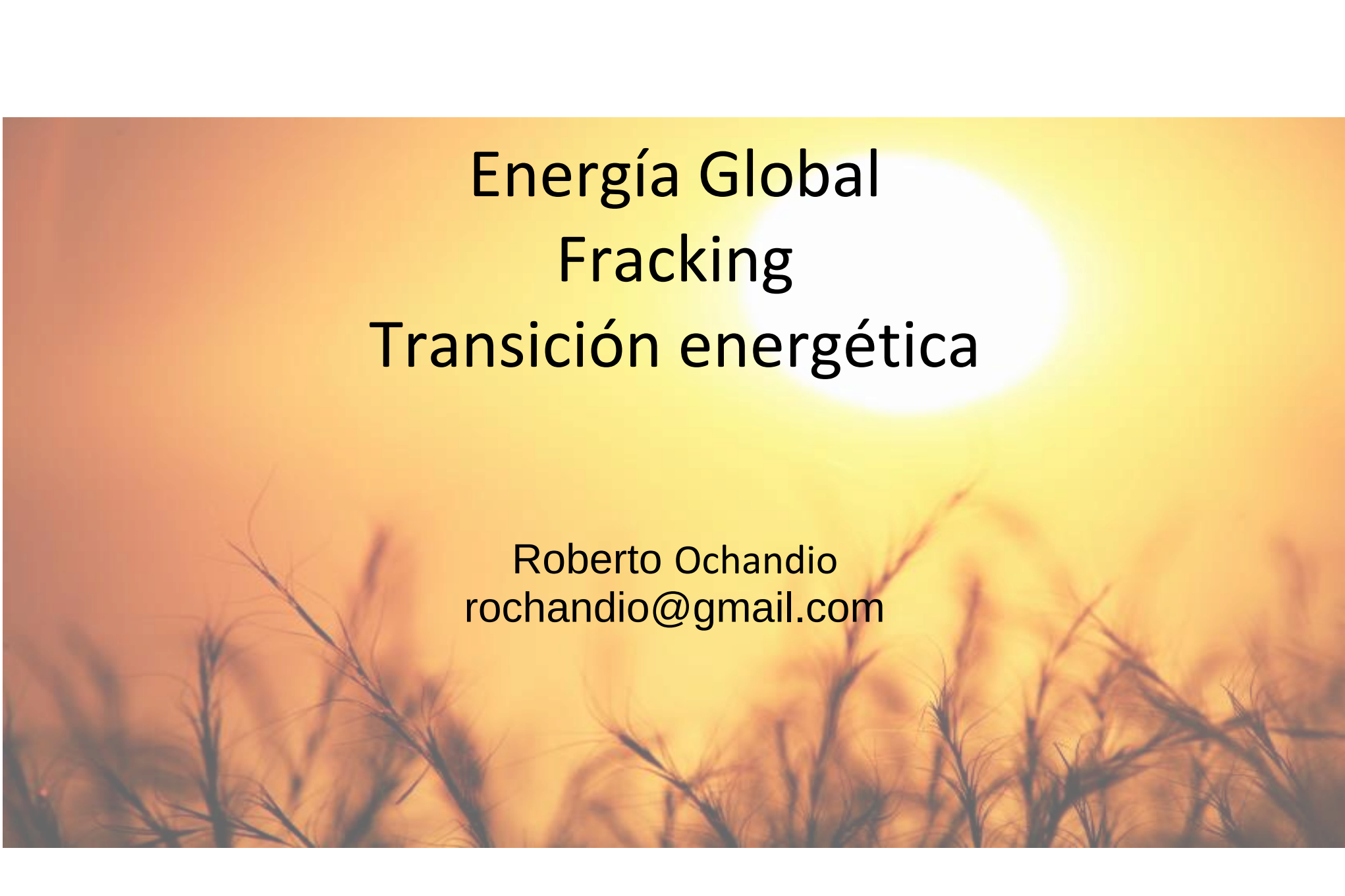




Energía Global Fracking Transición energética

Roberto Ochandio
rochandio@gmail.com

Temas a tratar

- Energía global – límites
- Alternativas consideradas: fractura hidráulica, hidroeléctricas
- Transición energética
 - Magnitud del desafío
 - Límites biofísicos
 - Superpoblación
- Opciones
 - Disminución del crecimiento poblacional
 - Disminución drástica del consumo

Situación energética mundial

Consumo global de energía según BP (2020):

84.3% combustibles fósiles,

4.3% energía nuclear,

11.4% renovables

Energía eólica y solar cerca del 1.7% del total de energía consumida.

Las energías renovables superan a la energía nuclear en la generación de electricidad (10.4%)

Sin embargo el aumento de la contribución de energías renovables es ampliamente superado por el aumento de la demanda de combustibles fósiles debido al crecimiento poblacional y aumento del consumo.

Consumo global de energía primaria en 2019

Consumo de energía primaria - 2019

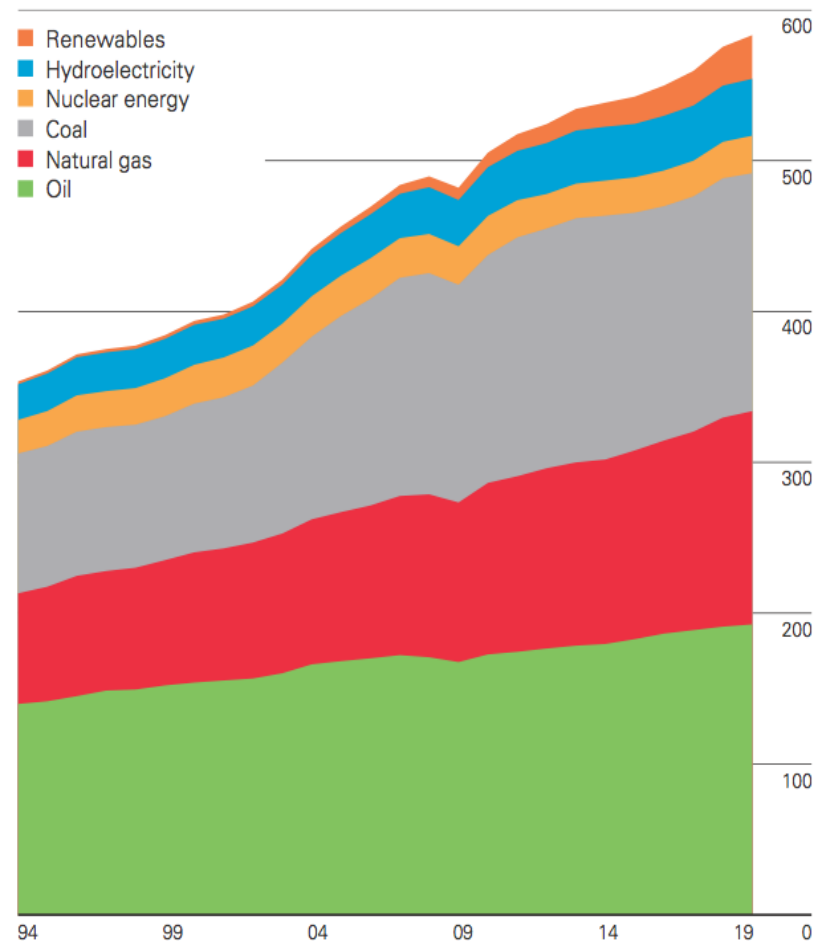
Contribución de distintas fuentes

Energy source	Consumption (exajoules)	Annual change (exajoules)	Share of primary energy	Percentage point change in share from 2018
Oil	193.0	1.6	33.1%	-0.2%
Gas	141.5	2.8	24.2%	0.2%
Coal	157.9	-0.9	27.0%	-0.5%
Renewables*	29.0	3.2	5.0%	0.5%
Hydro	37.6	0.3	6.4%	-0.0%
Nuclear	24.9	0.8	4.3%	0.1%
Total	583.9	7.7		

*Renewable power (excluding hydro) plus biofuels

World consumption

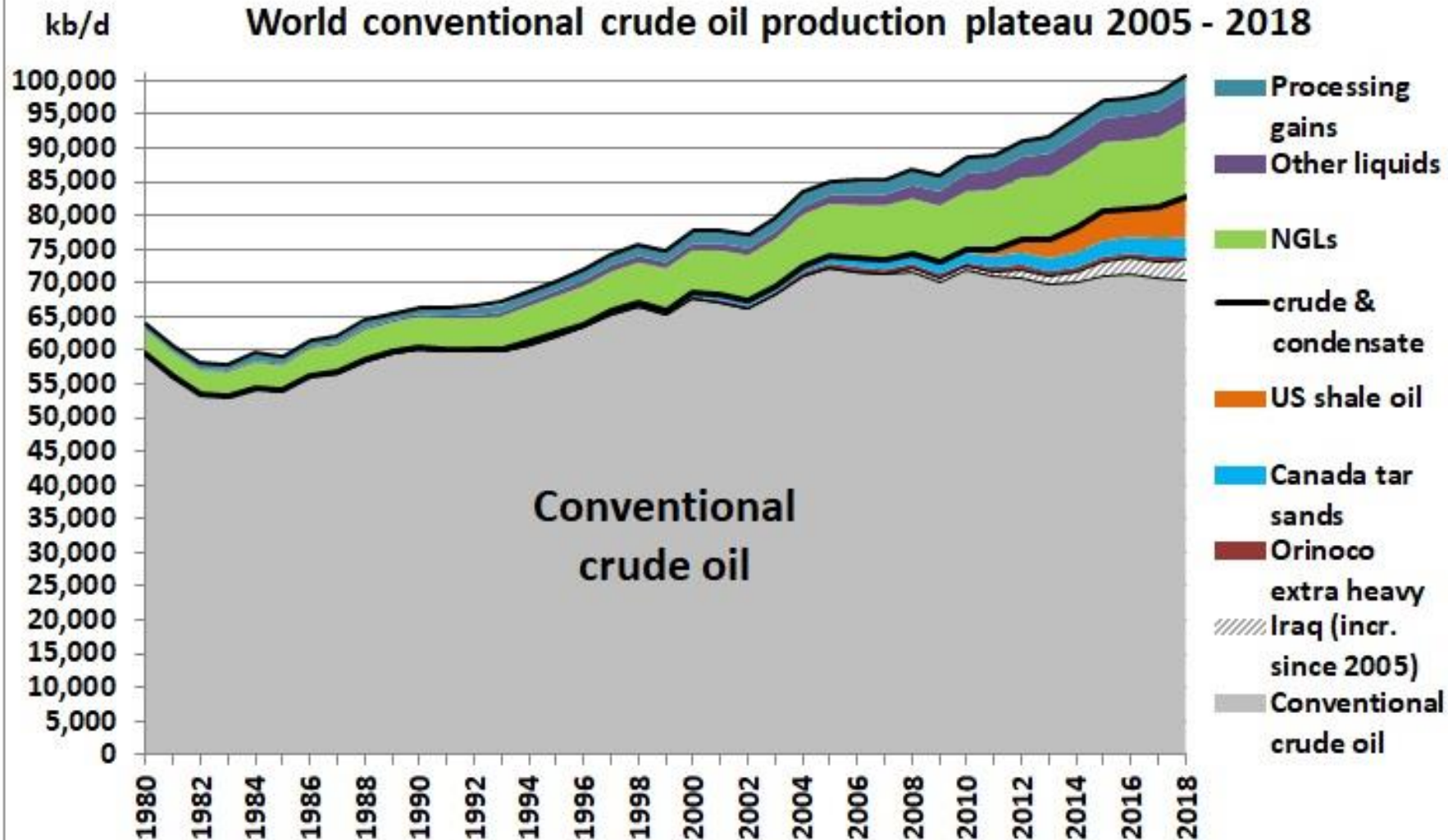
Exajoules



Fuente:

BP - Statistical Review of World Energy
2020. 69th Edition

World conventional crude oil production plateau 2005 - 2018



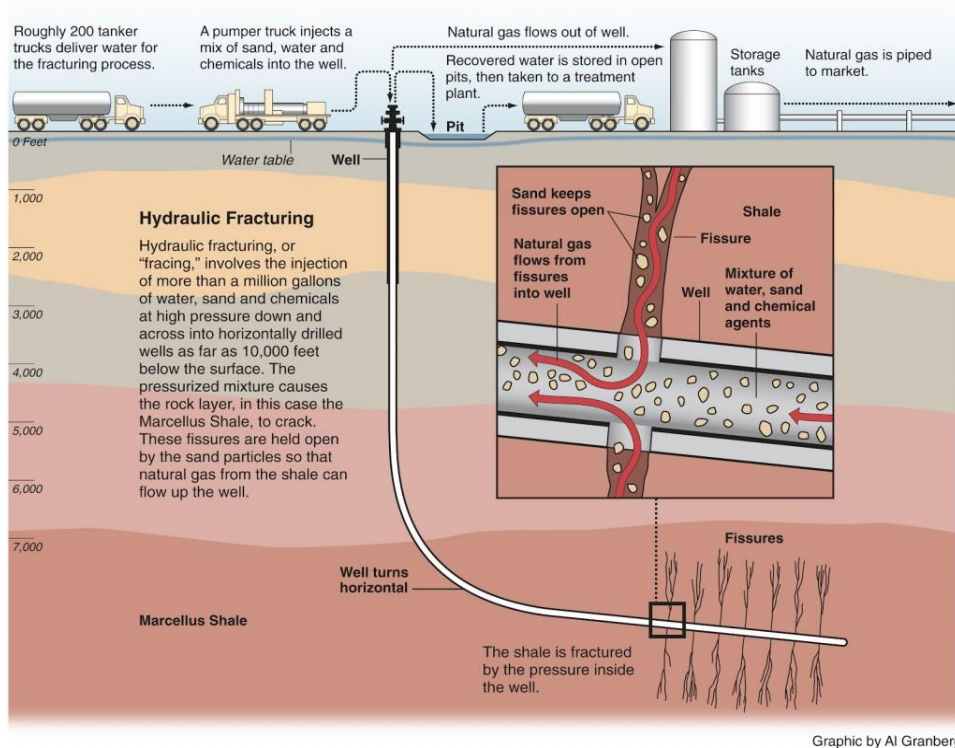
Data: EIA, PDVSA, CAPP

Alternativas fósiles

- El mundo de crecimiento ilimitado alimentado por combustibles fósiles está llegando a su fin.
- Se descubre 1 m³ de petróleo por cada 4 o 5 m³ que se consumen
- Reservas de petróleo convencional en declinación final
- El planeta todavía alberga gran cantidad de petróleo en sus profundidades, pero en condiciones más difíciles y caras de extraer y de menor tasa de rendimiento energético (TRE).
- Para acceder a estas reservas se usan métodos extremos, tales como la fractura hidráulica, o fracking, la explotación en aguas profundas o en el Ártico, todos con diversos problemas ambientales, económicos, sociales y energéticos.

Explotación de gas y petróleo no convencional mediante el método de fractura hidráulica

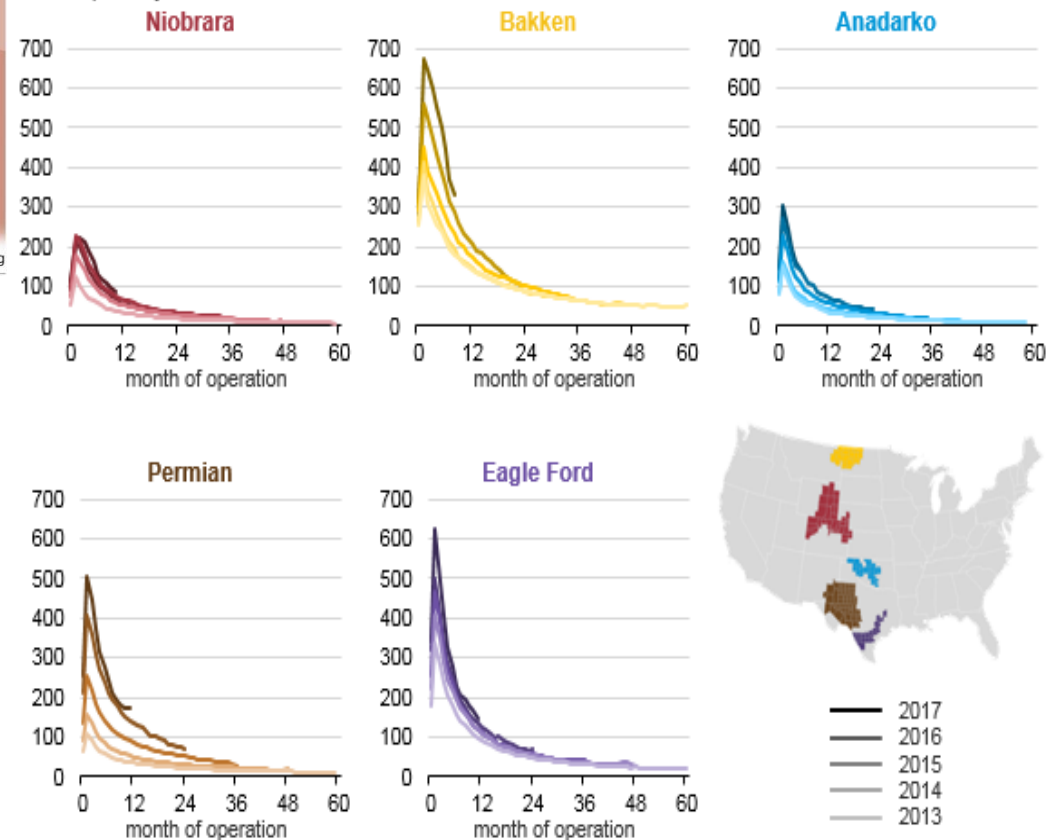




<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=36012>

Richard Yan, Jozef Lieskovsky. U.S. Crude oil production efficiency continues to improve. Accessed on 12/26/2020.

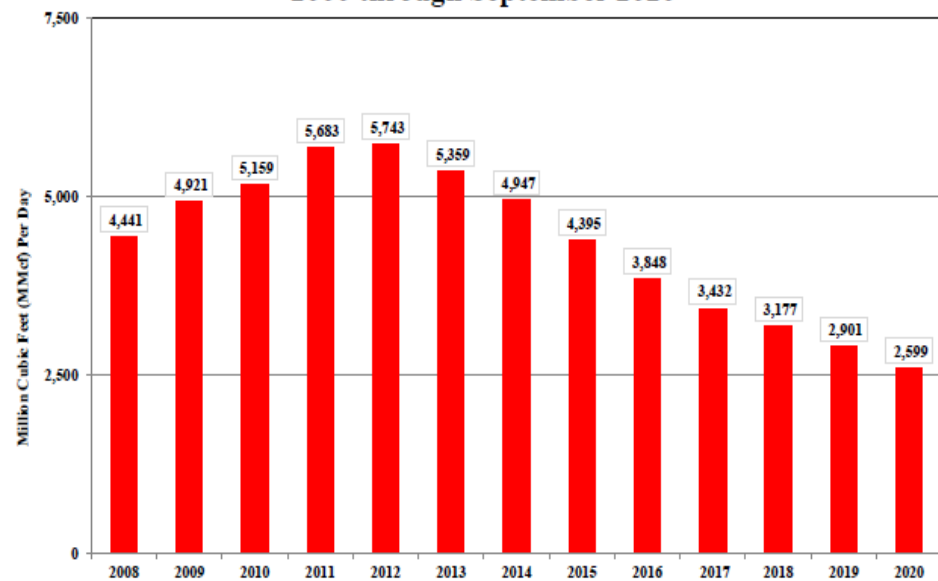
Average oil production per well in selected Drilling Productivity Report regions
barrels per day



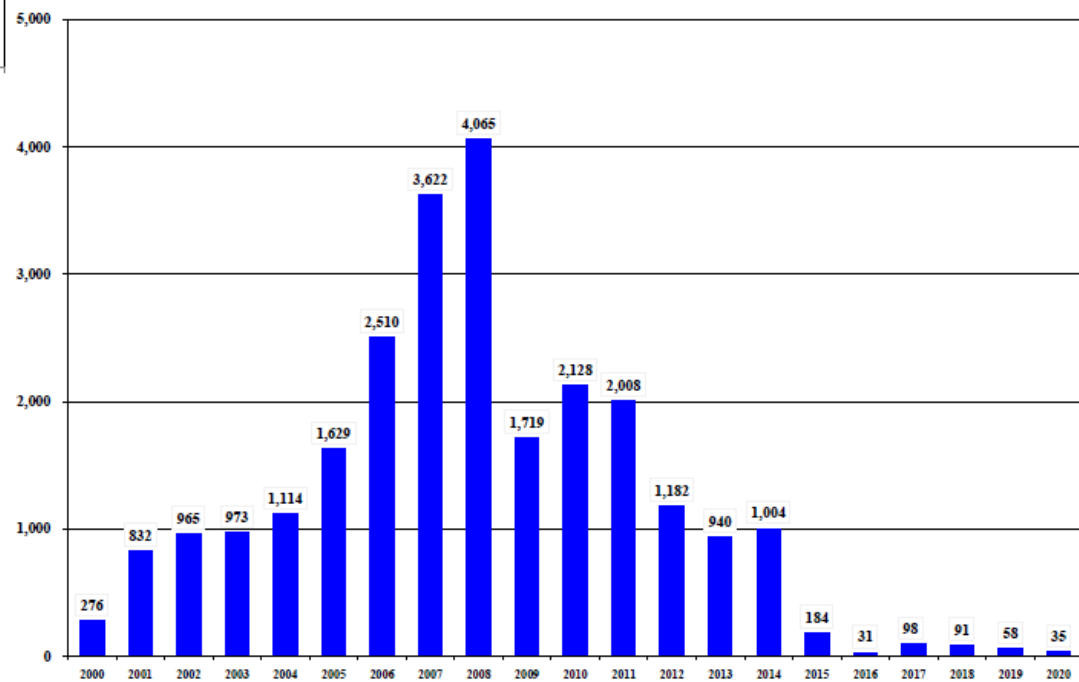
Fuente:

<https://duckduckgo.com/?q=fracking+diagrams&t=ffab&atb=v218-1&iax=images&ia=images&iai=http%3A%2F%2Fbeyondconomics.files.wordpress.com%2F2013%2F01%2Ffracking-diagram-2.jpg>

**Texas Barnett Shale
Total Natural Gas Production
2000 through September 2020**



**Texas Newark, East (Barnett Shale)
Drilling Permits Issued
2000 through November 2020**



Problemas económicos crecientes (e insolubles)

- La brusca caída de productividad obliga a perforar continuamente para mantener o aumentar la producción
- Los costos de perforación y terminación (incluyendo fracking) son mayores que las ganancias por la venta de petróleo o gas
- Deuda acumulada de la industria: US\$ 342.000.000.000
- El flujo de caja no alcanza para pagar los intereses de la deuda
- Empresas funcionan en base a deudas crecientes
- Quiebra de empresas grandes y chicas
- No se hacen responsables por daños ambientales
- Abandono de pozos

Largest oil and gas bankruptcies in 2020 by total debt

Chesapeake Energy

\$11.8 billion

California Resources

\$6.3 billion

Ultra Petroleum Corp

\$5.6 billion

Unit Corp

\$4.8 billion

Whiting Petroleum

\$3.6 billion

Chaparral Energy

\$3.5 billion

Oasis Petroleum

\$2.8 billion

Extraction Oil & Gas

\$2.5 billion

Denbury Resources

\$2.5 billion

Source: Haynes and Boone

Algunos problemas asociados a la fractura hidráulica

La fracturación hidráulica, junto con la perforación de pozos horizontales, permite acceder a abundantes cantidades de petróleo no convencional pero trae consigo una variedad de “efectos colaterales”:

- Fallas de integridad estructural de las aislaciones que dan lugar a contaminación del agua, aire y ambiente,
- Problemas médicos relacionadas a la diseminación de productos químicos
- Uso abusivo de agua en desmedro de actividades básicas
- Diseminación de elementos y partículas radiactivas
- Petróleo liviano o extra liviano crea problemas de refinación
- La actividad no se sostiene económicamente

Enmienda Halliburton Halliburton Loophole (2005)

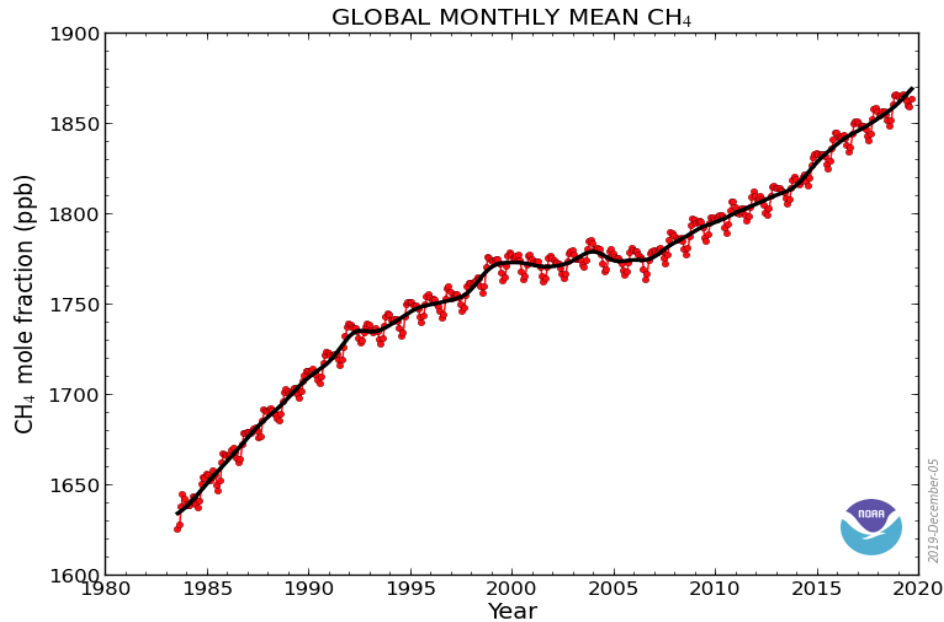
Exime a las empresas de la obligación de cumplir con regulaciones de la EPA, por lo tanto no están obligadas a declarar la composición de los fluidos de fractura.

En los EEUU se exceptúa a las operaciones de fractura de controles pre-existentes implementados para salvaguardar la salud y la seguridad de la población y el medio ambiente.

Normas de las cuales la fractura hidráulica está exceptuada en los EEUU:

Acta de Aire Limpio, Acta de Agua Limpia, Acta de Agua Potable Segura, Acta de la Política del Medio Ambiente Nacional, Acta de Conservación y Recuperación de Recursos, Acta del Planeamiento de Emergencias y Derecho a Saber de la Comunidad, Acta de Respuesta Ambiental Completa, Compensación, y Responsabilidad.

Promedio mensual global de metano



Global Monthly Mean CH₄ (Methane) Credit: NOAA Earth System Resource Laboratory, Global Monitoring Division

Fuente:

Quantifying methane emissions from the largest oil-producing basin in the United States from space

Zhang et al., Abril 2020. DOI: 10.1126/sciadv.aaz5120

Yacimiento gasífero no convencional

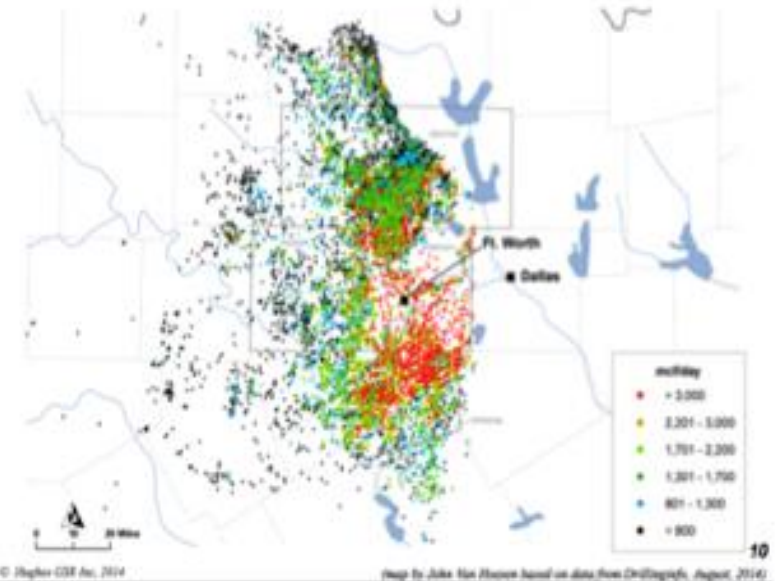
Barnett Shale, Texas, EEUU

Más de 20.000 pozos

Yacimiento gasífero no-convencional

Barnett Shale, Texas, EEUU

Barnett Play – Well Quality by Initial Gas Production

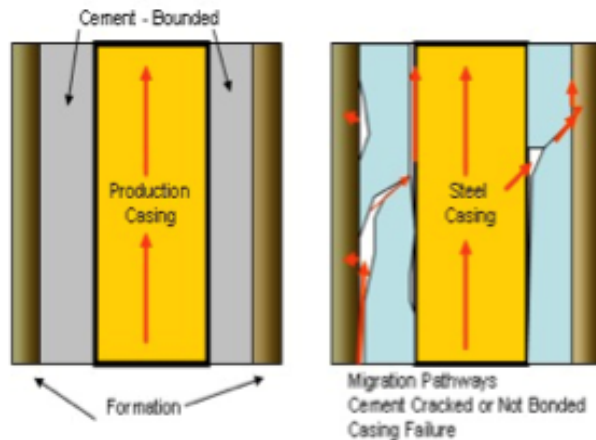
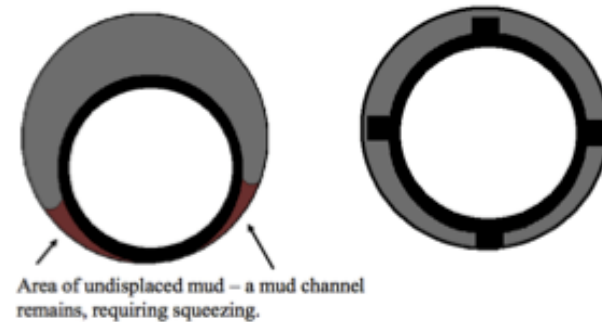


Problemas de perforación, entubación y cementación

Desviación típica en pozos
verticales: 0 a 3 grados

$\frac{1}{2}$ grado de desviación a lo largo de
100 metros = 87 cm de desviación

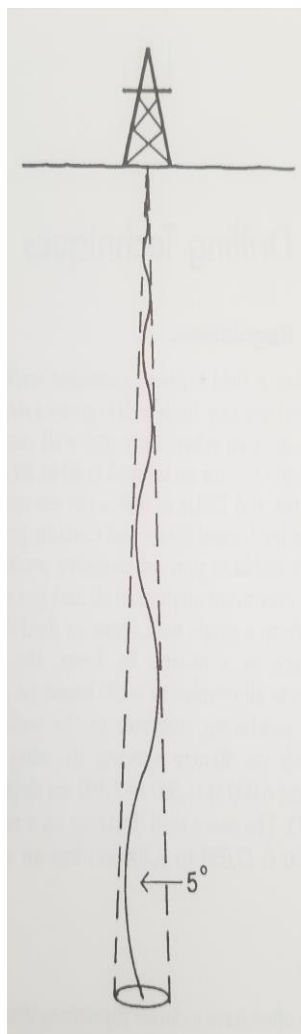
Espesor del anillo de
cemento: 3 cm



A la izquierda la cementación idealizada
que muestra la industria.

A la derecha la cementación deficiente
con sus puntos de fuga de fluidos.

Desviación de pozos y consecuencias



Diseño ideal del pozo asumiendo cañería concéntrica

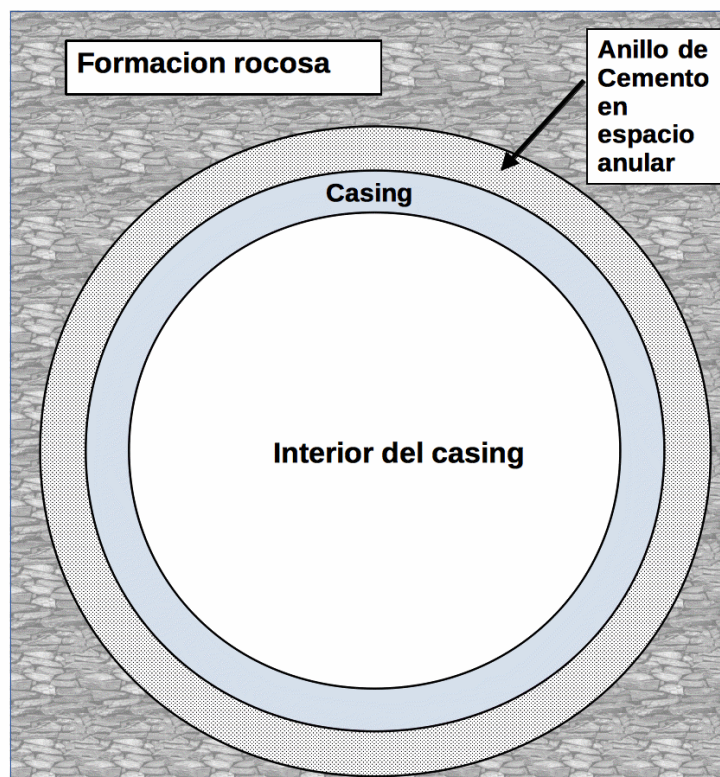
Escala 1:1

Diámetro del pozo con trépano 6 3/8" (161.9 mm)

Casing API 5 1/2" 23 pound/foot

Diámetro exterior: 139.7 mm Diámetro Interior: 118.6 mm

Espesor del anillo de cemento: 11.1 mm



Cañería excéntrica con cementación defectuosa

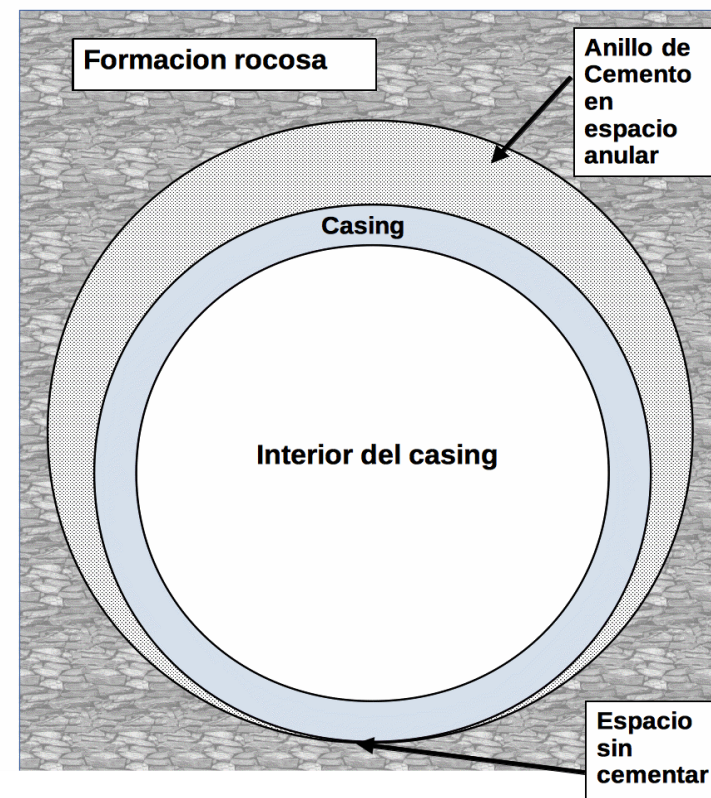
Escala 1:1

Diámetro del pozo con trépano 6 3/8" (161.9 mm)

Casing API 5 1/2" 23 pound/foot

Diámetro exterior: 139.7 mm Diámetro Interior: 118.6 mm

Espesor desigual del anillo de cemento



Algunos números

Las desviaciones no se pueden evitar y se deben a una variedad de causas: heterogeneidad de las formaciones geológicas, ángulo de inclinación de estos estratos, excesivo peso en el trépano durante la perforación, tendencia del trépano a salir de la vertical debido a su movimiento rotatorio.

Uso de trépanos y cañerías comunes

Ejemplo 1

Trépano 8 3/4" Cañería 7"

Diferencia entre diámetros = 1 3/4" = 44 mm

Si la cañería está perfectamente centrada el espacio anular se rellenará con un anillo de cemento de 22 mm de espesor.

Ejemplo 2

Trépano 6 3/8" Cañería 5 1/2"

Diferencia entre diámetros = 7/8" = 22.2 mm

Si la cañería está perfectamente centrada el espacio anular se rellenará con un anillo de cemento de 11.1 mm de espesor.

Desviaciones comunes usando herramientas especiales

Desviación del trépano = longitud tramo * seno angulo desviación

$$\text{Desviación (10 m)} = 10 \text{ m} * \text{seno } 0.18^\circ = 31 \text{ mm}$$

$$\text{Desviación (30 m)} = 30 \text{ m} * \text{seno } 0.18^\circ = 94 \text{ mm}$$

$$\text{Desviación (100 m)} = 100 \text{ m} * \text{seno } 0.18^\circ = 314 \text{ mm}$$

Desviación máxima permisible

Ejemplo 1

Trépano 8 3/4" Cañería 7" Espacio anular = 22 mm

$$\alpha_{(10 \text{ m})} = \text{arc seno } (0.022 / 10) = 0.126^\circ = 0^\circ 7' 34''$$

$$\alpha_{(30 \text{ m})} = \text{arc seno } (0.022 / 30) = 0.04^\circ = 0^\circ 2' 31''$$

$$\alpha_{(100 \text{ m})} = \text{arc seno } (0.022 / 100) = 0.013^\circ = 0^\circ 0' 45''$$

Ejemplo 2

Trépano 6 3/8" Cañería 5 1/2" Espacio anular = 11.1 mm

$$\alpha_{(10 \text{ m})} = \text{arc seno } (0.0111 / 10) = 0.064^\circ = 0^\circ 3' 49''$$

$$\alpha_{(30 \text{ m})} = \text{arc seno } (0.0111 / 30) = 0.021^\circ = 0^\circ 1' 16''$$

$$\alpha_{(100 \text{ m})} = \text{arc seno } (0.0111 / 100) = 0.006^\circ = 0^\circ 0' 23''$$

Aguas de formación

El agua de retorno está compuesta primero por los fluidos usados en el fracking y luego, en cantidades crecientes, por agua de formación de composición variable en la cual la salinidad aumenta con el paso del tiempo.

El agua transporta sales y otros componentes tales como metales pesados o elementos radiactivos en distintas proporciones. Este escenario les impide a las empresas determinar un protocolo para el tratamiento del agua residual.

Dependiendo del propósito o uso final del agua recuperada se deberían usar hasta seis tratamientos diferentes, lo cual implicaría costos de hasta 12 dólares por barril (159 litros).

Al mismo tiempo los costos de limpieza del agua se confrontan con los costos de la alternativa: transportar, almacenar y bombear el agua dentro de pozos sumidero.

Costos prohibitivos para la industria.

Capacidad máxima de bombeo subterráneo en el Oeste de Texas. Cualquier inyección adicional puede ocasionar movimientos sísmicos.

Aguas de formación

En general no se puede utilizar agua de una formación para reinyectarla en otras formaciones dado que se corre el riesgo de afectar las arcillas, lo cual puede seriamente reducir la permeabilidad de las formaciones.

Problemas en formaciones que contengan Bario o Estroncio dado que se puede producir sulfato de bario o estroncio, los cuales bloquean los poros reduciendo la permeabilidad de la roca.

Sólo en casos limitados se puede reusar el agua de formación para nuevas fracturas debido a los mencionados problemas de compatibilidad.

Mesa redonda organizada por *National Academy of Sciences de los EEUU* para discutir impactos de la fractura hidráulica, específicamente el legado ambiental y consideraciones respecto al uso de agua recuperadas de los pozos.

Ignorancia de la industria respecto a los productos químicos que vienen del fondo del pozo. Solicitan que el gobierno y universidades ayuden en el proceso de investigación.

<https://www.nationalacademies.org/event/05-14-2019/workshop-on-environmental-legacies-and-water-considerations-related-to-oil-and-gas-production>

Legado ambiental de la fractura hidráulica

- Análisis costos/beneficios no incluye recomposición ambiental
- Empresas en quiebra no se hacen cargo de daños ambientales
- En los EEUU: más de 130.000 pozos no convencionales
- Abandono de pozos improductivos
 - Sin procedimiento de abandono
 - Emisiones de gases
 - Contaminación de acuíferos

Transición energética



Transición energética

Temas a tratar

- Magnitud del desafío
- Discusión sobre hidroeléctricas
- Límites de energías renovables
- Problemas para el transporte
- Problemas de fondo:
 - Crecimiento exponencial
 - Cambio climático

Transición energética

¿Qué significa una transición energética?

¿Remplazar el uso de todos los combustibles fósiles?

¿Sustitución paulatina de algunos de ellos?

Magnitud del desafío: 100% renovables para el 2030

Estimación del esfuerzo necesario para proveer 11.5 TW.

Jacobson y Delucchi (2009)

Fuente de energía	Instalacion tipo	Cantidad	Potencia MW	Instalacion actual
Agua 1.1 TW (9% del suministro)	Turbinas mareomotrices	490.000	1	< 1%
	Plantas geotermales	5.350	100	2%
	Plantas hidroelectricas	900	1.300	70%
Viento 5.8 TW (51% del suministro)	Turbinas de viento	3.800.000	5	1%
	Energia undimotriz (olas)	720.000	0,75	<1%
Solar 4.6 TW (40% del suministro)	Paneles solares fotovoltaicos	1.700.000.000	0.003	<1%
	Energia Solar concentrada	49.000	300	<1%
	Planta electrica fotovoltaica	40.000	300	<1%

Represas hidroeléctricas

Multiples consecuencias negativas de estas instalaciones:

- Impactos ambientales, ocupación de grandes espacios,
- Alta inversion inicial,
- Eficiencia depende del regimen de lluvias,
- Costo y complejidad de lineas de transmisión,
- Alteración a la migración de peces,
- Alteración de flora y fauna a ambos lados de la represa,
- Capacidad limitada del reservorio impone límites a su producción,
- Complejidad de la construcción,
- Riesgos sísmicos,
- Emisiones de dióxido de carbono y metano,
- Impactos a la población originaria en areas sumergidas,
- Enfermedades incubadas en áreas de reservorio,
- Acumulación de sedimentos,
- Concentración de metil mercurio y bifenilos policlorados – PCBs,
- Eutrofización en la represa y aguas abajo



Limitaciones de las energías alternativas

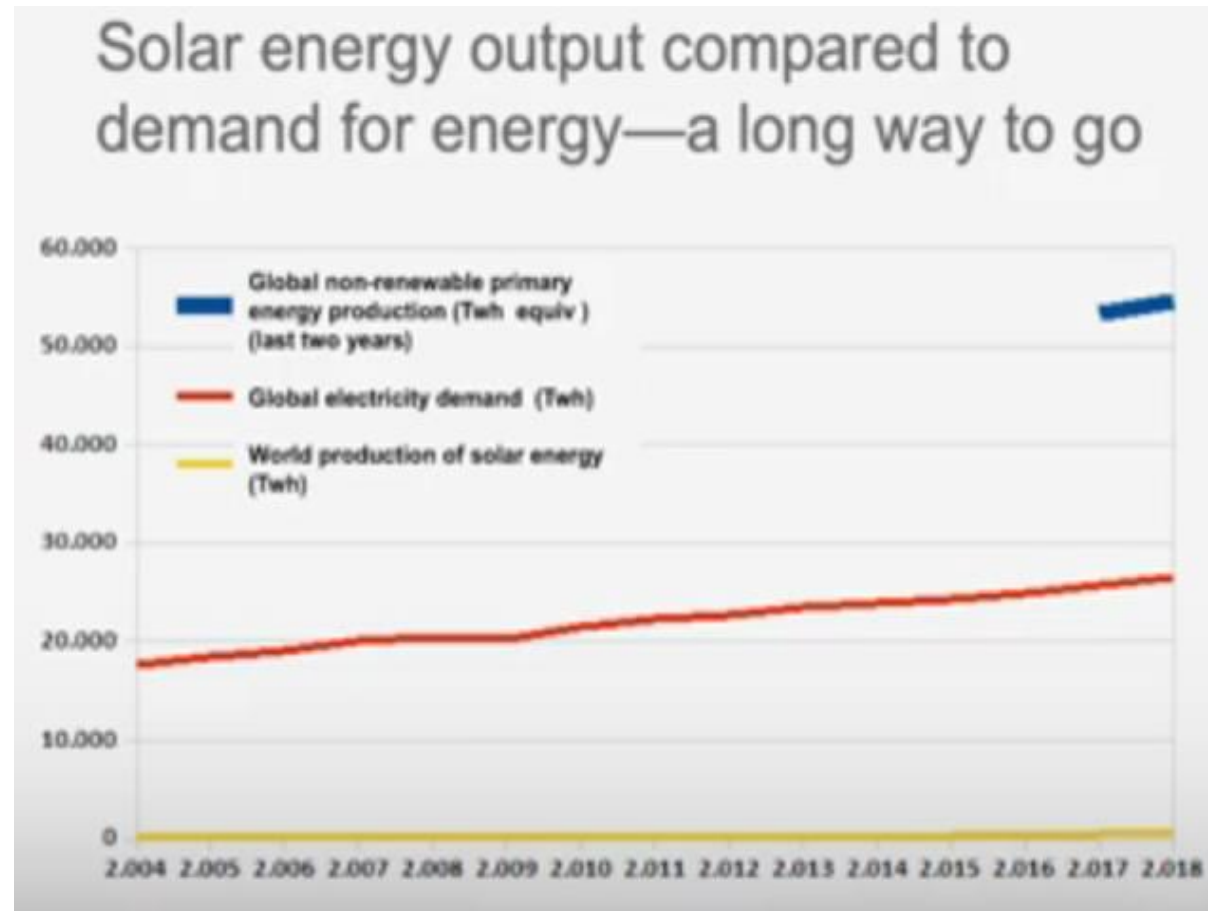
La experiencia con el desarrollo de estos métodos muestra varias limitaciones:

- Declinación de reservas de los elementos y minerales necesarios para su fabricación e instalación,
- Cantidad masiva de paneles y molinos necesarios para remplazar los sistemas actuales basados en combustibles fósiles,
- Imposibilidad de reciclar ciertos elementos críticos,
- Dependencia de combustibles fósiles durante toda la cadena de implementación (extracción de minerales, fabricación, transporte e instalación),
- Sin solución para el transporte pesado y de larga distancia,
- Problemas de intermitencia que fuerzan a mantener las plantas termoeléctricas y de energía atómica actuales para casos de emergencia.

Disponibilidad de elementos críticos para energías renovables

	Annual production (tonnes)	Reserve (tonnes)	Resources (tonnes)
Aluminium	60,000,000	30,000,000,000	55 –75,000,000,000
Cadmium	23,000	500,000	6,000,000
Cobalt	110,000	7,100,000	25,000,000
Copper	19,700,000	790,000,000	3,500,000,000
Dysprosium	1,800	1,100,000	1,980,000
Gallium	315	110,000	1,000,000
Indium	720	15,000	47,000
Lithium	46,500	16,000,000	53,000,000
Manganese	16,000,000	680,000,000	unknown
Neodymium	16,000	12,800,000	23,040,000
Nickel	2,100,000	74,000,000	130,000,000
Selenium	3,300	100,000	171,000
Silver	25,000	530,000	1,308,000
Tellurium	420	31,000	48,000

Producción de energía solar comparada con la demanda global de energía



La transición en el transporte



Limitaciones de combustibles líquidos alternativos

Los sustitutos mas fáciles para los combustibles líquidos son aquellos que no requieren un cambio sustancial en los vehículos actuales: *bio-combustibles, gas natural (GNC, GNL, GPL) y combustibles líquidos producidos a partir del carbón o gas natural.*

Pero ...

- Bio-combustibles:
 - baja densidad energética,
 - requieren grandes áreas lo cual afectan la producción de alimentos,
 - agotamiento del suelo,
 - TRE muy baja o nula.
- GNC y GPL: altas emisiones de CO₂
- Carbón a Líquido (CTL) o Gas a Líquido (GTL):
 - Altas emisiones de CO₂. Gran consumo de energía y agua para producirlos.

Otras alternativas para el transporte

- Los vehículos eléctricos e híbridos requieren cambios costosos en los vehículos y las infraestructuras de carga.
- El transporte público, trenes y cambios en los modelos de movilidad tienen el potencial de grandes ahorros de energía, pero requieren cambios profundos en el comportamiento de las personas y grandes inversiones y cambios en infraestructura.
- Otras alternativas propuestas, tales como los vehículos con celdas de combustible de hidrógeno, tienen un potencial incierto.
- Metanización: producción de metano a partir de CO₂ e H₂ mediante el método Sabatier. Requiere capturar CO₂ más hidrogeno mediante hidrólisis del agua. Método incierto, caro y que consume grandes cantidades de energía.

Vehículos eléctricos a batería (BEV)

- Son la mejor opción para el transporte individual en términos de ahorro de energía y reducción potencial de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)
- Sin embargo, el análisis del ciclo de vida completo (minería, procesamiento, transporte, fabricación, uso, reciclado, generación de energía para recargas), muestra que las diferencias entre BEV y vehículos a gasolina son realmente pequeñas.
- En términos de emisión total de GEI, la *European Environment Agency* (2018) estima en aproximadamente 20% menor impacto climático para los BEV.
- El impacto en el agua y toxicidad del suelo es el doble que los vehículos que usan combustibles líquidos.

Problemas para el transporte pesado

- La sustitución de combustibles líquidos para el transporte es más compleja para el transporte pesado de larga distancia.
- Límites termodinámicos a la energía que las baterías pueden almacenar en forma química, manteniendo su capacidad de ciclos de carga y descarga.
- Los camiones eléctricos actuales, tales como el Man e-truck, tienen un rango máximo de 200 km y pesan cerca de 15 toneladas.
- Si la autonomía de los e-truck se incrementara hasta 800 km para poder competir con camiones convencionales, necesitarían baterías mucho mas pesadas que excederían el peso máximo permitido para los camiones en la UE.
- Esto significa que, a pesar de mejoras tecnológicas, las baterías futuras tendrán una densidad energética que no será suficiente para transportar cargas pesadas por largas distancias.
- De hecho, este límite práctico estará cerca de un orden de magnitud por debajo de la densidad energética del petróleo.

Problema para industrias y transporte pesado

Se puede ver que una transición a energías renovables presenta grandes inconvenientes.

Problemas de intermitencia aún no resueltos

Energías renovables producen electricidad, no combustibles, con lo cual potencialmente se soluciona el 20% del problema energético

El 80% de todo el consumo de energía actualmente requiere combustibles fósiles

Sin solución para el transporte pesado: trenes, camiones, barcos, aviones

Sin solución para procesos industriales de consumo intensivo de energía: fabricación de fertilizantes nitrogenados, acero, cemento, aluminio

Crecimiento Exponencial



Problemas de crecimiento

Factores que afectan planes para una transición energética:

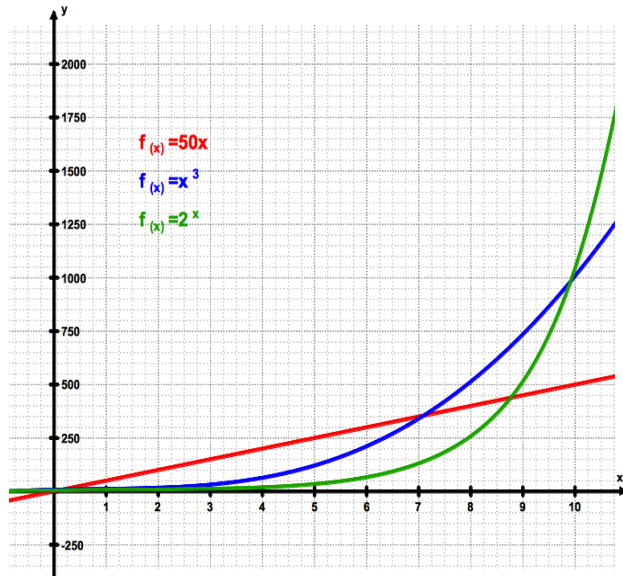
- Impactos del crecimiento exponencial de la población,
- Demanda de energía,
- Producción industrial,
- Creación de residuos,
- Contaminación creciente

Al ritmo actual de crecimiento, se estima que la demanda energética será alrededor de 50% superior a la actual para el año 2050.

Al mismo tiempo la población del planeta será de unos 9.800 millones de personas.

Crecimiento exponencial

Ejemplos de crecimiento:
lineal, cúbico y exponencial



By Exponential.png: Lunkwill / derivative work:
McSush - Exponential.png, Public Domain,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8897133>

Hitos de Incremento Poblacional

Year	Poblacion (millones)	Lapso (años)
1804	1000	
1930	2000	126
1960	3000	30
1974	4000	14
1987	5000	13
1999	6000	12
2011	7000	12
2020	7800	
2023	8000	12
2037	9000	14
2057	10000	20

(World Population Clock, 2020)

Crecimiento exponencial

A la humanidad le tomó 200.000 años para crecer hasta 1.000 millones de personas (1804)

Para el 2020, en 216 años:

- La población se multiplicó por 7.8 (en 1/1000 de tiempo)
- El producto bruto real global aumentó 100 veces
- El consumo *per capita* aumentó 13 veces (25 veces en países ricos)
- Desde el 1800 el consumo de energía fósil aumentó 1300 veces

Crecimiento exponencial

El crecimiento de la población está cancelando el progreso de los esfuerzos contra el cambio climático.

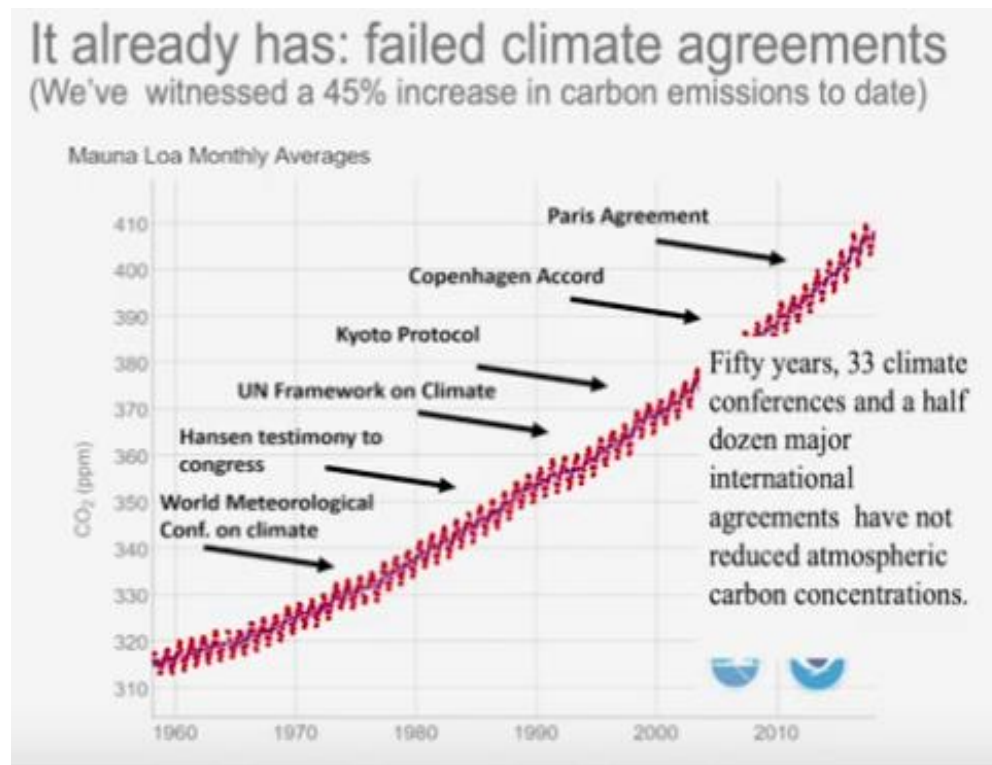
- Emisiones asociadas a actividad económica (PBI)
- Gran reducción de emisiones en periodo 1990-2019
- 1/3 menor intensidad energética del PBI. Uso de energía más limpia
- Actividad económica *per capita* está asociada a mayor uso de energía y emisiones
- El aumento de emisiones asociadas al crecimiento poblacional canceló 2/3 de las emisiones evitadas por medio de mejoras en la intensidad energética e intensidad de carbono.
- Tres pasos adelante, dos pasos atrás: imposible cumplir con metas para el 2050

Crecimiento exponencial de la población

- Población 2020 = 7.800 millones
- Crecimiento global de población = 1,05% (2020)
- Fertilidad promedio supera al nivel de remplazo = 2,3 hijos/mujer
- Consecuencias:
 - Inseguridad alimentaria
 - Pérdida de biodiversidad
 - Productos sintéticos, plásticos: intoxicación del ambiente
 - Problemas sociales: hacinamiento, colapso de infraestructuras, desempleo, mala administración, conflictos, pobreza, desigualdades, pandemias
 - Problemas ambientales: sequías, deforestación, inundaciones, degradación de suelos
 - Consumo: 1960 = 73% 2016 = 170% (Capacidad regenerativa del planeta)
 - Cambio climático + aumento de población ==> empeoramiento de la mortalidad, morbilidad, desarrollo, conocimientos, rindes de la agricultura y conflictos

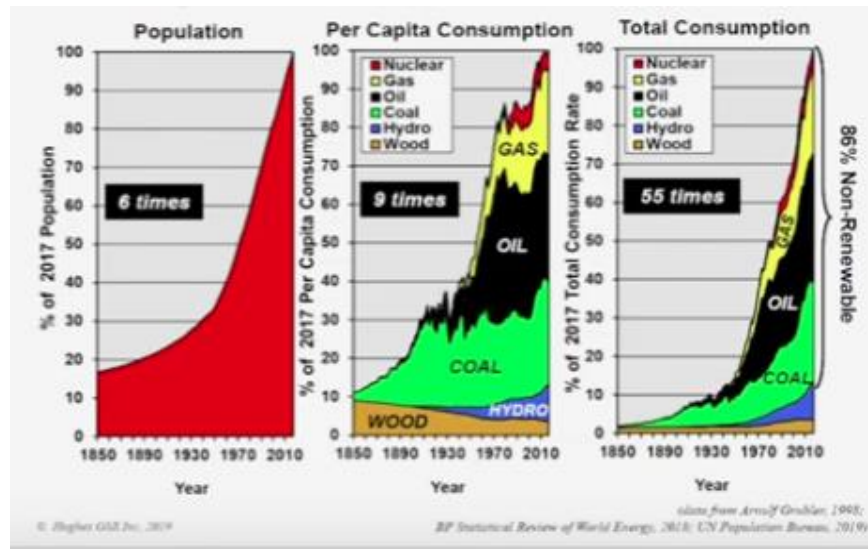
Crecimiento exponencial

Los acuerdos sobre cambio climático hasta ahora no han podido revertir el crecimiento de la concentración de CO₂

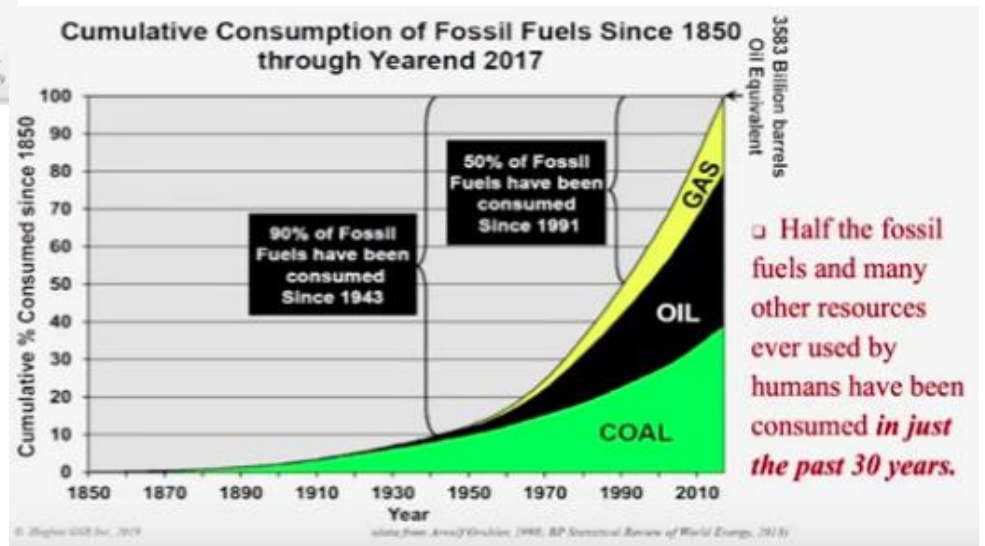


Crecimiento exponencial

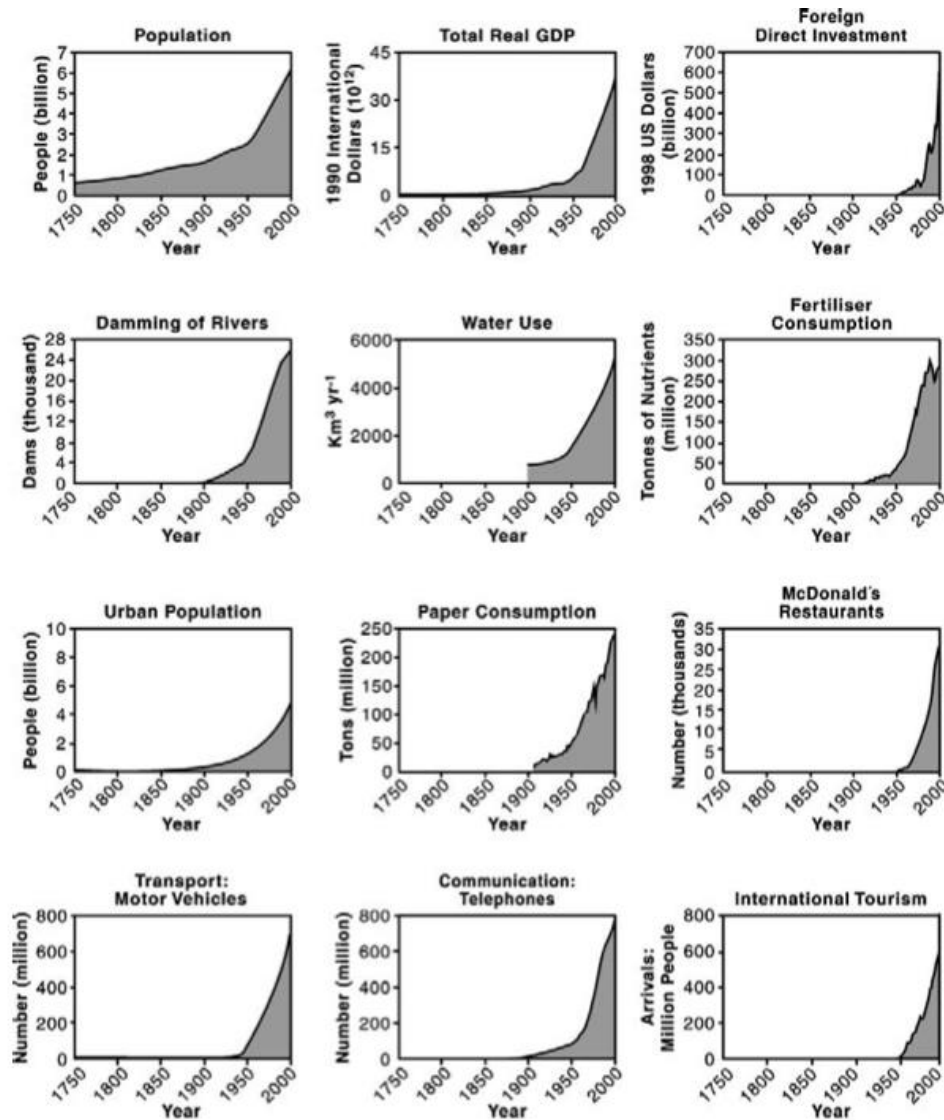
Crecimiento de población - Consumo de energía per capita
Consumo de energía total



Consumo acumulado de combustibles fosiles
1850 hasta fin del 2017



Crecimiento exponencial en sus distintas manifestaciones



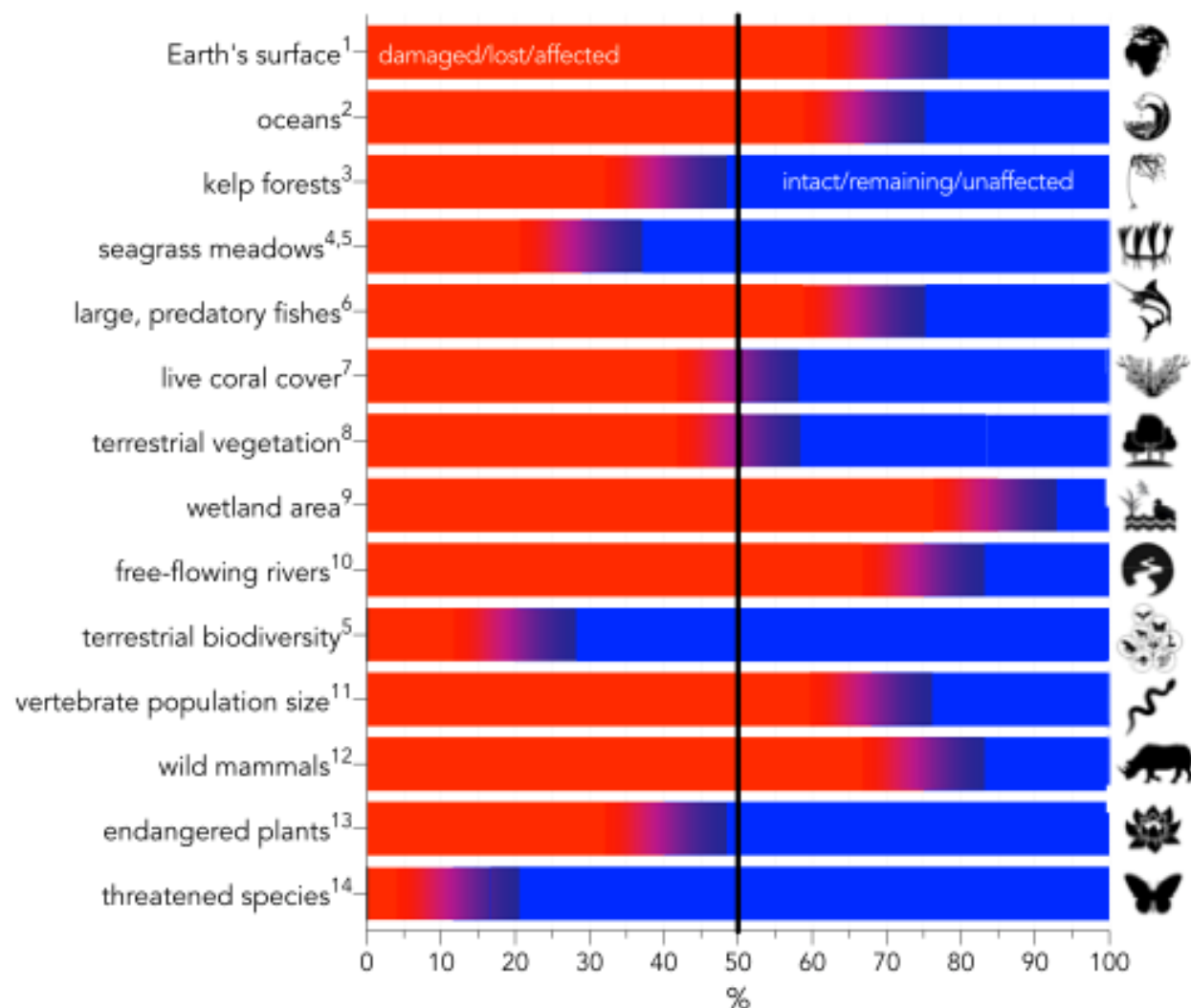


FIGURE 1 | Summary of major environmental-change categories expressed as a percentage change relative to the baseline given in the text. Red indicates the percentage of the category that is damaged, lost, or otherwise affected, whereas blue indicates the percentage that is intact, remaining, or otherwise unaffected. Superscript numbers indicate the following references: ¹IPBES, 2019; ²Halpern et al., 2015; ³Krumhansl et al., 2016; ⁴Waycott et al., 2009; ⁵Díaz et al., 2019; ⁶Christensen et al., 2014; ⁷Frieler et al., 2013; ⁸Erb et al., 2018; ⁹Davidson, 2014; ¹⁰Grill et al., 2019; ¹¹WWF, 2020; ¹²Bar-On et al., 2018; ¹³Antonelli et al., 2020; ¹⁴Mora et al., 2011.

¿Cómo superar nuestros excesos?

¿Qué hacer?

- Aceptar que se excedió la capacidad de regeneración del planeta y que se llegó al final del crecimiento ilimitado;
- Aceptar las dificultades teóricas y prácticas para una transición a energías verdes;
- Restructurar la economía para mantenerse dentro del presupuesto 'permisible' de carbono mientras se desarrollan alternativas sustentables;
- Asignar el presupuesto energético remanente (por medio de impuestos a las extracciones, racionamiento, cuotas, etc) a usos esenciales (ej. producción de alimentos, calefacción del hogar, transportes esenciales para aprovisionar las ciudades);
- Re-localizar las actividades económicas esenciales;
- Desarrollar estilos de vida sustentables;
- Implementar una estrategia global de población para descender a los 2 o 3 billones que podrían vivir confortablemente dentro de los límites biofísicos de la naturaleza.

Cambios imprescindibles

La gravedad de la situación requiere cambios fundamentales al capitalismo global incluyendo, entre otras cosas,

- La abolición del crecimiento económico perpetuo,
- Asignación adecuada de costos de externalidades,
- Abandono rápido del uso de combustibles fósiles,
- Regulaciones estrictas de mercados y adquisición de propiedades,
- Control de influencias corporativas sobre los gobiernos (lobbying),
- Empoderamiento de la mujer
 - Énfasis en educación
 - Control de su cuerpo
 - Igual salario para iguales tareas

Estas opciones necesariamente implican conversaciones difíciles sobre crecimiento de la población y la necesidad de estándares de vida menguantes pero más equitativos.

¿Cómo enfrentar el cambio climático?

Las alternativas frente al futuro

Evitar un cambio climático desastroso.

- Programar cortes rápidos en el uso de combustibles fósiles (50% en 10 años) ante la ausencia de sustitutos adecuados;
- Arriesgar altos niveles de desempleo y quiebras de negocios;
- Poner en riesgo las ciudades;
- Desencadenar disturbios que desemboquen en caos social y colapso económico.

Arriesgar una aceleración del cambio climático.

- Mantener firme el paradigma de crecimiento y la ilusión que “la tecnología vendrá al rescate”;
- Continuar con los combustibles fósiles como modo primario de energía;
- Arriesgar desertificación, colapso de la biodiversidad, escasez alimentaria, migraciones masivas, caos social y colapso económico.

Fuentes de información

ENERGIA GLOBAL

BP Statistical Review of World Energy. 2020. 69th edition

https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf?dm_i=1PGC%2C6WM5E%2COV0LQ4%2CRQW75%2C1

CrudeOilPeak, 2019

<https://crudeoilpeak.info/2005-2018-conventional-crude-production-on-a-bumpy-plateau-with-a-little-help-from-iraq>

FRACKING - PROBLEMAS ECONOMICOS

U.S. oil producers on pace for most bankruptcies since last oil downturn

<https://www.reuters.com/article/us-usa-shale-bankruptcy-graphic-idUSKBN26M7EM>

U.S. Shale Industry Sees Bankruptcies and Consolidation

<https://energyfuse.org/u-s-shale-industry-sees-bankruptcies-and-consolidation/>

U.S. Frackers Slash Capital Investment to Lowest Level in Over a Decade

http://ieefa.org/wp-content/uploads/2020/12/US-Frackers-Slash-Capital-Investment-to-Lowest-Level-in-Over-a-Decade_December-2020.pdf

Fuentes de información

FRACKING - PROBLEMAS GENERALES

Compendium of Scientific, Medical, and Media Findings Demonstrating Risks and Harms of Fracking. 7th Edition December 2020

<https://concernedhealthny.org/compendium/>

GAO - Information on Shale Resources, Development, and Environmental and Public Health Risks. GAO-12-732

Fluid migration mechanisms due to faulty well design and/or construction: An overview and recent experiences in the Pennsylvania Marcellus Play. Anthony Ingraffea, PH.D., P.E. January, 2013

https://www.psehealthyenergy.org/wp-content/uploads/2017/04/PSE__Cement_Failure_Causes_and_Rate_Analysis_Jan_2013_Ingraffea1-1.pdf

Unconventional oil and gas development and ambient particle radioactivity. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18226-w>

Radioactive Waste from Oil and Gas Drilling. EPA 402-F-06-038

Energy demands on water resources. Report to Congress on the interdependency of energy and water. U. S. Department of Energy. 2006

https://energy.sandia.gov/wp-content/gallery/uploads/dlm_uploads/121-RptToCongress-EWwEIAcomments-FINAL.pdf

Fuentes de información

ENERGIAS RENOVABLES

A Path to Sustainable Energy by 2030

Article in Scientific American · November 2009 DOI: 10.1038/scientificamerican1109-58

Responsible minerals sourcing for renewable energy. Earthworks.

https://earthworks.org/cms/assets/uploads/2019/04/MCEC_UTS_Report_lowres-1.pdf

Are global wind power resource estimates overstated? doi:10.1088/1748-9326/8/1/015021

The Limits of Renewable Energy and the Case for Degrowth.

<https://www.resilience.org/stories/2018-11-21/the-limits-of-renewable-energy-and-the-case-for-degrowth/>

Can renewable energy power the future?. Energy Policy, 93(), 3–7. doi:10.1016/j.enpol.2016.02.051

TRANSICION EN EL TRANSPORTE

Los límites de la transición energética del transporte. Resultados del modelo MEDEAS-World

<https://geeds.es/news/los-limites-de-la-transicion-energetica-del-transporte-resultados-del-modelo-medeas-world/>

The limits of transport decarbonization under the current growth paradigm.

<https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100543>

Transportation in a 100% renewable energy system. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.12.053>

Fuentes de información

SUPERPOBLACIÓN

Underestimating the Challenges of Avoiding a Ghastly Future. January 2021.
doi: 10.3389/fcsc.2020.615419

Human population reduction is not a quick fix for environmental problems.
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1410465111

Natural Resources and an Optimum Human Population. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02208317>

Population effects of increase in world energy use and CO2 emissions: 1990–2019.
https://jpopus.org/full_articles/population-effects-of-increase-in-world-energy-use-and-co2-emissions-1990-2019/

The biomass distribution on Earth. Proceedings of the National Academy of Sciences.
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1711842115