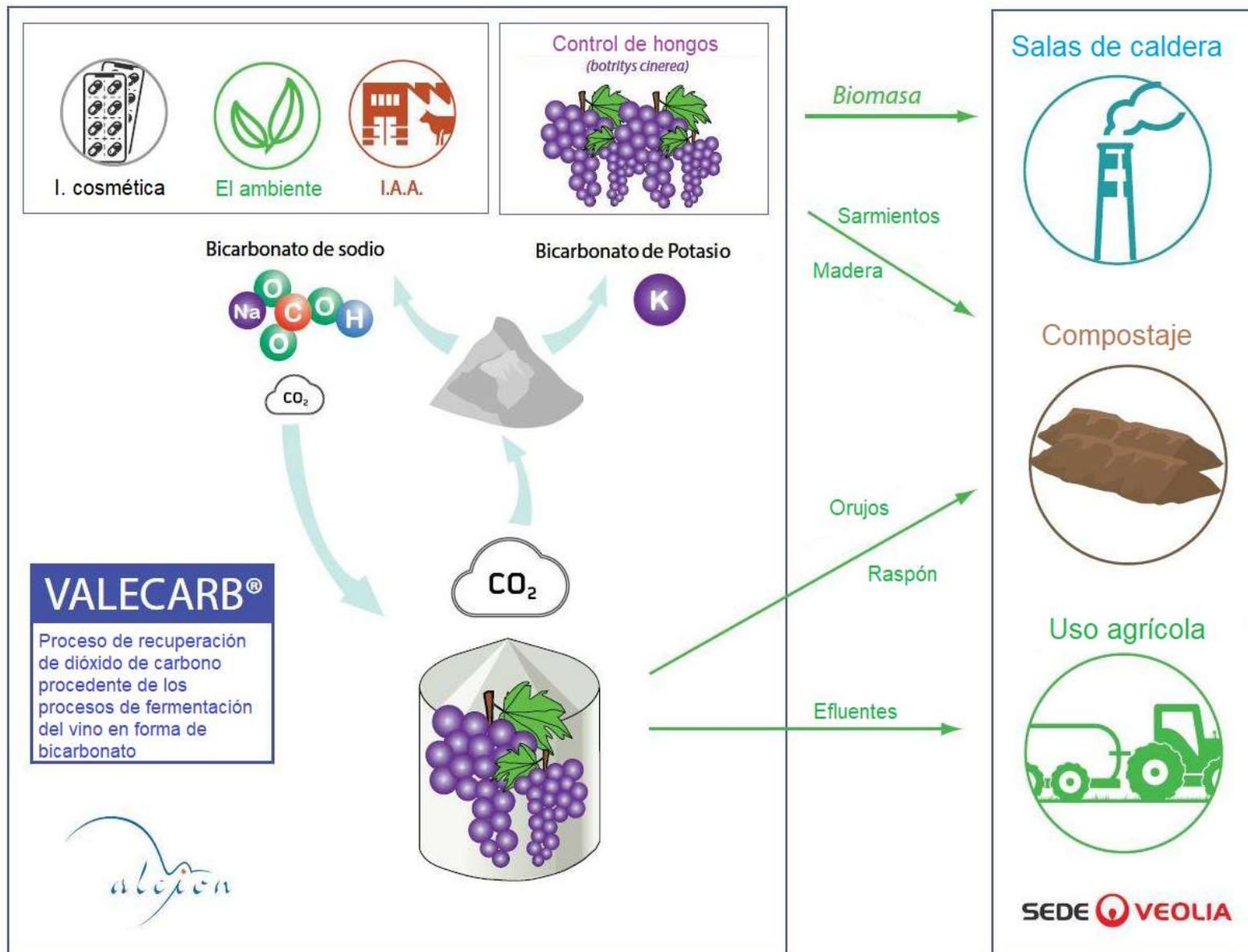
<https://www.enomet.it>

CAPTACIÓN Y RECUPERACIÓN QUÍMICA



<https://www.sede.veolia.com/>

CAPTACIÓN Y RECUPERACIÓN QUÍMICA



**¡PREVENCIÓN Y
SEGURIDAD ES
TAREA DE TODOS!**



GRACIAS POR SU ATENCIÓN