

JIFI-EAI 2018
Facultad de Ingeniería-Universidad Central de Venezuela



El cambio climático y las energías renovables: una oportunidad para la mitigación del CO₂

Prof. Griselda Ferrara de Giner



En la actualidad el planeta
Tierra se enfrenta a un
fenómeno global

El Cambio Climático



Afecta a todos los habitantes
del globo

Los impactos negativos
tienen mayor efecto en las
poblaciones vulnerables

¿Qué es Cambio Climático?



“Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a *actividades humanas* que alteran la composición de la atmósfera mundial y *que se suma a la variabilidad natural del clima* observada durante períodos de tiempo comparables”.

Fuente: (1999) Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC).

¡El planeta Tierra, a lo largo de su historia estimada en 4.500 millones de años, ha sufrido cambios significativos en su clima

- **Inducidos por fenómenos naturales:**
 - **Variaciones en la órbita terrestre alrededor del sol**
 - **Fluctuaciones en la actividad solar (manchas solares)**
 - **Erupciones volcánicas**

▪ **Durante los últimos 400.000 años han existido períodos cálidos y épocas glaciares**

▪ **En los últimos 8.000 años el clima ha permanecido bastante estable. Aunque ocurrió un período frío (*Pequeña edad de hielo*) entre comienzo del siglo XIV y mediados del siglo XIX**



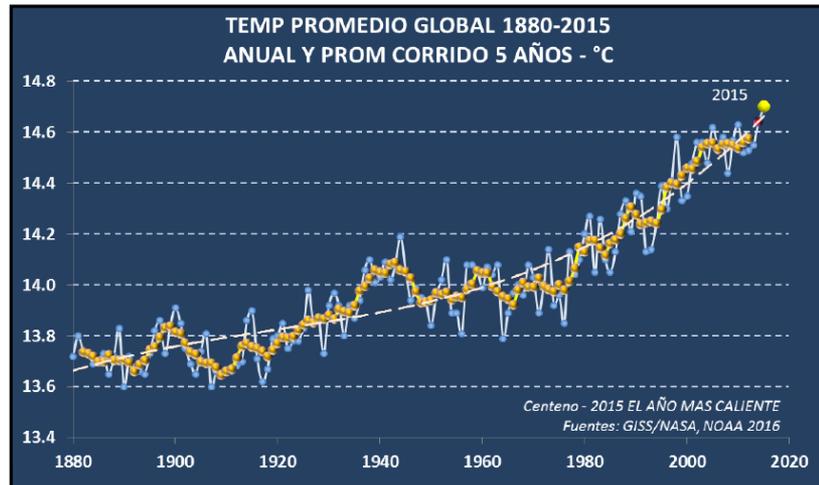
Pero en nuestra historia más cercana, digamos desde principios del siglo XX, estamos sufriendo un calentamiento global.

Calentamiento global

Las evidencias son cada vez más contundentes que el calentamiento global es un hecho

Una evidencia primaria bastante significativa del cambio climático es el incremento de la temperatura promedio global del planeta

Entre 1880-2012 la temperatura superficial de tierra y océanos, combinada y promediada globalmente, muestran incrementos de $0,85^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,41$)



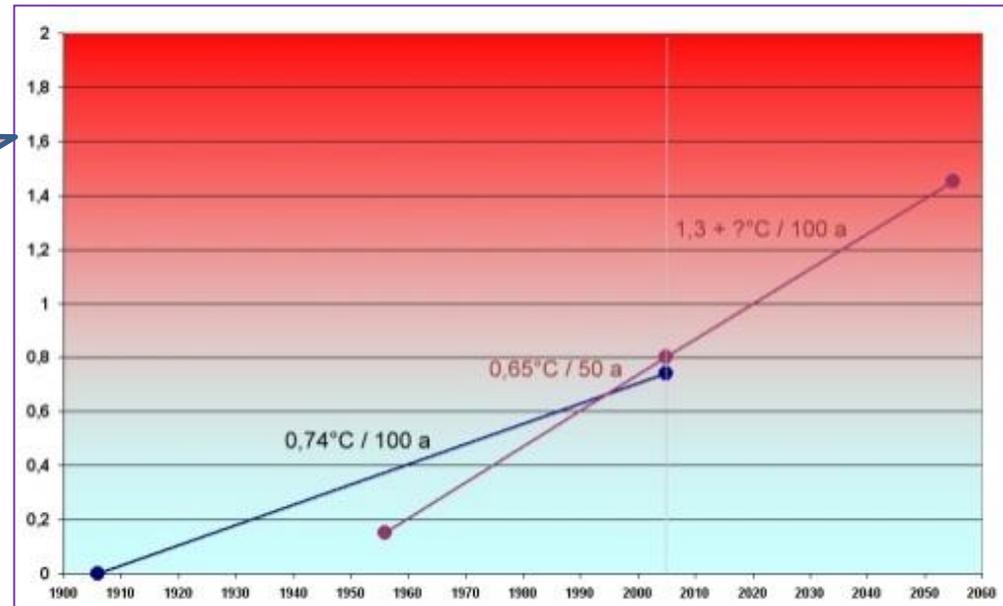
Promedio anual de temperatura en superficies terrestres y oceánicas combinadas, 1880-2015



No solo está aumentando la temperatura promedio



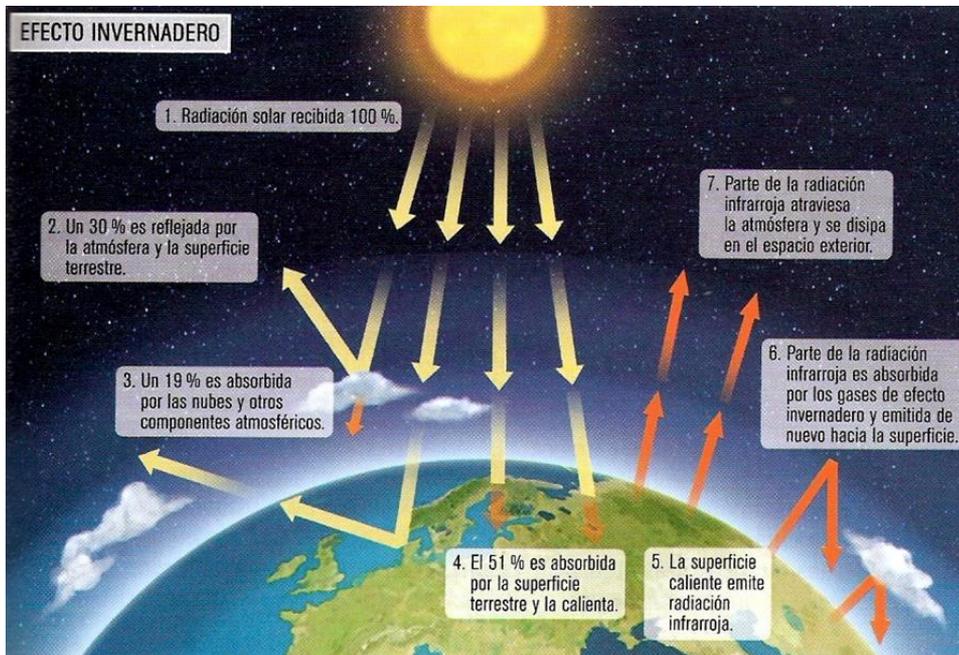
Además, la tasa de incremento de la temperatura ¡Se está acelerando!



Tasa de incremento de la temperatura

¿Cuál es la principal causa del incremento de la temperatura?

El incremento del efecto de invernadero



Gases de efecto invernadero (GEI)

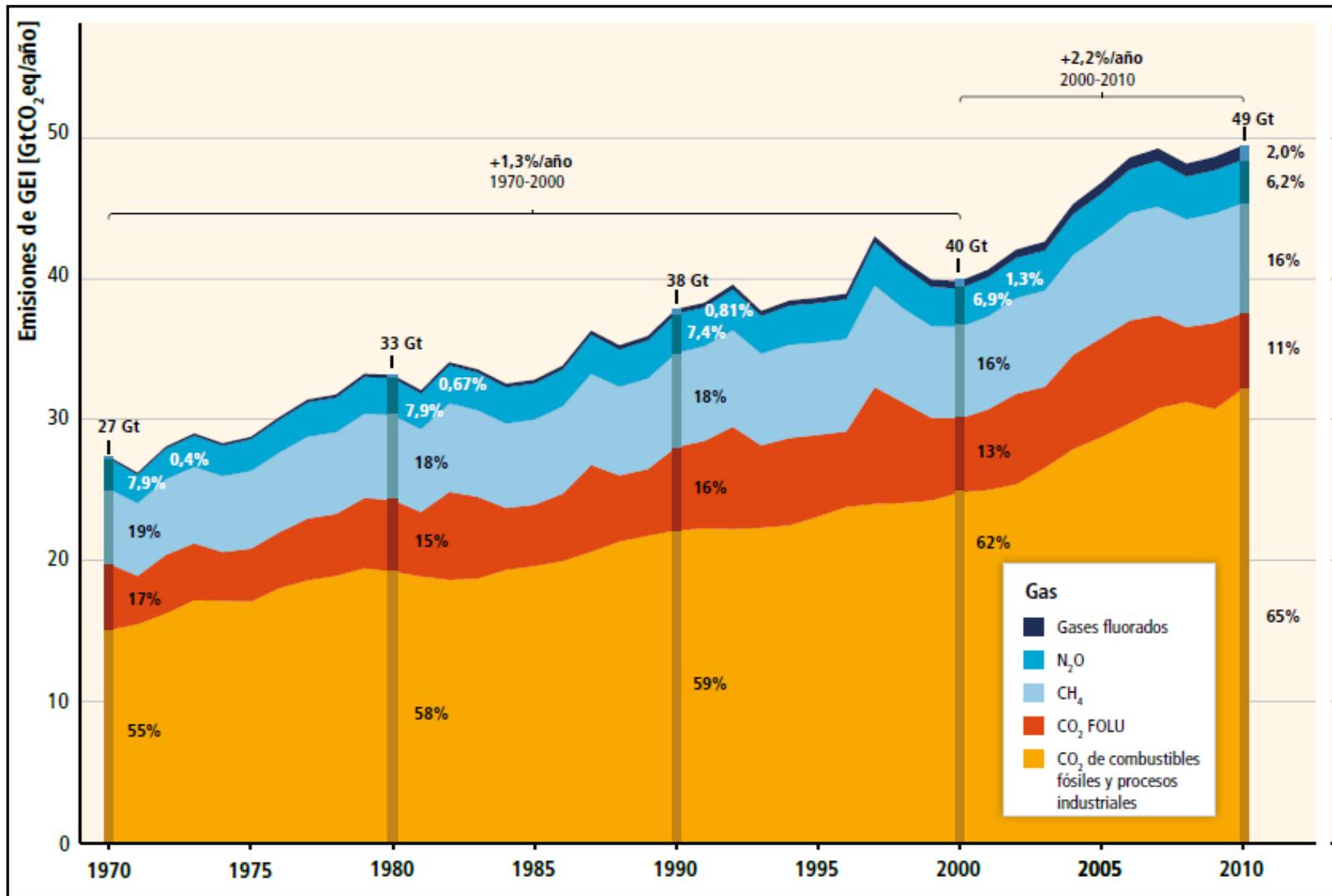
Naturales (95%)

- Vapor de agua
- CO₂ (76%)
- CH₄ (13%)
- N₂O (6%)

Antropicos (5%)

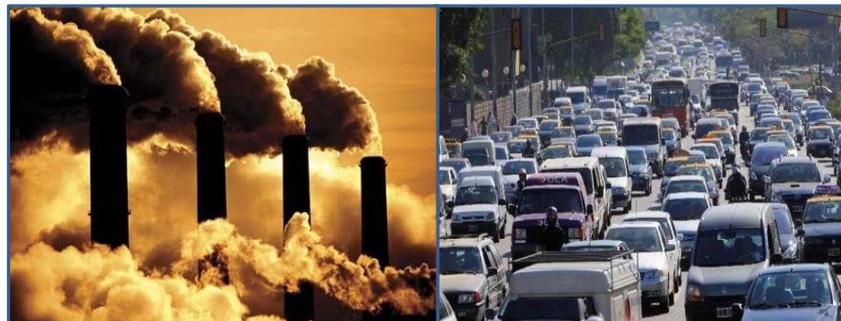
- Freones
- Halocarbonos
- SF₆, entre otros

Incremento de gases de efecto invernadero en las últimas décadas



Emisiones antropógenas anuales de GEI totales por grupos de gases, 1979-2010

¿Quiénes son culpables de la emisión de gases de invernadero?

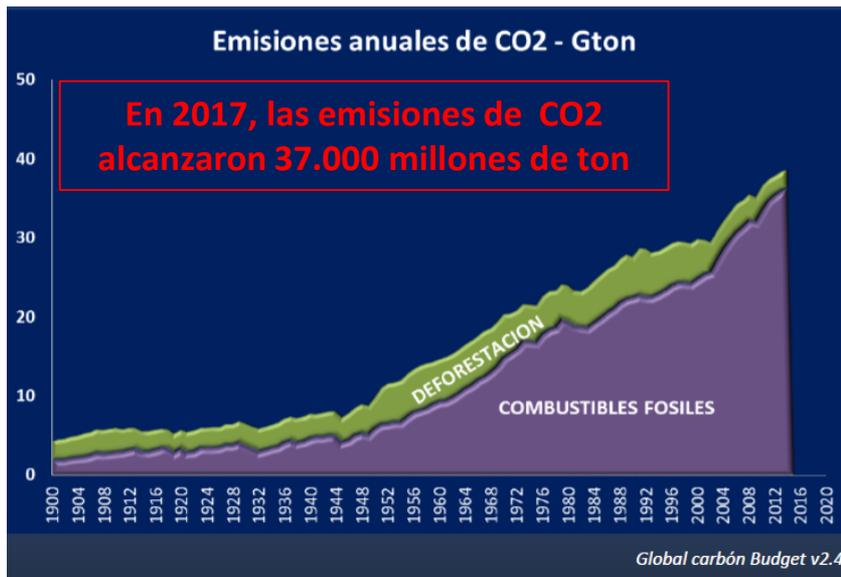


**¡Las actividades
antrópicas!**

**Entre las más
generadoras de GEI:**

- La generación de electricidad (termoeléctricas)
- El transporte
- La industria
- La agricultura y la deforestación
- Los desechos sólidos biodegradables
- La ganadería
- Los arrozales

CO₂, el principal gas de efecto invernadero, está aumentando

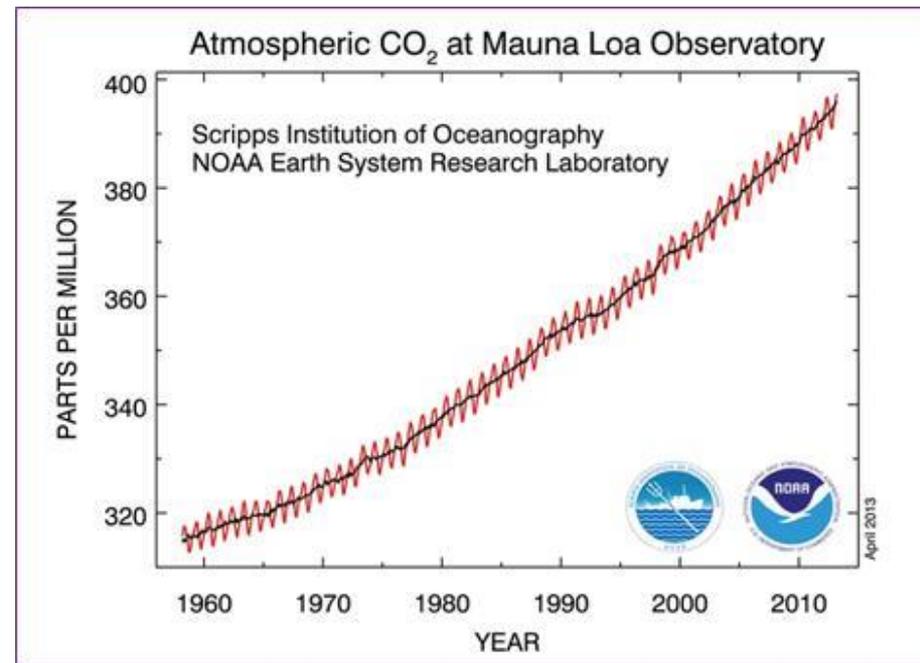


Emisiones máxicas mundiales de CO₂

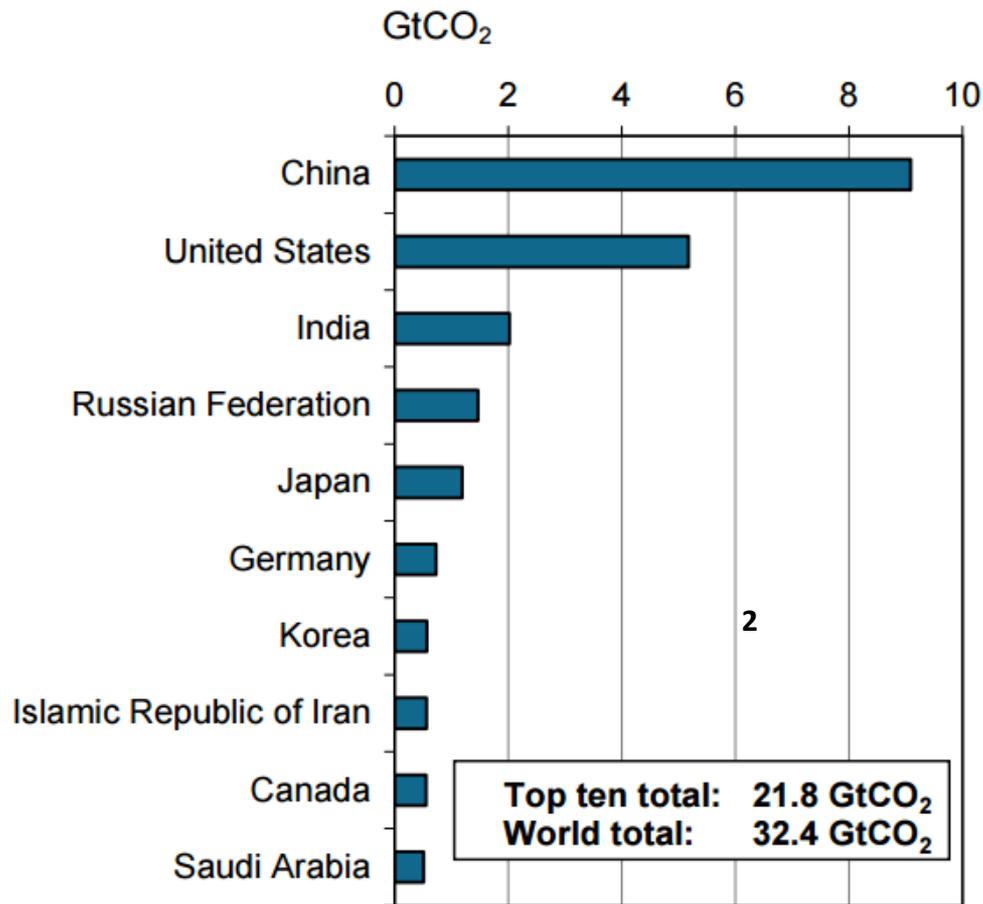
En los últimos 800.000 años pocas veces la concentración de CO₂ se acercó a 280 ppm. Valor al inicio de la época preindustrial

Actualmente los valores se mantienen por encima de 400 ppm

¡En el año 2013 por 1^o vez hubo una medición puntual de 403 ppm en Mauna Loa!



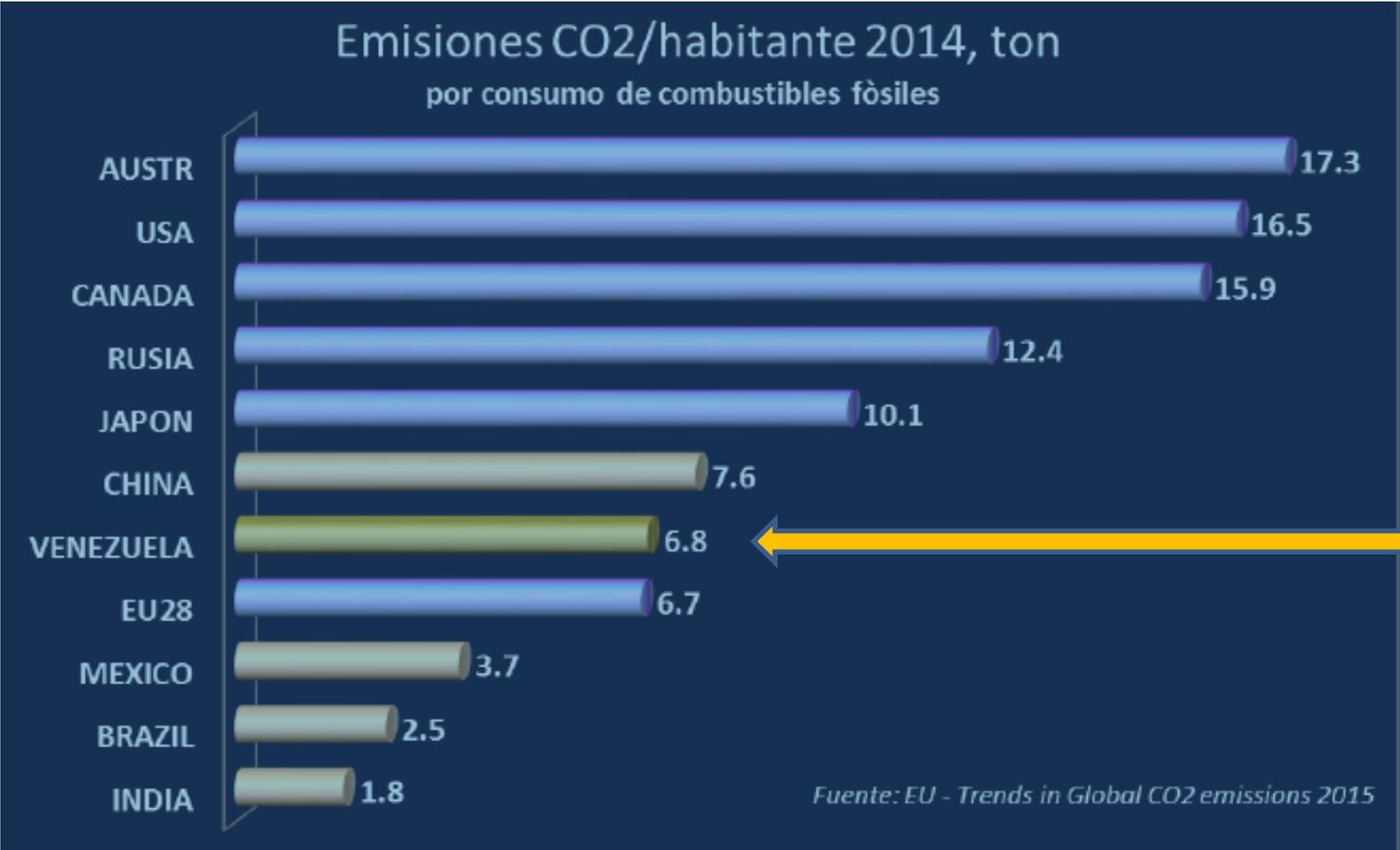
Concentraciones de CO₂ en el observatorio de Mauna Loa



El 67 % del total mundial de emisiones de CO₂ lo provocan estos 10 países

Venezuela emite 243 millones de toneladas de CO₂ eq (2º com. Nacional)

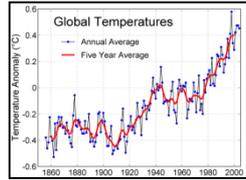
Top Ten países emisores de CO₂ en 2014



Fuente: Centeno

Emisiones de CO2, ton/habitante

¿Cómo se manifiesta el cambio climático?



Calentamiento global
Factor físico primario desencadenante



Elevación del nivel del mar



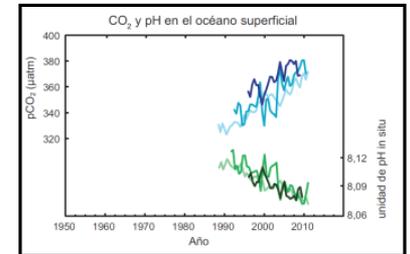
Incremento de eventos extremos de lluvias/sequías

Reducción de los glaciares y manto de nieve

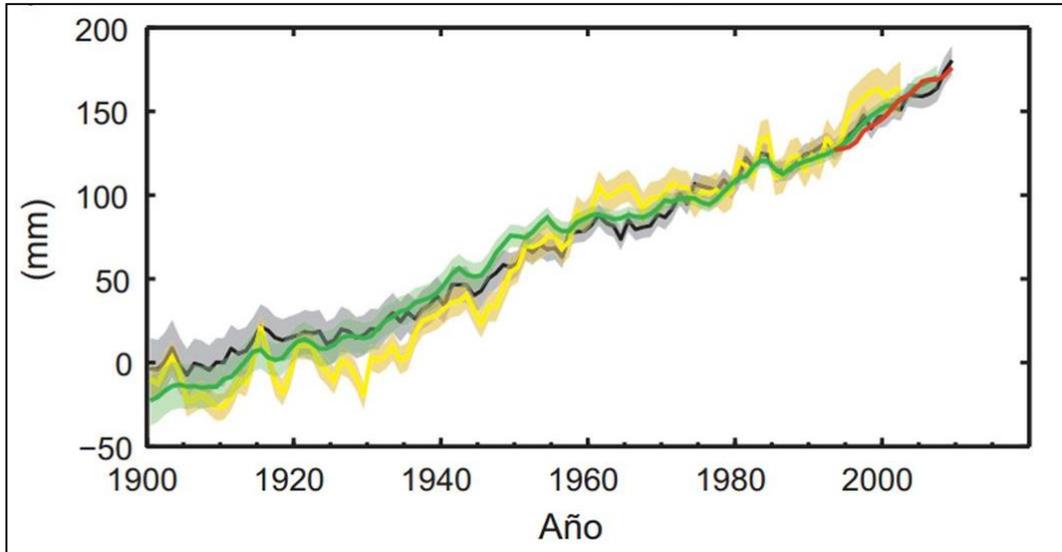


Principales evidencias del cambio climático

Acidificación de los océanos



La elevación del nivel del mar



Cambio de nivel medio global del mar

Fuente: Informe Grupo I- IPCC-Bases físicas. 2014

¡Más de la mitad de la población mundial vive a menos de 60 km de la costa!

- **La expansión** del agua a medida que se calienta y **la fusión** de mantos de nieve y glaciares, cuya masa va a los océanos, incrementan el volumen de agua.
- Entre 1901 y 2010 el nivel del mar se elevó 0,19 metros. **La tasa media de incremento es de 1,7 mm/año.**
- **Consecuencias más importantes:**
 - Incide en el **retroceso de la línea de la costa** en muchas regiones bajas del mundo.
 - Puede provocar **intrusión salina** en esas zonas bajas, con el peligro de pérdida de acuíferos.
 - Las **probabilidades de inundación** en la costa se incrementan.

Retroceso de la línea de la costa

- Un porcentaje relevante de la población mundial vive en zonas costeras. Los que están en zonas bajas y en deltas estarán más expuestos a pérdida de su hábitat.
- Países insulares en el Pacífico, con unos pocos metros sobre el nivel del mar están a punto de desaparecer:



Kirabati, 2 msns

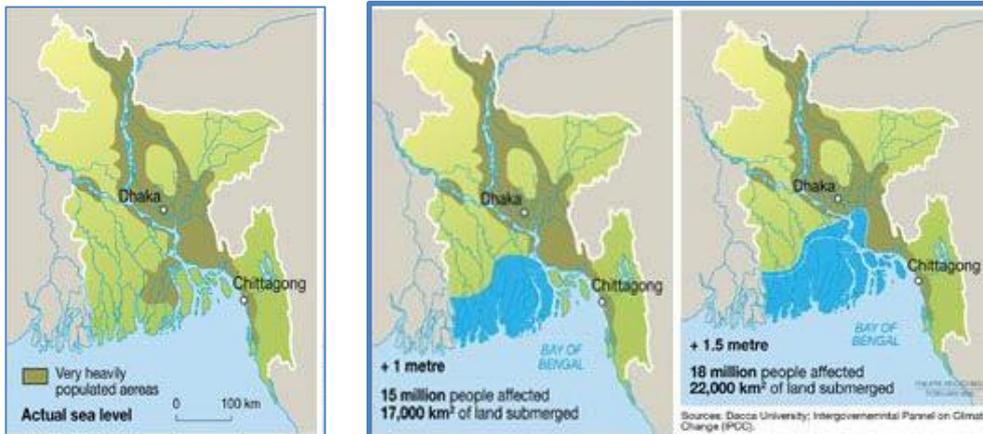


Maldivas, 2 msnm



Funafuti, capital Tuvalu
5 msnm

Caso de Bangladesh



Actualidad

Proyecciones según sea la elevación
del nivel del mar

Cambios en el patrón de distribución estacional de las precipitaciones y las sequías

El ciclo hidrológico ha comenzado a reaccionar ante el calentamiento. El patrón de distribución de las lluvias y sequías está cambiando.



Estos cambios no son uniformes. Se acentúa el contraste en las precipitaciones entre las regiones húmedas y secas.



La **intensidad** de las lluvias está aumentando. La magnitud y los períodos de las escorrentías están siendo afectados.

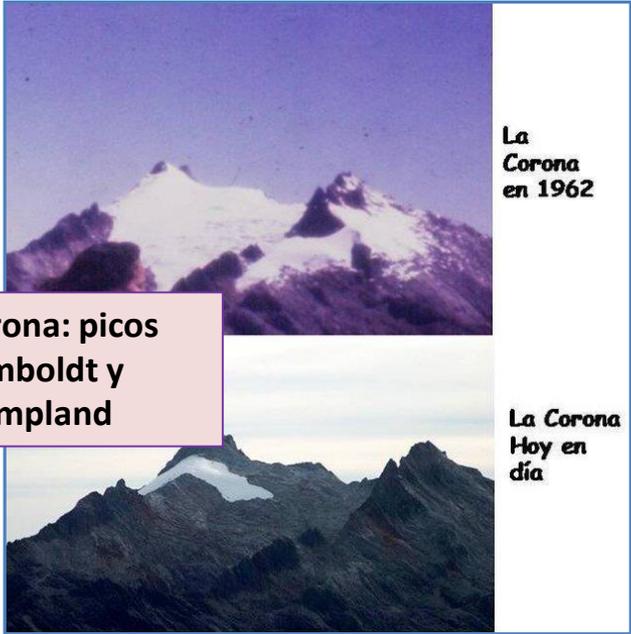
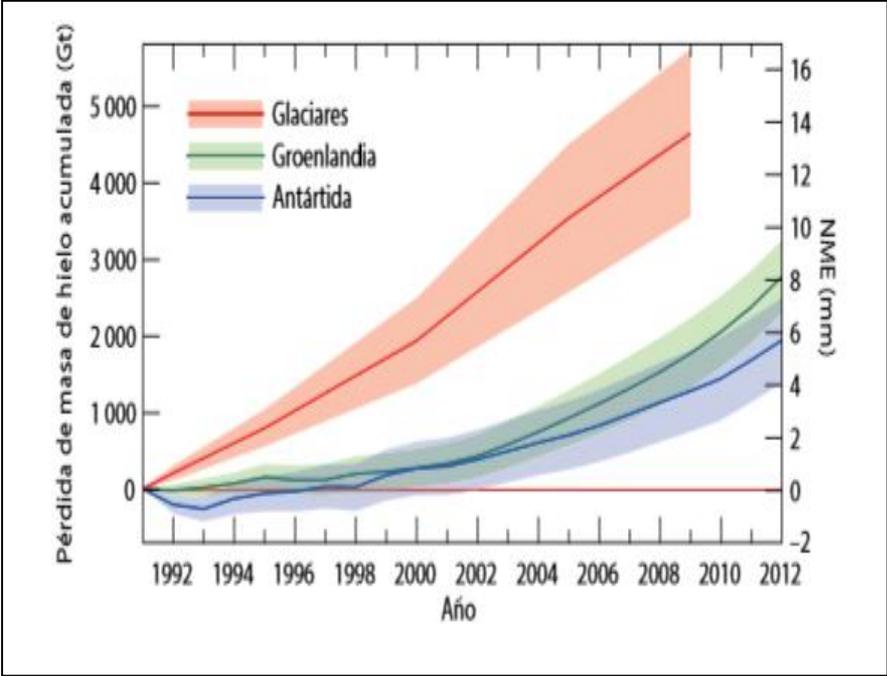
Las **lluvias extremas** se intensifican, presentándose las más importantes en los trópicos, con su secuela de **inundaciones** y **deslizamientos de tierras**.



Hay menor disponibilidad de agua y **aumento de las sequías** en las latitudes medias y en latitudes bajas semiáridas, disminuyendo la producción de alimentos:

Australia (2007-2012). California (2014-2016). Ciudad del Cabo (2015-2018).

Reducción de los glaciares y manto de nieve

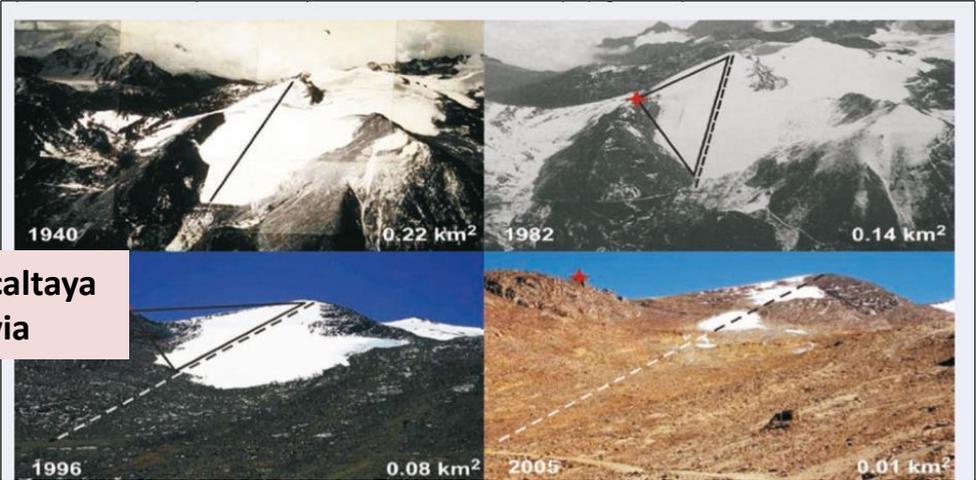


La Corona: picos Humboldt y Bompland

Fuente: Guerrero et al., 2003

Pérdida total de hielo de los glaciares y mantos de hielo en términos de masa (Gt) y de nivel de mar equivalente (NME) (mm).

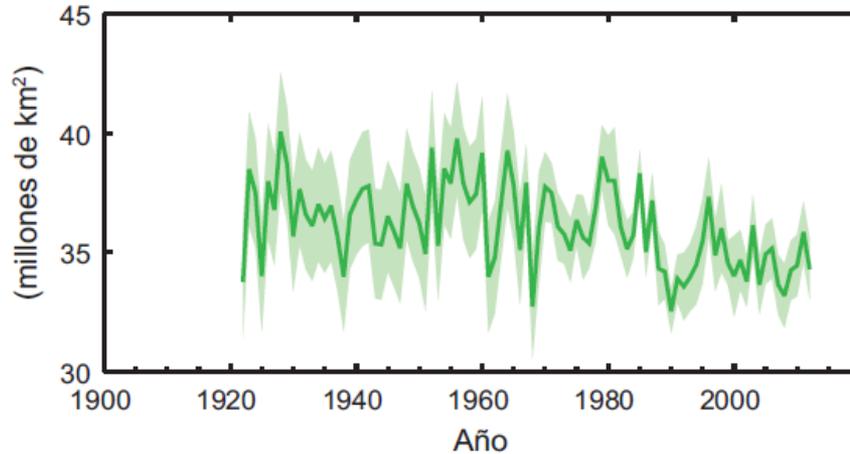
Fuente: Informe Grupo I- IPCC-Bases físicas. 2014



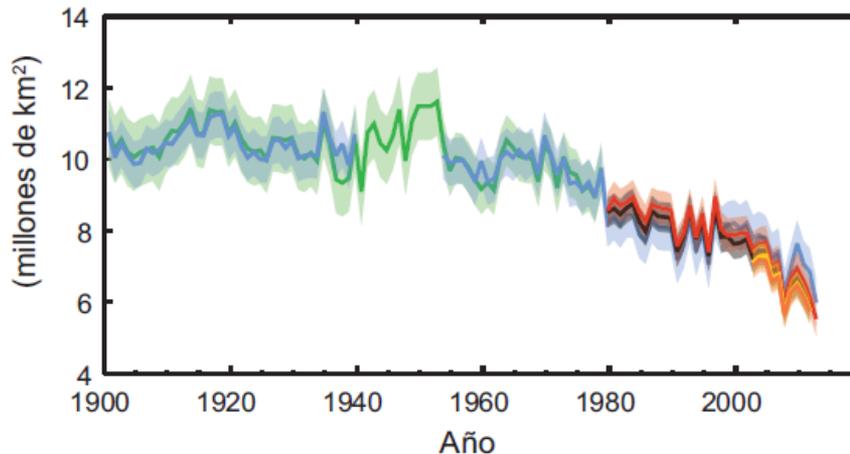
Glaciar Chacaltaya en Bolivia

Reducción de los glaciares y manto de nieve

a) Manto de nieve en primavera en el hemisferio norte



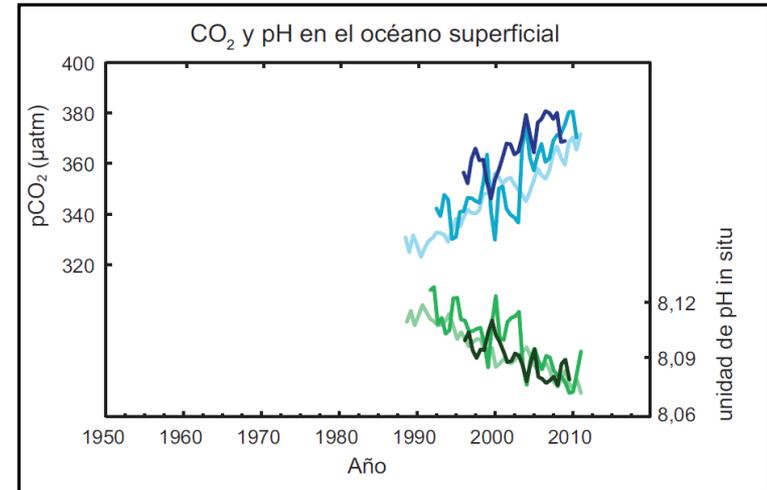
b) Extensión del hielo marino en verano en el Ártico



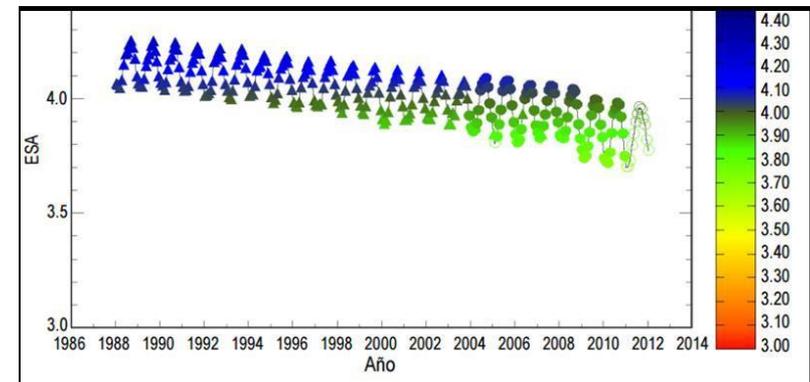
La tundra y las regiones árticas se enfrentan a pérdida de permafrost y la posibilidad de que se libere metano, que es un GEI mucho más potente que el dióxido de carbono

Acidificación de los océanos

- El incremento del CO_2 tiene un efecto adicional sobre el pH de los mares.
- El 30% del CO_2 emitido a la atmósfera es absorbido por los océanos y al intervenir en el equilibrio del H_2CO_3 causa la disminución del pH (IPCC, 2013).
- Desde la era industrial, el pH de los mares ha disminuido 0,1 unidades, en promedio (significa 26% de incremento de la concentración de H^+).
- pH más bajo incide negativamente en el crecimiento de los corales y otros seres vivos que forman conchas, alrededor del mundo, al causar menos calcificación.



Disminución promedio del pH en océanos



Estado de saturación de la aragonita para la región del Caribe

Cuanto menor sea el estado de saturación de la aragonita en el agua, más difícil será para los corales producir su esqueleto



El calentamiento global es el factor físico primario del cambio climático



- Elevación del nivel del mar
- Incremento de eventos extremos de lluvias /sequías
- Reducción de los glaciares y manto de nieve
- Acidificación de los océanos

Se observan impactos al:

- Sistema físico
- Sistemas biológicos
- Sistemas humanos y gestionados

Y desencadenan una serie de acontecimientos que afectan al planeta



¡Sin duda el cambio climático es un problema planetario!

- La salud humana
- los ecosistemas
- la agricultura
- La producción de alimentos
- los recursos hídricos
- las costas
- la economía en sus múltiples facetas
- las infraestructuras

**Ante la
realidad del
cambio
climático**

**¿Qué podemos
hacer?**

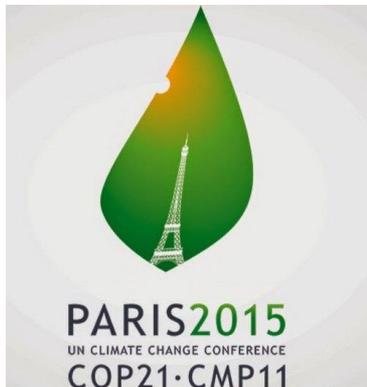
La comunidad internacional, a través de las Naciones Unidas, busca soluciones para estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global.



- 1988. Creación del IPCC (OMM y PNUMA y ratificado por ONU).
- 1992. En Cumbre de Río, entra en vigor la **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)**.
- 1998. El Protocolo de Kyoto. Medidas para reducir emisiones de GEI, en 2012, para industrializados (5,2% con respecto a 1990).
- 2007. Bali. Hoja de ruta en dos años: reducción de emisiones en 2020 y 2050. Cooperación internacional para adaptación, transferencia de tecnología y asistencia financiera.
- 2009. Dinamarca. Cumbre de Copenhague. Para firmar nuevos compromisos. Fracaso.
- 2015. Francia. Cumbre de París. Se logra acuerdo.

Ante la realidad del Cambio Climático

¿Qué acciones podemos tomar?



La 21ª Conferencia de la ONU sobre CC terminó con un acuerdo vinculante mundial entre los 195 países participantes (Acuerdo de París), para **evitar las emisiones de GEI**, y cuyo objetivo fundamental es evitar que el incremento de la temperatura media global **supere los 2°C** respecto a los niveles preindustriales.

Este acuerdo fue finalmente firmado por 175 países.



Incheon, Korea del Sur. Hace apenas unos días, se aprueba un reporte del IPCC, que **limita el calentamiento a 1,5°C** por encima de los niveles preindustriales. **Nuevas evidencias.**

¿Cuál es la principal estrategia para enfrentarnos al incremento de los GEI, en especial del CO₂?



Mitigación del Cambio Climático

Son acciones antropógenas que se realizan para:

- Reducir las emisiones de GEI
- Aumentar los sumideros (la cobertura vegetal de bosques y árboles urbanos)

Algunas acciones de mitigación pueden producir otros beneficios, tales como: reducir la contaminación atmosférica, reducir problemas de salud, proteger los bosques, suelos y cuencas hidrográficas.

Mitigación del Cambio Climático

Las acciones de mitigación pueden realizarse en aquellos sectores que son emisores o sumideros de GEI. Los más importantes:

- Producción de energía
- Industria
- Transporte
- Edificaciones

- Gestión forestal

Reducción de emisiones

Reducción de emisiones

Aumento de sumideros



En el sector de transporte

¿Qué podemos hacer para reducir emisiones de GEI?

- **Incentivar el transporte público:** el uso del transporte público masivo emite menos GEI por pasajero que el uso de carros individuales. Mejoras en el transporte público incentivan su uso.
- **Mejorar eficiencia del tránsito :** los autos circulan en un tiempo menor y hay menor emisión de CO₂.
- **Carros eficientes:** Al usar menor cantidad de combustible/km recorrido, disminuye la cantidad emitida de gases. Los fabricantes han incrementado la eficiencia bastante en los últimos años.
- **Carros eléctricos o híbridos:** casi todas las marcas tienen modelos eléctricos o híbridos. Aún son más costosos que los convencionales, pero la tendencia es a la baja. La autonomía también ha aumentado sustancialmente. En 2017 se vendieron 1,2 millones de unidades en el mundo ($\approx 1,5\%$ del total de carros vendidos).



Desarrollo de nuevas baterías con más capacidad

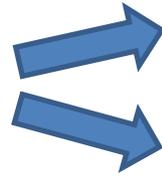
En el sector de las edificaciones ¿Qué podemos hacer para reducir emisiones de GEI?



- El uso de diseños bioclimáticos en edificios y viviendas permite ahorrar la energía destinada al aire acondicionado.
- Se están desarrollando vidrios fotovoltaicos
- El uso de bombillos ahorradores en hogares y comercios representa un ahorro de hasta 60% de energía (con el debido cuidado de la disposición final del bombillo).
- La adopción de normas de eficiencia eléctrica para los artefactos electro domésticos también reduce el consumo de energía y las emisiones de GEI.
- El reciclaje de los desechos también reduce el consumo de energía y evita la generación de CH₄ cuando se trata de desechos orgánicos.

¿Qué podemos hacer para mejorar la gestión forestal?

Dos frentes



Disminuir la deforestación

Incrementar la cobertura vegetal

- La deforestación y el cambio de uso de la tierra representan el 17% de las emisiones globales de CO₂ a la atmósfera.

- El carbono almacenado en los bosques deforestados pasa a la atmósfera bien por acción del fuego o de forma lenta en la descomposición de residuos vegetales y en la pérdida de los suelos. **Hay que detener la deforestación.**

- Se debe gestionar el **incremento** de la cobertura vegetal.
- Además de **servir de sumidero** para el CO₂ por acción de la fotosíntesis, tiene **co-beneficios**:
 - produce O₂, tiene valor escénico, apoya la biodiversidad, mejora el control de inundaciones y la producción de agua en las cuencas.



En el sector de producción y consumo de energía (incluye termoeléctricas e industrias)

¿Qué podemos hacer para reducir emisiones de GEI?



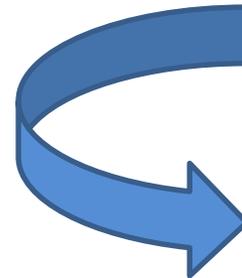
- Aumento de la eficiencia energética de las maquinas y equipos industriales que utilizan combustibles fósiles (calderas, bombas, hornos, compresores, , entre otros).
- Introducción de aparatos electrodomésticos más eficientes.
- Reemplazo del carbón y el fueloil por gas natural al generar electricidad.

¡Adopción de fuentes de energía renovables!

ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los más eficientes	A	Hay alto nivel de eficiencia: un consumo de energía inferior al 55% de la media.
	B	Entre el 55% y el 75%.
	C	Entre el 75% y el 90%.
Los que presentan un consumo medio	D	Entre el 90% y el 100%.
	E	Entre el 100% y el 110%.
Alto consumo de energía.	F	Entre el 110% y el 125%.
	G	Superior al 125%.

Interpretación de etiquetas de eficiencia energética. su eficiencia y/o costos de energía, esto es de gran utilidad al momento de decidir la compra de nuevos artefactos.



Energías Renovables

Son limpias
No generan o generan muy poco GEI

Son energías sustentables



Se producen a partir de fuentes inagotables como el sol, el viento y el agua o de fuentes renovables como la biomasa.

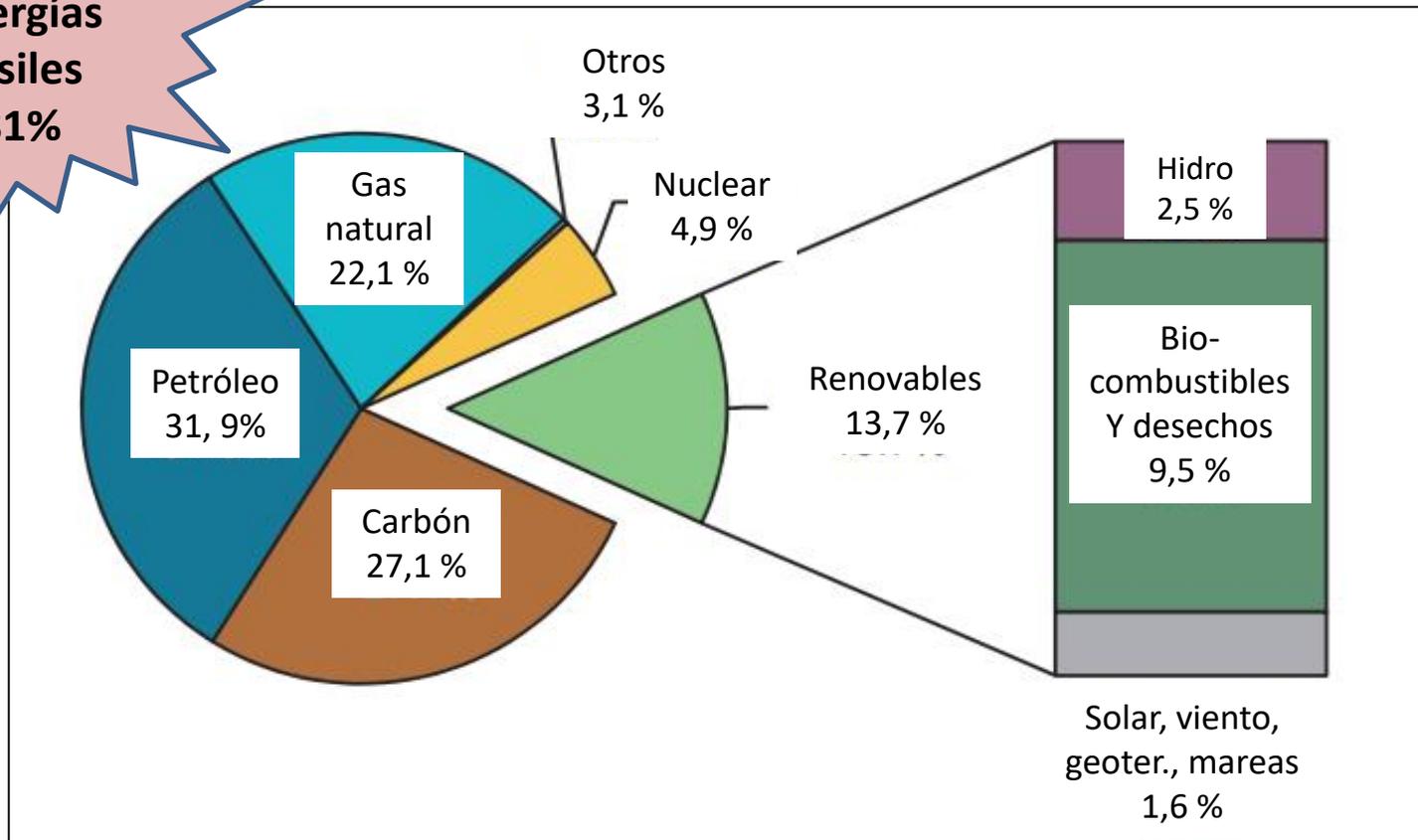
Algunas de estas tecnologías pueden usarse descentralizadas (en el punto de uso) caso de zonas rurales o formando parte de las redes centralizadas.

Entre la variedad de tecnologías de energías renovables existen diferentes grados de madurez tecnológica y desarrollo comercial



¿Qué papel ocupan las energías renovables en la oferta mundial de energía?

**Energías fósiles
81%**



Distribución porcentual a nivel mundial del consumo de energía, 2016



¡El uso de las energías renovables está creciendo!

Su tasa de crecimiento es mayor a la de los combustibles fósiles

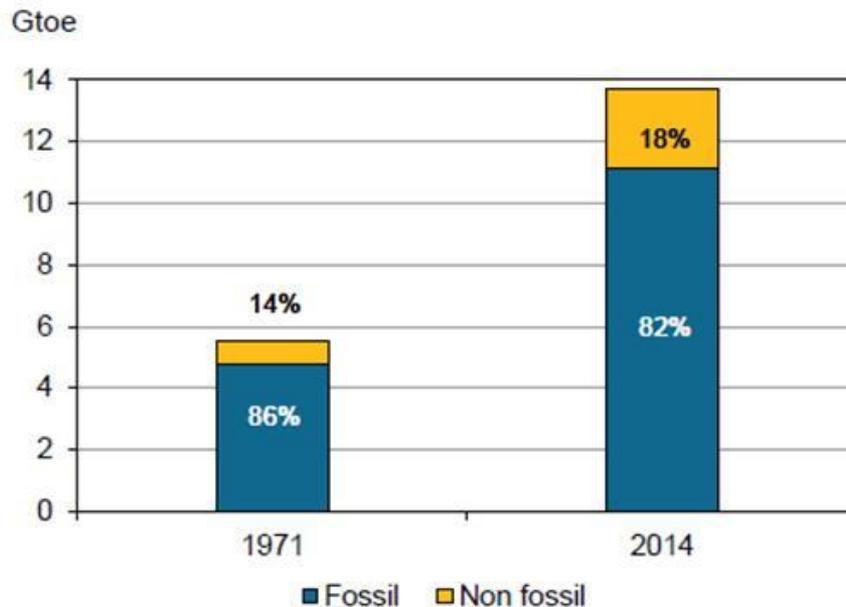
Los costos están bajando

Aun el mercado energético mundial está dominado por los combustibles fósiles

Pero con tendencia a la baja

El suministro de energía a partir de fuentes renovables se está incrementando

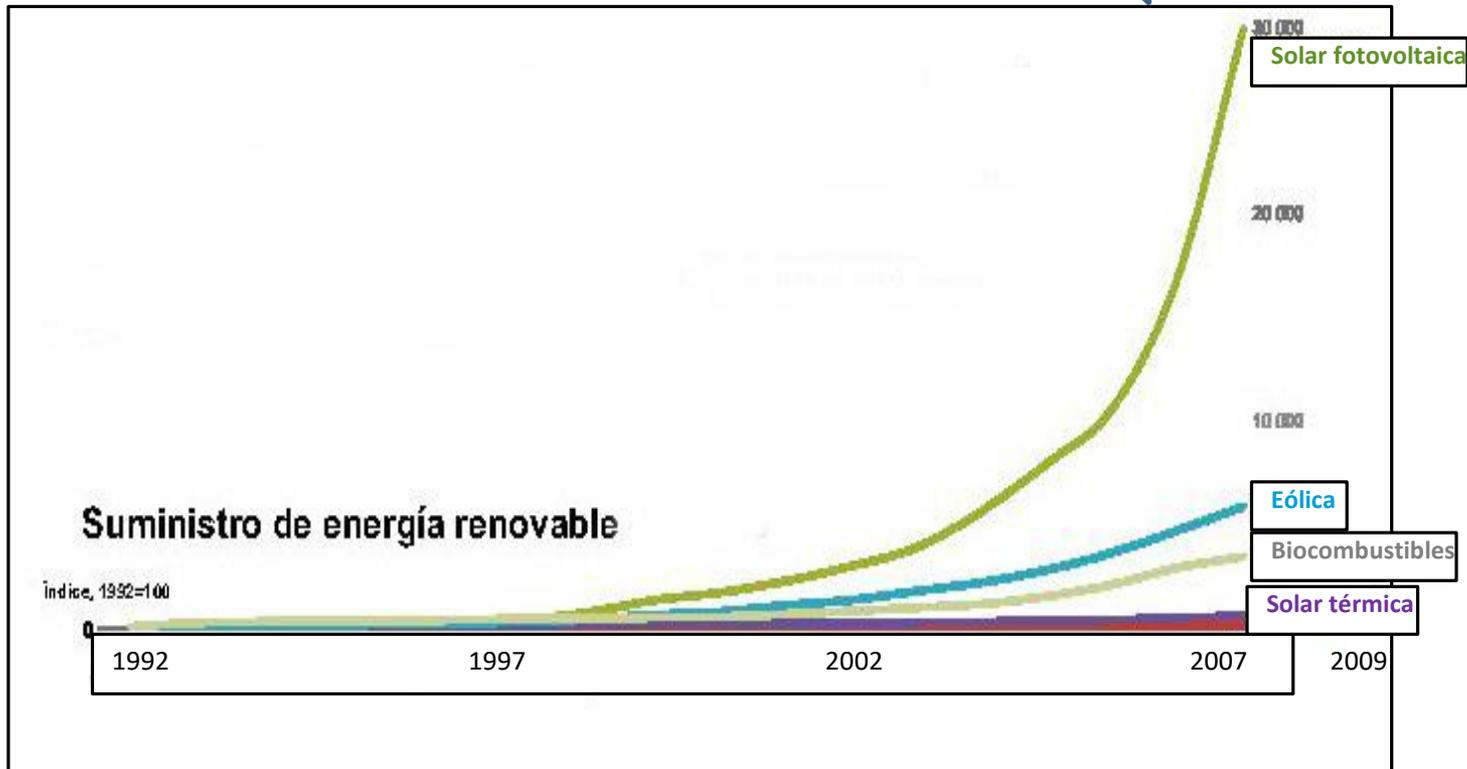
Suministro primario mundial de energía 1971-2014



El pronóstico para 2017-2022 es que la capacidad de las energías renovables tenga un incremento de 43%.

China e India son los principales responsables de tal crecimiento.

El suministro de energía proveniente de fuentes renovables ha estado incrementándose desde comienzos del siglo.

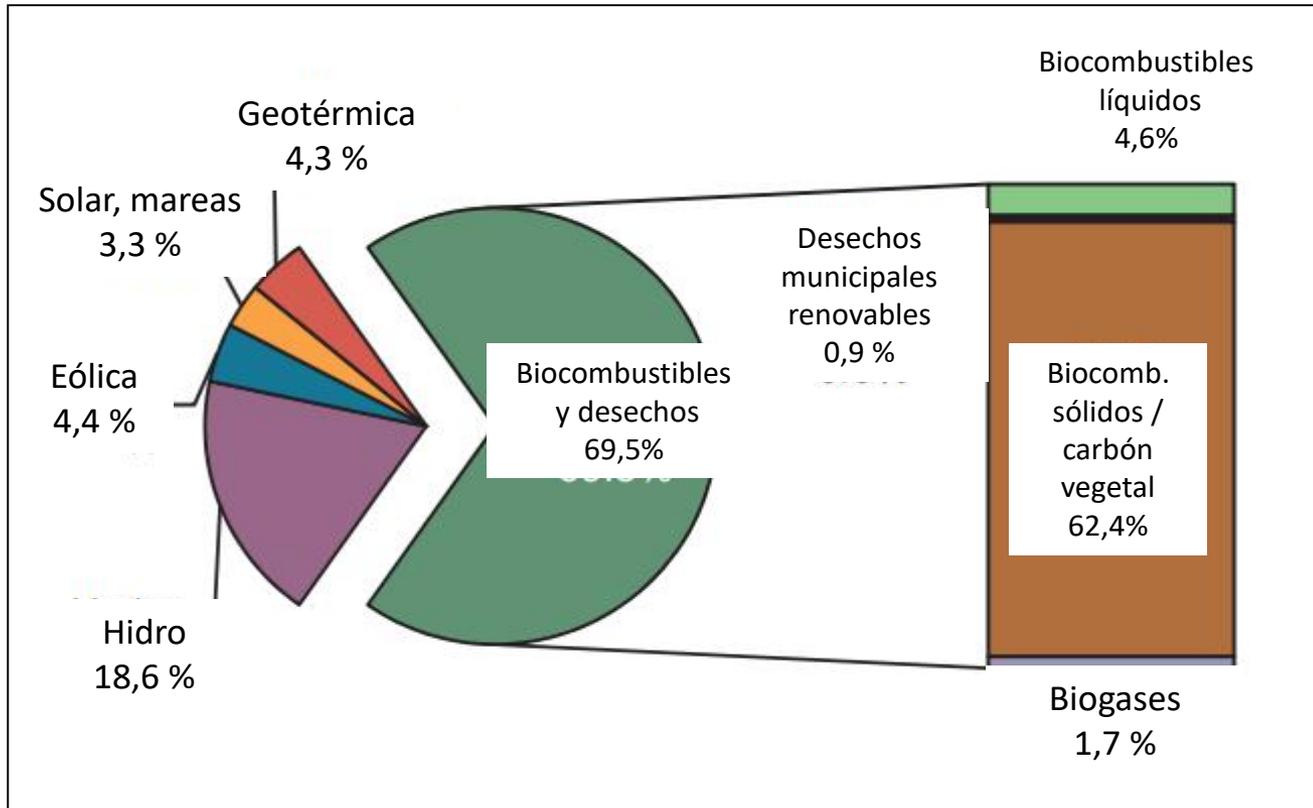


Tipos de energías renovables

- Energía hidráulica
- Bioenergía
- Energía solar
- Energía eólica , entre otras



¿Cómo se reparten las energías renovables?



Distribución porcentual, a nivel mundial, de las energías renovables, 2016

Energía Hidroeléctrica

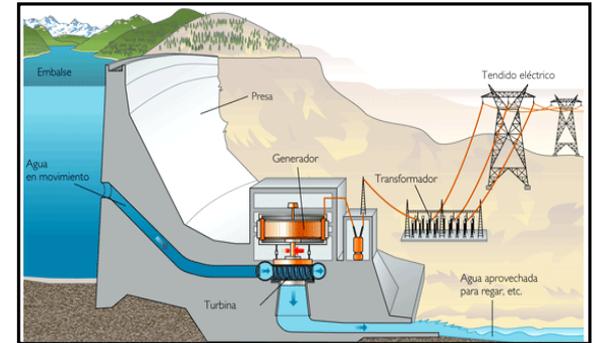


- Es una tecnología madura.
- Aprovecha la energía cinética del agua moviéndose desde elevaciones superiores a inferiores y al pasar por las turbinas provoca un movimiento de rotación que transforma dicha energía en electricidad, gracias a los generadores.
- Los proyectos de energía hidráulica son muy complejos, incluyen una represa y un reservorio o embalse. Generalmente el embalse para hidroelectricidad es de usos múltiples: abastecimiento de agua, control de inundaciones, irrigación y recreación.
- La construcción del embalse frecuentemente **ocasiona impactos ambientales** que deben tomarse en cuenta antes de tomar la decisión de su construcción.

En generación de electricidad la energía hidráulica representa el 24%

Ventajas de la energía hidroeléctrica

- Energía renovable
- Pocos contaminantes atmosféricos y en especial GEI
- Recurso independiente de los combustibles
- Ahorro de combustibles
- Flexible para satisfacer la carga
- Tecnología muy eficiente
- Tecnología fiable, duradera y comprobada
- Bajos costos de operación y mantenimiento



Desventajas de la energía hidroeléctrica

- Altos costes de inversión
- Es dependiente de la hidrología (precipitación)
- Inundación de terrenos y de hábitats de fauna salvaje.
- Pérdida o modificación del hábitat de los peces.
- Restricción del desplazamiento o del paso de los peces
- En algunos casos, cambios en la calidad del agua del embalse y de la corriente.
- Generalmente, desplazamientos de las poblaciones locales.

Bioenergía

Energía obtenida a partir de materia orgánica originada en un proceso biológico: **biomasa**.

La biomasa incluye residuos forestales, agrícolas y ganaderos, plantaciones de rotación corta, cultivos energéticos, componentes orgánicos de desechos municipales, entre otros.



¿Cómo se usa
la biomasa?

Directamente, quemando leña, estiércol y residuos agrícolas. Es la forma tradicional de usarla en África, Asia y Latinoamérica.

Se usa para cocinar y para calefacción y también como combustible para la generación industrial de vapor en calderas.

Indirectamente, transformándola en biocombustibles **para generar electricidad**.

Reemplazan a combustibles fósiles.

Bioenergía



Biocombustibles

Forma de bioenergía a partir de biomasa vegetal o animal, por ello renovable, que permite el reemplazo de combustibles fósiles.

Biodiesel: es un biocombustible líquido obtenido a partir de aceites vegetales o grasas animales, usados o nuevos, por esterificación o trans esterificación. Se usan especies como maíz o plantas oleaginosas como girasol, soja o palmas.

Bioetanol: es un biocombustible líquido obtenido por fermentación de almidón contenido en biomasa vegetal. Se usan féculas y cereales (trigo, maíz, centeno, yuca, papa y arroz) y azúcares (melaza de caña, melaza de remolacha, frutuosa).

Biogas: es el gas metano producto de la descomposición anaerobia de materia orgánica. Lodos de depuradoras pueden usarse como materia prima.

Bioenergía

- El abanico de tecnologías de bioenergía es amplio. La madurez tecnológica varía sustancialmente.
- Algunos ejemplos de **tecnologías maduras** disponibles comercialmente:
 - Calderas pequeñas y a gran escala
 - Uso de pellets para calentamiento
 - Producción de etanol a partir de azúcar y almidón
 - Producción de biodiesel a partir de grasas (nuevas o usadas)
- En **etapa de investigación**:
 - Producción de biocombustibles a partir de algas.
- Las tecnologías de bioenergía tienen aplicaciones en arreglos centralizados y descentralizados con el uso tradicional de biomasa (leña) en países en desarrollo.



Ventajas de la Bioenergía

- Sustituye o disminuye las emisiones de CO₂.
- Energía renovable.
- En algunos casos, posibilita el uso productivo de tierras marginales.
- Puede favorecer la generación de empleo en áreas rurales.
- Puede usarse material de desecho (residuos agrícolas, aceites usados, desechos municipales)



Desventajas de la Bioenergía

- Puede promover el monocultivo y la pérdida de la biodiversidad.
- Incremento de la deforestación. En algunos casos grandes extensiones de selvas primarias.
- Aumento del precio de los alimentos por el desvío de los cultivos agrícolas hacia la producción de combustibles.
- Uso de agroquímicos
- Pueden incrementar la erosión y la degradación de los suelos.
- Usa grandes extensiones de terreno

Energía Solar

El potencial de energía solar teórica que recibimos en 15 minutos equivale al consumo mundial de un año

Familia de tecnologías de diversa naturaleza, que aprovechan la radiación solar directa:

- **Aprovecha el calor:**
 - Solar térmica
 - Concentrador de calor
- **Aprovecha la luz:**
 - Fotovoltaica



Solar térmica: **calentamiento** de agua para edificaciones, piscinas y procesos de calor para industrias .

Concentración de luz solar: **generación de electricidad** por concentración óptica de energía solar que consigue altas temperaturas en fluidos que mueven generadores.

Fotovoltaica: **generación de electricidad** vía conversión directa de luz solar a electricidad mediante celdas fotovoltaicas.



Energía Solar Térmica

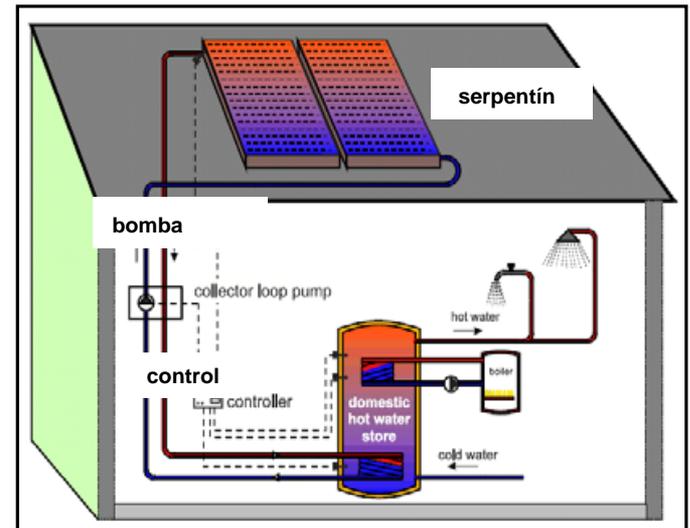
Utilizados en calefacción residencial y calentamiento en procesos industriales.

Usa una placa metálica (el colector solar) con acabado superficial que absorbe al máximo la radiación solar. Sobre la placa se coloca un serpentín que contiene agua y está protegido por una tapa de cristal.

La radiación solar atraviesa el cristal, calienta la placa metálica y se concentra el calor en el colector.

Se obtiene hasta 80-90°C, apropiado para residencias.

Para el caso de las industrias el sistema es muy similar, pero se hace vacío dentro del colector y se obtiene vapor, alcanzando de 100 a 250°C.



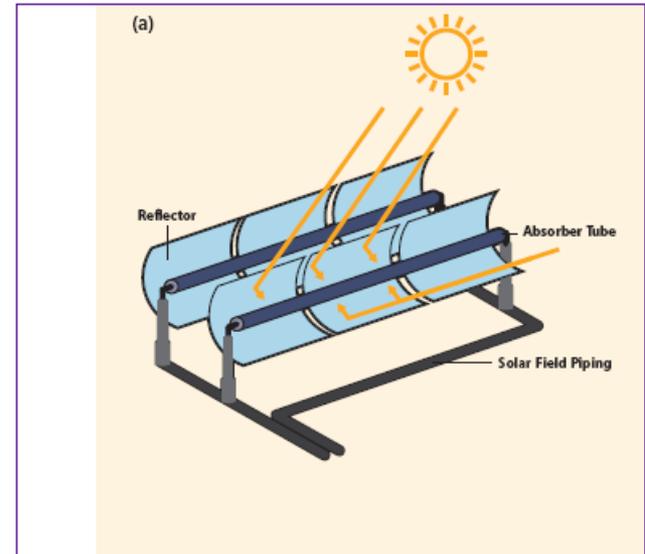
Generación de energía eléctrica por concentración solar

Se basa en que los rayos del sol se concentran en una superficie parabólica longitudinal pulida que refleja la radiación solar y la concentra en el centro de la parábola. Esta es una de las configuraciones existentes.

En el centro de la parábola se instala una tubería por donde circula un fluido que es el medio de transferencia de calor (en diseños comerciales es aceite) y se calienta al recoger el calor concentrado y está conectado a un motor térmico donde se genera la electricidad.

Con esta configuración se alcanzan temperaturas hasta 250°C.

Su aplicación está enfocada a generación centralizada



Generación de energía eléctrica por concentración solar



- **Otra configuración de concentrador solar** usa una torre sobre la que se refleja la luz de unos espejos móviles reflectantes (heliostatos).
- Esta planta instalada en Sevilla, la conforma un campo con 1.225 espejos de 120 m² que reflejan la luz del sol sobre una torre de 145 metros de altura.
- El calor se emplea para producir el vapor que acciona las turbinas donde se genera la energía eléctrica.

- Esta tecnología tiene la habilidad de almacenar energía térmica después de colectarse en el receptor y antes de ir a la turbina.
- Se han construido plantas comerciales con capacidad de almacenamiento de hasta 15 horas.

En 2017, la energía solar concentrada incluyendo el almacenamiento térmico se está ofreciendo a menos de \$ 0,10/kWh

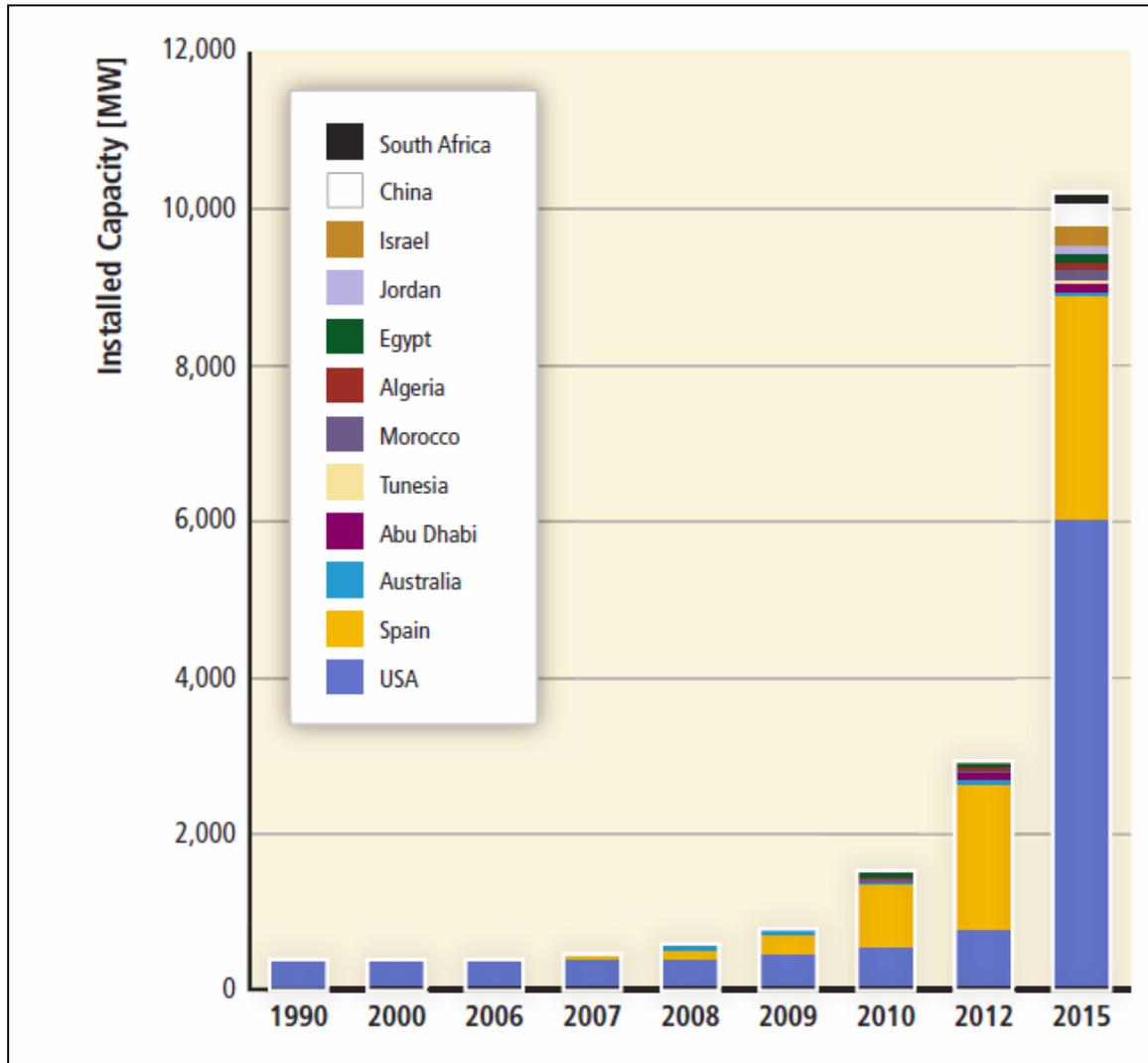
Generación de energía eléctrica por concentración solar

Ivanpah Solar Electric Generating System

- Esta situada entre California y Nevada.
- Cada torre tiene 300.000 espejos de 2mx3m, controlados por computadora.
- Los espejos apuntan directo a la torre de 140 m de altura



- La luz reflejada por los espejos convierte el agua de la torre en vapor y activa las turbinas que generan la energía.
- Las 3 torres instaladas están rodeadas de espejos en un área circular.
- **Producen 392 megawatts (MW) que son utilizados por 140.000 hogares**
- La disminución de CO₂ que provocan equivale a **sacar de la circulación a 72.000 vehículos**



Plantas instaladas usando concentradores solares

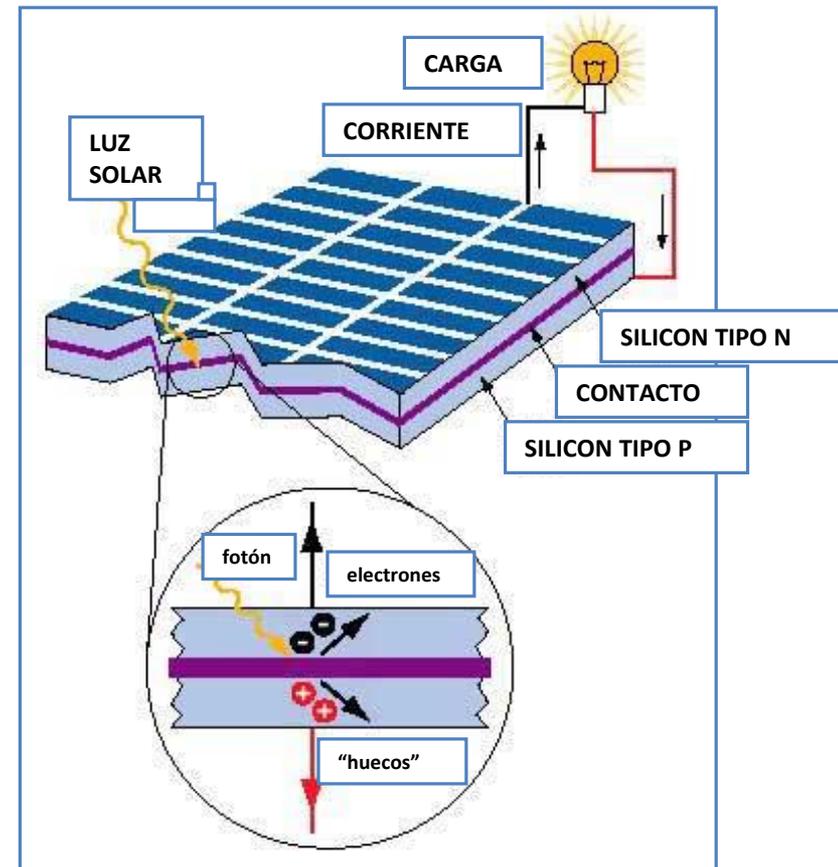
Energía Solar Fotovoltaica

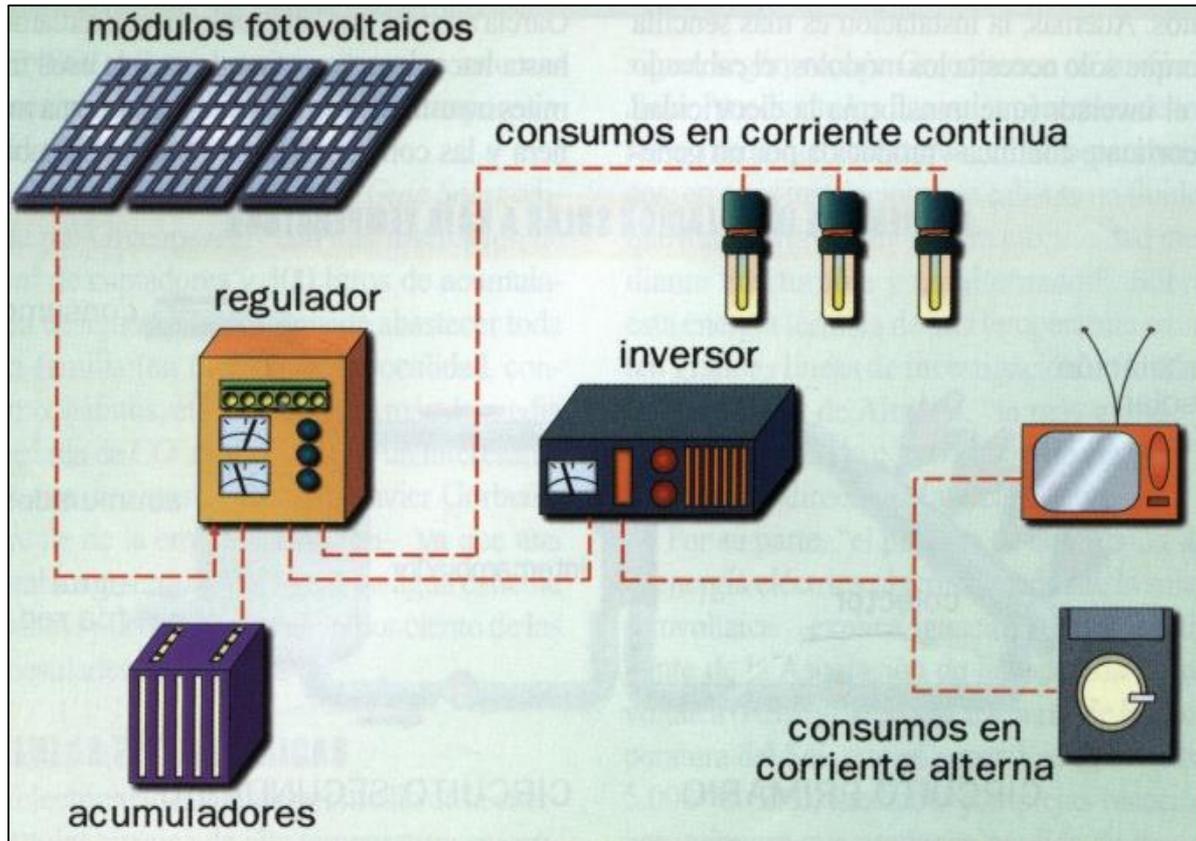
Conversión de energía lumínica procedente del sol en energía eléctrica (efecto fotovoltaico), al utilizar celdas solares.

Las celdas son láminas delgadas (0,2-0,4 mm) de cristal de silicio (semiconductor) con la superficie tratada para producir electrones móviles.

La luz solar atraviesa la lámina de silicio y los fotones son absorbidos y la energía es transferida al semiconductor liberando un flujo de electrones que genera la electricidad.

Para obtener el voltaje y corriente requerido hay que unir celdas en serie y así se constituyen los módulos solares





- Adicionalmente se requiere un convertidor de corriente continua a corriente alterna, para que sea compatible con las redes comunes y equipos.
- El sistema debe incluir una batería que almacene energía eléctrica para usarla cuando la radiación baje o sea nula.

Esquema de instalación solar fotovoltaica

La generación de energía solar fotovoltaica ha reducido en 300 millones de toneladas por año las emisiones de CO₂ (IRENA, 2016)



Solar Star California. 579 MW



Parque solar Golmud, Quinhai China. 500 MW



Charanka Solar Park. Gujarat, India. 500 MW



Granja Solar Cestas, Burdeos, Francia. 300 MW

Plantas de energía solar fotovoltaica entre las diez más grandes del mundo

Energía Solar Fotovoltaica



Ventajas

- Su fuente es inagotable
- No genera emisiones de CO₂
- No produce ruidos
- Puede instalarse en sitios remotos y también en forma centralizada.
- Implantación sencilla

Limitaciones

- Eficiencia energética relativamente baja
- Para plantas grandes requiere grandes extensiones de terreno. Por eso se están instalando en zonas desérticas.
- Impacto ambiental de algunos sistemas (desechos tóxicos)
- Intermitencia por la dependencia de luz solar.
- En sus inicios el costo era elevado (especialmente la fotovoltaica). Pero en los últimos años han disminuido considerablemente y es competitiva.



Actualmente el coste de la electricidad producida en instalaciones FV se sitúa entre 0,05-0,10 \$/kwh en Europa, China, India, Sudáfrica y Estados Unidos.

En Dubai, se alcanzó un nuevo record de 0,0584 \$/kwh en un gran proyecto (2015)

Algunos datos sobre energía solar fotovoltaica y su crecimiento

- En 2016, la capacidad mundial de generación de energía solar fotovoltaica (ESF) creció 50%, alcanzando 74 GW.
- Por primera vez, la energía solar fotovoltaica creció más rápido que cualquier otro combustible.
- China representó casi 50% de esta expansión.
- Los precios de este tipo de energía alcanzaron un record a la baja : \$ 0,030/kWh



La **energía solar fotovoltaica** está entrando a una nueva era. Las estimaciones para los próximos 5 años representan el mayor incremento anual de renovables, por encima de la hidráulica y eólica.

La predicción para 2022 es de alcanzar 740 GW. Esta cantidad representa la capacidad total de India y Japón combinadas, hoy en día.

Energía Eólica

•Aprovecha la energía cinética del aire en movimiento y la transforma en energía mecánica que posteriormente con los aerogeneradores se transforma en energía eléctrica.

Un rotor provisto de álabes o palas que ofrecen resistencia al viento ocasionan su giro y esa energía de rotación va al generador eléctrico.

•Desde los 80's ha habido un incremento en la capacidad de las turbinas de generar electricidad (de 75 kW a 1,5 MW) al tiempo que los costos han declinado.

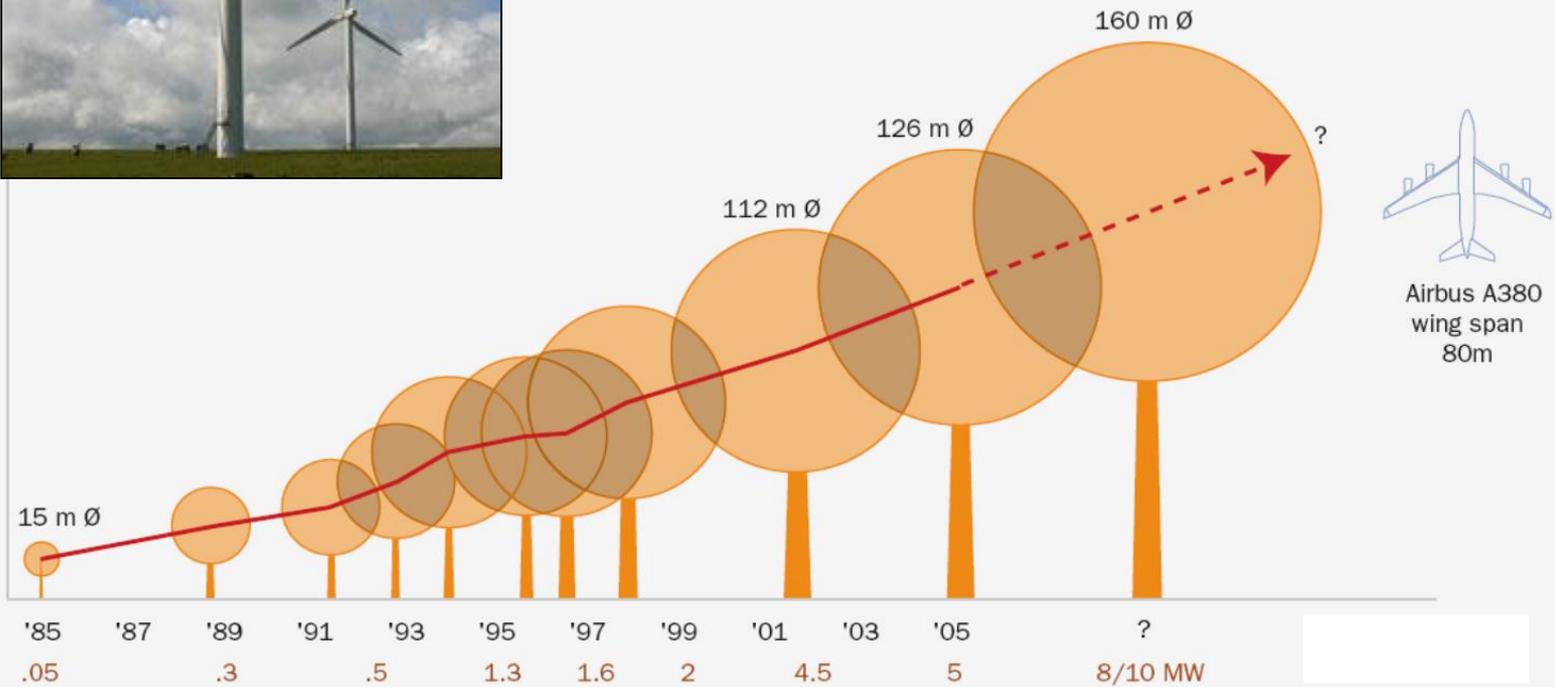


Energía Eólica

Las turbinas son cada vez más grandes.



DIAMETRO DEL ROTOR (m)



Energía Eólica



- La energía eólica puede utilizarse descentralizada o conectada a redes de distribución eléctrica. Le da versatilidad.
- Actualmente es una tecnología madura para muchas aplicaciones.
- Las condiciones locales de vientos influyen sobre el suministro de energía eléctrica constante.
- Existen aerogeneradores en tierra y costa afuera. La tecnología para costa afuera está menos madura y es más costosa.

- Para lograr una generación significativa de electricidad, se deben instalar varios aerogeneradores en una misma área, denominada parque eólico.
- Un parque consta de decenas de aerogeneradores o más.

Ventajas de la energía eólica

- Es una energía limpia. No contamina.
- No genera CO₂. Una instalación de 1MW en operación ahorra la emisión de 3.900 ton CO₂ eq.
- El viento es inagotable.
- Instalación relativamente rápida en áreas remotas y posibilidad de reubicación de los aerogeneradores
- Ocupa poco espacio.



Desventajas de la energía eólica

- Ruido, proveniente del giro de los engranajes y del choque de las aspas con el viento. Se ha mejorado mucho.
- Dependiente de condiciones de viento que son impredecibles.
- Deterioro del paisaje.
- Amenaza para las aves. *Estimada en 20 aves/turbina/año por una ONG vs 0,36 aves/turbina/año por un fabricante. El IPCC (2012) da un rango entre 1-12 aves/MW/año.*
- Peso y dimensiones de los equipos dificulta el transporte.

- **En 2017 se añadieron a nivel global 47 GW de energía eólica (incluye 4 GW de energía eólica costa afuera).**
- **Entre 2017 y principios 2018 los costos promedios ponderados globales para energía eólica alcanzan \$ 0,10/kWh**

¡Hay cambios importantes en la matriz energética mundial!



Ha habido una rápida expansión de las tecnologías energéticas renovables y reducción de costes .

Desde 2010 hasta 2016, los **costos** de las energías renovables han disminuido:

- La nueva energía solar FV en un 70%
- La energía eólica en un 25%
- Las baterías en un 40%

Las fuentes renovables de energía satisfacen el 40% del **aumento** de la demanda primaria y han tenido un crecimiento explosivo en el sector eléctrico

En 2016, el crecimiento de la capacidad solar fotovoltaica fue mayor que el de cualquier otra forma de generación **incluyendo a los combustibles fósiles.**



Tendencias de las energías renovables a nivel mundial



En 2017, el sector de la energía renovable, en su conjunto, añadió 167 GW de capacidad energética y representa un crecimiento de 8,3% sobre el año anterior.

Por 6 años sucesivos la capacidad de generación de potencia adicional de ER excede a las fuentes convencionales .

El pronóstico 2017-2022 es que la capacidad de energías renovables se expanda a 920 MW (43% de incremento).

China e India son los principales responsables de tal crecimiento.

En este escenario mundial de las energías renovables ¿Cómo es la situación de Venezuela?

Alrededor del 60 % de la electricidad del país es hidroeléctrica. Esto supone vulnerabilidad ante las sequías.

15.420 MW instalados

- Las energías solar y eólica ocupan un lugar incipiente.
- En Paraguaná se ha proyectado un parque eólico con 76 aerogeneradores de los que se han instalado 24 con una capacidad de 52,8 MW.
- En la Goajira se instalaron 12 aerogeneradores (2013), de 2,1 MW cada uno.

La energía solar fotovoltaica está orientada a proveer de electricidad a instalaciones pequeñas en zonas remotas de difícil acceso.

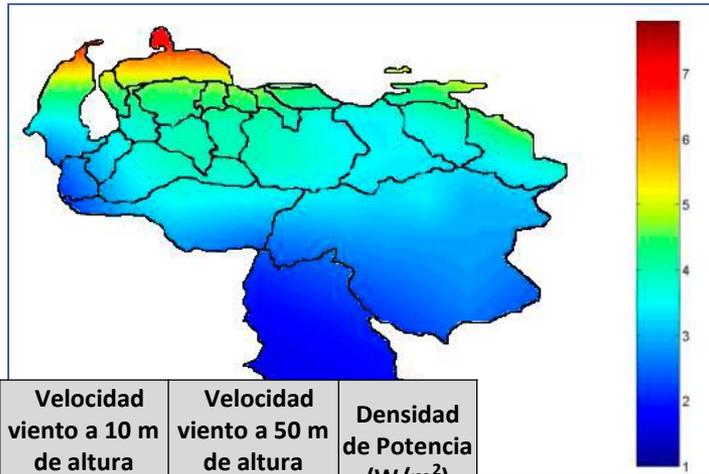
En 932 comunidades aisladas, indígenas y fronterizas se han instalado sistemas solares fotovoltaicos, pequeños aerogeneradores y micro redes rurales híbridas.

En Zulia y Falcón se beneficiaron 200.000 personas en 13 comunidades con micro redes rurales híbridas.



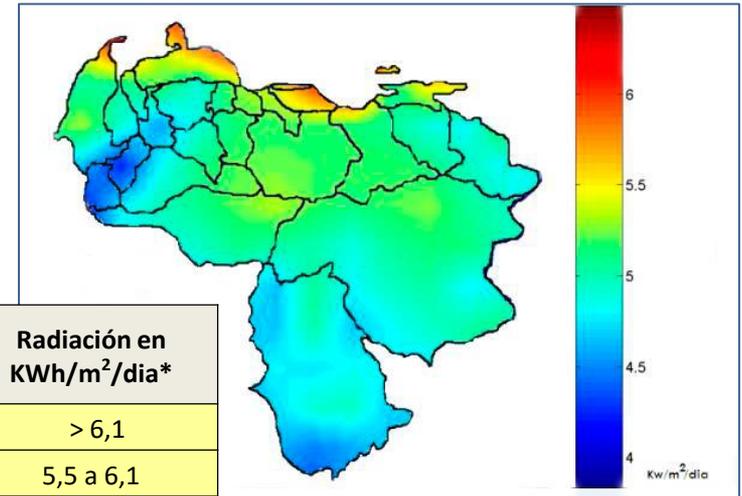
Venezuela tiene potencial para la energía eólica y la solar

Eólica



POTENCIAL	Velocidad viento a 10 m de altura (m/s)	Velocidad viento a 50 m de altura (m/s)	Densidad de Potencia (W/m ²)
Pobre	< 4,4	<5,6	< 200
Insignificante	4,4 - 5,1	5,6 - 6,4	200 - 300
Común	5,1 - 5,6	6,4 - 7,0	300 - 400
Bueno	5,6 - 6,0	7,0 - 7,5	400 - 500
Excelente	6,0 - 6,4	7,5 - 8,0	500 - 600
Sobresaliente	6,4 - 7,0	8,0 - 8,8	600 - 800
Magnifico	>7	>8,8	>800

Solar



POTENCIAL	Radiación en KWh/m ² /dia*
Supremo:	> 6,1
Premium:	5,5 a 6,1
Excelente:	5,2 a 5,5
Bueno:	4,9 a 5,2
Regular:	< 4,9

Fuente: Fumo, N. 2006. UET

Fuente: Posso, F. 2011. ULA

Venezuela puede integrarse al uso de la energía solar y eólica

Venezuela ha sido firmante de todos los acuerdos a que se ha llegado en las reuniones internacionales de la ONU sobre cambio climático.

En particular del acuerdo de la Cumbre de París



PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11

En cumplimiento de tales acuerdos, la mitigación de los GEI está en sus planes.

El 40% de sistemas termoeléctricos con que cuenta el país, muchos obsoletos y otros ineficientes, debería ser sustituido y una buena elección es usar energías renovables del tipo eólica o solar y así aprovechar el potencial que tiene el país. Estos parques solares o eólicos se integrarían al sistema centralizado.

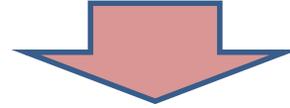
Las ventajas comparativas que tiene Venezuela en torno a estas energías renovables deben ser aprovechadas y además permitiría poner a la nación en el rumbo correcto desde el punto de vista sustentable.

Futuro de las energías renovables



Las ER tienen además beneficios colaterales en el área ambiental y de la salud

La energía es un factor principal para el desarrollo de nuestra civilización y este desarrollo debe ser sostenible y por ende con pocas emisiones de gases de invernadero.



Para alcanzar esa meta, el uso de las energías renovables que **además son sustentables**, es clave.



El rol de las ER entre **las opciones de mitigación** es muy importante

¡Las energías renovables son el futuro!

Muchas gracias por su atención