

## Usos de cactus para la alimentación, energía y creación de empleo

### Introducción

El mundo está llegando al límite en la cantidad de alimentos que se puede generar, los mares y los cultivos. Las superficies disponibles son los desiertos, que representan el 42% de la superficie terrestre. La presión sobre los recursos naturales está aumentando. La contaminación de ríos y océanos vislumbra un panorama desolador para la humanidad en los próximos años. El nopal representa una esperanza para la humanidad de alimentación y energía de forma sostenible.



*Opuntia ficus-indica*, tiene una amplia distribución en el mundo y se adapta a diversas condiciones climáticas, en algunos países se considera una plaga, en otros como México un regalo del cielo.

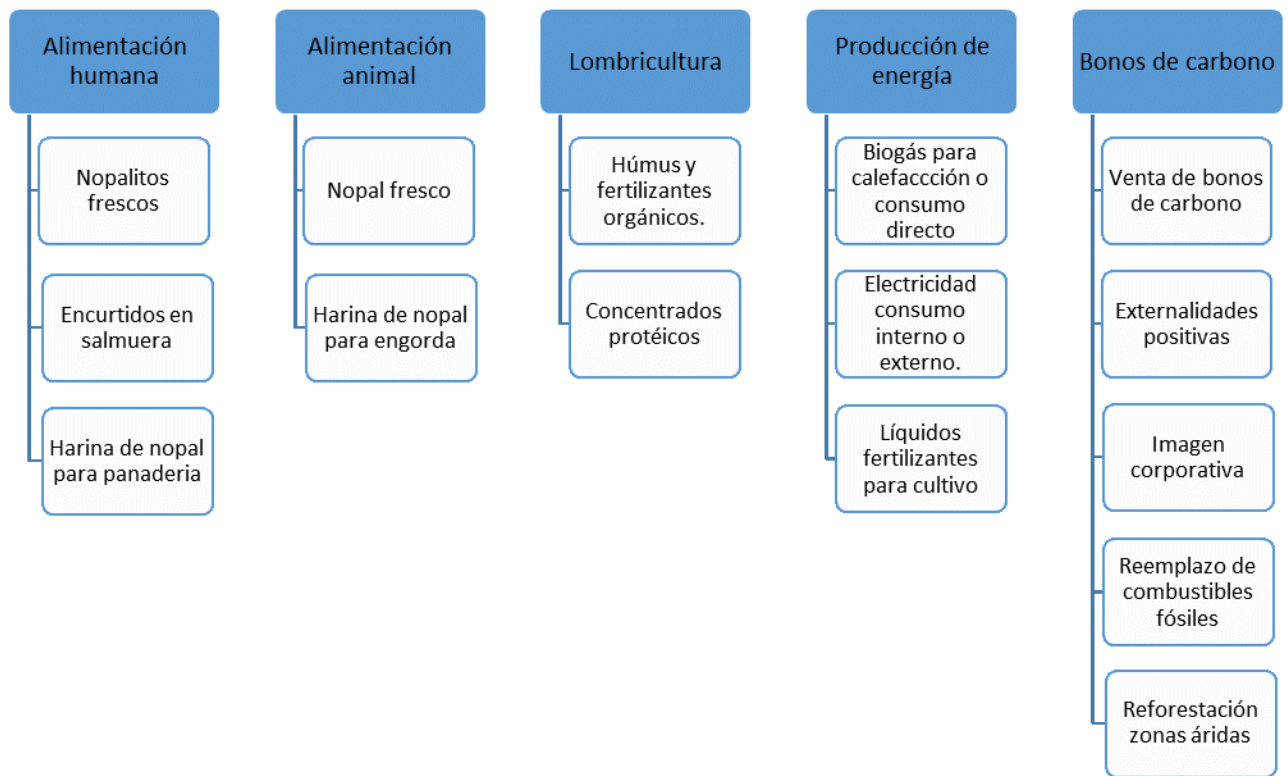
Para producir biomasa en grandes cantidades se requiere una planta que se adapte a las diversas condiciones climáticas, resistente a las plagas, una verdadera sobreviviente donde otras especies no pueden tolerar. Además de rápido crecimiento y estructura molecular simple, lo que permite una fácil degradación. El nopal tiene todas estas características. Por tanto, es la especie ideal para un proyecto agroindustrial o bioenergético.

La propuesta de usar nopal para energía nació en la Universidad de Chile en la década de los 80, accidentalmente, y posteriormente Wayland en el 2000 hizo su tesis y se construyó la primera planta de Biogás con cactus del mundo para uso industrial en el Valle del Elqui, Chile asociado con la industria del carmín (insecto colorante que se alimenta de cactus. Posteriormente, lleva esta tecnología a México, Sudáfrica y otros países).

## Modelo de trabajo

En la industria de las energías renovables lo más común es vender equipos y asesoría, por lo que si quiere instalar equipo debes comprarlo en Alemania, Austria o USA, transportarlo a su destino e instalarlo, lo que aumenta los costos. Nuestro modelo es vender ingeniería, adaptarnos al cliente, utilizamos los equipos e instalaciones del mercado nacional, construimos con materiales y empresas locales donde se desarrollan proyectos, esto permite un mayor impacto social, generación de empleo, integración social y bajo impacto ambiental en el punto de destino. Nuestro proceso de producción es 5 veces más económico tanto en equipos como en costos de inversión que otras alternativas. Somos la única empresa que ofrece este servicio integral en alimentación y energía con cactus. Los pioneros en el mundo y con experiencia internacional.

## Nopal aplicaciones (Cactus)



## VENTAJAS DEL CACTUS

Generación de energía continua 24 X 365 días. Producción de biogás y electricidad. Sin óxidos de azufre o partículas. Bajo mantenimiento. Eficiencia general de la planta 80-90%. Genera suelo, fertilizantes orgánicos. Cambia el microclima que retiene el agua en el suelo. Extrae la atmósfera del dióxido de carbono. Vida útil 20

años. Permite la venta de créditos de carbono. Proceso totalmente orgánico. Rápida implementación del proyecto. Generar empleos permanentes para plantar cultivos y procesar plantas. Permite la apertura de nuevos mercados para ser considerada una empresa verde que se preocupa del medio ambiente.

## ALIMENTOS HUMANOS

Su contenido de agua es alto, alrededor del 90%, asimismo, contiene minerales entre los que encontramos calcio, potasio, magnesio, sodio y pequeñas cantidades de hierro, aluminio, entre otros. Contiene fibras, vitaminas A, C, K, B1, B2, B3 y B6 y clorofila. Se puede preparar asado, en ensaladas, así como en salmuera, vinagre y otras preparaciones. El nopal se puede deshidratar y producir harina para hacer tortillas y productos horneados.

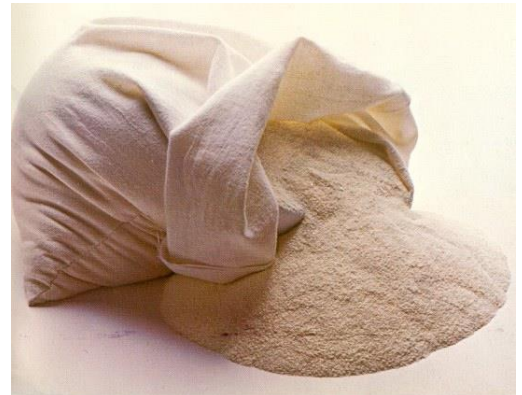


## ALIMENTACION ANIMAL

El follaje se puede utilizar como alimento básico para cabras, ovejas y conejos, y como suplemento dietético, en lugar de concentrados, para el ganado lechero, y como ingrediente alimentario para animales monogástricos, como los cerdos. Se puede utilizar la alimentación directa in situ, con bovinos o cabras que se alimentan directamente de la planta o se pueden cortar en trozos y hacer raciones en corrales. Asimismo, la harina de nopal puede obtenerse para su almacenamiento y posterior administración en raciones de invierno o su venta en el mercado mayorista.

## VERMICULTURA

Aplicado a tuna, permite obtener dos productos, humus y harina de lombriz, ambos de excelente calidad y volumen considerable. Normalmente existe una resistencia al uso de lombrices de tierra como alimento o la elaboración de harinas por ser utilizadas en residuos agrícolas, sin embargo, el nopal permite mediante un cultivo de vegetal la obtención de productos sin la carga microbiana negativa asociada al tratamiento de residuos. Lombrices de tierra alimentadas con vegetales de las que se obtiene un producto homogéneo. Las aplicaciones de la harina son en piensos para pollos, peces de piscifactoría, cabras, cerdos y animales industriales como complemento a las raciones.





## PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

El cultivo de biomasa para la producción de biogás es exclusivo de la tuna, las plantas de biogás en el mundo normalmente utilizan residuos agrícolas o industriales, alcantarillado o similares. El diseño de procesos para producir energía mediante cultivo y transformación no suele ser viable sin subsidios, esto ocurre con el etanol en EE. UU. O el biogás en Europa. Este problema no ocurre con la tuna, que es rentable y competitiva con otras fuentes renovables como paneles y parques eólicos. La gran ventaja es que suministra energía las 24 horas y se puede regular su producción, adaptándose así a la demanda. La conversión de biogás en electricidad utiliza equipos similares a los que requiere el gas natural.



## CRÉDITOS DE CARBON

En los beneficios más importantes podemos indicar la generación de empleos permanentes en áreas remotas de África o áreas marginales y bonos verdes o de carbono, permitirán, por sí mismos, el financiamiento de plantaciones a gran escala, Nuestros sistemas son cultivos orgánicos, plantas de proceso con materiales reciclables, estamos comprometidos con el desarrollo sostenible. Los cultivos de tuna para obtener energía multiplican la vida en los desiertos. El mayor impacto se encuentra en la sustitución de combustibles fósiles.



## CREACIÓN DE EMPLEO Y FLEXIBILIDAD

Los proyectos con nopales tienen amplia flexibilidad y pueden estar orientados a la creación de empleos permanentes, en siembra, cosecha y procesamiento, así como sistemas altamente mecánicos para producir grandes ingresos con un mínimo de personal, es perfectamente posible implementar un mix con las alternativas indicadas.

## EQUIVALENCIA DE ENERGÍA

CULTIVO	Rendimiento	Combustible	Energía	Energía/año	Rendimiento Energético Relativo
	( L/hect-año )		Kcal	( Mcal/hect /año )	Base: Nopal
<b>Nopal (Opuntia)*</b>	<b>25.000</b>	<b>Biogás (*)</b>	<b>7.000 kcal / M3</b>	<b>175.000</b>	<b>100%</b>
Palma	5.550	Biodiesel	9,260 Kcal / L	51.393	29,4%
Cocotero	4.200	Biodiesel	9.260 Kcal / L	38.892	22,2%
Higuerilla	2.600	Biodiesel	9.260 Kcal / L	24.076	13,8%
Aguacate	2.460	Biodiesel	9.260 Kcal / L	22.780	13,0%
Jatropha	1.559	Biodiesel	9.260 Kcal / L	14.436	8,2%
Colza	1.100	Biodiesel	9.260 Kcal / L	10.186	5,8%
Soya	840	Biodiesel	9.260 Kcal / L	7.778	4,4%
Caña de Azúcar	9.000	Bioetanol	5.000 Kcal / L	45.000	25,7%
Remolacha	5.000	Bioetanol	5.000 Kcal / L	25.000	14,3%
Yuca	4.500	Bioetanol	5.000 Kcal / L	22.500	12,9%
Sorgo dulce	4.400	Bioetanol	5.000 Kcal / L	22.000	12,6%
Maíz	3.200	Bioetanol	5.000 Kcal / L	16.000	9,1%

(\*)(M3biogás/hect/año) Densidad de plantación media, (75% Metano)

## ENERGÍA NOPAL, ENERGÍA EÓLICA Y FOTOVOLTAICA

Ítem	Energía del nopal	Energía eólica	Energía fotovoltaica
<b>Disponibilidad</b>	Continua 24 X 365 días	Irregular dependiendo de la hora del día. 8 hora / día	Irregular dependiendo de la hora del día. 8 horas / día
<b>Mantenimiento</b>	Bajo en condiciones de operación, cada dos años pintura. Poco personal	Bajo, muy poco personal en condiciones normales	Bajo, muy poco personal en condiciones normales
<b>Mantenimiento en fallas</b>	Rápida, y bajo costo. Personal de calificación media	Personal altamente calificado con fallas mayores, reparaciones costosas y lentas.	Personal altamente calificado con fallas mayores, reparaciones costosas y lentas.
<b>Tipo de energía generada</b>	Eléctrica, biogás, térmica (agua caliente)	Eléctrica	Eléctrica
<b>Eficiencia generación energía</b>	80-90 %	30 % de la capacidad instalada en tierra.	10 -20 % dependiendo del costo de celda
<b>Duración de equipos e instalaciones</b>	15-20 años	20 años	10 años
<b>Beneficio ambiental</b>	Genera suelo, fertilizantes orgánicos. Cambia el microclima reteniendo agua el suelo. Extrae dióxido de carbono del ambiente. Permite la venta de bonos de carbono. Proceso totalmente orgánico	No emite dióxido de carbono. Efecto neutro en el medio ambiente.	No genera dióxido de carbono. Efecto neutro en el medio ambiente.
<b>Perjuicio ambiental</b>	Desconocido	Alto impacto en rutas migratorias de aves, Ruidosa producción de energía por efecto de las aspas al rotar. Visualmente agresivo.	Baterías y construcción de celdas es altamente contaminante.
<b>Disponibilidad de repuestos</b>	Disponibles en mercado nacional en forma inmediata.	Deben ser importados	Deben ser importados con dependencia del importador y distribuidor.
<b>Tiempo de Estudio e implementación de proyecto</b>	Corto, 1 año	Largo, 8 años mínimo para estudiar vientos	Corto 1 año.
<b>Beneficio social</b>	Genera puestos de trabajo permanentes para siembra cosecha, y plantas de proceso.	Genera empleos en el montaje de equipos.	Genera empleos en el montaje de equipos. Aplicable a pequeña escala en sectores marginales.

<b>Externalidades positivas</b>	Culturalmente el cultivo del nopal es aceptado y favorecido por instituciones del estado. Permite la abertura de nuevos mercados al ser considerada una empresa verde que cuida el medioambiente.	Tecnología conocida e implementada en forma global.	Tecnología atractiva y ampliamente conocida, Imagen ampliamente positiva para su implementación.
<b>Externalidades negativas</b>	Pocas plantas construidas en el mundo. Resistencia de grupos ambientalistas a ocupar un alimento para energía.	El dinero sale del país hacia las fábricas de Europa principalmente. El dinero no se invierte en recursos humanos y tecnológicos locales	Las baterías generan contaminantes tóxicos. Los equipos son frágiles a impactos. El dinero no se invierte en recursos humanos y tecnológicos locales.
<b>Costo KW instalado</b>	US1100—1800/ KWe no incluye ingresos por subproductos.	US2.500/KW	US2.000 /KW
<b>Recuperación de la inversión</b>	1 a 2 años	5-8 años	12-15 años

## TABLA COMPARATIVA PROCESOS DE BIOGÁS DE NOPAL V/S ESTIÉRCOL DE CERDO Y VACA

	Nopal / cactus	Vaca y cerdo
<b>Materia prima</b>	Nopal cultivado, nutrido y desarrollado para alta producción de biomasa	Estiércol, producto de desecho
<b>Usos</b>	Como alimento de ganado, humano, producción de energía	Como fertilizante orgánico, generador de energía
<b>Tiempo de retención</b>	8 – 24 horas	15- 20 días
<b>Temperatura de proceso</b>	37 °C, temperatura controlada	Ambiente de 5 – 30 °C, no se controla temperatura
<b>Energía</b>	5 % de consumo de la energía entregada en el proceso, el calor es entregado por agua caliente del sistema de refrigeración de generadores eléctricos,	La energía requerida puede ser mayor a la generada por el sistema. El calor es entregado por agua caliente del sistema de refrigeración de generadores eléctricos,
<b>Instalaciones</b>	La producción de 1 MW eléctrico requiere 1 reactor de 1300 m3	La producción de 1 MW eléctrico requiere la instalación de 15 reactores de 1300 m3
<b>Calefacción</b>	Los generadores eléctricos generan más del 200 % del calor necesario del proceso. Solo una fracción es usada para calefacción de reactores	El calor es entregado por agua caliente del sistema de refrigeración de generadores eléctricos, pero es insuficiente para mantener una temperatura estable mesófito. Requerirá 15 veces más agua caliente para calentar 15 reactores y producir la misma energía
<b>Materiales</b>	Se utiliza acero al carbono, el nopal no produce ácido sulfhídrico, los equipos que usan gas natural son adecuados.	Se debe utilizar acero inoxidable en toda la línea de proceso en contacto con biogás, biodigestores, sopladores purificadores, generador eléctrico
<b>Desechos</b>	Aproximadamente el 1 % del nopal no es procesado, que contiene lignina o fibras digerible por las bacterias, el 99 % es agua o biomasa que se transforma en agua con nitrógeno, nutrientes y Biogas aprovechable. Este efluente no tiene olor y es utilizado en las plantaciones, se recicla	El material digerido por las bacterias depende de la alimentación de los animales y su composición. Normalmente tiene un fuerte olor a huevo podrido correspondiente al ácido sulfhídrico.
<b>Capacidad de producción</b>	El proceso es elástico se puede regular desde u 10 % a 100% de la capacidad instalada. La producción es ajustada por alimentación de reactores, si requiere mayor energía se corta más nopal y se alimentan reactores, no hay acumulación de material, el nopal permanece en plantaciones hasta que es necesario cortarlo.	El proceso está ajustado a la cantidad de animales y excretas que se generen diariamente, la acumulación de excretas genera problemas ambientales por ello se deben procesar todo lo producido. No se puede aumentar o disminuir la cantidad de animales diariamente. Es un proceso más rígido.
<b>Escalabilidad</b>	Existiendo superficies disponibles se puede plantar nopal y producir energía	La escalabilidad está limitada al número de animales y sus excretas.



<b>Estabilidad de sistemas</b>	Operando con la alimentación de nopal, los sistemas son estables por años. La materia prima es estable.	Son sensibles a los antibióticos utilizados para la actividad principal de cría de animales lo que puede ocasionar la detención total de las bacterias al interior de reactores. Así mismo, las variaciones de temperatura que afectan la producción de energía.
<b>Mantenimiento</b>	Los equipos son similares a los usado en gas natural por ello sus mantenimiento es muy bajo y son de larga duración. Los reactores operan por años sin detención. Los diseños se utilizan materiales y equipos disponibles localmente.	Requiere mayor mantenimiento de los equipos en contacto con el H <sub>2</sub> S de del biogás, los repuestos son más costosos al utilizar acero inoxidable. Equipos importados con resistencia a materiales corrosivos.
<b>Digestores</b>	Son específicos para nopal considerando sus características reológicas y composición de biogás, catalizadores bacterianos y materiales de construcción	Usualmente son diseñados para diversa excretas tanto de vaca como de cerdo son las más usuales, existen múltiples diseño según las características de la zonas y en especial temperaturas de proceso.

## COMPARATIVA ENERGIA BIOGÁS DE NOPAL V/S HIDROGENO

	Biogas nopal / cactus	Hidrogeno
<b>Aplicaciones principales</b>	Transporte, calefacción, combustión directa, generación eléctrica	Transporte.
<b>Presión de almacenamiento</b>	350 bar	350 bar
<b>Equivalencia energética</b>	0,240 litros de metano (a 350 bar)	1 litro de H2 (a 350 bar)
<b>Formula</b>	CH4	H2
<b>Obtención</b>	Fermentación anaeróbica	Hidrolisis, gas natural gris
<b>Tipo de fuente energética</b>	Primaria, obtenida de fotosíntesis	Secundaria, obtenido por una corriente eléctrica
<b>Tecnología producción</b>	Conocida ampliamente, proceso suave en temperatura y presión	Aun en desarrollo para su aplicación a gran escala, pocas estaciones de servicios y vehículos.
<b>Vehículos livianos</b>	Los vehículos pueden ser convertidos para operar con Biogas de cactus de manera similar a GNC. Combustible dual gasolina – biogás. Conversión económica US1.500-2.000 / vehículo	Altamente complejo y costoso. Vehículos fabricados para usar hidrogeno, la conversión en difícil. Si usa una pila de hidrogeno debe adicionar un motor eléctrico, los costos son más alto que un vehículo eléctrico.
<b>Costo combustible</b>	Similar al gas natural	Costoso, US 10 /kg
<b>Distribución por ductos</b>	Utiliza las mismas instalaciones equipos que el gas natural, puede ser inyectado en forma directa a gasoductos. Utiliza las instalaciones existentes.	Requiere instalaciones dedicadas especiales, los equipos e instalaciones son dedicados exclusivos, requiere nuevas construcciones, estaciones de suministro.
<b>Gases eliminados</b>	CO2, óxidos de nitrógeno, Oxígeno en el proceso de fotosíntesis.	Vapor de agua, solo si la producción primaria es con energías renovables como fotovoltaica o eólica.
<b>Efecto en cambio climático</b>	Neutro, el CO2 producido es fijado por las plantas en fotosíntesis es mayor al producido en la quema de combustible.	Si el origen de la energía es gas natural su efecto es un aumento del CO2 en el medio ambiente.
<b>Externalidades</b>	Genera puestos de trabajo permanentes, recupera suelo para agricultura. Proceso ecológico y limpio.	Un proceso limpio no genera polución, percepción muy positiva de la población.
<b>Consumo de energía del proceso</b>	90 % queda disponible para consumo	Alto requerimiento de energía para separar el oxígeno del agua.