

PROCESO HEVA: ECONOMIA CIRCULAR QUE INTEGRA LA MINERIA E INDUSTRIA CON LA AGRICULTURA Y ACUICULTURA

Carlos Villachica León
Joyce Villachica Llamosas
Leslye Llamosas Villachica
Jaime Llamosas Bueno

Smallvill s.a.c. – Consulcont s.a.c.

Calle Darío Valdizan 118, Lima 31 – Telf 01-4818530

administracion@smallvillsac.com.pe

administracion@consulcontsac.net



IMPORTANCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LA MINERIA EN EL PERU

“Las riquezas que Dios puso en este Mundo son para provecho del Hombre” me dijo el Monseñor García de La Rasilla, entonces Vicario de Jaén; si vas a extraer el oro hazlo **sin contaminar y compartiendo** los beneficios con los que mas lo necesitan.

Proyecto “Oro Ecológico San Mateo”, Bagua

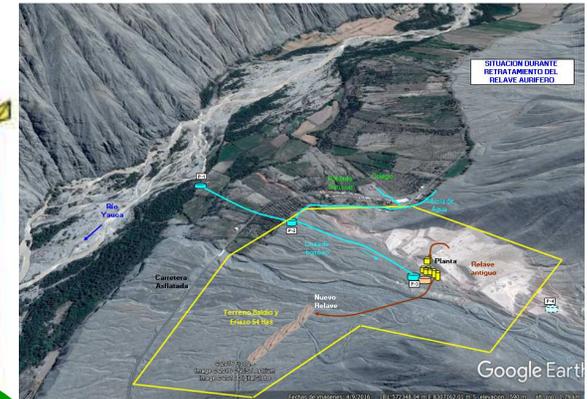


“Que la pobreza en superficie no conviva con la riqueza del subsuelo”

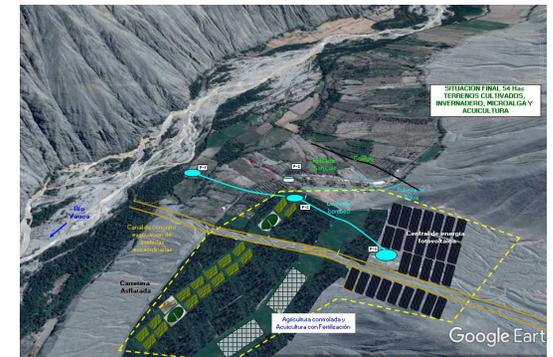
Los 3 reinos naturales



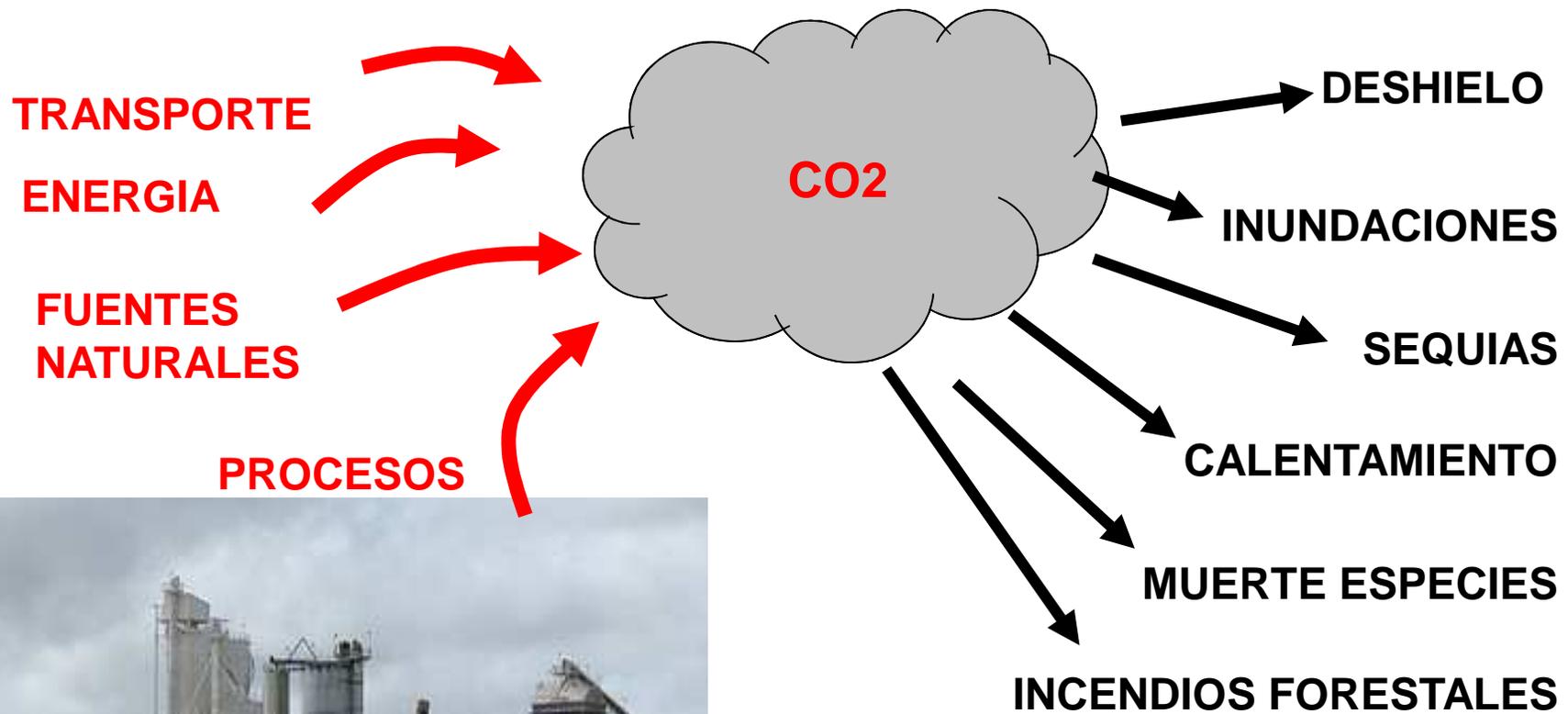
Proyecto “Retratamiento Ecológico Relave El Molino”, Ayacucho



Minería impulsa producción animal y vegetal

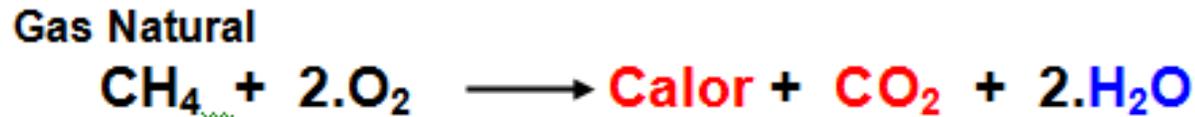
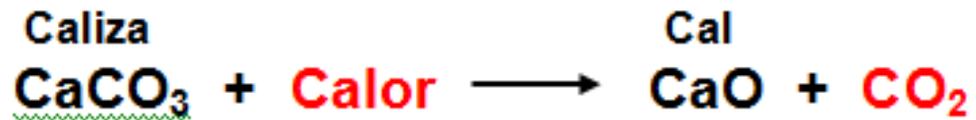


EL CAMBIO CLIMATICO es el mayor problema que enfrenta el Mundo por causa de las emisiones de **CO2** de la actividad humana



**Compromiso de reducir
al 50% emisiones al
2030**

PRODUCCION, CONSUMO Y EMISION DE CO2, NACIONAL Y GLOBAL, DE CAL Y CEMENTO



Producción Convencional: el proceso es el mismo desde hace 3,000 años, solo se ha modernizado el equipo

PRODUCCIÓN ANUAL DE CAL

- Nacional: 3 millones TM (2.5 MMT es minera)
- Global: 300 millones TM

EMISIÓN ANUAL DE CO2 (CAL)

- Nacional: 4 millones TM (2.5 MMT es minera)
- Global: 400 millones TM

PRODUCCIÓN ANUAL DE CEMENTO

- Nacional: 11 millones TM
- Global: 3,000 millones TM

EMISIÓN ANUAL DE CO2 (CEMENTO)

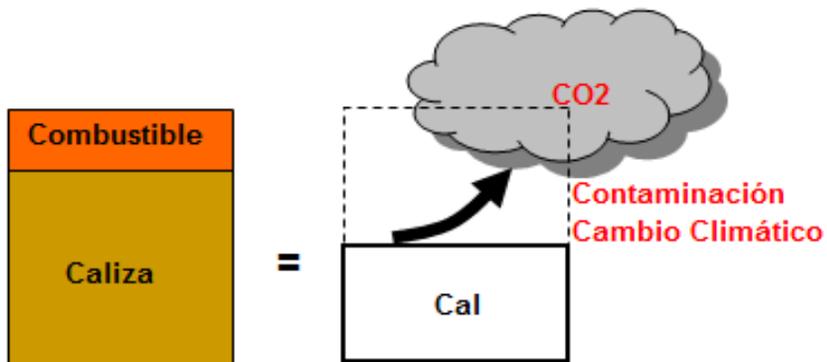
- Nacional: 14 millones TM
- Global: 3,900 millones TM (8% emisión global)

FOTOSINTESIS: EL PROCESO NATURAL QUE CREA VIDA

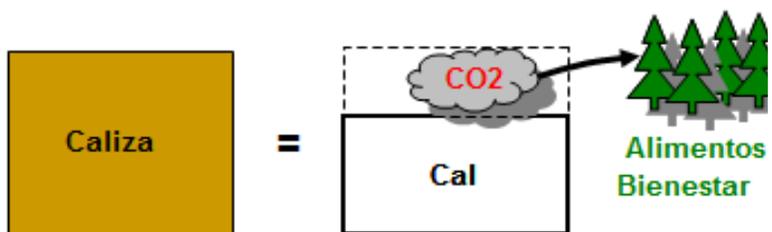
No funciona sin CO₂ en la tierra (Celulosa) o en agua (Microalgas)



PUEDE APROVECHARSE EL CO2 DE LA INDUSTRIA PARA PRODUCIR BIOMASA (ALIMENTO) ??



PRODUCCION CONVENCIONAL

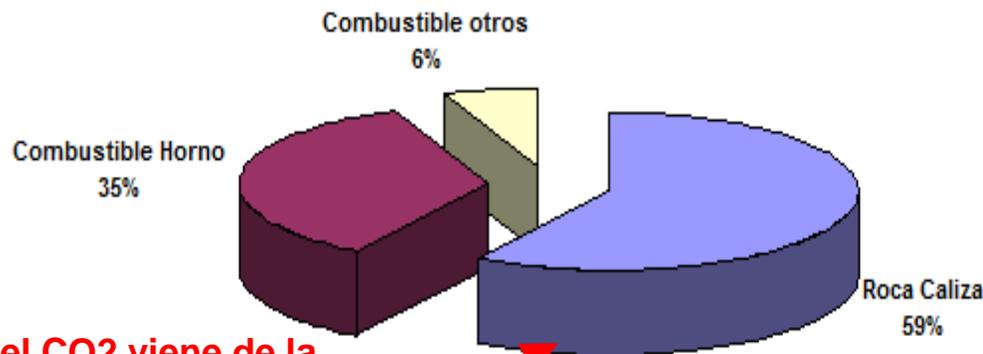


PRODUCCION ECOLOGICA (HEVA)

HEVA: Horno eléctrico al vacío

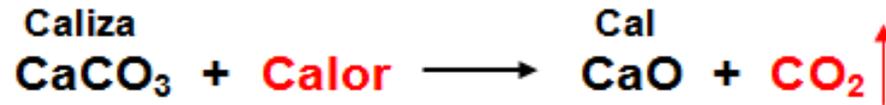
Fuentes de emisión CO2
Fabricación de Cemento

Cal: 3.0 MM BTU/T
Cemento: 4.5 MM BTU/T

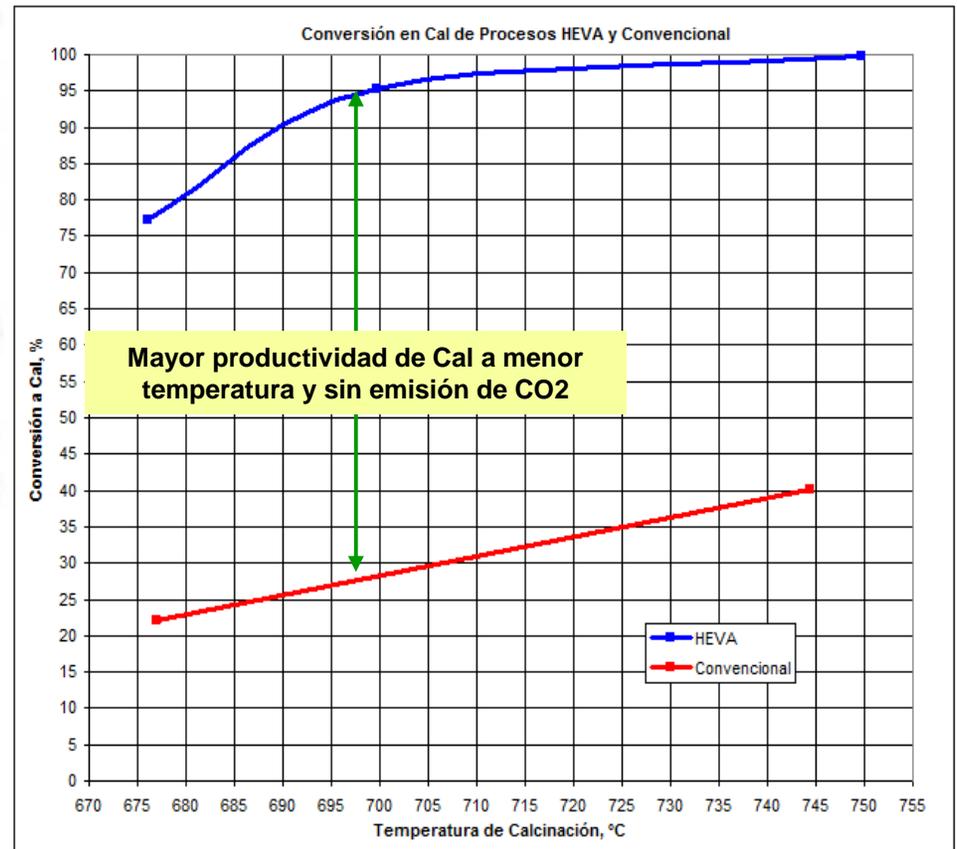
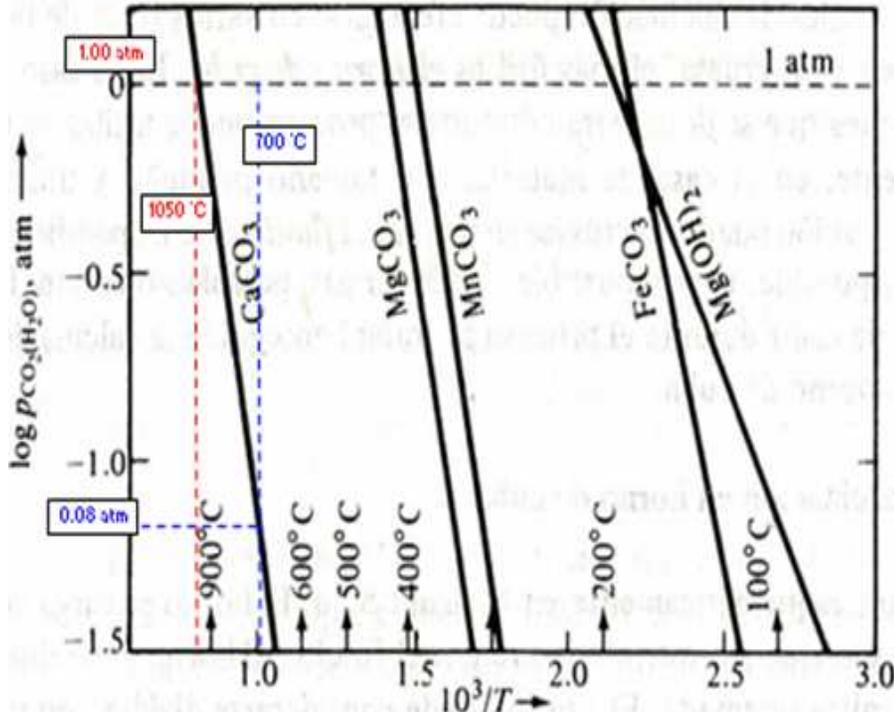


La mayor parte del CO2 viene de la misma roca caliza

Proceso HEVA (Horno Eléctrico al Vacío)

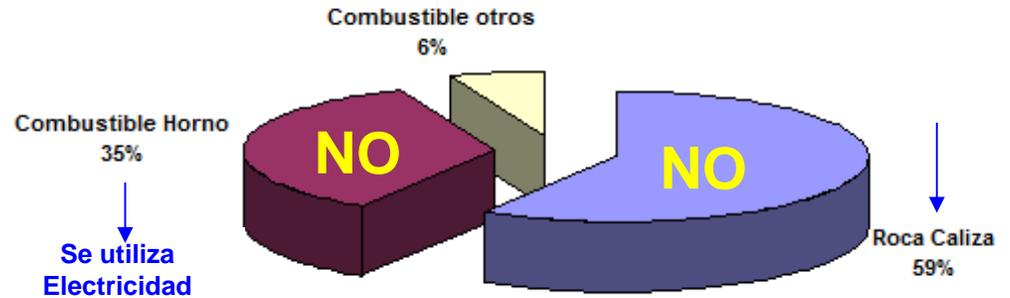


Efecto de la Presión sobre la Temperatura de Calcinación

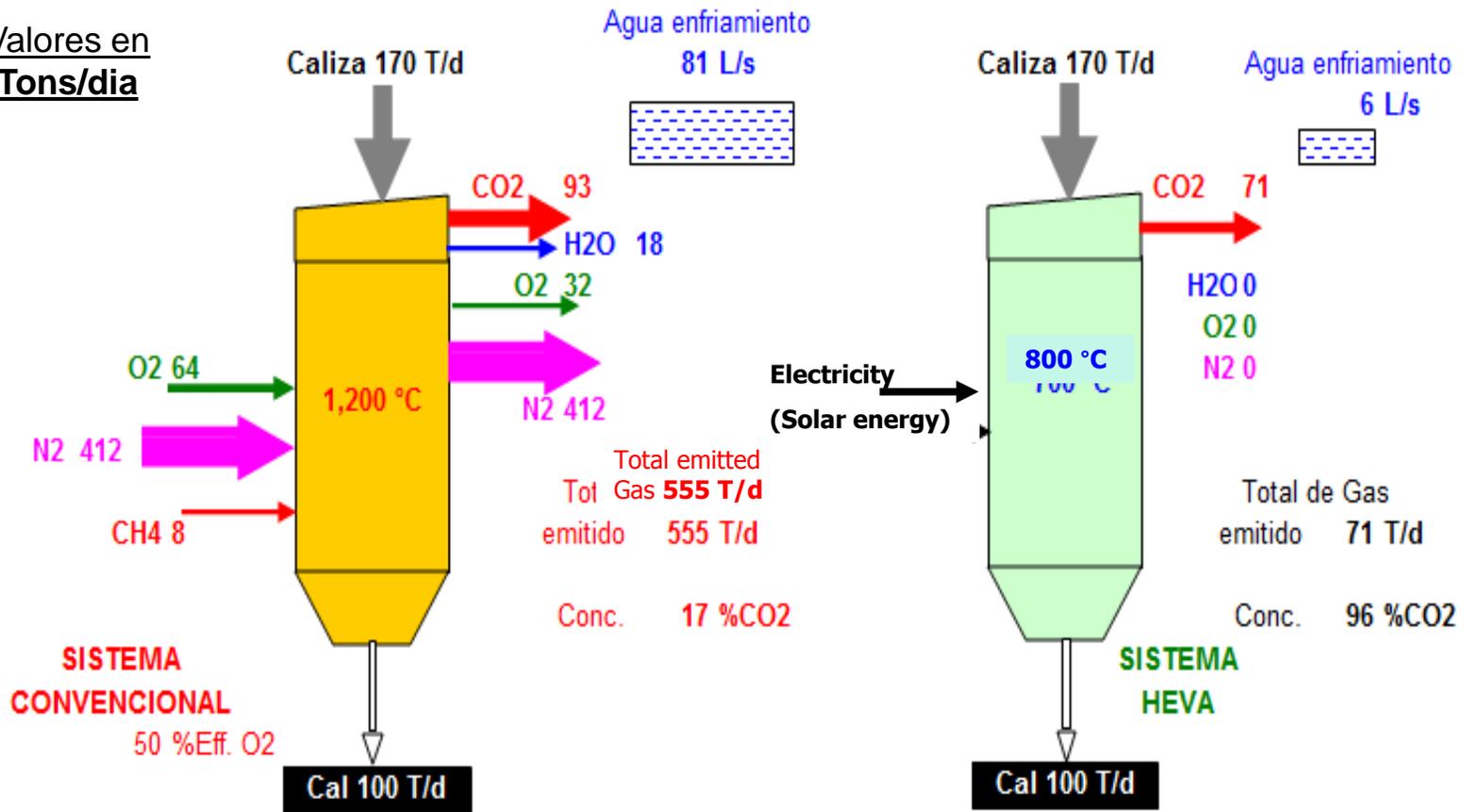


Balance de Masa del Proceso HEVA

Como se evita la emisión de CO2



Valores en Tons/dia



DESARROLLO ALCANZADO POR TECNOLOGIA HEVA



HEVA Piloto (7 Kg)

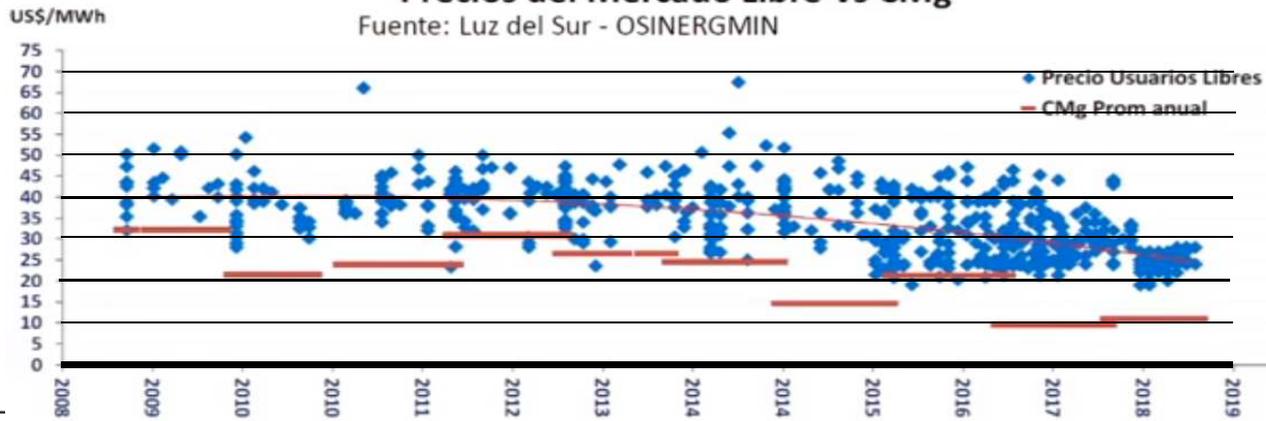


HEVA Industrial (30 T/d)

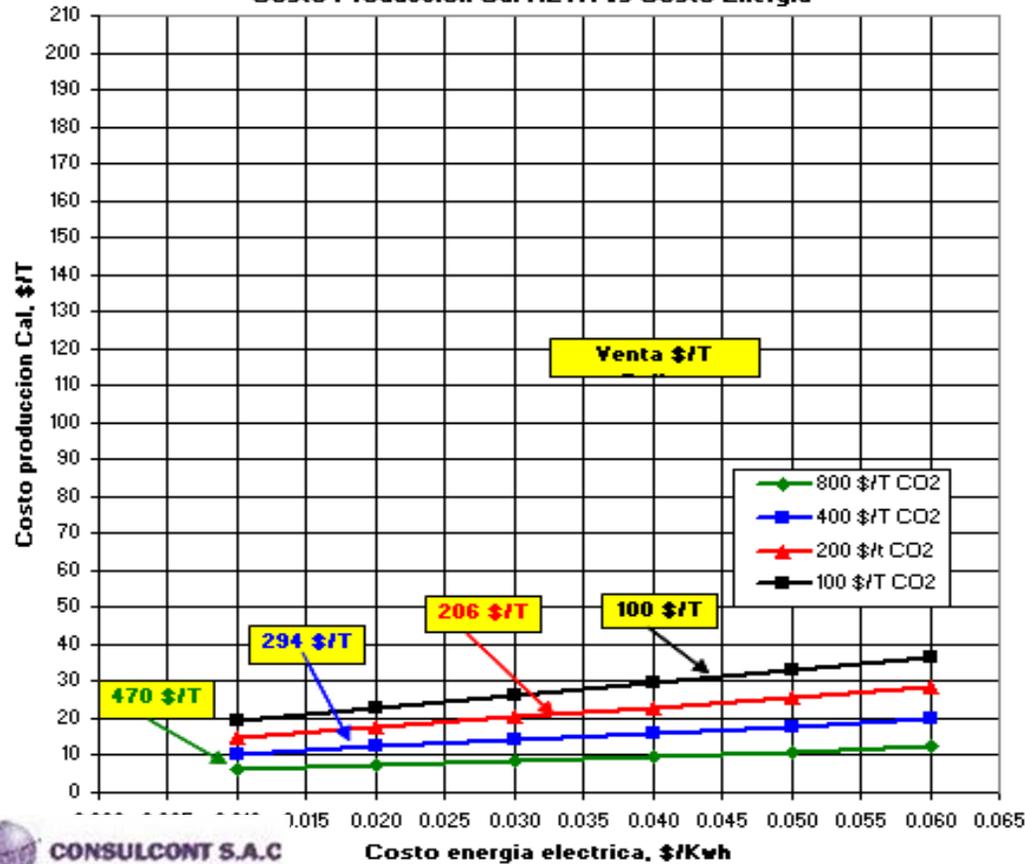
- Técnicamente Factible: Diseño Industrial completo, 30 T/d, 600 Kw
- Económicamente factible: TIR 49.6%, Capex 3.6MM\$, Opex **34** \$/T Caliza.
- Nivel de venta para 210 \$/T Cal, 200 \$/T CO2 es **206** \$/T
- Nivel de venta para 210 \$/T Cal, 850 \$/T CO2 es **492** \$/T
- Aplicación de Fertilización Carbónica comprobada en agricultura y acuicultura

Precios del Mercado Libre Vs CMg

Fuente: Luz del Sur - OSINERGMIN



Costo Producción Cal HEVA vs Costo Energía

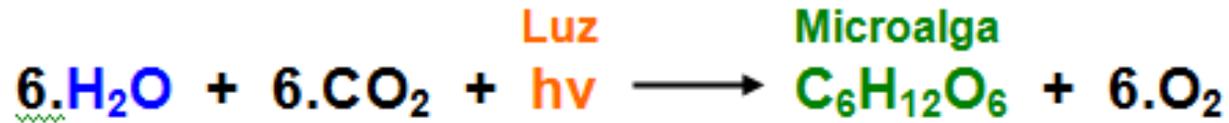


SOSTENIBILIDAD ECONOMICA

- 100 % energía es eléctrica
- 2 Productos comerciales Cal-CO2
- Bajo precio de energía eléctrica y tendencia decreciente en Perú
- Abundancia de Caliza en las 3 regiones del Perú

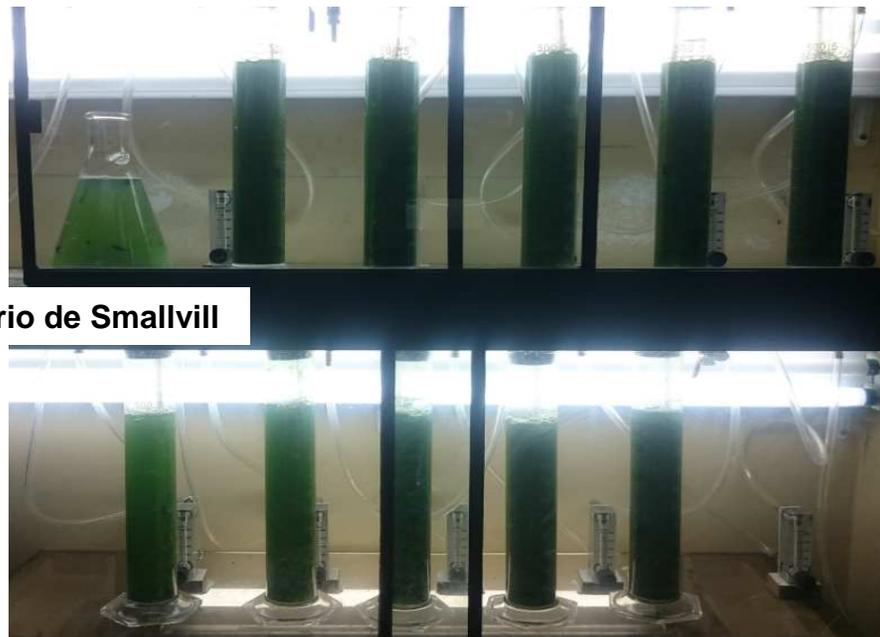
USO DEL CO₂ EN FERTILIZACION CARBONICA EN MEDIO ACUATICO Y EN MEDIO TERRESTRE

CULTIVOS ACUATICOS

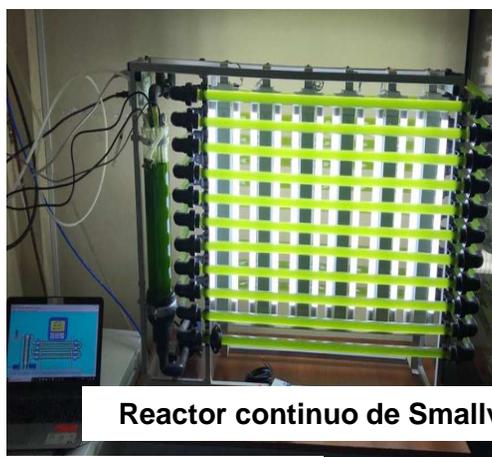
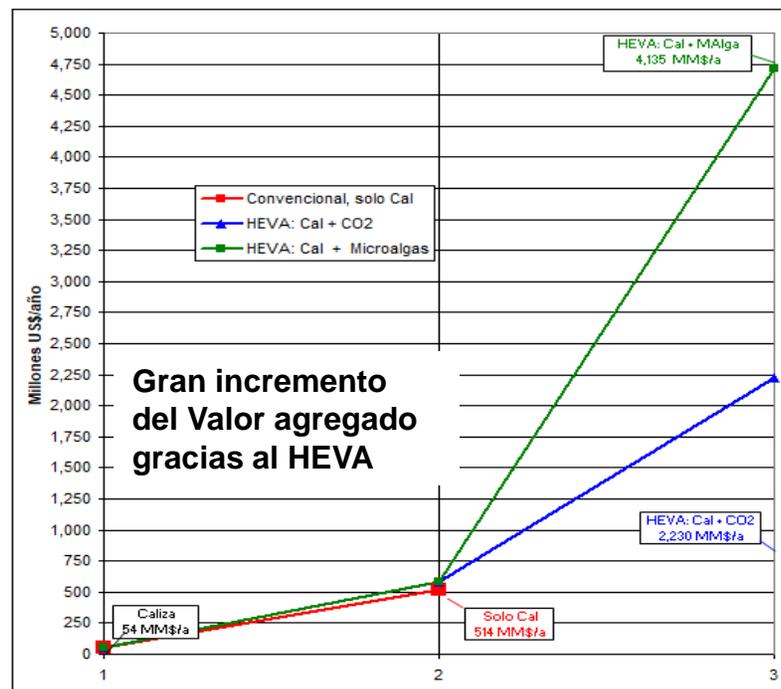
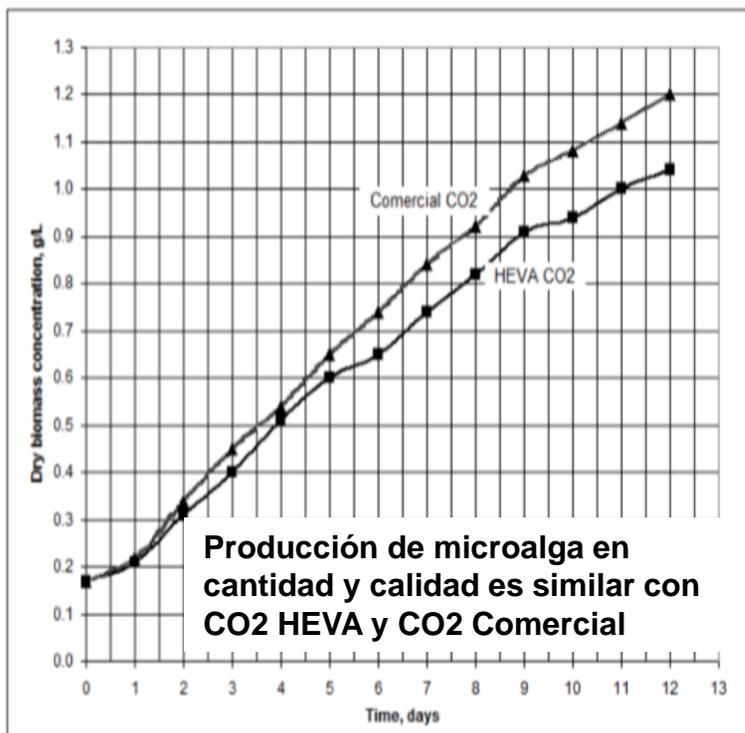


Con inyección de CO₂ concentrado y luz permanente la masa de microalgas se duplica cada 24 horas; en la práctica industrial y durante la fase estacionaria (1-5 Kg/m³), diariamente se retira 20-30% del volumen que se centrifuga y deshidrata para el consumo.

En teoría se generan 0.68 Kg de microalga (C₆H₁₂O₆) por Kg de CO₂; en la práctica se reporta un ratio más conservador de **0.40-0.50 Kg** microalga/Kg CO₂



CULTIVOS ACUATICOS



Empresa Peruana aliada con el Centro Biotecnológico mas avanzado de Europa

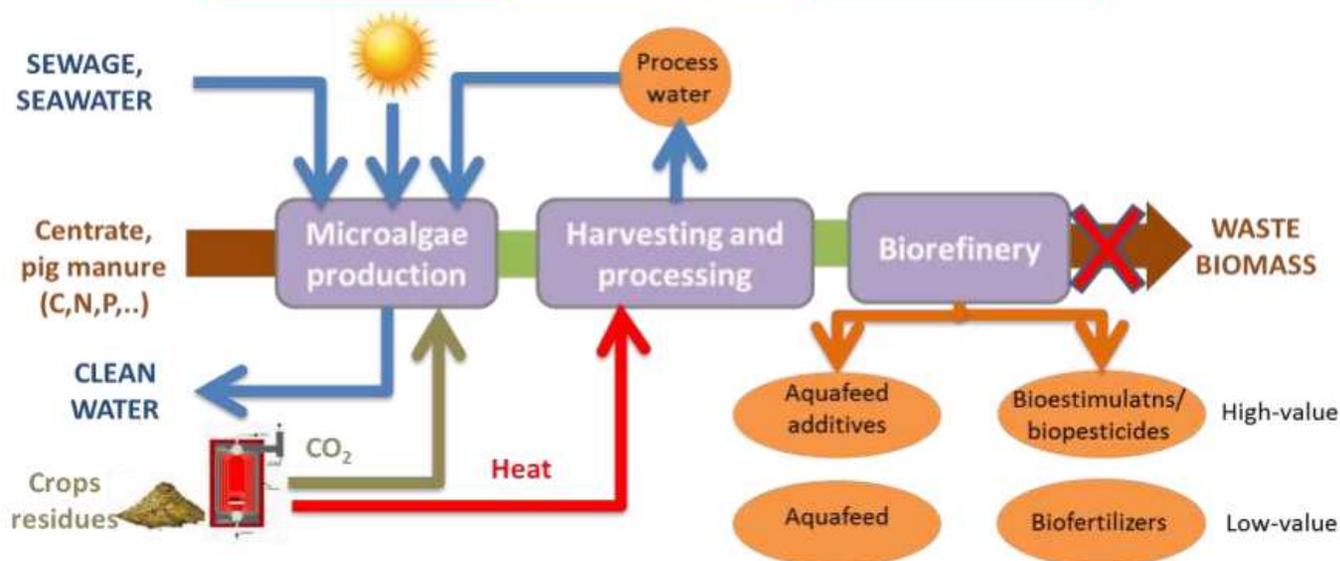


CULTIVOS ACUATICOS



This project is funded by the European Union

Block diagram of the project



Proyecto SABANA

El mas avanzado de Europa

LARGE SCALE BIOMASS PRODUCTION

INTEGRAL UTILIZATION OF BIOMASS

DEMO1 SCALE=1 ha

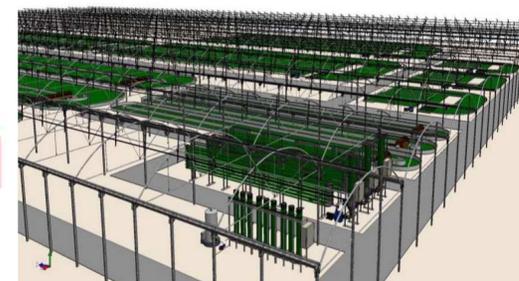
DEMO2 SCALE=5 ha

DEMO3 SCALE=20 ha



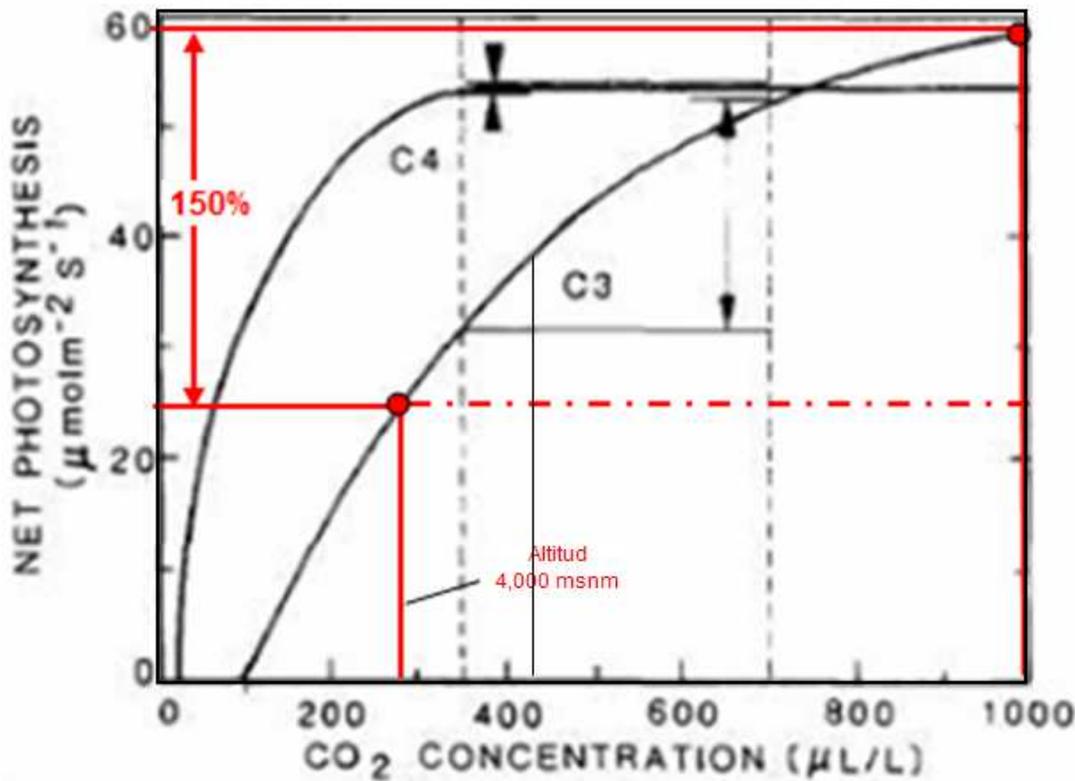
This project is funded by the European Union

Research-Innovation (1 ha)

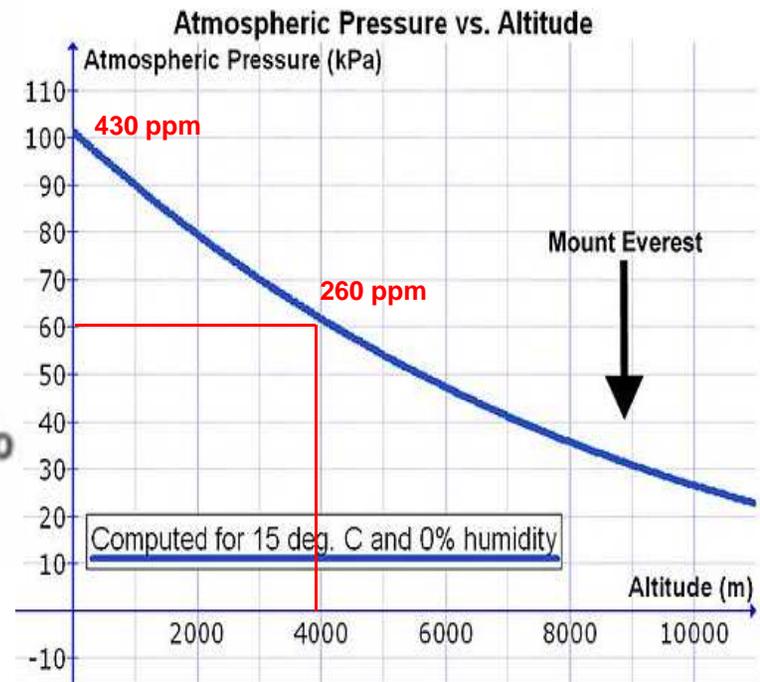


CULTIVOS TERRESTRES

Influencia de la concentración de CO₂ sobre la Productividad

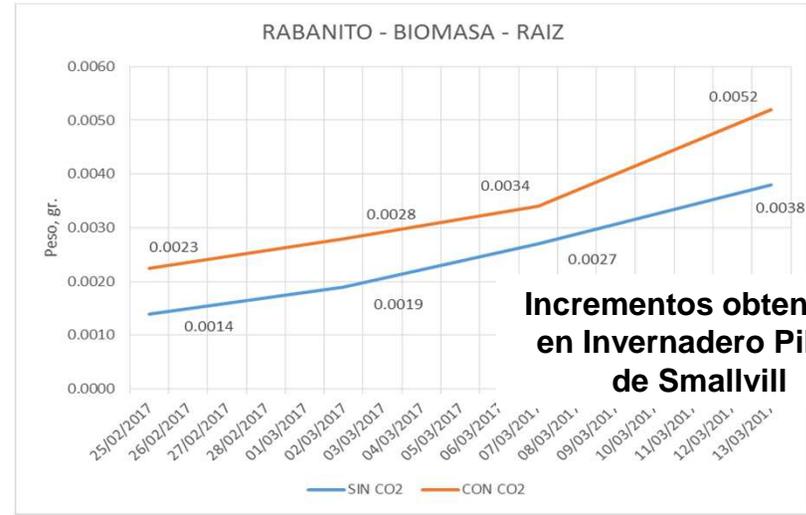
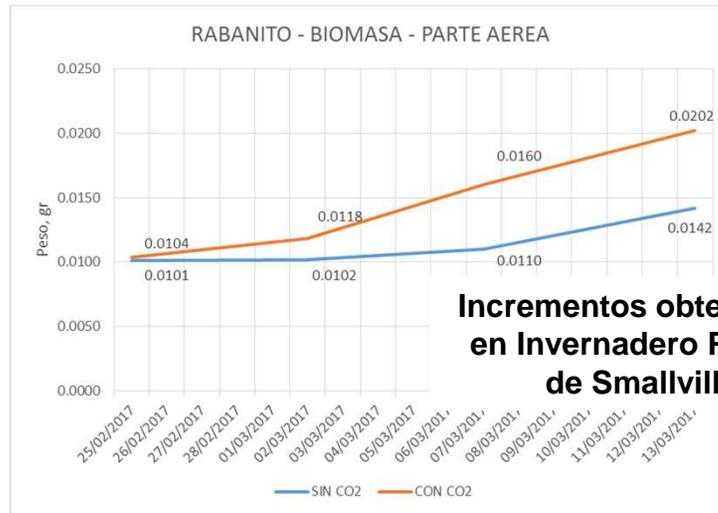


Ref. Kembal *et al*, 1993



CULTIVOS TERRESTRES

Influencia de la concentración de CO2 sobre la Productividad



Resultados de Fertilización Carbónica en IFAPA-Almería (España)

Cultivo	Tipo de Invernadero	Calefacción CO2/Testigo	CO2, max ppm	Incremento de Producción, %
Pepino Otoño ¹	Multitúnel	No/No	700	17
Pepino Otoño ¹	Parral Mejorado	Si/Si	600	26
Pepino Otoño ¹	Parral Mejorado	Si/No	600	56
Judía Primavera ¹	Parral	No/No	600	12
Judía Otoño ¹	Parral	No/No	600	17
Judía Primavera ²	Parral Mejorado	Si/No	600	20
Pimiento Otoño ³	Multitúnel	No/No	750	19
Pimiento Otoño ⁴	Venío	No/No	800	25
Pimiento Primavera ⁵	Multitúnel	No/No	750	22
Tomate Cherry ⁶	Multitúnel	No/No	700	15

A nivel del mar la concentración de CO2 es 430 ppm

AGRICULTURA PROTEGIDA (INVERNADEROS)

En Europa el 90% del alimento fresco se obtiene en Invernaderos que utilizan CO2 para mantener la productividad. En el Perú los utilizaríamos para casi duplicar la productividad de cultivos en altitud



Invernadero Piloto de Policarbonato



Invernaderos industriales, 1 Ha, en Almería, España



Invernaderos industriales, 1 Ha, en Almería, España

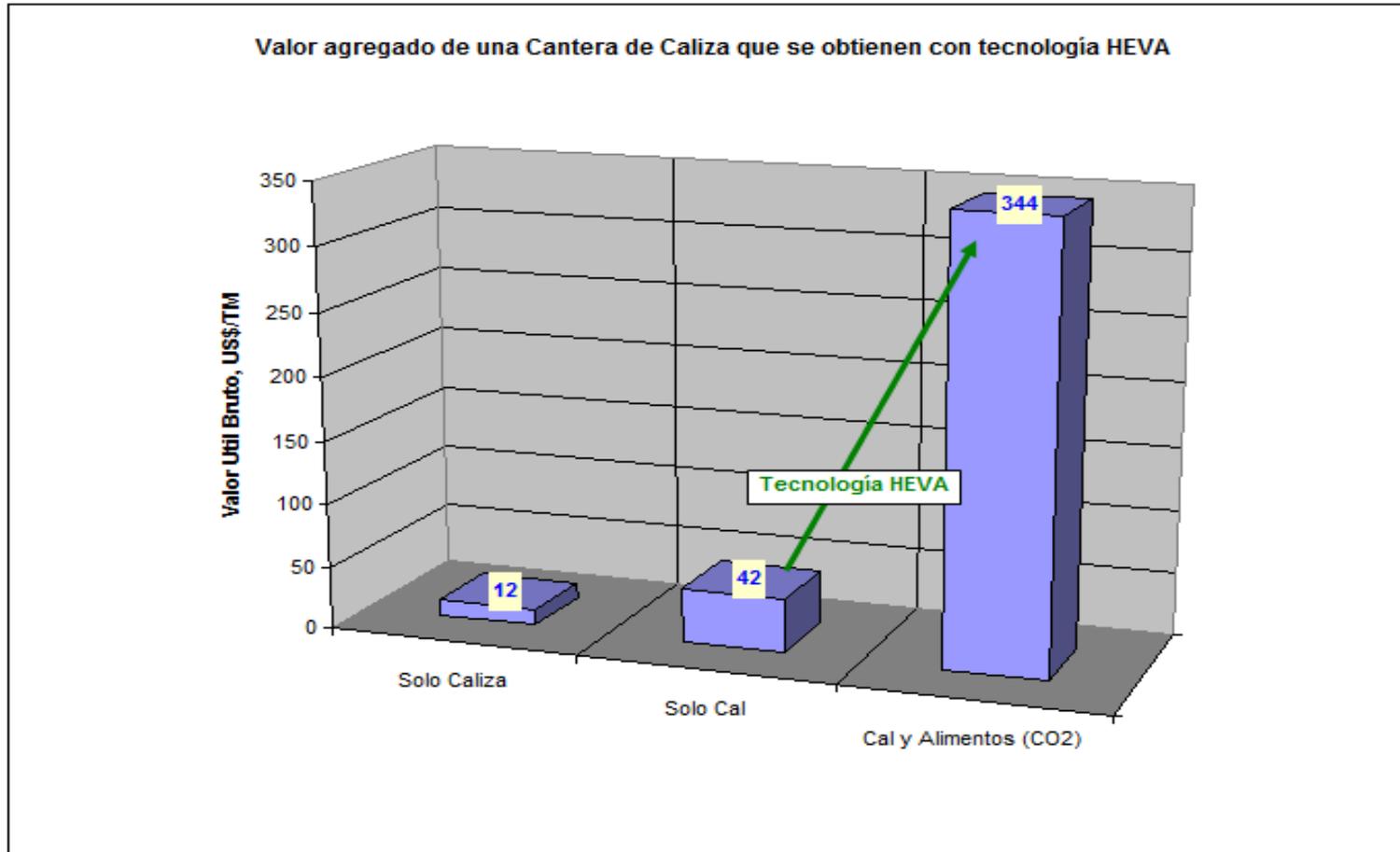


Invernaderos industriales, 1 Ha, en Almería, España



Más de 60 Km2 de invernaderos en Almería, España producen el 70% de alimentos frescos que consume toda Europa

Valor Agregado de la Caliza obtenido con Proceso HEVA



USO DEL CO2 PARA PRODUCCION ECONOMICA DE GRAFENO (NANOTUBOS DE CARBONO)

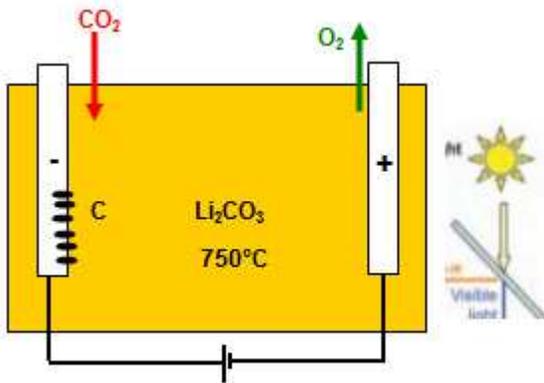
Obtención de Grafeno (Nanotubos de Carbono)

Prof. Steven Licht, The George Washington University

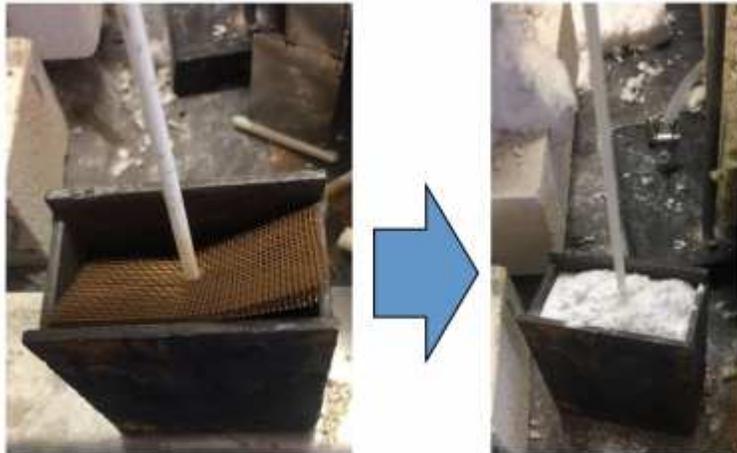
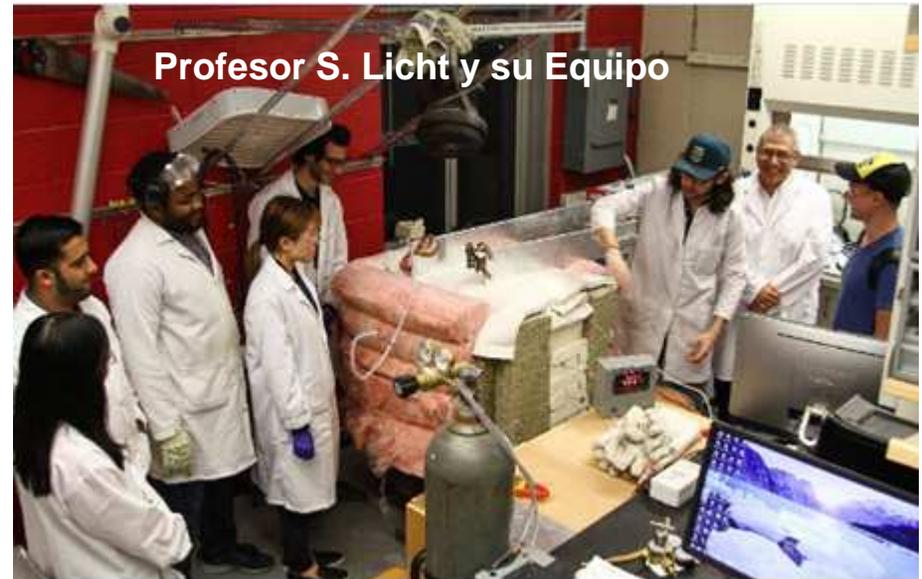
Dissolution: CO_2 (gas) + Li_2O (soluble) \rightarrow Li_2CO_3 (molten)

Electrolysis: Li_2CO_3 (molten) \rightarrow C (CNT) + Li_2O (soluble) + O_2 (gas)

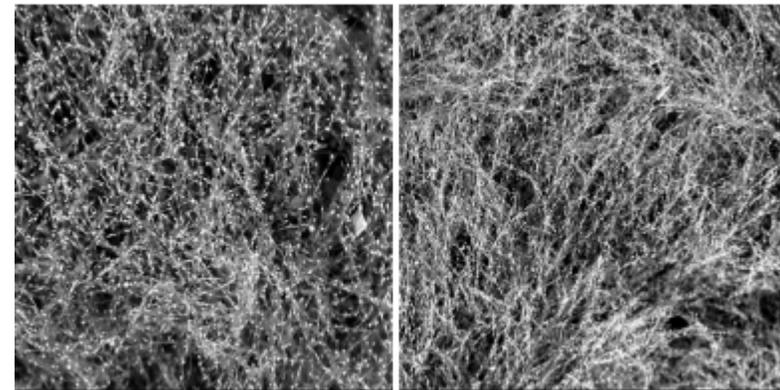
Net: CO_2 (gas) \rightarrow C (CNT) + O_2 (gas)



Ref. Stuart Licht, The George Washington University



Electrólisis en proceso



Nanotubos de Carbono (CNT)

Obtención de Grafeno (Nanotubos de Carbono)

Prof. Steven Licht, The George Washington University

Dissolution: CO_2 (gas) + Li_2O (soluble) \rightarrow Li_2CO_3 (molten)

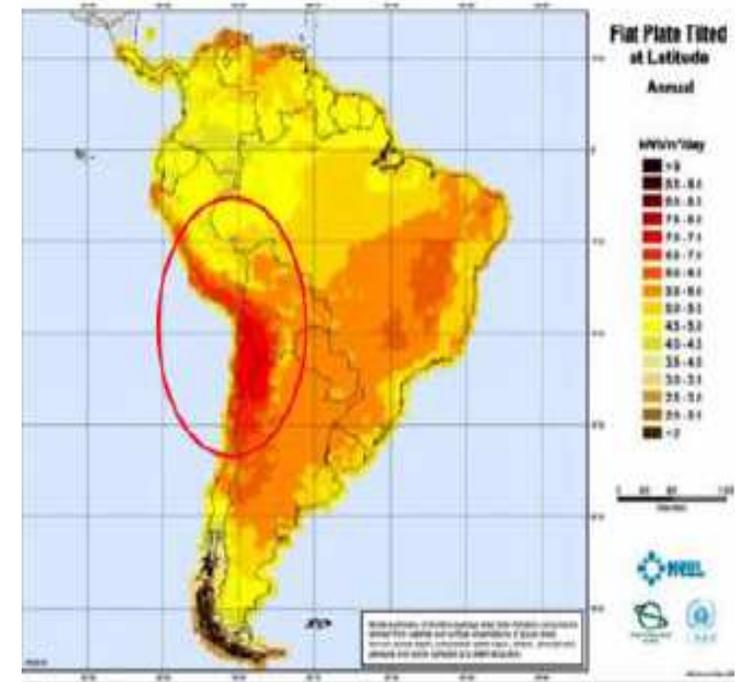
Electrolysis: Li_2CO_3 (molten) \rightarrow C (CNT) + Li_2O (soluble) + O_2 (gas)

Net: CO_2 (gas) \rightarrow C (CNT) + O_2 (gas)

Costo de Producción Comparativo

Proceso	Costo, US\$/T Producto					
	Al_2O_3	Carbon	Electricidad	Labor	Capital	Total
Aluminio	733	244	602	150	150	1,879
Grafeno	CO_2	Carbon	Electricidad	Labor	Capital	Total
	0	0	360	150	150	660
	367	0	360	150	150	1,027
	3080	0	360	150	150	3,740

P.U. CO_2 100 \$/T
 840 \$/T



CONCLUSIONES

- El Calentamiento global es el mayor problema ambiental que enfrenta el Mundo y es ocasionado por el CO₂ que emiten diversas actividades económicas. En el Perú nuestra Minería, base de nuestro desarrollo económico, consume alrededor de 2.5 millones TM/año Cal que en su fabricación emiten 3.3 millones TM/a de CO₂. perjudicando el ambiente. La industria cementera emite 3.5 veces mas.
- La Cal y el Cemento se fabrican desde hace **3 milenios** utilizando la **combustión** para la descomposición térmica del carbonato. Lo hacen en reactores abiertos, a más de 1,100°C y generando gases con tan baja concentración de CO₂ que su captura y aprovechamiento económico es inviable.
- El proceso Peruano HEVA es un cambio tecnológico radical que realiza la Calcinación en un reactor cerrado, a presión negativa, calentado eléctricamente a menos de 800°C y captura la totalidad del CO₂ emitido por la roca con una concentración superior al 95%. El CO₂ se utiliza en diversas aplicaciones pero en países avanzados se aprovecha como **fertilizante carbónico** para incrementar la tasa de crecimiento de plantas y microalgas vía fotosíntesis (producción **masiva de alimentos**).
- El **alto precio** del CO₂ comercial limita esta aplicación en países donde como en el Perú se cotiza a más de **850 U\$/T**. Una Planta HEVA pequeña puede suministrar CO₂ a solo **200 US\$/T** generando todavía una alta rentabilidad (TIR 49.6%) gracias a la venta paralela de **Cal de calidad** que consume **nuestra Minería**.

- La **baja productividad** agrícola de la **región andina**, derivada de la también **baja concentración de CO2** respecto al nivel del mar, puede ser **radicalmente incrementada** con la disponibilidad de CO2 HEVA barato aplicado en invernaderos. La aplicación similar con microalgas podría generar biomasa valorizada en **4,000 millones US\$/año**. Ambas aplicaciones **reducirían drásticamente los niveles de pobreza y desnutrición de esta importante región** y convertirían a nuestra **Minería en un aliado natural de la agricultura, acuicultura y de las Comunidades**.
- Si bien la tecnología HEVA y sus aplicaciones han alcanzado un desarrollo maduro, es necesario que el sistema de I+D+i de las Universidades Peruanas, especialmente andinas, oriente sus recursos humanos, económicos e infraestructura para que el país **aproveche el recurso CO2 que la tecnología HEVA ofrece**. La multitud de especies que responde favorablemente a la **Fertilización Carbónica** demanda también una participación masiva de Instituciones, Empresas e investigadores para lograr metas que beneficien al país en el corto plazo.
- En el plano de la tecnología avanzada la disponibilidad de **CO2 barato** facilita la **producción de Grafeno** mediante Electrólisis de Sal Fundida con Carbonato de Litio, energía eléctrica barata y energía solar, disponibles en el país.
- Esta presentación es una iniciativa de los autores para propagar el uso del CO2 HEVA mediante Fertilización Carbónica, y otros, en beneficio de nuestro país.
- Los autores agradecen profundamente a las instituciones **Innovate Perú** y **Concytec** por el apoyo financiero y a **IMARPE** y la **UNI** por el apoyo tecnológico brindado para el desarrollo de la Tecnología HEVA

**¡ Muchas Gracias por
su Atención ¡**