

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN (SAGARPA)

— ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL ESTABLECIMIENTO DE CULTIVO DE NOPAL (OPUNTIA) EN TIERRAS OCIOSAS EN LOS ESTADOS DE AGUASCALIENTES, SAN LUIS POTOSÍ, GUANAJUATO Y ZACATECAS CON FINES ALIMENTICIOS, ENERGÉTICOS Y AMBIENTALES.

CONTENIDO:

INFORME DETALLADO

Folio: 211PP062

Fecha: OCTUBRE 2015

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL ESTABLECIMIENTO DE CULTIVO DE NOPAL (OPUNTIA) EN TIERRAS OCIOSAS EN LOS ESTADOS DE AGUASCALIENTES, SAN LUIS POTOSÍ, GUANAJUATO Y ZACATECAS CON FINES ALIMENTICIOS, ENERGÉTICOS Y AMBIENTALES.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. LA FOTOSÍNTESIS	12
2.1 Mecanismo fotodependiente	13
2.2 Etapa fotoindependiente o ciclo de Calvin	15
3. LA BIOMASA EN EL PLANETA.	17
3.1 El Biogás	23
3.2 El Nopal como Biomasa.	24
3.3 La composición y propiedades de las partes del nopal	26
4. LA BIOMASA Y LA ECONOMÍA ENERGÉTICA.	30
5. LA PRODUCCIÓN DE NOPAL EN MÉXICO.	34
6. EL NOPAL EN LOS ESTADOS DE AGUASCALIENTES, GUANAJUATO, SAN LUIS POTOSÍ Y ZACATECAS.	40
6.1 El nopal en Aguascalientes	40
6.2 El cultivo de nopal en Guanajuato.	43
6.3 El Nopal en San Luis Potosí.	45
6.4 El nopal en Zacatecas.	47
6.5 La región en conjunto.	50

7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	51
7.1 Objetivo general	51
7.2 Objetivo específico	51
7.3 Desarrollo del Proyecto.	53

8. ANÁLISIS DE COSTOS Y FINANCIERO PARA UNA HECTÁREA.	56
--	-----------

9. LAS LABORES NECESARIAS PARA PLANTAR Y OPERAR LA PRODUCCIÓN DE NOPAL.	63
9.1 Nopal verdura.	63
9.2 Nopal Tunero	70
9.3 Nopal para Energía	72

10. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LOS PRODUCTORES	77
10.1 Información sobre los productores.	77
10.2 Características socioeconómicas de los productores.	78
10.3 Asistencia Técnica y Capacitación	82

11. ANÁLISIS FODA DEL SISTEMA PRODUCTO NOPAL EN LA REGIÓN ESTUDIADA.	85
11.1 Fortalezas	85
11.2 Oportunidades	86
11.3 Debilidades	86
11.4 Amenazas	87

12. PROPUESTAS, RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.	88
12.1 Propuestas	88
12.2 Sugerencias complementarias.	89
12.3 Conclusión y Factibilidad.	89



1. INTRODUCCIÓN

Una de las cualidades que mejor distingue a los nopales es que han desarrollado características que les permiten adaptarse a zonas con poca disponibilidad de agua y temperaturas extremas. Entre otras, la succulencia es su principal característica morfológica, acumula grandes cantidades de agua en períodos cortos de tiempo y la cutícula gruesa que poseen las hace más eficientes para evitar la evapotranspiración. Debido a su metabolismo ácido crasuláceo (MAC), efectúa un proceso fotosintético, tal que sus estomas están cerrados durante el día y abiertos durante la noche, evitando la pérdida de agua por transpiración.

Los nopales poseen compuestos funcionales para el cuerpo, tanto los frutos como los cladodios son una fuente importante, entre los que destacan la fibra, los hidrocoloides (mucílagos), los pigmentos (betalaínas y carotenoides), los minerales (calcio, potasio), y algunas vitaminas como la vitamina C, la cual tiene propiedades antioxidantes; estos compuestos son muy apreciados por proporcionar buena salud y también como ingredientes para el diseño de nuevos alimentos. Los contenidos de estos compuestos son distintos en frutos y cladodios, la pulpa de la fruta es la parte más rica en vitamina C mientras que los tallos son ricos en fibra. Los pigmentos sólo se encuentran en los frutos y pueden estar presentes en la cáscara y en la pulpa. El nopal verdura o nopalito, al igual que otras verduras, contribuye con una alta proporción de agua a la dieta y es muy cotizado por su alto contenido de fibra, además es bajo en lípidos, hidratos de carbono y proteínas; es preferido en el menú cotidiano de muchas familias del pueblo mexicano y está siendo ampliamente consumido por la población mexicana residente en el sur de Estados Unidos de América. Su contenido es comparable al de varias frutas

y hortalizas, entre ellas: la espinaca, alcachofa, acelga, berenjena, brócoli, rábano, mango, melón, chabacano, uva y otras.

La composición de azúcares de *Opuntia* incluye glucosa, fructosa, arabinosa, rhaminosa, xilosa, galactosa y ácido galacturónico. También acumulan ácidos orgánicos como el cítrico y el piscídico en *Opuntia ficus-indica*.

En México existe un gran potencial para el desarrollo de plantaciones de nopal y nopal tunero, por lo extenso y rico de sus condiciones agroclimáticas, sin embargo, las plantaciones se encuentran actualmente deterioradas, debido a la problemática que enfrenta esta cadena productiva, lo cual se refleja en precios bajos al productor y una baja rentabilidad de la actividad. La baja calidad y productividad de las plantaciones no permite que el productor mejore sus ingresos, por lo que no logra una adecuada capitalización que le permita desarrollar la actividad.

Los destinos principales del nopal cultivado son; Verdura, tuna y forraje y muy recientemente como biomasa para producir biogás y biocombustibles con sus respectivos procesos de cultivo, procesamiento por fermentación y utilización del combustible resultante.

Para instituciones como la Financiera Rural las problemáticas actuales de la cadena productiva del nopal se pueden resumir en los siguientes aspectos:

Calidad deficiente en la producción y baja productividad.

Concentración de la producción en un período del año.

Baja transformación agroindustrial.

Bajo desarrollo de los canales de comercialización. (Algunos estudios han identificado a este como el principal problema de los productores de tuna debido al excesivo peso de los intermediarios).

Insuficiente desarrollo de la organización de productores.

Mercado interno limitado. Escasa a nula transferencia tecnológica

Falta de apoyo crediticio

No se ha desarrollado el mercado externo.

Entre algunas razones encontramos que: no existe tecnología de punta para seleccionar y empaquetar el producto.

No se cuenta con infraestructura en frío para almacenar el producto.

Son productos exóticos poco conocidos en el ámbito internacional.

Una de las búsquedas del proyecto desarrollado es encontrarle nuevas técnicas de cultivo que aumenten la productividad y sobre todo otros usos que propongan mejores rentabilidades. Esto tendrá un camino de impacto sobre las plantaciones ya establecidas y en segundo lugar sobre terrenos que en otro momento fueron cultivados y que en este momento ya no aun cuando su uso agrícola no ha cambiado irreversiblemente, por lo que les denominado ociosas.

Nos animan datos que ha reportado el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) sobre el contenido energético del nopal, es similar al del maíz, ya

que una hectárea con una cosecha de 800 toneladas produce 40 metros cúbicos de gas. En una extensión de 800 ha se esperaría una productividad máxima de biogás y energía de 32,000 metros cúbicos y 56 MWh por hora por año, respectivamente.

La ventaja de que con la mitad de agua requerida por el cultivo de maíz –riego por goteo y una densidad de 40,000 a 50,000 plantas por hectárea- se tiene certificado que se producen 600 toneladas de materia verde, realizando tres o cuatro cortes por año.

El nopal encadenado a la producción de energía eléctrica nos pone en la perspectiva de costos de un Wat de electricidad generado por biogás proveniente del éste recurso es tan solo del 15% de lo que en promedio le cuesta a CFE en todas las fuentes que utiliza.

Por otra parte la Secretaría de Agricultura reportó que los productores de nopal y tuna tienen ganancias de entre 50 y 60 mil pesos por hectárea al año lo cual representa seis veces más de ingresos de lo que obtiene quien produce maíz y frijol en un mismo espacio de terreno.

La pura tecnificación del nopal con uso energético y como alimento puede darle a una importante cantidad de tierras, en desuso y otras que se hagan reconversión una oportunidad de hacer agro negocio más rentable, si a eso se le agrega la dimensión ambiental, de la que el Estado se tendrá que hacer cargo con sus sistemas de estímulos, pues al inicio es un intangible para el productor.

La biomasa como el producto valioso del ciclo del carbón.

Cualquier conjunto de material orgánico que proviene de la fotosíntesis, independientemente de la transformación en que se encuentre, mientras no alcanza su mineralización, estos es, se convierta definitivamente en CO₂, H₂O y otros compuestos inorgánicos, le podremos concebir como una biomasa.

“En México existe un gran potencial para el desarrollo de plantaciones de nopal y nopal tunero, por lo extenso y rico de sus condiciones agroclimáticas”.

2. LA FOTOSÍNTESIS

La fotosíntesis es el proceso primario que mantiene la vida en un encadenamiento con todos los ecosistemas en nuestro planeta. Las plantas terrestres, las algas de aguas dulces, marinas o las que habitan en los océanos realizan este proceso de transformación de la materia inorgánica en materia orgánica y al mismo tiempo convierten la energía solar en energía química (energías de enlace). Todos los organismos heterótrofos dependen de estas conversiones energéticas y de materia para su subsistencia. Y esto no es todo, los organismos fotosintéticos eliminan oxígeno al ambiente, del cual también depende la mayoría de los seres vivos de este planeta.

El proceso de fotosíntesis ocurre en 2 etapas, la primera, llamada etapa fotodependiente, ocurre sólo en presencia de luz y la segunda, llamada etapa bioquímica o ciclo de Calvin, ocurre de manera independiente de la luz.

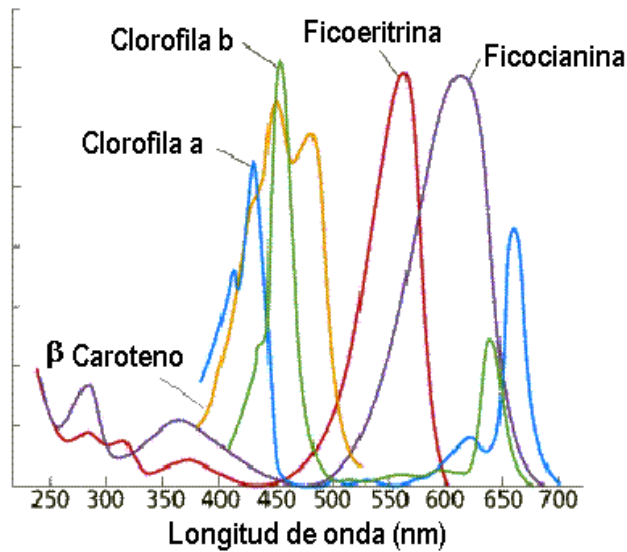
Todos los organismos autótrofos, contienen en su estructura a los cloroplastos tienen pigmentos que son moléculas capaces de “capturar” ciertas cantidades de energía lumínica. Dentro de los pigmentos más comunes se encuentra la clorofila a y la clorofila b, típica de plantas terrestres, los carotenos, las xantólicas, fucoeritrinas y fucocianinas, estos últimos característico de ciertas especies. Cada uno de estos pigmentos se especializa en captar la luz en distintas longitudes de onda.

Debemos de hacer notar que de la luz solar, no todo la energía que contienen es capturado por los pigmentos, de hecho solo la luz que se encuentra entre los 360 nm y los 720nm es activa para estas sustancias que hacen posible la fotosíntesis. La mayor parte de esta región del espectro se pierde por reflexión. Así que si descontamos toda aquella que no es activa, aproximadamente el 60% y de la que queda la que no se absorbe, aproximadamente 30%. Si tomamos en consideración que la eficiencia de la reacción química que determina la fotosíntesis nos otorga un 30% de aquí que por este canal se puede almacenar en enlaces químicos de las biomoléculas un 8% de la energía solar disponible durante el día.

En el caso de las plantas superiores la fotosíntesis ocurre principalmente en las hojas, y dentro de éstas, en cloroplastos ubicados en células del parénquima, que es uno de los tejidos de la hoja. Las hojas, además, poseen pequeñas abertura o estomas, formadas por células que pueden agrandar o cerrar la abertura y que permiten regular la entrada o salida de agua, oxígeno y dióxido de carbono.

Los cloroplastos son orgánulos formados por una doble membrana externa y vesículas apiladas formando estructuras llamadas grana. Cada grana está formada por varios tilacoides.

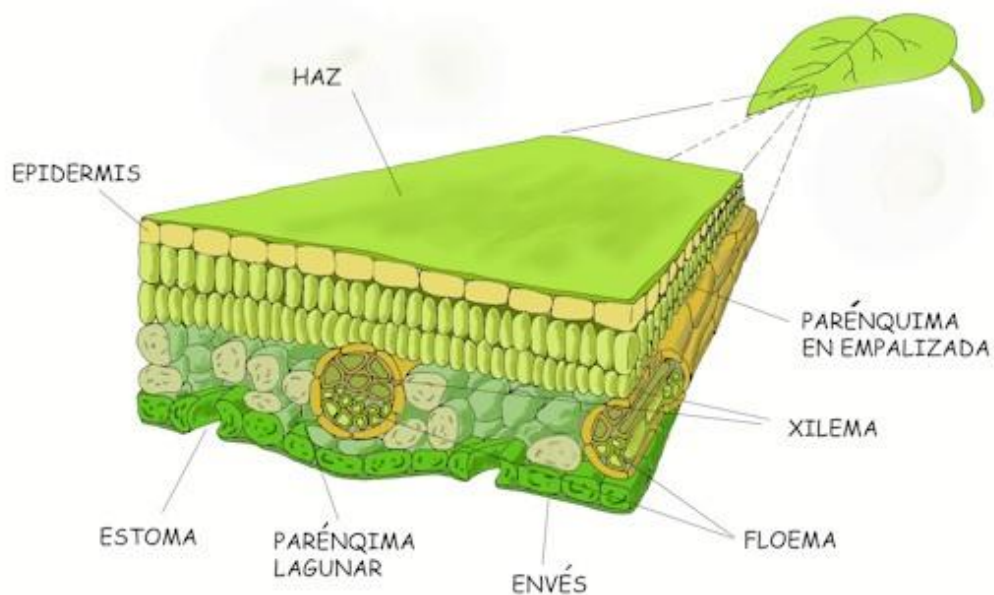
GR- 1 Espectro de la LUZ y longitudes en las que absorben los distintos pigmentos.



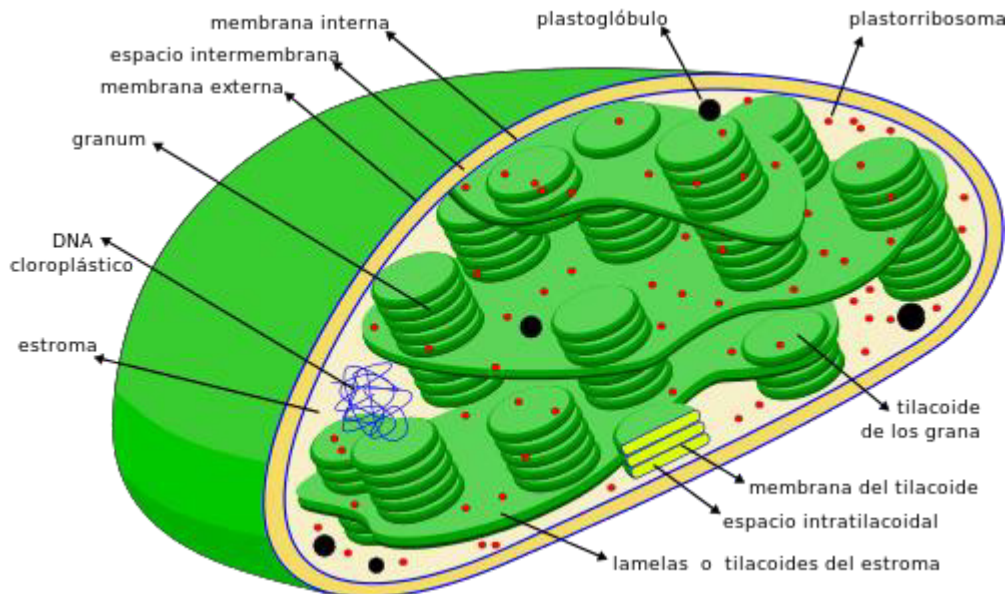
2.1 Mecanismo fotodependiente

Los electrones que resultan de la interacción de la luz y la clorofila, también llamada reacción fotoquímica, son capturados por moléculas especializadas, que se encuentran en la estructura de la membrana tilacoide, se les llaman aceptores. Estas moléculas sufren sucesivamente reacciones de óxido-reducción y transportan los electrones hasta un aceptor final, la coenzima NADP.

GR-2 Estructura de una hoja



GR-3 Estructura de la grana y tilacoides en donde están las moléculas de clorofila.

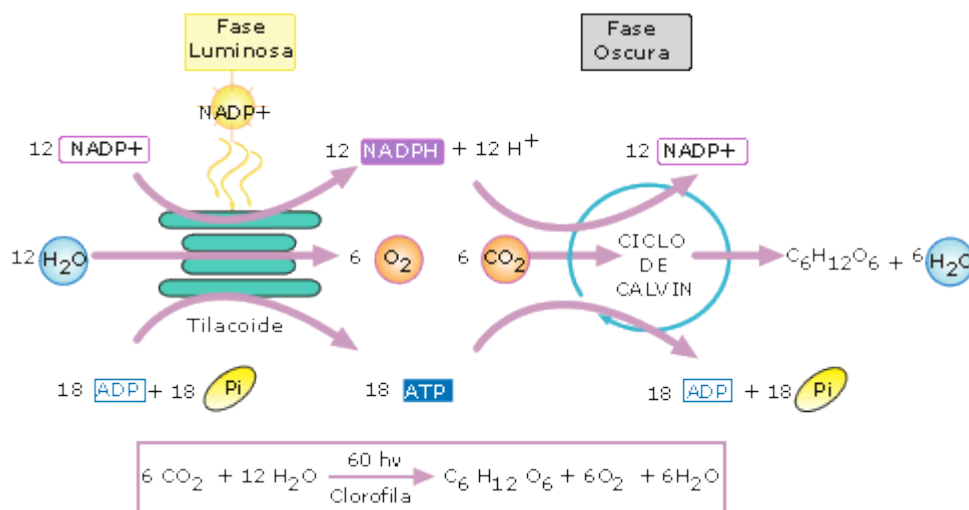


Para que se lleve a cabo la producción de ATP (energía química) y se reduzca la coenzima NADP es necesario que reaccione otro fotosistema asociado, el fotosistema II. En este se produce también se liberan electrones por excitación fotoquímica de la clorofila. Los electrones son transferidos de un aceptor a otro a través de una cadena de transporte hasta el fotosistema I, quedando de este modo restablecida la carga electroquímica de esta molécula. Simultáneamente, en el fotosistema II se produce ruptura de una molécula de agua. Este proceso, también llamado fotooxidación del agua produce oxígeno y protones, además de liberar electrones, que son capturados por el fotosistema II.

El oxígeno es liberado a la atmósfera a través de los estomas y los protones quedan retenidos en el espacio intratilacoideo.

Asociada a la membrana tilacoide se encuentra la enzima ATP-asa que es la responsable de la producción de ATP. Esta enzima es capaz de transportar protones a través de un canal ubicado en su interior y transformar su energía cinética en energía química que se conserva en el ATP. De esta forma, la enzima ATP-asa libera el gradiente electroquímico que se produce dentro del tilacoide y la utiliza para adicionar un grupo fosfato al ADP produciendo ATP. Finalmente los protones se unen al ATP y al NADP para obtener ATP y NADPH₂⁺.

GR-4 Fases y ciclos de la Fotosíntesis.



2.2 Etapa fotoindependiente o ciclo de Calvin

El ciclo de Calvin ocurre en el estroma o matriz del cloroplasto. Allí se encuentran las enzimas necesarias que catalizarán la conversión de dióxido de carbono (CO_2) en glucosa utilizando los protones aportados por la coenzima NADP más la energía del ATP. El dióxido de carbono ingresa a través de las estomas y llega hasta la molécula receptora del ciclo, una pentosa llamada ribulosa-1,5-bisfosfato, combinándose con esta mediante la acción de la enzima ribulosa-1,5-bisfosfato-carboxilasa-oxigenasa. El primer producto estable de la fijación de CO_2 es el ácido-3-fosfoglicérico (PGA), un compuesto de 3 carbonos. La energía del ATP es utilizada para fosforilar el PGA y formar ácido 1,3 difosfoglicérico, el cual es reducido luego mediante la acción del $\text{NADPH} + \text{H}^+$ a gliceraldehido-3-fosfato (PGAL). Una parte del gliceraldehido-3-fosfato es utilizada en el ciclo para sintetizar glucosa, mientras que el resto se utiliza para regenerar la ribulosa, que da comienzo a un nuevo ciclo.

La producción de glucosa es el inicio de un complejo de cadenas que nos llevan a la conformación de los polisacáridos, las grasas y proteínas y a su metabolismo. Es una diversidad de rutas las que llevan a conformar la biomasa.

Ya vimos que la eficiencia teórica que el proceso fotosintético nos puede dar es de un 8%, pero en la práctica se han logrado mediciones que a lo máximo que se alcanza es de un 3% de eficiencia. Y a menudo estas cifras corresponden a periodos cortos de crecimiento y cuando se derivan los valores medios para el año completo, se encuentran valores del orden del 1% como media para el caso de plantas de cosecha anual.

Podemos hacernos un cuestionamiento a todas luces lógico, sería rentable un proceso que solo tiene un rendimiento real de un 1%?

Aunque el rendimiento del proceso fotosintético pueda parecer bajo, se ha de considerar que los sistemas vivos que captan y convierten la energía solar se encuentran anteriormente, ampliamente distribuidos sobre tierras y agua del planeta, cubriendo una enorme superficie y representando el único tipo de colector solar que, hoy por hoy, está repartido por toda la Tierra, operando a gran escala.

El que la superficie colectora sea tan extensa determina que, pese a la baja eficacia, la cantidad de energía almacenada anualmente por fotosíntesis sea inmensa; de hecho, unas 10 veces más que el total de energía que consume actualmente la Humanidad. Otro dato interesante a tener en cuenta a este respecto, es que el contenido energético de las reservas de biomasa que se encuentran acumuladas en la biosfera, es aproximadamente equivalente a la almacenada en las reservas comprobadas de combustibles fósiles.

“La fotosíntesis es el proceso primario que mantiene la vida en un encadenamiento con todos los ecosistemas en nuestro planeta. Todo tipo de plantas realizan este proceso de transformación de la materia inorgánica en materia orgánica y al mismo tiempo convierten la energía solar en energía química”.

3. LA BIOMASA EN EL PLANETA.

Actualmente se estima que la biomasa disponible es de 146 billones de toneladas, provenientes del crecimiento de plantas silvestres en su gran mayoría y se estima entre 10 y 50 billones la que se encuentra en estado seco. Por otra parte se sabe de la porción que representa como fuente de abastecimiento energético a nivel mundial es del 14%¹

Desde el punto de vista de los contenidos energéticos almacenados en la biomasa, es importante destacar que son diverso cuan diversa es su composición, sin embargo si se puede estimar un rango para saber entre qué valores se encuentra:

Materiales con dominante lignocelulosa contienen entre 3000 y 3500 Kcal/Kg.
Desechos urbanos de naturaleza orgánica entre 2000 y 2500 Kcal/Kg.
Biocombustibles líquidos generados con cultivos 10,000 Kcal/Kg.

Tanto los combustibles fósiles como los de biomasa tienen como producto final al término de su utilización, la emisión de CO₂, pero los primeros tienen el inconveniente de que contienen altas concentraciones de Azufre y sus productos una vez hecha la combustión, SO₂ y SO₃ además que los una vez que se utilizan no hay una ruta para que los contaminantes (gases con efecto invernadero) vuelvan mediante un ciclo a formar nuevamente un combustible similar al que los originó, hecho que si presenta la biomasa, pues a la vez que emite, captura y vuelve a formar biomasa.

Según la Agencia Internacional de Energía, en el año 2009 la oferta total de energía primaria en el mundo fue de 12.169 Millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep), de los cuales 1.589 Mtep, es decir el 13,1 % corresponde a energías renovables. El 75,9 % de la oferta total procedente de fuentes renovables, es decir 1.206 Mtep, corresponde a bioenergía, de acuerdo a los siguientes porcentajes: biomasa sólida 92,5 %, biocarburantes 4,5 %, biogás 1,8 % y residuos municipales renovables 1,2 % (IEA, 2011)².

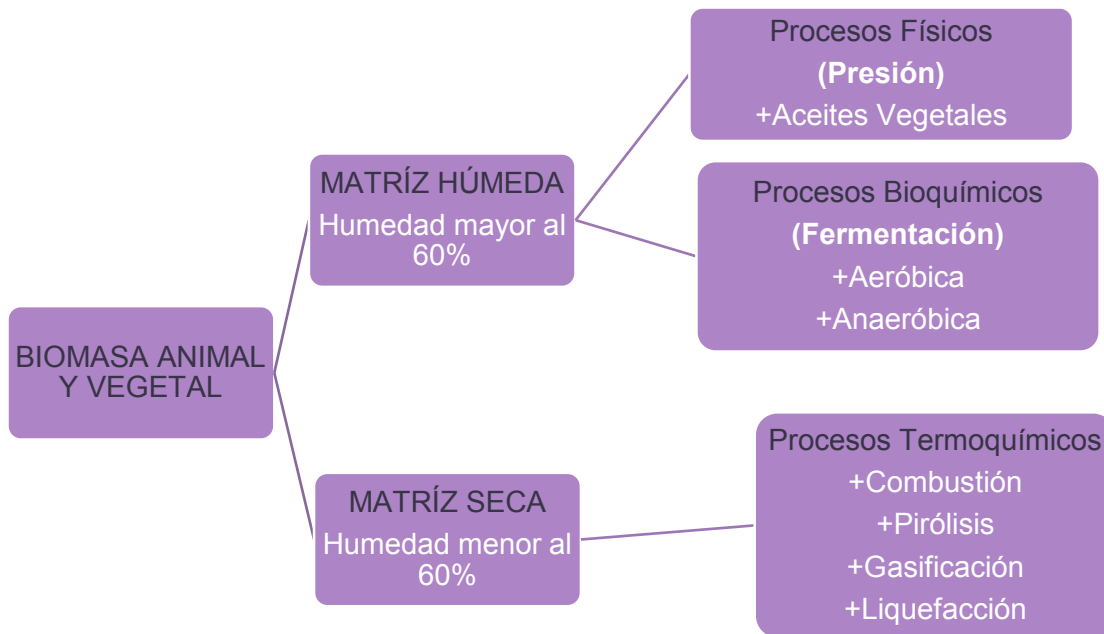
Los usos de la biomasa

Las rutas que conducen a la utilización de la biomasa se pueden representar en el siguiente cuadro:

¹López F, Alfaro A, Caparrós S, García MM, Pérez A, Garrote G, Boletín del CIDEU,5,7 (2008)

²Emilio Cerdá, Energía obtenida a partir de biomasa. http://www.revistasice.com/CachePDF/CICE_83_117-140__78E2E-154C2BB213409D09C083013930C.pdf

Gr-5: La biomasa y sus procesos de utilización energética.



Para las biomosas secas tenemos que

La combustión: Es uno de los métodos de conversión de biomasa en energía más sencillos y por eso pertenece a las tecnologías ancestrales, es el que se corresponde con la quema directa de leña, esquilmos, desechos de la industria azucarera, maderera etc., preparados sólidos de madera o carbón vegetal para cocción de alimentos en el hogar. A nivel industrial para producción de vapor y su uso en procesos térmicos de intercambio de calor y conversión en energía mecánica.

Pirólisis: Es un procedimiento mediante el cual se hace una combustión parcial de la biomasa a fin de obtener materiales sólidos que son más sencillo de utilizarlos a fin de obtener calor, es el caso del carbón vegetal. La obtención de carbón vegetal tiene como subproductos, gases pobres y líquidos condensados, que se usaron como precursores para la obtención de sustancias orgánicas como el metanol, ácido acético, formaldehído, etc. Durante el reinado del petróleo todas estas sustancias se obtienen mediante la petroquímica y es más económica toda vez que la pirólisis conlleva una pérdida importante de la energía que posee la biomasa origina y los subproductos líquidos y gaseosos no tienen la calidad de las fracciones que se obtienen en el destilado y cracking del petróleo.

Gasificación: Se trata también de una combustión controlada, con oxígeno limitado para evitar la quema de toda la biomasa, de material con granulación pequeña como los residuos de la explotación forestal. Los productos se obtienen en forma de un gas pobre y listo para utilizarse como combustible. El oxidante puede ser aire u oxígeno, según la riqueza calórica del gas que se requiera obtener y el destino final que el mismo tenga.

La licuefacción: Este proceso tiene como finalidad obtener combustibles líquidos y es más complejo, por ello no ha adquirido un desarrollo pleno. El Bioetanol es una de las rutas más conocidas y parte de materiales lignocelulósicos, este proceso ha sido ampliamente estudiada en las últimas décadas. Al respecto se han utilizado infinidad de fuentes de biomasa, entre las que podemos destacar son madera³, caña de azúcar⁴, maíz trigo entre otros. Por otro lado, una de las limitaciones en la hidrólisis ácida o enzimática de estos materiales es la presencia de lignina, que constituye una barrera física para la penetración del ácido o las enzimas celulósicas. Por otro lado, la cristalinidad de las moléculas de celulosa dificulta físicamente aún más la acción de las enzimas, requiriéndose una modificación de su estructura lignocelulosítica mediante un pretratamiento que permita aumentar los rendimientos de azúcares, para proceder luego a convertirlos en etanol mediante fermentación.

Para la Biomasa húmeda tenemos

Procesos aeróbicos: Este proceso se utiliza especialmente para depurar aguas residuales con alto contenido de biomasa agregada al agua de uso doméstico e industrial. Lo podemos concebir como la activación de bacterias y protozoos que con la presencia de abundante oxígeno ingieren la biomasa disuelta o suspendida en el cuerpo del agua para formar material celular y catabolitos (CO₂, H₂O, P y NH₄) inocuos para el ambiente. Estos procesos distinguen si los microorganismos que fagocitan la materia orgánica están suspendidos en el cuerpo del agua, junto a la biomasa y entonces decimos que forman un lodo activado, si en cambio

los microorganismos se depositan en una fase sólida, como láminas, rocas porosas, etc. Y la interacción de los mismos se da en la película que se forma entre el sólido y la suspensión acuosa de la biomasa, decimos que son procesos de biopelícula. La primera etapa de los procesos de lodos es la formación de floculo o agrupación de bacterias que poseen material flagelar con el que conforman redes y atrapan a las partículas de la biomasa lo que permiten su fácil sedimentación y la formación de un lodo más concentrado. En el lodo se dan los procesos de depuración y posteriormente viene el tratamiento del lodo para que se convierta en fertilizante.

La digestión anaeróbica: Por el contrario, aquí se requieren la presencia de microorganismos que intervengan sobre la biomasa en ausencia de oxígeno y formar un sistema ecológico que propicie una serie de procesos interrelacionados, tal como se muestra en la siguiente gráfica Gr-6.

La hidrólisis descompone los biopolímeros en sus monómeros más simples, como la glucosa, la fructuosa. Luego vienen dos procesos que están determinados por grupos de bacterias especializadas en lograrlos, las acidogénicas y las acetogénicas que deben mantener un equilibrio adecuado para que se eviten afectar a los otros procesos.

La Metanogénesis y la Sulfurogénesis son etapas finales que dominan una u otra dependiendo del pH del ecosistema, si es muy ácido, entonces abunda la actividad de las bacterias sulfuroreductoras e inhibe la formación de metano, pero si es básico es al contrario.

³Fanaei A, Khansari Z, Maskooki A “New method for bioethanol production from waste Wood”, en *Proceedings de la 5 th International Chemical Engineering Congress and Exhibition, Kish Island, January 2008*, p. 2 – 5

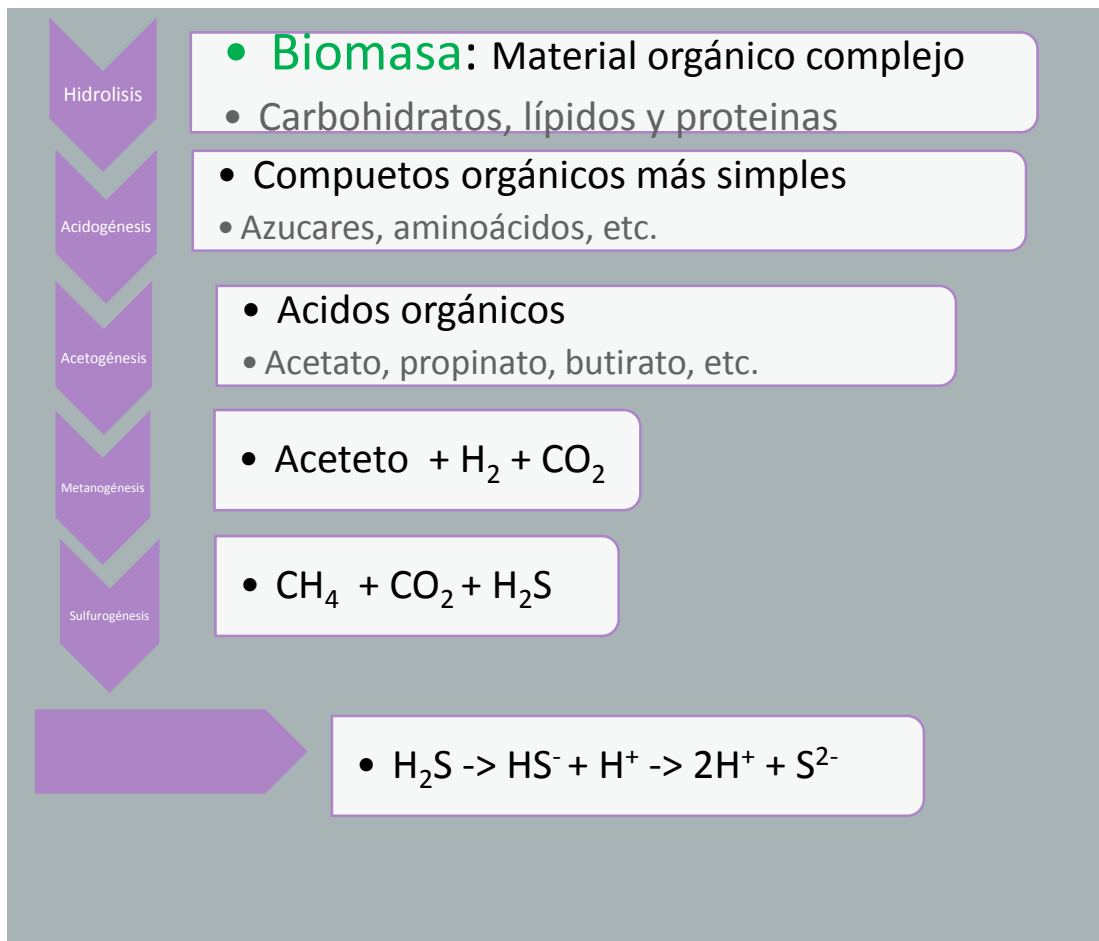
⁴Samsuri M, Gozan M, Prasetya B, Nasikin M, J. *Biotechnology Research in Tropical Region*, 2(2), 1 (2009)

La influencia de la temperatura hace que sean más abundantes las mesófilas (30-35 0C) y las termófilas (50-55 0C).

Otros factores que determinan los adecuados equilibrios de estos procesos son la existencia de macronutrientes, como N, P y S y de micronutrientes tales como Fe, Zn, etc. Finalmente, como su nombre lo indica, se requiere que no esté presente el oxígeno disuelto.

Estos entornos ecológicos son los que se logran en los bioreactores anaeróbico.

Gr-6 Procesos dentro de la fermentación anaeróbica

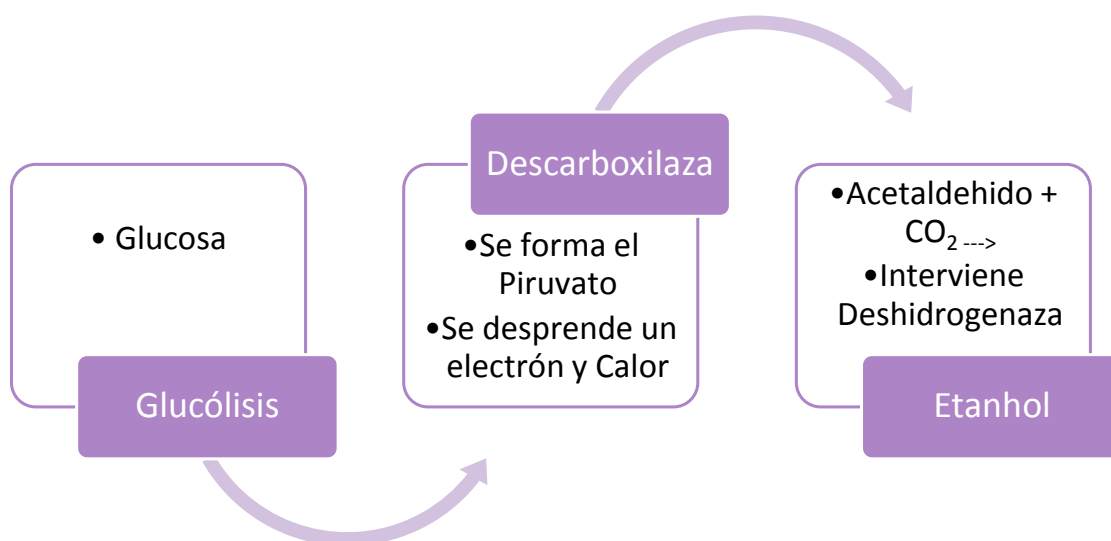


La producción de metano mediante esta vía se conoce comúnmente como metanogénesis acetotrófica. Es importante destacar que la mayor parte (dos tercios) del metano se produce mediante fermentación anaeróbica en el cual el acetato actúa como dador y aceptor de electrones.

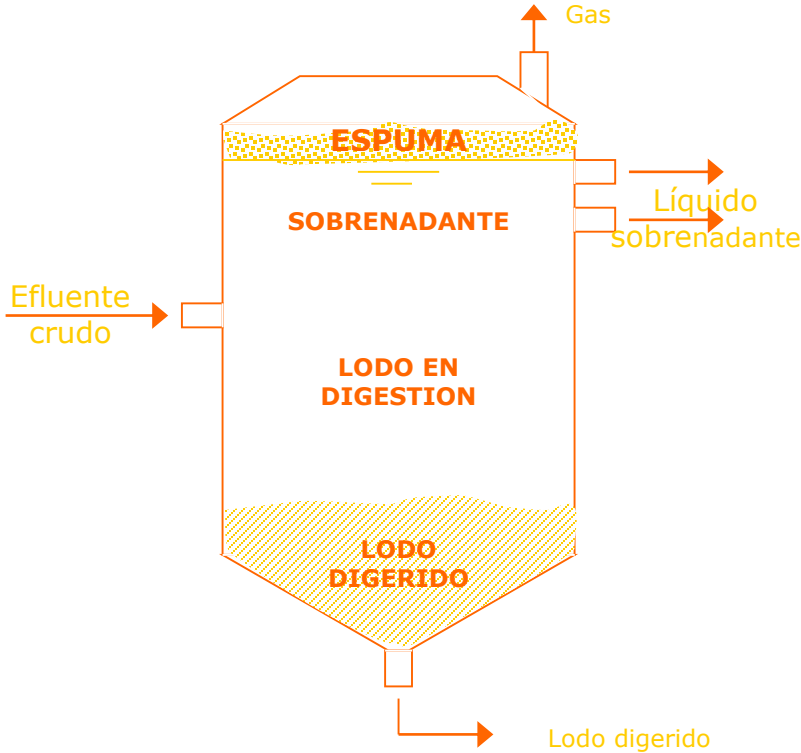
Hemos puesto énfasis en los procesos antropogénicos de aprovechamiento de la energía que se logra almacenar mediante la fotosíntesis, sin embargo, todo esto que hacemos se lo aprendimos a la naturaleza que de manera espontánea lo realiza en formas más compleja. En conjunto los procesos de almacenaje y utilización de la energía que hacemos los seres humanos y la naturaleza forman parte de un proceso más general que se le conoce como el ciclo del carbón.

Sin embargo hay otro tipo de fermentaciones que son de una importancia capital, ahora que se buscan energéticos renovables, como en una fermentación anaeróbica, la materia orgánica es catabolizada en ausencia de un aceptor de electrones externo mediante microorganismos anaeróbicos estrictos o facultativos a través de reacciones de oxidación-reducción bajo condiciones de oscuridad. El producto generado durante el proceso acepta los electrones liberados durante la descomposición de la materia orgánica. Por lo tanto, la materia orgánica actúa como dador y aceptor de electrones. En la fermentación, el sustrato es parcialmente oxidado y por lo tanto, sólo una pequeña cantidad de la energía contenida en el sustrato se conserva. La Gr-7 muestra la fermentación anaeróbica de glucosa en etanol. Es importante destacar que la mayor parte (dos tercios) del metano se produce mediante fermentación anaeróbica en el cual el acetato actúa como dador y aceptor de electrones. La fermentación anaeróbica se puede aplicar para la recuperación de biocombustibles (e.g. hidrógeno y butanol) y productos bioquímicos (nisina y ácido láctico).

Gr-7 Fermentación de la glucosa.



Gr-8 Un típico Biodigestor Anaeróbico



3.1 El Biogás

Correspondió al físico italiano Alessandro Volta identificar como Metano al gas que burbujea en los pantanos.

Gr-9 Características del Biogás

Composición	55 – 70% metano (CH ₄)
	30 – 45% dióxido de carbono (CO ₂)
	Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m ⁻³
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m ³ biogás
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH ₄ mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg kmol ⁻¹

Fuente: Deublein y Steinhauser (2008)⁷

El contenido calórico del Biogás es del 70% respecto al Gas natural o al Metano puro. Por esa razón se hace necesaria su purificación.

La purificación del biogás es importante por dos razones principales: (1) para aumentar el poder calorífico del biogás y, (2) cumplir los requerimientos de algunas aplicaciones de gas (motores, calderas, celdas de combustible, vehículos, etc.). Los propósitos de purificación y/o acondicionamiento del biogás. Un tratamiento completo implica que se elimina gran parte del CO₂, vapor de agua y otros gases traza del biogás. Hay un tratamiento alternativo que se le denomina reformado y es la conversión de metano en hidrógeno.

Para eliminar el CO₂ y H₂ S del biogás se puede utilizar un lavado a presión y contracorriente con agua. Para la remoción de CO₂, en particular, los factores críticos son pH, presión y temperatura.

El uso de soluciones de Ca(OH)₂ pueden remover completamente el CO₂ y H₂ S.

⁷Deublein D., Steinhauser A. *Biogas from waste and renewable resources: An Introduction*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim. 443 p. 2008

Para un tratado más específico de los procesos a que es sometido el biogás con el objeto de purificarlo y ampliar sus posibles usos se recomienda ver Varnero Moreno M. T.⁸

3.2 El Nopal como Biomasa.

Las primeras descripciones escritas para el mundo de la existencia del nopal (opuntia) las lleva a cabo Fray Bernardino de Sahagún en su Historia General de la Nueva España cuando describe: “Hay unos árboles en esta tierra que llaman noppalli, quiere decir tunal, o árbol que lleva tunas; es monstruoso este árbol, el tronco se compone de las hojas y las ramas se hacen de las mismas hojas; las hojas son anchas y gruesas, tiene mucho zumo y son viscosas; tienen espinas las mismas hojas. La fruta que en estos árboles se hace, se llama tuna... son de buen comer; es fruta preciada... Las hojas de este árbol comen las crudas y cocidas. En unos árboles de estos se dan tunas, que son amarillas por dentro, otros las dan que por dentro son coloradas, o rosadas, y éstas son de muy buen comer; otros árboles de estos hay que tienen en las hojas vetas coloradas, y las tunas que se hacen de estas son por de fuera y por dentro moradas...”⁶

Por su parte, una ordenanza de Felipe III en 1620, señala que: “... uno de los más preciados frutos que se cría en nuestras Indias Occidentales es la grana o cochinilla, mercadería igual con el oro y la plata...”⁹

Los europeos dejan un claro testimonio de que les era desconocida esta especie vegetal y por esa razón es justo decir que el nopal es originario de América.

Para los mexicanos el nopal está dentro de los símbolos que nos dan identidad, como el escudo y bandera. La ciudad estado que fue el imperio azteca, la Gran Tenochtitlán significa el lugar que crecen los nopales sobre piedra.

Actualmente, por acción antropogénica y a consecuencia de la interacción cultural se le reporta presencia en Europa, África y Asia.

El nombre científico le fue asignado como *Opuntia ficus indica* y lo hizo Tournefort por el año de 1700 debido a la semejanza que tiene con una planta espinosa que se da en Opus, localidad de Grecia¹⁰.

La clasificación taxonómica la ubica en la familia de las cactáceas y dentro del español adopta muchos nombres vulgares; nopal, nopalera, tuna, chumbera, higuera de pala y chumba, alquitira, choya, cardón de México, tasajillo.

La diversidad de ambientes a los que se ha ido adaptando, lo hacen una planta de interés genético, pues así lo podemos encontrar en regiones del Canadá que sus temperaturas pueden bajar hasta los -40o C., como regiones al nivel del mar cercanas al ecuador, en montañas andinas, en regiones semitropicales y sobre todo en zonas áridas. Tiene una morfología y fisiología que le permite entrar a ambientes de alto estrés y sobrevive, cosa no sucede con otras especies.

Los mecanismos de la fotosíntesis tienen una variación respecto a la generalidad de las plantas, a esta variante se le conoce como Crassulacean Acid Metabolismy a las plantas que lo poseen se les llama CAM.

⁸Varnero Moreno M. T., *Manual de Biogás, FAO, Santiago de Chile 2011.*

⁹Velázquez E., *El Nopal y su historia, Ed. Clío México, 1988.*

¹⁰Scheinvar, L. *Taxonomía de las Opuntias usadas, P. 21, Agroecología, cultivo y usos de los nopales. Estudios FAO. Producción y protección vegetal No. 132, Roma 1999.*

Como ya se revisó, el mecanismo de fijación y absorción del CO₂ en la mayoría de las plantas se realiza durante el día, por el mecanismo de respiración, pero en el caso de las plantas que tienen éste mecanismo, cierran sus estomas e impiden la entrada de dióxido de carbono a la vez que evitan perder agua y lo activan de noche. En su lugar desarrollan un mecanismo de almacenamiento y liberación para entrar al ciclo de Calvin. Mediante la formación de Ácido Málico se crea un mecanismo de transporte y almacenamiento del CO₂ capturado durante la noche para llevarlo a las vacuolas y generar una acidificación confinada en éstas, lo que explica los pH tan ácidos que se pueden detectar en las pencas por las mañanas.

Como se puede ver, el nopal presenta la ventaja de ocluir sus estomas en condiciones de temperatura alta y escasas de agua y resistir a condiciones de estrés.

Se han detectado alrededor de 300 especies del género *Opuntia*, de las que solo de 10 o 12 se sabe las utiliza el hombre, con el fin de producción de fruta, nopalitos para alimentación humana, forraje o cochinilla para obtención de colorante. Entre ellas se encuentran, como especies cultivadas para producción de fruta: *Opuntia ficus-indica*, *O. amyclaea*, *O. xocostle*, *O. megacantha* y *O. streptacantha*. Como especies silvestres: *Opuntia hyptiacantha*, *O. leucotricha* y *O. robusta*. De las especies citadas, la más ampliamente cultivada en distintas partes del mundo es *Opuntia ficus-indica*, en la cuenca del Mediterráneo es la única *Opuntia* que se cultiva y se emplea con diferentes propósitos.¹¹

Las partes que componen una planta son sus raíces, sus pencas o cladodios, mismas que tienen funciones principales, como soporte o tallo, como generadoras de brotes de los nuevos cladodios y las tunas, según sean los años que tengan desde que fueron brotes.

La reproducción puede ser mediante paleta (asexuada) o por semilla.

Las tunas y los brotes (comúnmente conocidos como nopal verdura) son los alimentos humanos más conocidos, aunque los cladodios más maduros (de 2 a 3 años) y por lo mismo parcialmente lignificados pueden ser utilizados para generar harinas que se utilizan para hacer mezclas con el maíz, el trigo y otros granos para panificar.

Las pencas, hasta antes de comenzar a presentar características de lignificación completa (4 años o más) cumplen la función de tallos estructurales y por ello se encuentran enriquecidos con fibras lignocelulosas, se prestan como material comburente.

En cualquiera de las partes pueden ser utilizadas como biomasa para fines de generación de energéticos. Luego el reto es ver en donde resulta óptimo utilizar la biomasa con fines comerciales y de sustentabilidad.

¹¹Sáenz C, et al, *Utilización agroindustrial del nopal*, pp. 4-5, Boletín de servicios agrícolas de la FAO, Roma 2006.

3.3 La composición y propiedades de las partes del nopal

Comencemos revisando la composición química y características físicas de las partes (Fruto, Cladodios en sus distintas etapas de desarrollo) la que resumiremos en las siguientes tablas¹²:

Gr-10 Características físicas que evolucionan con los procesos de desarrollo y maduración del fruto.

Estado de maduración	Peso (g)	Diámetro mín-máx (cm)	Profundidad receptáculo floral (mm)	Pulpa (%)	Firmeza (kg/cm ²)	SST (%)	Acidez (%)	pH	Vitamina C (mg/100 g)
Inmaduro	86	42-44	7,2	44	4,6	7,5	0,08	5,2	12
Verde sazón	102	47-49	3,5	57	3,7	8,8	0,04	6,1	18
Intermedio	105	49-53	1,9	63	2,7	10,1	0,03	6,2	18
Maduro	112	50-54	1,4	65	2,4	11,5	0,02	6,3	26
Sobremaduro	108	49-53	1,0	75	2,2	12,5	0,02	6,0	42

Fuente: Montiel-Rodríguez, 1986 citado por Cantwell (1999).

Teniendo en cuenta que la tuna no es climatérica, es importante manejar estos parámetros para determinar el momento óptimo de su cosecha o recolección. Por ejemplo el % de la pulpa determina el residuo de su cáscara que viene siendo un subproducto para la biomasa.

Gr-11 Un perfil de la composición de la pulpa de tuna

Parámetros	% o (mg/100g)
Humedad	83,8
Proteína	0,82
Grasa	0,09
Fibra	0,23
Ceniza	0,44
Azúcar total	14,06
Vitamina C (mg/100 g)	20,33
B-caroteno (mg/100 g)	0,53

Fuente: Sepúlveda y Sáenz (1990)¹³

¹²Cantwell, M. Manejo postcosecha de tunas y nopalitos. pp. 126-143. En: G. Barbera, P. Inglese y E. Pimienta, eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y protección Vegetal, 132. Roma 1999.

¹³Sepúlveda, E. y Sáenz, C. Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. 30:551-555. 1990

Hay reporte en la literatura que presentan variaciones, según sea la variedad que analizaron o la etapa de maduración en la que la coleccionaron.

Ahora veamos la presencia de minerales en tunas de variedades distinguibles por color.

Gr-13 Concentración de minerales en la parte comestible de la tuna (Pulpa)

Mineral	Tuna verde	Tuna púrpura	Tuna anaranjada
Ca	12,8	13,2	35,8
Mg	16,1	11,5	11,8
Fe	0,4	0,1	0,2
Na	0,6	0,5	0,9
K	217,0	19,6	117,7
P	32,8	4,9	8,5

Fuentes: Sáenz y Sepúlveda (2001)¹⁴

El fruto dulce de nopal es comparable con muchos otros que están incorporados a la dieta en diversas regiones del mundo, sin embargo presenta algunas ventajas que lo hacen atractivo no solo como fuente de nutrientes diversos, también lo es porque contienen elementos que ayudan a configurar alimentos funcionales (aquellos que además de nutrir promueven la conservación de la salud o previenen algunas enfermedades).

Destaca el aporte de altos contenidos de fibra. Por su solubilidad en agua, la fibra se clasifica en soluble e insoluble; la primera la conforman mucílagos, gomas, pectinas y hemicelulosas y la insoluble es principalmente celulosa, lignina y una gran fracción de hemicelulosa. Estas fracciones de fibra tienen efectos fisiológicos distintos: es así como la fibra soluble se asocia con la reducción de los niveles de glucosa y de colesterol y la estabilización del vaciamiento gástrico y la fibra insoluble con la capacidad de retención de agua (aumento del peso de las heces), el intercambio iónico, la absorción de ácidos biliares, minerales, vitaminas y otros y su interacción con la flora microbiana.

Bajo contenido de Na y en cambio proporciona una dotación de K para quienes padecen de alta presión y las enfermedades renales. Contienen concentración de aminoácidos libres (257.24 mg/100gr) y cuenta con Vitamina C, los carotenoides como antioxidantes y que previenen el envejecimiento de los tejidos.

¹⁴Sepúlveda, E. y Sáenz, C. Determinación de betanina en ecotipos de tuna roja colectados en Chile. pp. 282-285. en: Memoria IX Congreso Nacional y VII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Zacatecas, México 2001.

Gr-12 Composición química de Cladodios en diversas edades.

Edad en años	Descripción	Proteína	Grasa	Cenizas	Fibra cruda	Extracto no nitrogenado
0,5	Renuevos o nopalitos	9,4	1,00	21,0	8,0	60,6
1	Penca	5,4	1,29	18,2	12,0	63,1
2	Penca	4,2	1,40	13,2	14,5	66,7
3	Penca	3,7	1,33	14,2	17,0	63,7
4	Tallos suberificados	2,5	1,67	14,4	17,5	63,9

Fuente: Pimienta (1990)¹⁵

El caso de nopal verdura tiene ventajas similares a las del fruto dulce, se puede comparar el valor nutritivo de los nopalitos frescos con el de la lechuga o de la espinaca, con la ventaja de que pueden ser producidos en forma rápida y abundante por plantas expuestas a altas temperaturas y con poca agua, condiciones en general desfavorables para la producción de hortalizas de hoja.

Los nopales son un recurso natural susceptible de ser considerados para la industrialización no solo por sus frutos y cladodios. Del mismo modo que cualquier otro vegetal utilizado para consumo humano, la tuna y los cladodios se conservan y transforman aplicando tecnologías equivalentes de procesamiento, y existen alimentos tradicionales preparados en base a tuna y nopalitos. Ya se conoce entre ellos alimentos en base al fruto: mermeladas, jugos y néctares; productos deshidratados; jugos concentrados, jarabes y licores. En base a los cladodios se encuentran, entre otros, encurtidos, jugos, mermeladas y productos mínimamente procesados.

La posibilidad de explotación integral de esta especie vincula la actividad sobre los aprovechamientos puramente forestales del nopal silvestre, fomenta la actividad agrícola al estimular su cultivo y le proporciona insumos al sector agroindustrial, ya que toda industria busca obtener el máximo provecho de sus materias primas. Es una forma específica de aumentar la rentabilidad de la empresa y unidades económicas del campo y si además incorporamos la visión de sustentabilidad, se opta por evitar la eliminación de desechos. Estos, al ser producidos, son parte de las pérdidas de los procesos, influyendo directamente en la rentabilidad de los mismos, además, si no son tratados oportuna y adecuadamente, pueden contaminar el entorno como residuos líquidos o sólidos, contribuyendo a los daños ambientales irreversibles.

¹⁵Pimienta, E. *El nopal tunero*. Universidad de Guadalajara, México. 1990

Gr-14 Algunos productos y subproductos que ya están establecido de los frutos y las pencas.

Productos	Subproductos	
Tunas	Cladodios	Tunas y cladodios
Jugos y néctares	Jugos	Aceite de las semillas
Mermeladas y jaleas	Mermeladas	geles y jaleas
Fruta y pulpa congelada	Encurtidos y salmueras	Pigmentos de las cáscaras y frutos
Edulcorantes	Harinas	Fibra dietético
Fruta y láminas deshidratadas	Alcohol	Mucílagos de los cladodios
Fruta enlatada	Confites	Pasta forrajera de la cáscara y las semillas
Alcoholes vinos y vinagres	Salsas Nopalitos	

Usos Potenciales del nopal.

A continuación se señalan algunos campos que potencialmente están en fase incipiente de desarrollarse y por lo mismo son potencialmente atendibles:

- Diversificación de la agroindustria de alimentos y bebidas para consumo humano (producción de alimentos tradicionales y de diseño, bebidas alcohólicas y no alcohólicas de tuna y nopalitos)
- La agroindustria de alimentos para animales (suplementos y piensos de cladodios y de desechos de la industria procesadora de tuna, como las cáscaras y semillas)
- En la industria farmacéutica (protectores gástricos de extractos de mucílagos; cápsulas y tabletas de polvo de nopal, etc.)
- Para la industria cosmética (cremas, champús, lociones de cladodios)
- En la industria de suplementos alimenticios (fibra y harinas de cladodios)
- Industria productora de aditivos naturales (gomas de cladodios; colorantes de la fruta)
- Al sector de la construcción (compuestos ligantes de los cladodios)
- El importante sector de las energías alternativas (producción de biogás a partir de las pencas)
- Para el sector productor de insumos para la agricultura (productos del nopal como mejoradores del drenaje de suelos, abonos líquidos y sólidos, de los subproductos de la fermentación de las pencas)
- En la Industria Química (elaboración de CaCO_3 y MaCO_3 en la concentración del metano al eliminar el bióxido de carbono)
- Sector turismo (artesanías en base a cladodios lignificados)
- Para la industria textil (uso de colorantes naturales como el carmín de cochinilla).

El Presente Trabajo le interesa el potencial que la biomasa del nopal puede tener en todo el encadenamiento de su cultivo con fines de abastecer plantas productoras de biogás y la serie de subproductos que quedan encadenados.

4. LA BIOMASA Y LA ECONOMÍA ENERGÉTICA.

Si la biomasa se cultiva y su propósito es la producción de un combustible, leña, biocombustible o biogás, diremos que se trata de una biomasa para energía o energética.

La Agroenergética es un nuevo enfoque del cultivo de la Tierra en el que se pretende utilizar cultivos vegetales para fijar la mayor cantidad posible de energía solar y acumularla en la biomasa vegetal para ser aprovechada con fines energéticos. Es más, si la totalidad de la biomasa producida se transforma y se dedica a obtener exclusivamente combustibles sólidos, líquidos o gaseosos entonces decimos que es una agricultura estrictamente energética. Este enfoque agronómico es muy reciente y anteriormente el fin principal era el de producir alimentos o materias primas para elaborarlos, solo se dedicaba a la obtención de energía los llamados desechos.

Un balances energéticos (consumir energía en todo el proceso de cultivo y obtener la diferencia con la que al final se obtiene) en varias facetas de la agricultura, no siempre es positivo, un consumo de energía en el cultivo y recolección mayor que el que se produce como biomasa (sin contabilizar la solar, por supuesto) es distinto a realizar un análisis de rentabilidad, puede resultar enormemente rentable desde el punto de vista económico a pesar de que sea negativo el balance puramente energético. Esto es debido a que se ha aumentado la calidad de la energía, en sentido de la sustentabilidad, aunque haya disminuido su cantidad, de ahí que la mayoría de los productos agrícolas no se valoren por su contenido energético, sino por la calidad de la biomasa producida.

Las empresas no suele inventariar energéticamente sus proyectos de inversión, lo hacen sobre todo económicamente, aunque el balance puede ser positivo en ambos casos.

En cambio, cuando se analiza un cultivo energético, es necesario tener en cuenta que éste debe aportar más energía que la que recibe del agricultor, siendo entonces una premisa del cultivo energético, que su balance energético siempre sea positivo.

La realización de un balance energético de una explotación agraria debe acometerse teniendo en cuenta las entradas y salidas en una misma unidad de medida (preferentemente en Kcal) para tener una idea mejor de las partidas que intervienen y poder realizar la comparación de manera homogénea.

La estimación del consumo energético en el proceso de producción lleva a la asignación de un equivalente energético para cada uno de los siguientes componentes¹⁶:

El trabajo humano, considerando el agricultor como una máquina que consume biomasa del propio proceso. Obsérvese que la asignación de un valor energético a cada hora de la vida del agricultor en el medio rural, como máquina destinada a trabajar en el cultivo energético, puede ser muy variable porque influyen muchos factores.

El trabajo de animales de labor, que se utilizan sólo en ciertas épocas, pero que hay que mantenerlos todo el año.

Los abonos y productos químicos, en los que hay que considerar además de su energía interna, la energía consumida en su fabricación, transporte y aplicación.

Las semillas. Cuando se utilizan semillas cosechadas en la producción normal, el consumo energético debido a ellas sería el equivalente a su energía interna. En el caso de semillas híbridas o seleccionadas, habría que considerar la energía gastada en su producción.

La maquinaria agrícola, en la que hay que valorar aperos de labranza, tractores, motores y otras máquinas, de los que no sólo hay que valorar su consumo de combustible, sino también los gastos energéticos de su fabricación, conservación y mantenimiento.

El material de construcción, al que se puede asignar valores fijos preestablecidos.

El material de instalación y funcionamiento del riego con la valoración energética de los embalses y canales implicados en el mismo.

La valoración del contenido energético de la biomasa producida por los cultivos energéticos, se debe hacer por evaluación de la combustión completa en una bomba calorimétrica, ya que el valor así obtenido es realmente su energía interna, y no el que dan las tablas dietéticas, que solo tienen en cuenta la energía aprovechable por un organismo vivo.

La tabla 1 muestra un intento de comparación de la energía aproximada de ciertos productos agrícolas y la energía convencional consumida en su producción. Obsérvese, no obstante, que el valor correspondiente de la energía interna no es el que la planta en cuestión puede suministrar realmente, ya que los procesos de transformación de biomasa en energía útil (calor, electricidad) suelen tener rendimientos bajos (entre un 30 y un 40%).

Gr- 15 Rendimientos calóricos de cultivos para producirlos y por producto

CULTIVO	ENERGÍA CONSUMIDA (Kcal/kg.)	ENERGÍA INTERNA(Kcal/kg.)
Cereales	1098.7	3582.7
Remolacha	203.0	716.6
Patatas	501.6	907.6
Legumbres	597.1	1504.7
Madera	382.1	4060.4
Nopal (Pencas) MS ¹⁷		4345.1

¹⁷Carlos Alberto Padrón Herrera, et al, COMPOSICIÓN QUÍMICA, ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y FACTORES ANTINUTRICIONALES DE FILOCLADIOS DE *Epiphyllumphyllanthus* (L.) Haw varhookeri (Link & Otto) Kimn. (CACCACEAE).<http://www.scielo.org/ve/pdf/inci/v33n6/art11.pdf>.

En ese sentido el nopal tiene una muy reciente aparición como cultivo para producir energía.

En el Mundo China es el país que es líder en este campo, desarrolló un programa que inició en los años setenta con un resultado de más de 7 millones de digestores, aunque tubo variad dificultades en su proceso de aprendizaje¹⁸. Una iniciativa posterior con mejor tecnología e infraestructura logró la instalación y operación exitosa de 5 millones de biodigestores domésticos hasta mediados de los años noventa.

Para el gobierno Federal, a través de la Secretaría de Energía declara que está desarrollando programas de aprovechamiento de biogás con fines energéticos a partir de cuatro insumos: biomasa, residuos sólidos, lodos activados y excretas del sector pecuario.

En el caso de la Biomasa se propone desarrollar un programa nacional para el aprovechamiento de cultivos agrícolas con fines energéticos. Actualmente se está desarrollando una tecnología para generación de biogás a través del nopal, utilizando un paquete tecnológico que ayudará a aprovechar las tierras ociosas (suelos pobres, arenosos).

El programa contempla la instalación de una planta generadora de electricidad mediante la transformación del nopal (biomasa) en energía eléctrica, mediante un proceso de biodigestión en un sitio donde, de acuerdo a los análisis que se realicen, sea el más adecuado a la plantación de nopal y acorde a las necesidades de demanda de energía eléctrica en la zona y la factibilidad técnica.

Hasta el momento se conocen dos experiencias, que a decir de los medios en donde se han publicado han sido exitosas. La de la empresa mexicana Grupo Agroindustrial Nopal de Camébaro, ubicada en Zitácuaro, Michoacán, desarrolla biogás y electricidad a partir de la biomasa de nopal, esto tras varios años de investigación, selección y análisis de materia prima. El proyecto inició en 2007 con una serie de investigaciones sobre las potenciales aplicaciones del nopal y el proceso para la generación del biogás, con apoyo de expertos del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), así como la asesoría técnica y orientación profesional del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). En 2008, la empresa logró la obtención de biogás a nivel experimental.

En marzo de 2015 se publica otra experiencia en el estado de Aguascalientes, en el municipio de Calvillo. Juan Manuel Castañeda Muñoz, presidente del sistema producto nopal de esa entidad lidera un plan que ya cuenta con 70 hectáreas plantadas donde se cosechan de 100 a 150 toneladas diarias de nopal, que sirven para abastecer los biodigestores y producir un mega de energía eléctrica. Esta experiencia la patrocina la empresa Cruz Azul, interesada en cubrir con fuentes alternas y en el contexto de materias primas que son altamente factibles de cultivar en la región, además esta asesorado por el INIFAP.

En otros aprovechamientos de la biomasa, en forma de residuos, sólidos, excretas o lodos de aguas negras se tienen reportados:

En 2010 existían en México, 721 biodigestores, de los cuales 367 en operación y 354 en construcción (FIRCO, 2011). De éstos, 563 biodigestores son financiados bajo el esquema del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), 154 con apoyo del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y 4 biodigestores a través de la Iniciativa Metano a

¹⁸SENER, *Prospectiva de las energías renovables 2012-2016*, 2012.

Mercados. Ninguno de ellos tenía como sustrato el nopal combinado con algún otro elemento a fin de conseguir una transformación eficiente.

El 8% de las granjas porcícolas cuentan con biodigestores, de los cuales el 20% dispone de motogeneradores con 70% en funcionamiento. La potencia total instalada es de 5.7 MW.

Para el aprovechamiento de biogás obtenido a partir de rellenos sanitarios, una de las experiencias más importantes en México es la de Bioenergía de Nuevo León, la primera a nivel nacional. El sistema está compuesto de 7 motogeneradores de 1 MW cada uno. La planta fue diseñada de manera modular para permitir futuras adiciones de capacidad.

Según José Luis Arvizu Fernández, si comparamos las dos rutas de utilización de la basura municipal, la térmica o de incineración directa y la biológica, producción de biogás a partir de basura depositada en confinamientos, se tiene que: Por cada tonelada de basura que se deposita en un relleno sanitario se pueden generar de 150 a 175 KWh de electricidad, quemando el biogás que se produce, en cambio si se incinera esa misma tonelada se tiene un potencial de 550 KWh, mediante vapor calentado y transformado a electricidad.

Utilizando las estadísticas que para 2010 tenía la Secretaría de Desarrollo Social, sobre la cantidad de basura depositada en los rellenos del país, se tiene calculado un potencial de 165 MW si se aprovecha el biogás y 2414 MW si se incinera.

“La Agroenergética es un nuevo enfoque del cultivo de la Tierra en el que se pretende utilizar cultivos vegetales para fijar la mayor cantidad posible de energía solar y acumularla en la biomasa vegetal para ser aprovechada con fines energéticos”.

5. LA PRODUCCIÓN DE NOPAL EN MÉXICO.

En el Sistema de Información Agropecuario (SIAP) para el caso del Nopal se reconocen tres categorías, Nopal Verdura (nopalito), Nopal Forrajero, Nopal Tuna. No hay otra forma más detallada de concentrar información de la diversidad de usos que en la práctica se tienen, de las cantidades de superficie sembrada y de la cosechada, el valor del producto y su variación territorial.

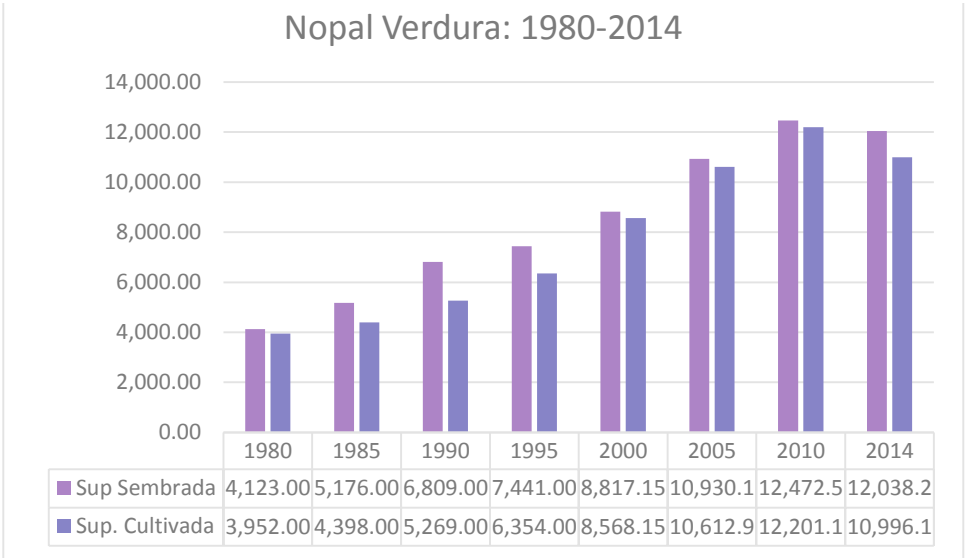
Se entiende que los usos como materia prima para industrialización, productos cosméticos, medicinales y complementos alimenticios, ingredientes alimenticios, leña y otros, por ser cantidades poco significativas no se registran como tales. Es así que las estadísticas como biomasa de este vegetal en realidad no se cuenta con ella.

A pesar de lo anterior, si resulta relevante ver la cultura del manejo del nopal silvestre y el cultivado, como un indicador de las posibilidades que tenemos de ampliar las fronteras, si se densifican otros destinos a este estratégico recurso natural y cultural.

El Nopal verdura es uno de los cultivos más intensivos que se logra establecer por la producción continua y por el dinamismo que presenta.

Tenemos que se ha tenido un incremento del 290 % en 34 años, es decir se ha crecido a un ritmo de del 11.47% en promedio por año.

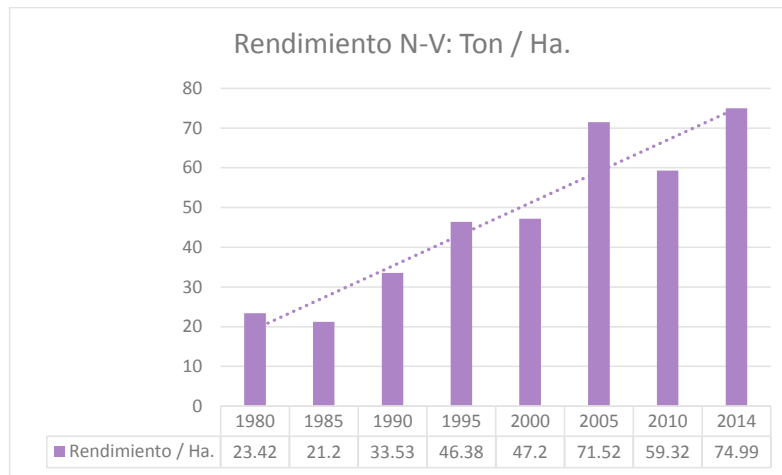
Gr-16 Evolución de la superficie sembrada-cosechada de Nopal Verdura.



Fuente: SIAP de la SAGARPA, 2015.

El nopal verdura reporta una siniestralidad promedio en el período del 9% de la superficie cultivada.

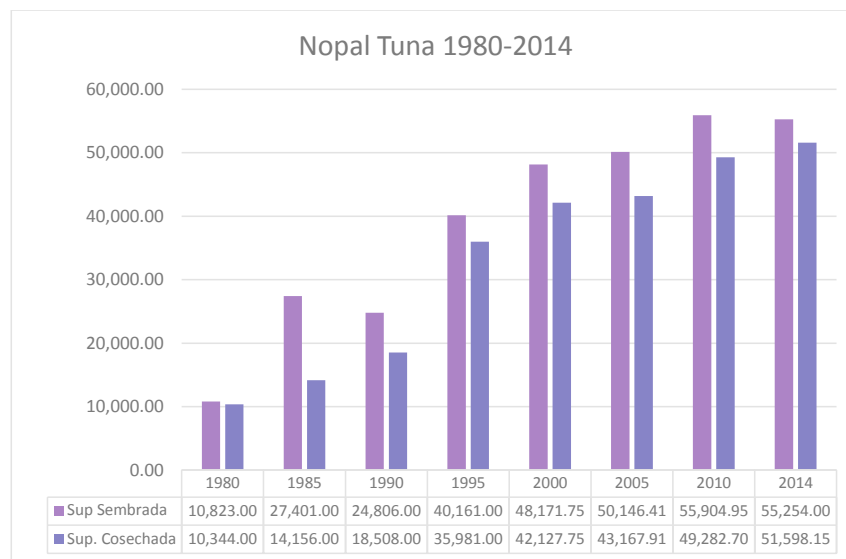
Gr-17 La evolución de los rendimientos nacionales por hectárea.



Fuente: SIAP de la SAGARPA, 2015.

A nivel nacional los paquetes tecnológico empleados para producir nopal verdura son muy heterogéneos, más sin embargo se ve claramente que ha estado evolucionando de manera clara, el sistema producto. Los rendimientos han tenido un incremento promedio del 4.4% durante los 34 años sobre los que se tienen datos.

Gr-18 Evolución de la superficie cultivada y cosechada de Nopal Tuna.



Fuente: SIAP de la SAGARPA, 2015.

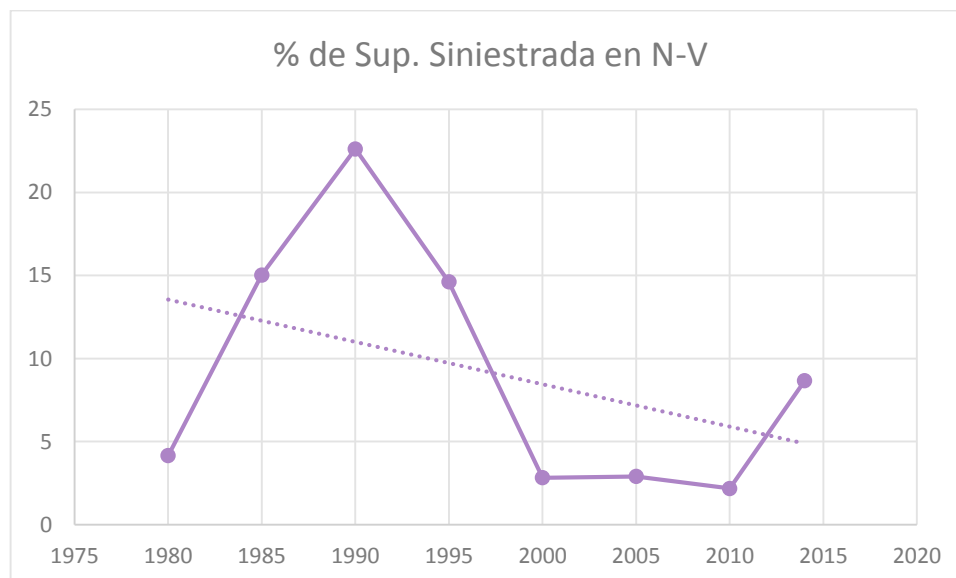
La superficie siniestrada es reflejo de cómo estos cultivos son vulnerables a las contingencias medio ambientales y en tal sentido vale la pena tener una idea de la evolución que ha tenido el dominio tecnológico para resistir.

Como se puede apreciar en la Gr-17 y Gr-18 hay una clara tendencia a ir bajando la cantidad de superficie siniestrada, lo que indica al menos es que el conocimiento del cultivo ha ido mejorando y se aplica para abatir riesgos. Es claro que la varianza es más alta en el caso del nopal verdura.

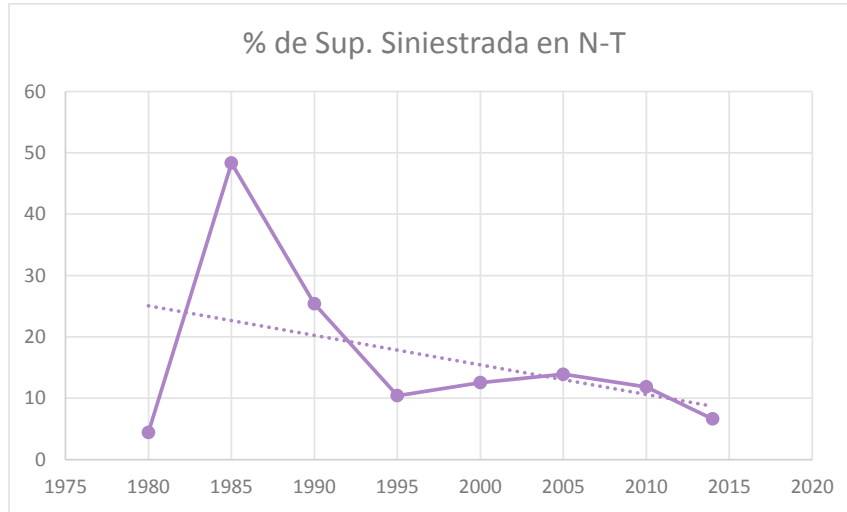
Otra forma de apreciar el aprendizaje tecnológico de los productores es observar la evolución del rendimiento por hectárea, tal como lo vimos en la Gr-15, y se tiene en la Gr-19 para el caso del nopal tuna.

Viendo los dos comportamientos, dominio de los siniestros y aumento de la productividad se ve que hay un mejor desempeño en los productores de nopal verdura.

Gr-19 Evolución de la superficie siniestrada en el nopal verdura.



Gr -20 Evolución de la Superficie siniestrada en el Nopal Tuna

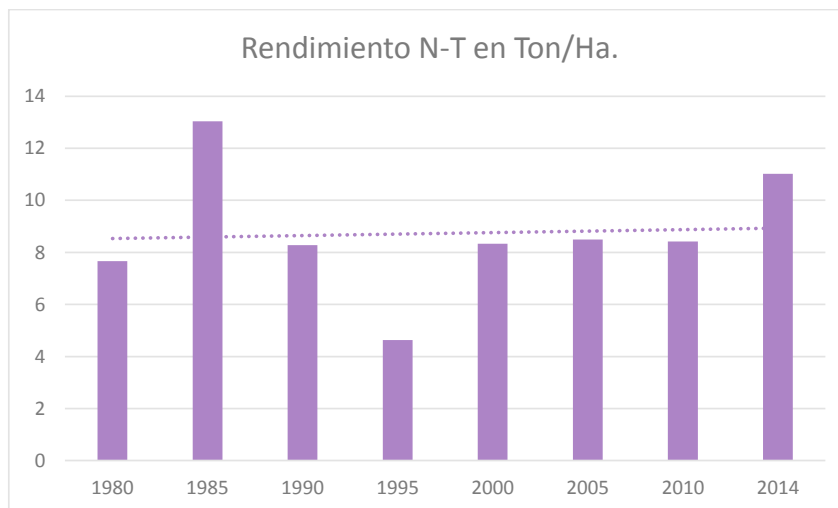


Fuente: Cálculos propios con datos del SIAP de la SAGARPA, 2015.

En el caso de Nopal Verdura el nivel de datos que disponemos solo distingue el que se cultiva a cielo abierto y el que se hace en condiciones de agricultura protegida, este último es un método reciente y no podemos ver si es una nueva forma de aumentar la productividad.

En el caso de nopal para fruta, en éste caso si se dispone de información a más detalle, puesto que se desglosa a nivel de variedades y subtipo.

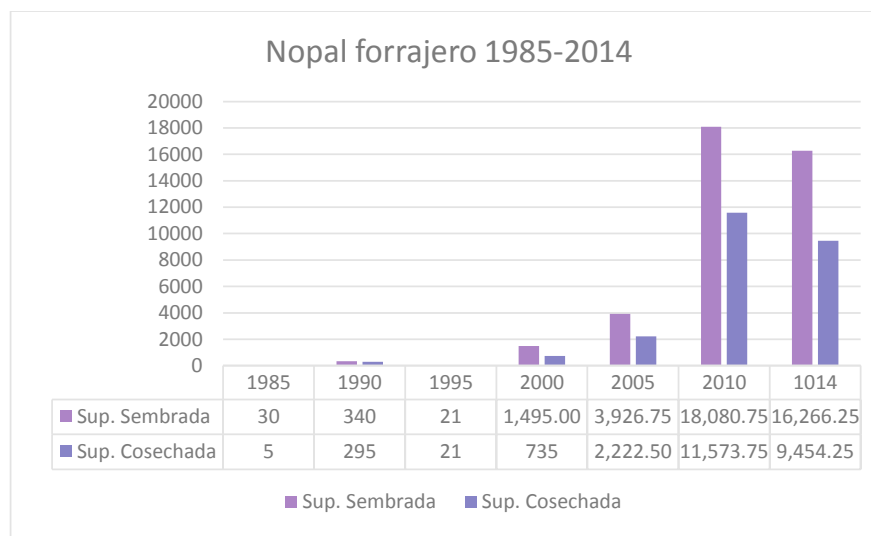
Gr-21 Evolución de los rendimientos por hectárea del N-T a nivel nacional



Fuente: Cálculos propios con datos del SIAP de la SAGARPA, 2015.

El otro uso reconocido del nopal es para forraje ganadero. Esta aplicación es muy tradicional, sobre todo en las zonas áridas y semiáridas en donde esta especie abunda y los pastizales y otras pasturas escasean en el tiempo de estío.

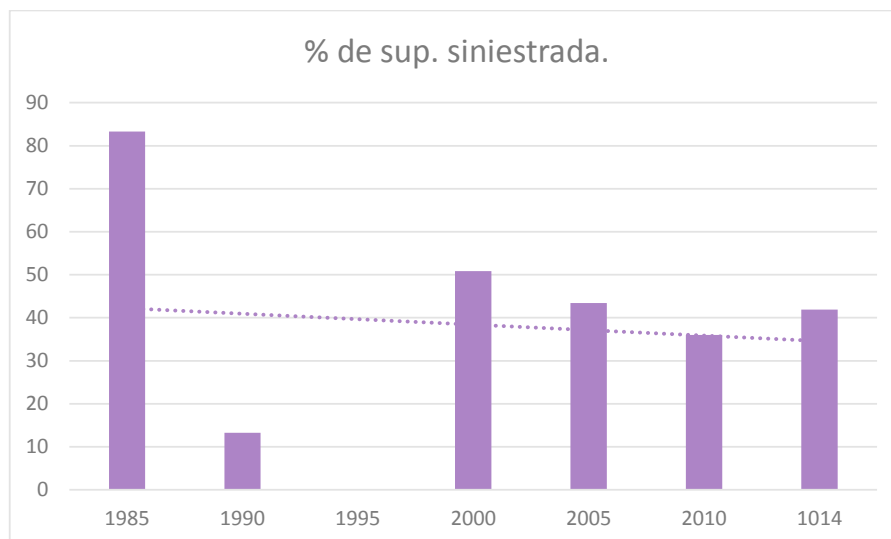
Gr-22 Evolución de la superficie sembrada y cosechada de Nopal Forrajero.



Fuente: Grafica propia con datos del SIAP de la SAGARPA, 2015.

Los registros son más irregulares que en los otros usos, sin embargo nos da una idea de que se ha incrementado significativamente las áreas destinadas a este fin.

Gr-23 Evolución de la superficie siniestrada en Nopal para tuna.



Fuente: Grafica propia con datos del SIAP de la SAGARPA, 2015.

La siniestralidad en el nopal forrajero ha sido muy variante en los últimos 30 años. Sin embargo se marca una tendencia a la baja, por ser un cultivo reciente con el fin de alimentar ganado.

Para el año del 2014 teníamos:

Que se cultivaron 84,558.51 Ha de nopal para diversos usos.

Se cosecharon 72,048.58 Ha

Se siniestraron 12,459.93

Se lograron 140,045.38 Ton de nopal forrajero, 824,602.36 Ton de nopal verdura y 568,404.9 Ton de fruta tuna.

Gr-24 Resumen de la superficie plantada, cosechada, volumen de producción, rendimientos, valor de la producción a nivel Nacional 2014.

Tipo /	Subtipo	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
Variedad		(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
forrajero		16,266.25	9,454.25	140,045.36	14.81	403.36	56,489.05
Nopalitos		12,037.26	10,995.16	824,541.06	74.99	1,961.80	1,617,584.05
Nopalitos	invernadero	1	1	61.3	61.3	999.01	61.24
		18.00	18.00	134.25	7.46	2815.54	377.99
Tuna	alfajayucan	20331.50	19459.50	184972.79	9.51	2821.23	521850.11
Tuna	amarilla	10106.00	8664.00	82849.96	9.56	3033.20	251300.59
Tuna	blanca borrón	3660.90	3416.15	42393.61	12.41	2564.45	108716.42
Tuna	blanca cristalina	12789.00	12135.00	160503.34	13.23	2903.55	466029.72
Tuna	criolla	29.00	23.00	111.50	4.85	3607.17	402.20
Tuna	pico chulo	18.00	18.00	170.70	9.48	3432.04	585.85
Tuna	roja	6881.10	6654.00	86220.25	12.96	2935.55	253103.99
Tuna	xoconostle	1420.50	1210.50	11048.50	9.13	2190.94	24206.60
Total Tuna		55254.00	51598.15	568404.90	11.0	2861.64	1'626,573.47

Fuente: SIAP, SAGARPA, 2015

6. EL NOPAL EN LOS ESTADOS DE AGUASCALIENTES, GUANAJUATO, SAN LUIS POTOSÍ Y ZACATECAS.

6.1 El nopal en Aguascalientes

Para el Estado de Aguascalientes para 2014 tenemos que:

Cuenta con 1,915 Ha de nopal plantadas para los tres destinos.

Se cosecharon 1825 por lo que se siniestraron 90 y todas de forrajero.

Con un valor de la producción de \$33'071,030.00.

El valor por Ha es: Para Nopal verdura es de \$70,517, para forraje \$13,229 y para tuna es de \$9,445.00.

Por sus rendimientos la región más tecnificada es la de Calvillo.

El Municipio con mayor superficie plantada es el de Aguascalientes.

Gr 25 Nopal Verdura AGS.

Municipio	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
Aguascalientes	34	34	1,360.00	40	2,841.71	3,864.73
Calvillo	162	162	8,246.40	50.9	1,230.36	10,146.04
Cosío	1	1	9.4	9.4	2,340.43	22
Rincón de Romos	2	2	1.5	0.75	600	0.9
TOTAL	199	199	9,617.30	48.33	1,459.21	14,033.67

Fuente: SIAP, SAGARPA, 2015

El nivel de productividad en la entidad es más baja que el promedio nacional (75.0 Ton/Ha) para el caso del nopal verdura en poco más de 15-Ton. Lo que indica que el nivel de especialización en este cultivo no es tan alto.

En cambio, la productividad del nopal para forraje está mejor que el promedio nacional en más de 20 Ton/Ha lo que indica que culturalmente está más vinculado a la actividad pecuaria.

Gr- 26 Nopal Forrajero en AGS.

Municipio	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
Aguascalientes	185	185	6,193.00	33.48	322.32	1,996.13
Asientos	191	187	9,724.00	52	575	5,591.30
Calvillo	45.5	45.5	1,160.25	25.5	587.67	681.84
Cosío	29	29	1,012.00	34.9	255.4	258.46
El Llano	88	88	2,804.00	31.86	345	967.38
Jesús María	42	40	1,684.00	42.1	345	580.98
Pabellón de Arteaga	116	60	2,406.00	40.1	216.76	521.52
Rincón de Romos	75	75	2,625.00	35	150	393.75
San Francisco de Los Romo	84	84	2,920.00	34.76	330	963.6
San José de Gracia	64	64	836	13.06	262.1	219.12
Tepezalá	148	120	2,680.00	22.33	280.4	751.47
TOTAL	1,067.50	977.5	34,044.25	34.83	379.67	12,925.56

Fuente: SIAP, SAGARPA, 2015

La productividad para tuna es muy baja en relación a los rendimientos promedio que se obtienen en el país (11Ton/Ha).

Gr 27- Nopal Tuna AGS.

Municipio	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
Aguascalientes	139	139	474	3.41	2,849.37	1,350.60
Asientos	155	155	387	2.5	2,600.00	1,006.20
Cosío	93	93	349.5	3.76	2,818.90	985.21
El Llano	32	32	102	3.19	2,800.00	285.6
Jesús María	71	71	240	3.38	2,500.00	600
Pabellón de Arteaga	30	30	140.8	4.69	4,123.90	580.65
San Francisco de Los Romo	40	40	118	2.95	2,200.00	259.6
San José de Gracia	8	8	31.4	3.92	2,900.00	91.06
Tepezalá	79	79	335.75	4.25	2,838.08	952.89
	647	647	2,178.45	3.37	2,805.57	6,111.80

Fuente: SIAP, SAGARPA, 2015

Podemos concluir que en el caso de Aguascalientes, en su experiencia al producir nopal forrajero, son más cercanos al potencial de nopal energético, puesto que el nivel de madurez de la penca es similar que para el uso como forraje.

6.2 El cultivo de nopal en Guanajuato.

El estado de Guanajuato, al contar con una agricultura muy orientada a la producción de hortalizas de exportación no ha incorporado el cultivo del nopal de manera significativa, para el nopal verdura solo cuenta con 242.5 Ha plantadas en tres municipios.

Para el caso forrajero no hay se tienen registrada superficie plantada. Hay si una tendencia a contar con una plantación más robusta de nopal tuna, que a pesar de que aporta, ligeramente, menos valor por Ha que el verdura, los costos de producción para tuna son más ventajoso que el de verdura.

En esta entidad se ve que los rendimientos son muy por debajo de los nacionales, 74 contra 19 Ton. / Ha En el caso de tuna su comportamiento es mejor en aporta poco más de una tonelada.

Gr- 28 Producción de nopal verdura en Guanajuato, 2014.

Distrito	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
Cortázar	196	196	4,218.24	21.52	3,578.01	15,092.91
Celaya	35.5	29.5	270.15	9.16	3,431.39	926.99
León	11	11	131	11.91	3,641.98	477.1
TOTAL	242.5	236.5	4,619.39	19.53	3,571.25	16,497.00

Fuente: SIAP, SAGARPA, 2015

Gr- 29 Producción de nopal Tuna en Guanajuato, 2014.

Municipio	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
Abasolo	5	5	47.5	9.5	2,273.47	107.99
Apaseo El Grande	1	1	5.25	5.25	3,285.05	17.25
Dolores Hidalgo	1,149.00	1,149.00	14,017.80	12.2	2,510.00	35,184.68
Salamanca	10	10	56	5.6	2,008.93	112.5
San Diego de La Unión	532	532	6,532.00	12.28	2,510.00	16,395.32
San Miguel de Allende	80	80	1,096.00	13.7	2,981.75	3,268.00
Tarímoro	7	7	43.75	6.25	3,520.57	154.02
TOTAL	1,784.00	1,784.00	21,798.30	12.22	2,534.13	55,239.76

Fuente: Elaborada con datos del SIAP, 2015

6.3 El Nopal en San Luis Potosí.

En la zona semidesértica de la entidad hay ganado bovino, sin embargo las nopaleras que apoyan la alimentación del ganado son silvestres y por ello el caso forrajero no se encuentra registrado. La ganadería más densa se da por las Huastecas en donde el clima se da para implantar cultivos más rentables.

Los rendimientos del nopal verdura son muy bajos en relación a los nacionales, pues dominan los cultivos del Distrito de Ciudad Valles en donde andan obteniendo cerca de 3 Ton/Ha Y aquí se llegan a pagar muy bajo en relación a cómo se comporta el mercado nacional. Todo lo anterior explica como tampoco el de uso verdura sea poco significativo en la actividad agrícola de la entidad. Solo se reportan plantadas 388 Ha

Gr-30 Superficie plantada-cosechada nopal verdura en SLP

Distrito	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
Ciudad Valles	328	326	958.85	2.94	927.84	889.65
Matehuala	8.5	8.5	164.9	19.4	3,139.64	517.73
San Luis Potosí	51.5	51.5	1,373.81	26.68	1,660.97	2,281.85
TOTAL	388	386	2,497.56	6.47	1,477.13	3,689.23

Fuente: Elaborada con datos del SIAP, 2015

El nopal para tuna está muy extendido en el territorio de la entidad, prácticamente en todos los municipios de su zona central y semidesértica. Los rendimientos son más bajos que en promedio del país, sin embargo las variedades y el privilegio de cercanía a merados de Monterrey y fronterizo hace que el valor que se puede obtener por Ton, llegue a variar desde los 5,600 a los 2,000.

La superficie plantada si es significativa, pero no es dentro del concierto nacional de peso. Siendo San Luis un estado comprendido en el llamado triángulo del nopal (Aguascalientes, San Luis y Zacatecas), por tener una reserva más importante de germoplasma de esta especie, se le encuentra en forma silvestre y no explotada mediante cultivo.

Un escenario muy probable es que, por su nivel de industrialización, se llegue a mutar presionado por la demanda de energía, pasando a jugar un peso de mayor significancia dentro de la economía de la entidad; claro si se comienza a explotar como biomasa para energía, transformándolo en biogás o etanol.

Gr- 31 La Producción y superficie de plantación-cosecha de nopal tunero en SLP

Municipio	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
Ahualulco	208	38	257.6	6.78	2,116.86	545.3
Armadillo de Los Infante	175	105	820.53	7.82	2,199.99	1,805.16
Catorce	180	180	1,314.00	7.3	5,543.40	7,284.03
Cedral	50	50	355	7.1	5,508.54	1,955.53
Cerro de San Pedro	17	7	50.5	7.21	2,191.52	110.67
Charcas	55	55	401.5	7.3	5,423.09	2,177.37
Matehuala	140	140	1,008.00	7.2	5,621.21	5,666.18
MexQUITIC de Carmona	116	86	556.2	6.47	2,119.74	1,179.00
Moctezuma	53	39	258.7	6.63	2,106.37	544.92
Salinas	35	35	175	5	3,000.00	525
San Luis Potosí	124	53	409.19	7.72	2,198.72	899.69
Santa María del Río	37	28	185.81	6.64	2,100.30	390.26
Santo Domingo	30	30	120	4	2,000.00	240
Soledad de Graciano Sánchez	149	70	553.65	7.91	2,200.25	1,218.17
Vanegas	200	200	1,440.00	7.2	5,523.51	7,953.85
Venado	80	80	717	8.96	5,511.38	3,951.66
Villa Hidalgo	28	19	124.3	6.54	2,120.18	263.54
Villa de Arista	50	37	247.45	6.69	2,078.95	514.44
Villa de Arriaga	1,210.00	491	3,607.90	7.35	2,136.76	7,709.22
Villa de Guadalupe	46	46	335.8	7.3	5,322.61	1,787.33
Villa de La Paz	16	16	115.2	7.2	4,984.77	574.25
Villa de Reyes	70	46	325.6	7.08	2,113.46	688.14
Zaragoza	16	16	104.8	6.55	2,084.13	218.42
TOTAL	3,085.00	1,867.00	13,483.73	7.22	3,574.84	48,202.12

Fuente: Elaborada con datos del SIAP, 2015

6.4 El nopal en Zacatecas.

En esta entidad encontramos que está presenta el cultivo del nopal, junto con una importante reserva de nopales silvestre, en los tres usos agropecuarios reconocidos por la SAGARPA. Es de hecho el que mayor superficie tiene plantada de los cuatro. Pues tiene más de 64% de la superficie plantada de la región seleccionada.

Domina la Plantación de nopal Tuna, de hecho es el productor de este fruto, más importante del país.

Gr- 32 Superficie plantada-cosechada de nopal verdura, producción y valor en Zac.

Municipio	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
Apozol	20	20	660	33	2,260.00	1,491.60
Gral. Francisco R. Murguía	35	35	525	15	6,000.00	3,150.00
Huanusco	7.5	7.5	240	32	3,466.67	832
Jalpa	180	180	6,408.00	35.6	4,800.00	30,758.40
Morelos	7	7	252	36	5,590.00	1,408.68
Río Grande	3	3	45	15	5,500.00	247.5
Tabasco	21	21	753.9	35.9	3,872.42	2,919.42
Villanueva	51	5	13.2	2.64	4,104.55	54.18
Total	324.5	278.5	8,897.10	31.95	4,592.71	40,861.78

Fuente: Elaborada con datos del SIAP, 2015

Los rendimientos por Ha están por encima de la media nacional y son aportados por las plantaciones que se concentran en el municipio de Pinos. Con más de 13,000 Ha

En el caso de nopal verdura se concentra en el corredor del cañón de Juchipila, desde Tabasco hasta Apozol, y es en donde se dan los mejores rendimientos, pero inferiores a la media nacional.

Finalmente tenemos el nopal forrajero, el que tiene rendimientos muy por arriba de la media nacional, especialmente en los dos municipios en donde hay mayor superficie plantada.

Gr- 33 Superficie plantada y cosechada de nopal forraje en Zac.

Municipio	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
Concepción del Oro	33	33	1,104.92	33.48	565.08	624.37
El Plateado de Joaquín Amaro	5	5	110	22	340	37.4
El Salvador	4	4	129.94	32.48	564.62	73.37
Gral. Francisco R. Murguía	80	80	1,280.00	16	650	832
Jerez	236	214	6,948.00	32.47	330.78	2,298.24
Mazapil	225	225	7,175.22	31.89	564.87	4,053.07
Melchor Ocampo	27	27	819.35	30.35	564.34	462.39
Pánuco	180	0	0	0	0	0
Tepetongo	6	6	216	36	280	60.48
Villanueva	152	126	5,236.00	41.56	350	1,832.60
TOTAL	948	720	23,019.43	31.97	446.31	10,273.91

Fuente: Elaborada con datos del SIAP, 2015

De los 58 municipios, en 22 se reporta actividad con el nopal y al ser los más extensos, territorialmente está lo suficientemente implantado el manejo de este importante recurso.

Gr 34- Superficie plantada cosechada de nopal tuna en Zac.

Columna1	Columna2	Columna3	Columna4	Columna5	Columna6	Columna7
Municipio	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
Cuauhtémoc	31	31	209	6.74	1,990.72	416.06
Genaro Codina	568	568	3,787.95	6.67	1,907.53	7,225.63
General Francisco R. Murguía	224	224	1,444.00	6.45	5,242.38	7,570.00
General Pánfilo Natera	92	92	685.5	7.45	3,386.22	2,321.25
Guadalupe	279	279	1,017.92	3.65	1,301.21	1,324.53
Jalpa	60	60	768	12.8	3,687.50	2,832.00
Jerez	64	42	233	5.55	3,240.43	755.02
Juan Aldama	18	18	114	6.33	5,315.79	606
Loreto	70	70	483	6.9	2,047.42	988.9
Luis Moya	350	350	2,700.01	7.71	1,844.34	4,979.73
Miguel Auza	75	75	600	8	4,500.00	2,700.00
Morelos	15	15	41.7	2.78	1,601.92	66.8
Noria de Ángeles	695.9	402.15	2,662.61	6.62	2,005.60	5,340.13
Ojocaliente	932	882	6,022.00	6.83	1,978.53	11,914.71
Pinos	13,360.00	13,130.00	186,125.00	14.18	2,889.45	537,799.08
Pánuco	120	120	444	3.7	1,407.41	624.89
Río Grande	102	102	754	7.39	4,712.20	3,553.00
Villa García	468	468	3,351.90	7.16	1,966.02	6,589.90
Villa González Ortega	418	418	4,968.00	11.88	2,790.24	13,861.92
Villa Hidalgo	230	230	2,875.00	12.5	3,070.56	8,827.86
Villanueva	10	10	32	3.2	4,100.00	131.2
Zacatecas	20	20	65	3.25	1,644.23	106.87
TOTAL	18,201.90	17,606.15	219,383.59	12.46	2,828.54	620,535.48

Fuente: Elaborada con datos del SIAP, 2015

6.5 La región en conjunto.

De la superficie plantada de nopal, la región que hemos seleccionado representa el 35.4% de ahí su importancia para buscar en ésta nuevas vocaciones productivas para este recurso.

Por volúmenes de producción representa 22.8%, lo que significa que debe mejorar su productividad, pues sus rendimientos son predominantemente más bajos que los representativos del país.

En cuanto al peso que representa el valor de los productos del nopal de la zona en el país, es de 26.4%. Mejorar la presencia de la región estudiada en sus propias economías y en su peso relativo nacional, tiene varias alternativa, pero nosotros nos hemos propuesto elucidar la de producir energéticos, a partir del nopal.

Gr-35 Comportamiento de la región estudiada.

Estado	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
Aguascalientes	1913.5	1823.5	45,840.00	86.53	4,644.45	33,071.03
Nopal V	199	199	9,617.30	48.33	1,459.21	14,033.67
Nopal F	1,067.50	977.5	34,044.25	34.83	379.67	12,925.56
Nopal T	647	647	2,178.45	3.37	2,805.57	6,111.80
Guanajuato	2026.5	2020.5	26,417.69	31.75	6,105.38	71,736.76
Nopal V	242.5	236.5	4,619.39	19.53	3,571.25	16,497.00
Nopal T	1,784.00	1,784.00	21,798.30	12.22	2,534.13	55,239.76
San Luis P.	6,170.00	3,734.00	26,967.46	14.44	7,149.68	96,404.24
Nopal V	3,085.00	1,867.00	13,483.73	7.22	3,574.84	48,202.12
Nopal T	3,085.00	1,867.00	13,483.73	7.22	3,574.84	48,202.12
Zacatecas	19,474.4	18604.65	251,300.12	76.38	7,867.56	671,671.17
Nopal V	324.5	278.5	8,897.10	31.95	4,592.71	40,861.78
Nopal F	948	720	23,019.43	31.97	446.31	10,273.91
Nopal T	18,201.90	17,606.15	219,383.59	12.46	2,828.54	620,535.48
TOTAL	29,584.4	26182.65	350,525.27	13.38	2,490.21	872,883.20

Fuente: Elaborada con datos del SIAP, 2015

Si dedicamos áreas cultivadas con fines energéticos, se deben esperar rendimientos anuales por Ha de 800 a más de 1000 toneladas para poder garantizar rentabilidad al productor a la vez que resulte un precio competitivo de la electricidad que se pueda generar del biogás o bien la unidad calórica si se quiere como combustible.

7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

7.1 Objetivo general

El proyecto busca estudiar una diversificación de usos con viabilidad económica de cultivos de nopal, cuidando partir de los ya conocidos y probados por los productores con fines comerciales, nopal verdura, tuna y harinas, para ir a biomasa con fines de producción de biogás y los subproductos del mismo así como prospectar los impactos benéficos al ambiente en Aguascalientes, Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas.

7.2 Objetivo específico

A. Explorar paquetes tecnológicos mediante los cuales se mejore la productividad y rentabilidad de los cultivos del nopal, como atractivo para reconversión productiva y reutilización de tierras no cultivadas.

B. Valorar usos más amplios de los productos del nopal, a efecto de abrir perspectivas de una ampliación interna del mercado de los productos del nopal, como la energía.

C. Evaluar el impacto ambiental a consecuencia de ampliar la superficie cultivada y encontrarle uso energético

Descripción técnica del proyecto

Definición del Programa de Trabajo.- se instrumentara el programa de trabajo para la atención del diagnóstico, instrumentando la logística adecuada para las actividades tanto de campo y de gabinete.

Definición de fuentes de información.- Buscar y seleccionar las fuentes bibliográficas que nos permitan realizar los estudios iniciales. Definir los cuestionarios y entrevistas a productores y actores que resulten claves para allegarnos de información.

Concertar a los expertos para que revisen el catálogo que habrá de proponerse.

Trabajo de campo.- llevar a cabo el trabajo de campo mediante la aplicación de las entrevistas a profundidad y cuestionarios. La información deberá recopilarse y procesarse para que pueda ser analizada y obtener las evaluaciones sobre la opinión de productores sobre lo que actualmente realizan y su disponibilidad al cambio. Estructurar el Análisis FODA.

Generación de información estadística.- se capturara y documentara la información cualitativa y cuantitativa obtenida en campo y de la investigación de las fuentes de bases de datos y sistemas institucionales, esto permitirá obtener información estadística y geográfica, integrándola en una base de datos en formato Excel.

Generar un documento que integre todos los resultados de la situación actual y el análisis realizado, así como recomendaciones.

Plan de Trabajo.	Mes						
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Acciones:							
Investigación documental y desarrollo de formatos para entrevistar a productores y poseionarios de tierra ociosa							
Identificación de productores y aplicación de entrevistas.							
Procesar y valorar la información recabada,							
Consulta con especialistas del nopal para revisar alternativas en variedades de nopal, metodologías de plantación mantenimiento y cosecha con fines de establecer un menú de opciones a recomendar en el futuro.							
Elaboración y entrega del primer entregable E1							
Estudios de Inversión y sus variantes según las condiciones de plantaciones establecidas o terrenos ociosos.							
Estudios de mercado para los nuevos productos que se integran al paquete recomendado.							
Elaboración y entrega del segundo entregable E2							
Evaluación de la propuesta en su versión inicial y su contraste con la opinión de expertos en elaboración de productos y cultivo.							
Valoración de Factibilidad							
Elaboración y entrega del entregable final E3							

7.3 Desarrollo del Proyecto.

Mes de Junio.

Durante este mes se concentró el esfuerzo del equipo en la búsqueda de documentos en físico y en bancos de datos digitales que contuvieran las siguientes líneas:

Los orígenes y difusión del uso y cultivo del nopal.

Usos modernos del nopal.

La biomasa y energía

El nopal como biomasa

Las tecnologías de transformación de la biomasa en energía.

El nopal en México en los años recientes.

Técnicas de plantación, manejo, fertilización, control de plagas y enfermedades propias del nopal.

La productividad del nopal.

Una vez que se concentró los documentos se entró en un proceso de revisión para analizar toda aquella información que resultara relevante al proyecto, concentrando las fichas bibliográficas que registraron los datos producto del análisis de la información.

Se desarrolla un primer esquema de documento que resuma al final del proyecto los contenidos a redactar.

Mes de Julio.

Se comienzan los estudios del instrumento que habrá de aplicarse a los productores de nopal en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas.

Se diseña un muestreo de 220 productores en la idea de asegurar cuestionarios consistentes en 180 casos.

Se hacen pruebas de campo para medir claridad y pertinencia de los reactivos a aplicar.

Se llega al cuestionario que se contienen en el Anexo 1.

Se desarrolla una hoja de captura en el programa para base de datos llamado ACCES en la perspectiva de pasarlo a una tabla Excel.

Se da inicio a la redacción del informe relativo a la investigación documental que dará soporte al presente documento en su forma de informe Final.

Mes de Agosto.

Se inicia el trabajo logístico de determinar las regiones en donde se aplicarán los cuestionarios y el diseño de la logística y contactos con los primeros productores para obtener información o padrones de productores. Se determinó escoger aquellos municipios y localidades en los que, según datos de la SIAP se concentra las mayores superficies cultivadas y volúmenes de producto dentro de cada entidad. Se anexan los mapas de las municipalidades seleccionadas en Anexo 2

Se Consulta los especialista en cultivo de Nopal Dr. Ricardo David Valdez Cepeda y al Dr. Raúl René Ruiz Garduño, así como al Ingeniero Silvestre Ruiz González para recibir orientación en cultivos y costos de producción. Los dos primeros son Docentes del Centro Regional Universitario Centro Norte de la Universidad de Chapingo en Zacatecas y el tercero consultor en Nopal y gerente de la empresa; ENERGIA AGROINDUSTRIAL RENOVABLE S.A DE C.V

Se hace el entrenamiento para la aplicación de los cuestionarios a jóvenes profesionistas del sector agropecuario con vecindad en los municipios seleccionados en una cantidad de 8, correspondientes al municipio de Calvillo y Aguascalientes del Estado del mismo nombre, en Guanajuato en Dolores Hidalgo y San Diego de la Unión. En San Luis Potosí en Villa de Arriaga. En Zacatecas En Villanueva, Tabasco y Jalpa.

Mes de septiembre.

Se inicia la aplicación de los cuestionarios en el estado de Aguascalientes.

Se implementa los cuestionarios en el Estado de Guanajuato.

Aplicación de cuestionarios a productores de San Luis Potosí.

Implementación de cuestionarios en el estado de Zacatecas

Inicio de la captura de cuestionarios.

Inicio de la redacción del informe, en su componente de la investigación documental.

Mes de Octubre

Se continúa el trabajo de campo completando las cotas de cuestionarios a aplicar en los municipios seleccionados.

Continuación se analizan los cuestionarios en tanto su consistencia en la totalidad de los datos y se da por concluida de la captura de cuestionarios.

Conformación de la base de datos de productores de nopal de los cuatro estados que participaron en los cuestionarios.

Inicio del análisis de la base de datos construida.

Continuación de la redacción de informes.

Inicio de estudios de caso para hacer el análisis de mercados y de costos del cultivo del nopal.

Mes de noviembre.

Análisis de factibilidad y análisis FODA del Sistema Producto Nopal para los estados del presente estudio.

Terminación de la redacción del Informe general.

Entrega para impresión y presentación ante la SAGARPO de los productos esperados.

Gr- 36 Una plantación de nopal para energía.



“Mejorar la productividad y rentabilidad de los cultivos del nopal, como atractivo para reconversión productiva y reutilización de tierras no cultivadas”.

8. ANÁLISIS DE COSTOS Y FINANCIERO PARA UNA HECTÁREA.

A continuación se presenta un desglose de acciones y sus costos referidos a una superficie de una hectárea.

Gr- 37 Tabla con desglose de operaciones y costos en la plantación y cultivo de nopal

PAQUETE TECNOLÓGICO PARA PLANTACION DE NOPAL DE VARIEDADES ENERGETICAS EN 1 HA PARA EL PRIMER AÑO ²⁰				
Plantación y costos de operación de un primer ciclo productivo.				
CONCEPTO	U. DE M.	CANTIDAD	PRECIO U.	MONTO
1.- LIMPIEZA Y DES-PIEDRE DEL TERRENO	JORNAL	7	200.00	1,400.00
2.- CAMAS Y PASILLOS DE SACA COSECHA				600.00
MANO DE OBRA	JORNAL	3	200.00	600.00
3.- ANALISIS FISI-CO-QUIMICO DE SUELOS	ANALISIS	0.3211	1,500.00	481.65
4.- BARBECHO				1,000.00
MAQUILA	HA.	1	1,000.00	1,000.00
5.- RASTRA				500.00
MAQUILA	HA.	1	500.00	500.00
6.- SURCADO DEL TERRENO				500.00
MAQUILA	HA.	1	500.00	500.00

²⁰Esta tabla se realizó con los promedios de tres cotizaciones para el establecimiento de Plantaciones para nopal energético, que es el que se dispone de menor información sobre los precios que paga el mercado para esta opción. La empresa se denomina: Energía Agroindustrial Renovable SA.de C. V.

CLADODIO DE NOPAL	Penca	30,000	1.45	43,500.00
8.- DESINFEC- CION DE CLA- DODIOS				1,654.40
SULFATO DE COBRE MICRO- NIZADO	KG	8	56.00	448.00
CAL AGRICO- LA	KG	8	0.80	6.40
MANO DE OBRA	JORNAL	6	200.00	1,200.00
9.- PLANTA- CION				8,000.00
MANO DE OBRA	JORNAL	40	200.00	8,000.00
10.- FERTI- LIZACION DE FONDO EN PLANTACION				14,000.00
11.- RIEGO CON ENRAIZA- DOR				380.00
12.- FERTILI- ZACION QUI- MICA				6,128.80
FERTILIZAN- TE GRANULA- DO DOSIS 120- 100-00				
- SULFATO DE AMONIO (EN BULTO DE 50 KG.)	KG.	585	4.00	2,340.00

- SUPERFOSFATO D CALCIO TRIPLE (B.50 KG.)	KG.	217	6.40	1,388.80
DOS APLICACIONES DE FERTILIZANTE	JORNAL	12	200.00	2,400.00
13.- PODAS				4,800.00
PODAS DE FORMACION	JORNAL	12	200.00	2,400.00
PODAS DE LIMPIEZA	JORNAL	12	200.00	2,400.00
14.-DESHIERBE DE LA PLANTACION				3,400.00
HERBICIDA FAENA (GARRAFA DE 10 LT.)	LITRO	10	100.00	1,000.00
DOS APLICACIONES DE HERBICIDA	JORNAL	12	200.00	2,400.00
15- RIEGO POR GOTEYO Y FERTILIZACION				1,200.00
EFLUENTES LIQUIDOS NITROGENADO D NOPAL	LITRO		0.01	425.35
16.- CONTROL DE PLAGAS Y ENF.				1000.00
INSECTICIDAS				

MALATHION (MEDIO LT./APLICACIÓN/HA)	LITRO	12	100.00	1,200.00
17.- COSECHA DE NOPAL (480 TON /HA EN EL PRIMER AÑO Y 700 TON /HA EN EL SEGUNDO)				30,0 00.00
TOTAL				129,944.00

De los que podemos considerar como Inversión inicial \$78,144.00 y como capital de trabajo \$51,800.00.

Si una plantación, duran en su mejor potencia productiva, entre 7 y 12 años, tomemos la inversión inicial para su amortización en sus primeros 7 años.

Si Ponderamos a Crédito el capital de trabajo en el primer año y el de la inversión inicial a una tasa del 8% anual, el esquema de rentabilidades sería como sigue:

En el escenario 1, se presenta la evolución de la rentabilidad en el supuesto de cada año se liquide el capital de trabajo y se deje prorratedo a siete años el de la inversión inicial, con un precio de \$ 150 .00 recogida en barbecho.

**Gr- 37 Tabla con desglose de operaciones
y costos en la plantación y cultivo de nopal
Escenario1**

Costo de operación anual por Ha	Costo anual de amortización de la II	Costo Financiero del CT	Costo Financiero de la II	Valor de Cosecha	Rentabilidad por año
51,800	11,163	4144	6251.52	72000	-1,359
53,159	11,163	4252.72	5358.48	105000	31,067
51,800	11,163	4144	4465.44	105000	33,428
51,800	11,163	4144	3572.4	105000	34,321
51,800	11,163	4144	2679.36	105000	35,214
51,800	11,163	4144	1786.32	105000	36,107
51,800	11,163	4144	893.28	105000	37,000
51800	11163	4144	0.24	105000	37892.76

Gr- 39 Corrida para la rentabilidad según el Escenario 2

Para el escenario 2, se tomo un precio por tonelada de \$120.00

Costo de operación anual por Ha	Costo anual de amortización de la II	Costo Financiero del CT	Costo Financiero de la II	Valor de Cosecha	Rentabilidad por año
51,800	11,163	4144	6251.52	81600	8,241
51,800	11,163	4144	5358.48	119000	46,535
51,800	11,163	4144	4465.44	119000	47,428
51,800	11,163	4144	3572.4	119000	48,321
51,800	11,163	4144	2679.36	119000	49,214
51,800	11,163	4144	1786.32	119000	50,107
51,800	11,163	4144	893.28	119000	51,000
51800	11163	4144	0.24	119000	51892.76

Ahora bien; ¿porqué tomar esos precios?

Los costos por combustible proveniente de la biomasa en la generación de electricidad deberíamos compararlo con el de Gas natural, que es el que tiene mayor éxito y la tecnología de generación es igual que el biogás. Se tiene datos²¹ que para a la producción de un MegaWatt-Hora (MWh) se demanda combustible por costos que van entre los \$26.6 a 50 Dólares de EUA.

Las corridas anteriores nos permiten establecer precios de las materias primas antes de la fermentación de de la biomasa

Como nosotros requerimos de entre 4.7 a 5.3 Ton de nopal para producir un MWh. Y al costo de los escenarios anteriores tendríamos que la materia prima contribuye a un coste de entre \$42.7 a 48.18 (US) en el escenario 1 y entre 34.1 y 38.3 en el escenario 2. Tomando la cotización vigente de cambio peso dólares.

Es un referente para un análisis de viabilidad de los precios de la materia prima en forma de biomasa, nos lo da las tablas anteriores, en la perspectiva de que las plantas generadoras del biogás se amorticen a los 30 años y que sus costos de operación de y de amortización estén por los 15 dólares por MWh.

Se puede observar que la rentabilidad en ese escenario en el Escenario 1 comenzaría a ser positiva a partir del segundo año y en el caso de el escenario 2 hasta el tercer año con rendimientos menores, pero razonables.

Por supuesto se puede jugar con financiamientos para capital de trabajo de más largo alcance, pero esa variable no influiría en las tasas de rentabilidad, lo que haría es bajar costos en el proceso de plantación, en el de mantenimiento y operación de los huertos.

La presión para garantizar costes competitivos esta sobre la materia prima del nopal pues se debe recordar además que el coste de generación eléctrica resulta de dividir el total de gastos anuales (por mantenimiento, inversiones, amortización, estructurales u organizativos y de consumo de combustible) entre la producción anual lograda (MWh).

Los restantes costes de distribución, transporte y comercialización abarcan las pérdidas de energía producidas en la red, los correspondientes al mantenimiento, amortización, inversiones, etc., en ésta, en los centros de transformación, junto con los gastos comerciales, impuestos, tasas, etc.

²¹Barbosa de Souza, Daniel. <http://www.eoi.es/blogs/danielbarbosa/2013/11/19/coste-y-precio-de-las-diferentes-fuentes-de-energia/>

Gr- 40 Cultivo de nopal para comercializar penca Madre en Villanueva Zac.



9. LAS LABORES NECESARIAS PARA PLANTAR Y OPERAR LA PRODUCCIÓN DE NOPAL.

9.1 Nopal verdura.

Selección y tratamiento del material biológico del que habrá de obtenerse las plantas (Pencas Madre)

Selección de la especie, por características organolépticas de la verdura, según las exigencias del mercado y además por aspectos de manejo al momento de cosechar o de empaque, limpieza etc. En las entidades que se estudian se acostumbra mayoritariamente manejar el Tapón, el Duraznillo, el Blanco y el Blanco con espina y Copena V1²²

Que estén sanas y libres de enfermedades.

Tamaño mínimo de 25 – 30 cm. de largo.

Sin daños aparentes, que su madurez sea de entre 1 a 2 años de edad.

Con buen corte de la base, aun que se pueden seccionar siempre que se dominen las técnicas de cicatrización en las parte expuestas.

Previo a la plantación, ala descargar del nopal, se trata con caldo Bordelés al 2%. Para lo cual se requieren 1 kg. de sulfato de cobre más 1 kg. de cal y 100 lts. de agua.

Preparación del Caldo Bordelés. Se disuelven los 1 kg. de sulfato de cobre en 10 o 20 litros de agua en un recipiente de plástico. En otro recipiente de plástico con capacidad mínima para 90 litros, se disuelve la cal. Finalmente se vierte la solución de sulfato de cobre en el recipiente que contiene la cal y se afora a 100 litros para que se agita hasta homogenizar la mezcla.

En un recipiente más ancho se puede vaciar algo de producto, o en el mismo donde se preparó la mezcla, se sumergen las pencas tomándolas por la parte de arriba, asegurándose que se bañe la base y una porción a partir de la mima.

El acomodo debe ser canteado y dejarse cicatrizar hasta por 15 días. Todo lo anterior evitará que se presente pudrición en la nueva planta y se eviten varias enfermedades.

Requerimientos de temperatura, agua, suelo y luz solar.

La temperatura que las temperaturas oscilen entre 15 a 28 oC, la mayor parte de las especies soportan heladas no severas, es decir aquellas cercanas a los 0 oC, pero para que se mantengan en producción se tienen que cuidar el primer rango. Por esa razón se tiene la alternativa de manejo en micro túnel, para amortiguar caídas de temperatura por debajo de los 15 grados.

Si son a cielo abierto y no se dispone de fuente de agua para irrigación, las precipitaciones pluviales aptas van desde los 150mm anuales hasta los 1800.

Los suelos deben ser arenosos y con pH de neutro a básicos, con capa arable de al menos 30 cm. Los mejores son aquellos de origen calcáreo por su textura arenosa y por los pH que rondan los 6.5-8.4.

²²Flores Valdez, C.A. 1995, Flores Valdez, C.A. 2004, Mondragón, J.C. 2002, Mondragón, J.C. 2003.

Las caras frontales de la penca madre habrán de colocarse con orientación hacia el este-oeste en tanto que el alineamiento de los bordes norte –sur para maximizar la superficie del cladodio expuesta a la luz solar.

Plantaciones y sus arreglos

El suelo tiene que ser limpiado y removido para quitar todo tipo de vegetación que le compita por nutrientes y la luz, así como el volteo y rastra con tractor para poder recibir la planta.

S

e fertiliza con abono de corral a razón de 200 Ton de estiércol por hectárea, hay autores que recomiendan de 50 a 100 Ton con la condición de que se mezcle perfectamente con la porción más superficial del suelo.

Para cultivos de alta densidad, con agricultura protegida se diseñan camas de 150 cm y por cada dos callejones para maniobras, de tal forma que tenemos un 60% de superficie disponible para plantación.

Para el caso anterior, hay diferentes densidades propuestas en retículas de 30 cm X 30, de 30 X20, de 20X20 y de 30X7 con 11.1 pencas por m², de 16.7, 25 y 47.6.

Para cielo abierto generalmente se utiliza una retícula de surcos con plantación de penca a penca de 30 cm y con surcos de 80 cm de separación l que da densidades de 41,787 planta por hectárea, si se densifican más pueden llega a 50 0 60 mil raquetas por hectárea.

Riegos.

Si se quiere tener producción durante todo el año, en lugares en donde la lluvia es escasa, es recomendable dar un riego ligero, durante cada mes.

Las regiones en donde la evaporación por viento y altas temperaturas deberán hacerse los riegos con mayor frecuencia (cada 20 días), lo que obliga a capas de riego anuales de 75cm. Sin embargo, si se aplican técnicas de alta eficiencia, como goteo, se puede bajar hasta a 35 cm.

Poda.

Podas de formación. Consiste en seleccionar los dos brotes centrales superiores de la penca inicial y cosechar o eliminar el resto (a esto comúnmente se le conoce como poda de formación a dos orejas). Sobre las dos pencas seleccionadas crecerán los nopalitos que constituirán la cosecha. Se pueden dejarse de dos a tres pencas bien ubicadas en la base de la penca madre, orientadas en el sentido de la hilera para evitar el cruzamiento entre ellas cuando estén grandes y puedan crecer normalmente los nopalitos brotados.

Podas sanitarias. Sobre plantaciones ya en producción se retiran o eliminan aquellas pencas viejas e improductivas, con malformaciones y daños severos por plagas y/o enfermedades. Cuando se pode o coseche en plantas con sospecha de enfermedad, al pasar de una planta a otra, desinfecte sus herramientas con una solución a base de 1 litro de cloro en 1 litro de agua.

Podas de rejuvenecimiento. Se aplica en plantaciones ya muy viejas e improductivas. Se recomienda que se proceda a la poda, dependiendo del manejo proporcionado, cuando se detecta que la producción empieza a disminuir, principalmente por agotamiento de las yemas vegetativas, siendo el principal factor responsable de la baja en producción.

Labores culturales.

Una práctica cultural frecuente, es que es recomendable hacer, es la replantación y consiste en identificar (desde un mes de iniciada la plantación) todas aquellas pencas podridas, quemadas por el sol, dañadas severamente por plagas o enfermedades o por fauna silvestre (roedor es principalmente). Todas las pencas dañadas deberán sustituirse por pencas sanas y fuertes.

Otra práctica importante, es el control de malas hierbas y en ese sentido, la plantación debe mantenerse limpia de estas plantas, particularmente de la grama, que es la más nociva. Las malas hierbas compiten con el cultivo por espacio, luz, agua y nutrientes, además de que dificultan el manejo de la plantación y muchas de ellas son hospederas de plagas y enfermedades. Debe recordarse indican que debido a que el cultivo de nopal verdura se recomienda plantarlo en altas densidades, no es posible trabajar con tractor y o implementos de tiro para el control de malezas, por lo que este debe realizarse de manera manual con azadón u otras herramientas manuales como cuchillos y podadoras de maleza de combustión interna, o bien el control químico aplicando herbicidas.

Plagas y enfermedades.

Cochinilla o grana (*Dactilopyus indica*). Este insecto se distingue por presentar en las pencas puntos o masas de aspecto algodonoso. La forma en la que daña se debe a la hembra, que desde su etapa ninfal, insertan su aparato bucal en un sólo lugar para permanecer ahí toda su vida lo que provoca un área clorótica ligeramente hundida en pencas y frutos afectadas. Las partes afectadas cubiertas con masas de algodón, al ser presionadas expelen un líquido de color rojo carmín. El control químico de esta plaga puede realizarse con productos como el Paratión Metílico y el Malathiión en dosis de 1 a

1.5 L / 200 L de agua. Un producto relativamente menos dañino al ambiente es el detergente biológico a base de sales potásicas a razón de 2.5 ml/lt, con el que se debe lavar o aplicar a las pencas infestadas. El control cultural de inicio consiste en utilizar pencas libres de grana al hacer plantaciones nuevas y eliminar las colonias que se encuentren infectando las pencas mediante el barrido mecánico.

Las chinches Gris y Roja (*Chelinidea tabulata*). Las hembras depositan el huevecillo, principalmente en la base de las pencas durante el período de abril a septiembre. Una vez que eclosionan las ninfas se empiezan a alimentar de las pencas tiernas con mayor actividad durante el día, ocasionando manchas cloróticas parecidas a las causadas por el granizo. Se diferencian porque en el centro forman un punto verde- oscuro causado por el aparato bucal de la chinche. Cuando empieza a disminuir la temperatura se refugian entre la unión de cladodios y en la base de la planta. Su efecto sobre la planta es un debilitamiento de las plantas, que se puede apreciar en el amarillamiento y mala calidad de brotes y frutos cuando el ataque es muy severo. Para su control se puede utilizar Sevin 80, polvo humectante en dosis de 1-5 kg Ha y su aplicación será cuando aparezca la plaga. Se reporta también el uso Malathion, de 250-300 ml en 100 L de agua, procurando que el insecticida quede en contacto con los insectos, de otra manera los insectos no mueren. Un control cultural, se hace en el momento de la poda, no se deben dejar pencas muy juntas, con lo cual se reducen los sitios de hibernación.

La gallinita ciega (*Philopaga*, ssp.). Es uno de los insectos más destructivos que habitan en el suelo, ocasionando daños en el nopal y en otras especies cultivadas. El insecto pasa por varias etapas larvarias, alimentándose al principio de materia orgánica y de raíces tiernas en su último instar ataca al sistema de raíces y es cuando la plaga causa el mayor daño, pues trae como consecuencia un mal

desarrollo de la planta, marchitamiento y hasta su muerte. Estos daños no se propagan en la totalidad del terreno, generalmente son localizados. Por otra parte, el daño es más frecuente cuando la siembra de las pencas se lleva a cabo en cepas y con la aplicación de estiércol, para su control se recomienda la aplicación de Carbofuran granulado o Clordano en polvo, en las dosis recomendadas, pero en mezcla con el abono orgánico o los fertilizantes.

Picudo Barrenador (*Matamasius spinolae*). En su fase adulta daña los bordes interiores de la penca recién brotada y en su fase larvaria se alimenta en el interior de las pencas haciendo galerías a su interior. Se realizan controles químicos; BIODIE 3ml/lit de agua, Aceite de Neem, 10ml/lit de agua. También hay control biológico con *Bauveria Bassiana*, 200 gr/250 lit de agua. Finalmente se tiene la alternativa de labor cultural, capturando los adultos para evitar que depositen la huevo de una nueva generación.

Caracol (*Helix aspersa*). Dañan en su etapa juvenil y adulta al comer de los brotes y propician su reproducción con altos contenidos de humedad, durante los meses de lluvia intensa o en los ambientes que forma la maleza que propicia su sobrevivencia y reproducción, pues si se dan las condiciones depositan huevecillos cada mes, además de ser hermafroditas. El control químico aplicando el caldo bordelés, el cultural eliminando la maleza y evitando dejar las podas en el suelo. Hay también la posibilidad de retirar manualmente los caracoles adultos y jóvenes.

Gusano telarañero (*Platynota* sp.) En su forma larvario o gusano se da en la etapa juvenil y pasa muy rápidamente a ser adulto en forma de palomilla, con una coloración parduzco-rojiza. Daña los brotes tiernos al construir telares tipo seda con los que realiza su anidamiento, deformando la penca y desde donde continúa su alimentación sobre el

tejido de la penca. El control químico se realiza con BIODIE 3ml/lit de agua, el control con labor cultural se hace retirando la maleza y el mecánico desbaratando las telarañas y retirando el gusano.

Gusano cebra (*Militara nephelepasa*). En su instar de larva comienza como gusano blanquecina y en su segundo instar toma el aspecto con sus rayas negras, de donde le viene el nombre, finalmente en su instar adulto es palomilla pardo-cafesusca. Daña al nopal introduciéndose en la penca para alimentarse y provocan una tumoración. El control cultural se da eliminando la maleza, el mecánico se procede a abrir la penca con cortes cuidadosos para extraer la larva y retirarla.

Dentro de las enfermedades más comunes se encuentra la pudrición Blanda (*Erwinia carotobora*) y Dura (*Phyllosticta concava* *Mycosphaerella* spp). La primera es debido a ataque bacteriano a través de lesiones que tiene la cutícula y se manifiesta en bandas café u oscuras con mal olor. El daño se presenta en la pudrición de los cladodios y hasta la muerte de la planta. El control es preventivo evitando provocar picaduras con herramientas o las que provocan los insectos, retirando las pencas podridas y abriendo las zonas en proceso de pudrición y aplicar soluciones de sulfato de cobre. También se tratar la planta con aspersiones nocturnas de Agromicin a razón de 1 kg/ha dando de 2 a 3 tratamientos a intervalos de 18 a 20 días, o bien Benlate o Benomil. La segunda se aprecia por el desarrollo de puntos circulares negros pequeños, que mas tarde aumentan de tamaño hasta que alcanzan un diámetro de una o dos pulgadas. El avance adicional es comprobado por el desarrollo del tejido calloso. La enfermedad es en parte fisiológica, influenciada principalmente por la humedad del suelo. Las esporas producidas dentro de estas estructuras reproductivas son transportadas fácilmente por el viento, agua de lluvia o del riego e infectan sitios

nuevos en las pencas cercanas, especialmente cuando se produce suficiente humedad. El control se da identificando las pencas seriamente infectados o en su caso las plantas enteras, las que se procede a quitar para prevenir la expansión del hongo, preferentemente este material retirado debe destruirse.

Engrosamiento de de cladodios. Provoca una reducción del crecimiento de la planta, acompañado por la hinchazón de los cladodios y la pérdida gradual del color verde de las pencas, el tamaño de los brotes vegetativos y florales es reducido y se forman en la parte plana del cladodio. El número de cladodios se ve reducido y los frutos son pequeños, se caen en diferentes períodos de su desarrollo. Control: Su control se sugiere iniciarlo desde la selección del material a plantar, que sea de plantaciones que no tengan antecedentes de engrosamiento de cladodios, esta selección debe hacerse de plantas vigorosas y que no manifiesten síntomas de la enfermedad y una vez establecida la plantación se debe tener cuidado, particularmente durante los primeros años de eliminar las plantas que presenten síntomas de la enfermedad, otra práctica recomendada, es la desinfección de los utensilios de poda y cosecha en una solución 1:1 de cloro y agua.

Mal del Oro (*Alternaria spp* y *Hansfordia spp*). La enfermedad es ocasionada por los hongos y se manifiesta mediante un cambio de coloración de las pencas, de un color verde oscuro a un color amarillo oro, de aquí el nombre que se le impuso. Los sitios de penetración de la enfermedad generalmente son las espinas, aunque también puede ser por las heridas en la cutícula. Las manchas son curvadas, circulares o de diferente aspecto y se forman en el punto de penetración; el tejido adyacente se torna desde oscuro hasta ligeramente gris y las manchas llegan a ser doradas y con el tiempo dichas manchas se tornan en costras amarillas con centro oscuro, mientras que el resto es amarillo. El control es evitando realizar picaduras en la cutícula con las herramientas de trabajo, evitar aplicaciones en las horas de mayor temperatura y retirar las pencas infectadas y hacer picadura en las zonas afectadas y aplicar solución bordelés al 1%.

Medidas preventivas para evitar enfermedades y su calendario.

Gr- 41 Labores calendarizadas más recomendadas.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC
Poda de formación												
Poda sanitaria												
Aplicaciones preventivas												
Deshierbe												
Abonado												

Para tener una idea visual de enfermedades y plagas se recomienda ver en folletos y manuales de agencias de gobierno mexicano²³.

Manejo de Cosecha.

Los brotes, mejor conocidos como nopalitos se cosechan de acuerdo al tamaño, que van desde pequeños (10 cm) a mediano - hasta de 20 cm - aproximadamente de 100 g. De mayor tamaño, francamente maduros, se caracterizan por ser gruesos, con apreciable cantidad de tejido blanco esponjoso y sabor ácido. Además debido a que el nopal es una planta C4 o con el metabolismo Acido de las Crasuláceas (CAM), en donde la fijación de CO₂ durante la noche se da en forma de ácido málico antes de convertirse en azúcares durante el día. Esa es la razón por la que el contenido de ácido de los nopalitos puede fluctuar ampliamente y afectar el sabor final. Por ello, se recomienda cosechar los nopalitos después de 2-3 horas de exposición de la planta a la luz solar. También se recomienda que la cosecha del nopal verdura debe realizarse cuando los brotes alcancen su madurez, esta se identifica cuando en la parte basal del brote (cerca del punto de unión con la penca), las tres primeras hileras de hojas o pequeñas reminiscencias carnosas, se hayan perdido. Se debe considerar que al cosechar los brotes tiernos del nopal, estos se vuelven productos perecederos, a tal grado que los nopalitos a temperatura ambiente y a la sombra pueden mantener una calidad aceptable por no más de tres días, dependiendo del período del año.

Cosecha Manual. Esta forma de cosecha se practica de forma amplia por los productores de nopal y consiste en tomar el brote de la base y girarlo, aplicando el esfuerzo lo más cerca de la unión del brote con la penca para evitar desgarramientos que puede facilitar la entrada de patógenos que favorecen la pudrición, o que algunos insectos ovipositen en las heridas y se desarrollen gusanos en las pencas maduras. . Es la forma más recomendable para cosechar los nopalitos ya que se evitan daños al brote y a la penca de donde se desprende.

Cosecha con cuchilla. Por ser más exacto el corte auxiliado con una herramienta de corte como los cuchillos, se logra hacerlo en el punto de unión de la penca y el brote, sin ocasionar daños que propicien la proliferación de infecciones o enfermedades a la planta. La mayoría de las experiencias reportadas coinciden en que esta última es la forma más adecuada para cosechar los nopalitos.

Dependiendo de los manejos agronómicos, se pueden realizar hasta 34 corte según las experiencias reportadas en Milpa Alta, así podemos encontrar rengos máximos de rendimientos por Ha; de 5-8 Ton/Ha por semana, lo que representa de 170-270 Ton/Ha por cada año²⁴.

²³SAGARPA, Folleto para productores de nopal verdura de Milpa Alta, en http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/Documents/CESAVE/Plagas_Nopal.pdf

Robles Contreras, Fabián, et al, Tecnología de producción de nopal verdura en el Nordeste de Sonora, en <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1615/Tecnologia%20de%20produccion%20de%20nopal%20verdura%20para%20el%20noroeste%20de%20Sonora.pdf?sequence=1>

²⁴García, V., A. y J. E. Grajeda G. CULTIVE NOPAL VERDURA. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 18 pp. 1991.

Nopal Forrajero.

A diferencia del nopal para consumo humano, el que se utiliza para alimentar diversas especies pecuarias, particularmente ovino-caprinas, tiene requerimientos que conducen a seleccionar material biológico que tenga características:

De manejo, como la ausencia de espinas o al menos que en el procesos de maduración las pierda.

Nutritivas, que sean suculentas, que alcancen diversas propiedades nutricionales, en azucares, proteína, minerales y enzimas.

De productividad, relativas a los rendimientos.

Para ver un banco de las especies nativas que se usan en México para uso forrajero, y los híbridos que se han obtenido se pueden consultar varios autores en el libro colectivos “El Nopal (*Optunia spp.*) como forraje²⁵.

Las densidades cambian por el tipo de manejo, pero en general el cuidado sanitario es muy similar al de verdura.

A continuación se presenta un cuadro en el que se establece las densidades que se alcanzan, para terrenos pobres en nutrientes, estableciendo una distancia entre surcos y de planta en plante²⁶:

Gr-42 Arreglos recomendados para plantación de nopal forrajero.

Distancia entre surcos (m)	Distancia entre plantas (m)					
	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
2	3,333	1660	1130	1110	830	666
3	2,222	1250	1000	830	625	500
4	1,667	1000	800	660	500	400

²⁵Mondragón Jacobo, Candelario et al, *El Nopal (Optunia spp) como forraje*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 2003.

²⁶Canseco Guzmán Víctor M y Canseco Guzmán Benito, *MANUAL PRACTICO DE CULTIVO DE NOPAL FORRAJERO PARA LOS VALLES CENTRALES Y MIXTECA DEL ESTADO DE OAXACA*, México 2013.

Cuando es de buena calidad y hay disponibilidad de fertilización se pueden adoptar densidades mayores, 30X30 siempre limitado al espacio y al tamaño de planta que se espera desarrollar, para hacer fácil su manejo de mantenimiento y de cosecha.

9.2 Nopal Tunero

Aspectos para el establecimiento de plantaciones comerciales de nopal tunero y el manejo de estas durante su desarrollo y producción, como son las siguientes:

- Selección del terreno
- Selección de la variedad
- Obtención de la planta
- Época de plantación
- Preparación del terreno
- Plantación
- Abonado y fertilización
- Protección sanitaria de la plantación

+ Los terrenos que garanticen una productividad que se rentable o como se suele decir, de naturaleza comercial deben cumplir con criterios de calidad y precipitación: el suelo al menos 30 centímetros de profundidad y ubicarse en sitios que tengan al menos 300 milímetros de precipitación anual. Los suelos más adecuados son aquellos de textura media (migajón) con buena fertilidad natural. Pueden destinarse al cultivo de nopal los terrenos de uso agrícola en las zonas donde la escasez de agua limita el desarrollo de cultivos tradicionales de temporal tales como maíz y frijol.

+ Siempre es necesario detectar las preferencias de los mercados en relación a la tuna, para poder determinar hacia que segmento y ubicación del mismo se dirigirá el producto. Por supuesto hay preferencias segmentadas por región. A continuación se toma la tabla²⁷ en la que se reportan las variedades que más se cultivan en el altiplano mexicano, que por cierto es la región productora más importante del país.

+ Seleccionada la variedad, se buscan plantaciones en producción, sanas, vigorosas y productivas que tengan establecida la variedad que se determinó. El vigor de las plantas es el mejor indicador de la sanidad y de la adaptación de la variedad a la región, se recomienda que la huerta de donde procedan las pencas madre, esté lo más cerca posible al sitio de plantación.

+ Los períodos de plantación son dos: en marzo, seco y sin embargo alcanza a enraizar y a producir brotes en el mismo período, en agosto-septiembre, enraíza pero la brotación se da hasta el inicio de la primavera, eso sí más vigoroso sus pencas y floraciones.

²⁷Luna Vázquez Javier, et al, MANEJO DE PLANTACIONES DE NOPAL TUNERO EN EL ALTIPLANO POTOSINO, INIFAP, CIRNE, México 2012.

Gr-43 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS TUNAS MÁS COMERCIALES.

Variedad	Color pulpa	Tamaño (cm)	Peso (g)	Inicio de la cosecha
Alfajayucan o Reyna	Verde claro	8.7 x 6.1	131	2da quincena de junio
Cristalina	Verde claro	9.0 x 6.5	210	2da quincena de septiembre
Roja Lisa	Roja	7.0 x 5.5	150	2da quincena de julio
Amarilla Montesa	Amarilla	7.7 x 5.1	172	1a quincena de julio

+ Se hace la misma preparación que las plantaciones que se utilizan con otros fines, solo cabe agregar que en terrenos no planos, con inclinaciones por arriba del 3% se recomienda hacer retenes de agua siguiendo curvas de nivel, para la mejor protección de los suelos y mejor aprovechamiento del agua de lluvias.

+ Dependiendo de las dimensiones de la huerta a establecer, así las plantaciones mayores de tres hectáreas, para facilitar la limpieza de maleza de las calles, con el uso de maquinaria, la distancia entre hileras se recomienda entre 5 y 6 metros. Si la superficie es mayor de 5 hectáreas es necesario dejar calles de tránsito cada cinco hileras. Recientemente se sabe que se están estableciendo huertas con distancias de plantación de 3 metros entre plantas y 4 metros entre hileras para una densidad de 833 plantas por hectárea. Estas plantaciones requieren de un manejo más intenso en cuanto al control de la maleza y poda. La poda de formación y fructificación, son importantes para moderar el crecimiento de las plantas a un espacio que permita, primero llevar a cabo el control mecánico de la maleza; y segundo, facilitar la cosecha dentro de una planta y entre plantas.

+ El nopal tiene una excelente respuesta a la aplicación de estiércol, ya que acelera desarrollo vegetativo. La cantidad a aplicar de este insumo está limitada por la disponibilidad, precio del mismo y costo de aplicación del insumo. El abono induce un crecimiento más rápido en los primeros años, lo que incrementa la producción, aún con precipitaciones bajas. Puede utilizarse cualquier tipo de abono, pero el estiércol de ganado vacuno es el de mayor disponibilidad.

+ Se deben tener las mismas acciones preventivas y de manejo que el nopal verdura para evitar enfermedades, proliferación de insectos y ataques de roedores y de fauna silvestre y domesticada.



Fuente: SAGARPA/ SALA DE PRENSA.

9.3 Nopal para Energía

Forma de reproducción

Reproducción sexual o por semilla. Las plantas obtenidas por reproducción sexual tardan más tiempo en iniciar la reproducción y además, resultan heterogéneas en muchas de sus características por proceder de polinización cruzada. Su importancia radica en que se puede utilizar para trabajos de mejoramiento genético.

Reproducción asexual o vegetativa. Esta forma resulta más ventajosa desde el punto de vista comercial, debido a que se conserva las características fenológicas de la planta madre. Las plantas obtenidas por este método tienen producción más rápida. Esta forma de reproducción puede realizarse mediante dos sistemas, pencas enteras o fracciones mínimas.

Selección de material vegetativo

Las huertas donde se piensa obtener el material vegetativo deben reflejar un buen manejo, ya que con esto se garantiza la sanidad y calidad de las pencas.

La penca debe presentar buenas características morfológicas y de sanidad para poder ser seleccionada como material de programación, a saber:

- Buen vigor
- Libre de plagas y enfermedades
- Que no presenten malformaciones físicas
- Que tengan de 1 o 2 años de edad
- Que tenga como mínimo 30 cm de largo y 20 cm de ancho
- Que sean plantas de buen grosor y succulencia
- Que presenten corte en la parte de unión con la planta madre.

Preparación del terreno

De acuerdo con la densidad de población que se maneja en el nopal para energía, es difícil realizar aflojes de suelo una vez establecida la plantación, por esta razón, es conveniente una buena preparación del terreno, anticipada al establecimiento de la planta. Es necesario un barbecho y un rastro cruzado para que el suelo quede bien mullido, considerando que se cuenta con un terreno plano; cuando se presentan pérdidas más profundas, es conveniente hacer terrazas de 8 a 10 m de ancho; si la pendiente del terreno lo permite, se puede construir de mayor anchura. Con el terrazo se pretende que el terreno quede lo más plano posible, para poder aplicar algunos riesgos. También es recomendable realizar curvas a nivel, cuando hay inclinaciones mayores al 3%.

Trazo de plantación

En el caso de terrenos con pendientes, deben realizarse trabajos de conservación de suelos como: bordos a nivel o terrazas, para evitar la pérdida de suelo por erosión hídrica. En terrenos planos, trazar las líneas a las distancias establecidas por el terreno preparado, para posteriormente proceder a plantar. El trazo de la plantación se realiza con la ayuda de un hilo, cinta métrica y cal, tratando que el rayado quede bien marcado. El trazo debe considerar las calles de ascenso para vehículos de carga.

Época de plantación

Hay quien recomienda plantar en agosto (sequía intraestival), ya que la planta emite brotes tiernos en la época de buen precio, pero estarían propensos a la incidencia de heladas tempranas, por lo que su establecimiento en esta fecha es muy riesgoso. La plantación de época de lluvia no se recomienda, debido que al aumentar la humedad y la temperatura del suelo, se presentan condiciones favorables para

el desarrollo de hongos y bacterias que penetran a través de las heridas que sufren las pencas durante el transporte, ocasionando pudriciones, dañando seriamente el material vegetativo.

Para las zonas comprendidas en el centro y norte del país (donde la precipitación es menor) se recomienda establecer la plantación en los meses de marzo o abril después de la última helada (finales de febrero y principios de marzo).

Densidad de plantación

Existen diferentes criterios en cuanto a cantidades de plantas por hectárea. En Milpa Alta, se encuentran plantaciones con densidades de 40,000 plantas, dejando 1 m entre surco y 25 cm entre plantas; esta alta densidad es con la finalidad de obtener resultados óptimos en la producción. Sin embargo, se presentan problemas de manejo al crecer y cerrarse las hileras, dificultándose la cosecha, podas, abonados y deshierbes.

Por esta experiencia se recomienda plantar a 1.23-1.30 m entre hileras y 0.40 m entre plantas, obteniendo así densidades de 20,000 y 16,667 plantas por ha respectivamente.

Plantación

Teniendo el material vegetativo ordenado y tratado se procede a distribuirlo en el terreno, en cada lugar donde se va a plantar. Se recomienda utilizar una pala recta o pala jardinera para hacer una pequeña cepa donde habrá de plantarse la penca. De la penca se enterrará solamente su tercera parte inferior con la finalidad de que en caso de producciones se pueda disponer de 2/3 partes para replantarla (como fracciones mínimas), de esta forma queda buena superficie de reproducción y la parte enterrada corresponde a una área suficiente para el arraigamiento y estabilidad de la planta.

Labores culturales

Control de malezas. Las malezas compiten con el cultivo por espacio, luz y nutrimentos, además de que dificulta el manejo integral de planta cultivadas muchas de ellas son hospedadas de plagas y enfermedades. Por esta razón, es recomendable mantener el cultivo libre de malas hierbas. El control más común es de tipo manual utilizando azadón o alguna otra herramienta adecuada; se pretende que el cultivo se mantenga libre de malas hierbas durante todo el año, sin embargo, por el costo que representa se recomienda realizar cuando menos 2-3 deshierbes al año, preferentemente durante la época de lluvias que es cuando prolifera la maleza.

Aplicación de abono orgánico. En las regiones donde se cultiva, se alcanzan producciones elevadas de nopal, debido principalmente a las altas densidades de plantación y a la aplicación de abono orgánico fresco en gruesas capas que van de 25 a 40 cm de espesor. Tal aplicación significa además de la adición de nitrógeno, la incorporación de 600 ú 800 ton/ha, esto se hace con la finalidad de proporcionar humedad a la planta, ya que es una zona donde no cuenta con riego. El nitrógeno resulta indispensable para la brotación y crecimiento de renuevos.

Fertilización. Para el nopal verdura, es muy similar para nuestro caso la recomendación, se obtienen buenos resultados cuando se aplican 200 g de sulfato de amonio o 100 g de urea por planta, estos resultados son mejores si el fertilizante químico se aplica junto con el abono orgánico. Se recomienda aplicar 2-3 meses después de establecida la plantación y en presencia de humedad. El Colegio de Postgraduados de Chapingo recomienda aplicar la fórmula 120-100-00, es decir, 505 kg/ha de sulfato de amonio y 217 kg de sulfato de calcio simple, fraccionada en 12 aplicaciones: a principios y a finales de la época de lluvias.

Podas

Las podas se realizan con la finalidad de dar a la planta una buena forma, misma que facilite el manejo, evitando el estrechamiento de calles e impida el accenso al interior. Debemos recordar que con las prácticas de podas se estimula la brotación de renuevos. Es aconsejable eliminar aquellos cladodios que se localizan en posición y ángulos inadecuados a la iluminación solar, que se encuentran muy juntos o en la base del tallo.

Gr-44 Nopal recién cosechado, con la cicatrización en proceso.



Foto propia

RIEGO

El nopal es una planta que sobrevive tan solo con el agua de lluvia, pero cuando se somete a cultivo, se hace necesaria una mayor cantidad de agua para tener mayor producción. En el nopal verdura se requiere una emisión constante de brotes, por lo que los requerimientos de agua también son constantes. Durante los meses de sequía es importante dar riegos ligeros.

De preferencia, la plantación debe ubicarse cerca de una fuente de agua para aplicar riegos ligeros cada 8 ó 15 días, dependiendo de las necesidades de la plantación.

El consumo de agua de un cultivo de nopal en producción consume 2 pulgadas cada 5 días, esto es aplicándolo con cintilla y de manera subterránea lo que equivaldría a poner 800 litros de agua por melga o surco de 100 metros.

COSECHA

La mayor cantidad de producción se obtiene mediante la época de mayor humedad y temperatura (Mayo a Septiembre), correspondiendo estos meses al periodo de lluvias. Sin embargo, el precio es más bajo durante este tiempo.

La cosecha se lleva a cabo cuando los brotes alcanzan un peso aproximado de 100-120 g cada uno o que midan de 10 a 15 cm de largo; aunque no siempre se sigue este patrón de cosecha, pues el tamaño puede variar según los gustos del consumidor y las exigencias del mercado demandante.

Gr-45 Labores de cortado del nopal tierno, dejando las pencas que madurarán para energía o forraje.



Foto propia

El corte del nopalito se realiza con un cuchillo bien filoso, se sujeta firmemente con una mano y con la otra se realiza el corte, justo en la unión de la base entre la penca y el brote, sin lastimar, por que puede provocar heridas al desprenderse el nopalito ocasionando el inicio de alguna enfermedad. No se recomienda el corte manual por que puede provocar heridas al desprenderse el nopalito. La cosecha se realiza por la mañana.

Una vez cortado los nopalitos se echan en canastos de carrizo para transportarlos fuera de la huerta y formar pacas cilíndricas de aproximadamente de 1.80 m de altura, conteniendo un promedio de 3000 nopalitos cada penca, siendo esta forma como se transportan al mercado en Milpa Alta, D. F. No es recomendable quitar las espinas a los nopalitos, por que se afecta el estado fresco de la verdura e incluso, la durabilidad del producto es menor.

Si se desea producir brotes tiernos continuamente (durante todo el año), con cortes de 8 ó 15 días, es necesario aplicar fertilizante, abono orgánico y riego, cuando el cultivo lo requiera, como ya ha quedado indicado en el punto de labores culturales.

Con un buen manejo la producción inicia 2 ó 3 meses después de efectuada la plantación, cosechando cada 8 ó 15 días una cantidad promedio de 3 brotes por planta durante los primeros meses.

10. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LOS PRODUCTORES.

De las encuestas aplicadas a los productores de nopal para los diversos usos tradicionales pudimos detectar que no cuentan con herramientas de registro de muchos datos cuantitativos que nos proporcionen una visión más precisa sobre las características de las unidades productivas. Particulares dificultades encontramos en un registro de costos, formas de medir los rendimientos de producto por hectárea, las formas de medir los volúmenes de producción, superficie cultivada para cada uso final del subproducto del nopal cuando está especializado hacia algunos de los usos comunes hasta el día de hoy; Verdura, Tuna y Forraje y cuando hacen una mezcla de usos.

Aun con todas estas dificultades se pudo hacer hallazgos que a nuestro juicio resultan valiosos para conocer mejor esta cadena productiva y sus posibles evoluciones, a partir de nuevas políticas que plantearemos en las sugerencias a que nos conduce el presente estudio.

10.1 Información sobre los productores.

Los productores tienen una edad promedio de: 49.9 años

La porción de productores barones es de; 96.81% contra el segmento femenino que representa el 3.19%.

El estado civil se reparte de la siguiente manera: Casados el 85.64%, Solteros 5.85%, viudos 5.85, divorciados 1.6% y en unión libre 1.06%.

La escolaridad reportada se distribuye así:

Sin estudios	4.26
Con primaria	45.74
Con secundaria	32.45%
Con bachillerato o estudios técnicos	11.7%
Con estudios superiores	5.32%

Productores que solo viven de las actividades agrícolas: frente a quienes las combinan con otras actividades:

10.2 Características socioeconómicas de los productores.

Los predios van desde un mínimo de: .05 ha hasta un máximo de: 423 con un promedio de: 11.4

Las actividades agropecuarias asociadas con la plantación de nopal, que se desarrollan en los predios que reporta el productor se distribuyen de la siguiente manera:

Solo agricultura	57.98%
Agricultura con Ganadería	39.93%
Agricultura con Silvicultura	0.37%
Agricultura con Acuicultura	0.37%
Con otras actividades	0.37%

Dentro de las actividades agrícolas se distribuyen en producción de:

Granos	19.81%
Hortalizas	1.86%
Frutas	25.39%
Forrajes	28.3%
Otras	24.15%

Si tiene actividades Pecuarias se distribuye de la siguiente forma:

Vacunos	14.86
Ovicaprios	4.64%
Porcinos	2.48%
Aves	2.7%

El nopal cultivado se distribuye por su uso final como:

Verdura	36.47%
Tuna	24.06%
Forraje	38.35%
Biomasa	0.75%
En forma Combinada	0.00%
Otros usos	0.38%

El Nopal es la actividad económica más importante del productor: 70.70% Para el resto es secundaria.

El rendimiento por hectárea en Ton/Ha: 3.5 Rendimiento económico en \$/Ha: No se pudo determinar éste valor por la heterogeneidad de los datos que informa.

La fracción de productores que se siente satisfecho con el precio que encuentra en el mercado: 3.72%

En la producción de Nopal reciben algún incentivo público o privado, declaró en sentido positivo: 30.32%

De los anteriores el gobierno incentivó a un: 31.91% De origen privado recibieron el: 0.37% y el resto no sabe o no contestó.

Quienes recibieron apoyos lo hicieron para:

Equipamiento	17.20%
Capital de Trabajo	10.05%
Tecnología	9.79%
Capacitación y Asesoría	20.63%
Subsidios al precio del producto	12.95%
Subsidio a insumos	14.02%
Apoyos para comercializar	14.81%
Otros	0.53%

Labores culturales y Tecnologías dominantes en las plantaciones.

Procuramos ver si hay un mercado especializado de material biológico para propagar la planta a nuevas huertas o simplemente las que están en producción son las proveedoras de los nuevos establecimientos de nopal:

Encontramos que se distribuyen así:

En huertas vecinas se obtiene la penca	69.15%	Lejanas	9.04%
Al hacer el establecimiento se buscó mejorar la productividad.			53.80%
Darle un atributo más atractivo al producto			43.86%
Diversificar el uso del producto			1.75%
Otros motivos			0.58%

El método de propagación se hace:

Por plantación de penca	98.65%	Por reproducción sexual: Semillas	1.35%
-------------------------	--------	--------------------------------------	-------

El control de la maleza lo hace:

Aplicando Herbicidas	21.88%
Acolchando el cultivo	0.63%
La remueven con Maquinaria	1.88%
La remueven manualmente	72.50%
Otros métodos	3.13%

Para el control de plagas utilizan métodos:

Químicos	42.47%
Biológicos	5.48%
Otros (Podas sanitarias)	52.05%

Los métodos más destacados que sabe utilizar el productor para prevenir enfermedades por hongos o virus: No distingue las enfermedades de la presencia de plagas; 23.94%, métodos culturales 34.04 %, aplica soluciones Ca, Cu en forma preventiva; 19.15% y no 22.87% contestó:

Sobre labores culturales se mencionaron:

Al momento de establecer la huerta, se hizo sobre el suelo:	Limpieza de malezas, subsoleo, volteo de la capa arable y rastreo.
Durante el proceso productivo:	Limpieza de la plantación, trampas para insectos y roedores y podas sanitarias.

Sobre las formas de fertilizar el Nopal se recurre a:

Fertirrigación	0.00%
Aplicación de estiércoles (Orgánicos)	57.50%
Compostas	3.13%
Foliar	4.38%
Otros (Aplicación de fertilizantes en forma de sales)	28.75%

Sobre métodos de irrigación:

Temporal	64.71%
Rodado	16.34%
Aspersión	13.07%
Cintillo	5.88%
Otros	0.00%

Medios para cosechar:

Manual	85.11%
Con maquinaria	0.53%
Mixtos	0.53%
No contestó	13.83%

Las actividades más destacadas que realizan en la etapa de poscosecha:

¿A quién Vende su producto?	
Directo al consumidor	26.70%
A compradores locales	24.08%
A Compradores foráneos	30.89%
A Compradores para exportación	1.05%
A Otros (combinaciones	17.28%

El tiempo que tarda en lograrse la primera cosecha está entre:

Menos de dos meses	13.83%
Entre dos meses y cuatro meses	16.49%
Más de cuatro meses	55.32%

10.3 Asistencia Técnica y Capacitación

En los dos últimos años han recibido capacitación: Respondieron por el sí; 31.91%, por el no; 65.96% y no contestó; 2.13%.

¿En éste momento se cuenta con asistencia Técnica?: Responden que sí; 2.66%, que no; 94.15% % y no contestan un 3.19%.

Quienes contestaron que sí, dicen que la modalidad de la asistencia se distribuye así:

En campo	72.73%
En gabinete	9.09%
Virtual (Internet)	9.09%
Otras	9.09%

Por el sujeto que otorga la asistencia y capacitación, se distribuye así:

Gobiernos	85.07%
Agentes privados	7.46%
Organismos de productores	7.46%
Otros	0.00%

La demanda de capacitación ante temas propuestas se distribuyó de la siguiente manera:

Selección de material biológico	5.64%
Manejos del suelo	8.25%
Riegos	5.91%
Control de Maleza	8.80%
Control de Plagas	13.76%
Control de Enfermedades	12.93%
Fertilización	6.88%
Maquinaria y equipos	5.50%
Métodos de cosecha	5.91%
Operaciones de poscosecha	5.36%
Comercialización	4.40%
Administración de plantaciones de Nopal y registro de costos	5.09%
Aplicaciones de TI a negocios agropecuarios	4.40%

Cuántos productores han incorporado tecnologías de la información a sus negocios: 7.45%.

Los medios que regularmente utilizan quienes sí han incorporado TI son:

Mediante computadoras y tablets	65%
Mediante celulares	25%
Software y aplicaciones	10%
Aplicaciones particulares	0%
Otros	0%

¿Cuántos productores conocen el uso del Nopal como materia prima para energía (Biogás)?: 34.6%

¿Con cuanto debe incrementarse la utilidad de lo que actualmente se realiza para cambiarse a las nuevas oportunidades, nopal energético? Las respuestas se distribuyeron de la siguiente manera:

Menos del 20%	7.9%
Entre el 20 y hasta el 40%	19.15%
Más del 40 y hasta el 60%	20.21%
Más del 60 y hasta el 80%	16.5%
Más del 80%	30.3%

Cuántos productores están de acuerdo en acudir a la asociación para poder producir en la nueva vocación del Nopal?: 89.36%

¿Cuántos productores están en la disposición de incursionar en el nopal para energía, utilizando tierras que hoy no utiliza? 92.5%

La cantidad de superficie que en promedio está dispuesto a cambiar de vocación y a favor del nopal para energía: 4.53 Ha.

La cantidad promedio por productor, de superficie de tierras en desuso que estaría dispuesto a utilizar para el cultivo de Nopal energético: 1.77 Ha.

“Los productores de nopal, no cuentan con herramientas de registro de muchos datos cuantitativos que nos proporcionen una visión más precisa sobre las características de las unidades productivas”.

11. ANÁLISIS FODA DEL SISTEMA PRODUCTO NOPAL EN LA REGIÓN ESTUDIADA.

11.1 Fortalezas

+La mayor parte de los productores tienen un tiempo suficientemente largo de reconocerse en el manejo del nopal. Por lo que podemos reconocer que se trata de un cuerpo de productores con vasta experiencia en todas las fases de la cadena productiva.

+Maneja de manera flexible las plantaciones en cuanto a los usos, lo mismo utilizan las podas de formación para forraje, como para ampliar la superficie plantada, que toman los brotes tiernos como verdura a pequeña escala y dejan que se forme la tuna. Intentando por la vía del menor costo maximizando la utilidad que pueden obtener de su plantación.

+La edad de los productores es relativamente baja, 49 años, que tomando la esperanza de vida en México, tienen en promedio 15 años por delante para mejorar la productividad de sus huertas, a condición de que se estimule una ecología de negocios en esta cadena productiva.

+Hay una diversificación creciente de los usos del nopal, para finalidades distintas a la alimentación humana y animal lo que provocará una ampliación paulatina del mercado y por lo mismo de oportunidades de realizar negocio con el cultivo del nopal.

+En particular, la magnitud de la demanda que puede darle la utilización del nopal con fines energéticos presionará a una agricultura altamente tecnificada para lograr las productividades muy superiores a las que hoy se logran con sistemas de producción

para forraje (generalmente para el uso del propio productor) para tuna completamente estacional y el más desarrollado, le verdura.

+La biomasa, para que sea rentable y derivada de un cultivo tiene que ser voluminosa y que demande bajos costos de producción, el nopal está estudiado y tiene ese potencial, además se han encontrado variedades por métodos fitogenéticos que potencian esa característica. Debemos recordar que actualmente la biomasa utilizada para biogás tiene costos bajos porque proviene de los desechos orgánicos y tiene que ser mineralizados con fines de preservación del medio ambiente, de paso se le recuperan algunos valores, pero el fin principal no es la obtención de energía.

+La dimensión de sustentabilidad le da al nopal una fortaleza inigualable, es un recurso energético renovable, las emisiones de carbono a que da lugar son equivalentes a las que fija, al promover su plantación en tierras que en el pasado se deforestaron para fines agrícolas y hoy están en desuso, generan de inmediato una protección del suelo y en su cultivo es demandante de una menor cantidad de agua, lo que ayuda a preservar ese recurso. Si solo fuera plantado con fines de restablecer ecosistemas perdidos también encadena fauna que vive de sus recursos.

+ México cuenta y en especial la región estudiada con una riqueza de especies de nopal, poco más de cien, que nos hace fuertes, siempre que detonemos la voluntad de aprovecharlas.

+ Una contundente mayoría manifiesta disposición a incursionar en nuevos campos de uso y aplicación de los productos del nopal.

11.2 Oportunidades

+Ampliar el reconocimiento internacional, de este recurso con todas sus potencialidades, como se ha hecho con el aguacate le dará a México ventajas competitivas y detonará su cultivo, la rentabilidad y sobre todo el empleo rural.

+Tenemos ante nosotros una herramienta de remediación ambiental para todas las zonas áridas y semiáridas de México y para otras latitudes del país y del mundo, el hecho de disponer la riqueza.

+Estimular los mercados y los negocios relacionados con la industrialización del nopal, nos podrá ampliar las vocaciones productivas y las ventajas competitivas en el mercado global.

+ Un campo muy vasto de temáticas para impulsar la investigación científica, la de desarrollos tecnológicos y para el estímulo a las innovaciones.

+ El nopal puede convertirse en un motor de desarrollo local, para las regiones más deprimida de los estados que conforman la región de estudios, sobre todo ante la perspectiva de una escasez de combustibles fósiles y ante el cuestionamiento creciente de lo poco amigables que son para frenar el calentamiento global.

+ Hay la posibilidad de emprender un amplio programa de capacitación para que los productores establecidos mejoren los resultados de sus procesos productivos, de acompañarlo con incentivos que hagan más competitivo el sistema producto.

11.3 Debilidades

+Domina en los productores un desconocimiento de un paquete tecnológico que pueda aumentar la productividad y con ella la rentabilidad de los cultivos en todos los usos. Hay conocimiento ancestral y resistencia al cambio. No se encuentran capacitados en la mayoría de los renglones que tienen relevancia en la viabilidad de sus negocios.

+ No hay una vinculación de los productos que se generan en los centros de investigación y de desarrollo de paquetes tecnológicos alrededor del nopal y de sus usos no convencionales.

+Hay un fenómeno de intermediación en la fase de comercialización que impide que los productores se queden con una fracción de la rentabilidad que garantizan los mercados. El mercado paga la tuna, el nopal verdura y hasta el forraje, entre un 90 al 200% del valor que reciben los productores de los intermediarios.

+ No hay una política sistematizada de parte de los niveles de gobierno; federal y estatales, para atender y desarrollar los nichos de producción que hay en cada entidad y aprovechar las oportunidades que se visualizan.

+ Se cuenta con un desconocimiento de la diversificación de productos que se pueden explotar a partir del nopal ya establecido. Más allá del consumo de nopalitos, de corazones para la alimentación humana, de nopal picado para el ganado o de la explotación de las tunas, se tienen documentadas muchísimas más aplicaciones que ya cuentan con mercado.

+ No hay una agroindustria, en la región, que produzca harinas, suplementos alimenticios, extracción de colorantes, producción de ates, dulces, licores o materiales de construcción que estimulen el mercado para los productores actuales y los nuevos que vengan a la cadena productiva.

+ La cultura asociativa es una clara desventaja en nuestro ámbito de agronegocios, siendo ésta uno de los factores claves para enfrentar los retos de producción a escala, de eficiencia de la cadena productiva y la competitividad.

+ Las plantaciones de nopal en la región están fuera de las mejores tierras, son temporalearas en su mayoría, no hay opciones de mecanización de las operaciones que influyen de manera significativa en el costo.

11.4 Amenazas

+ Están apareciendo nuevos competidores que tienen mejores condiciones para aprovechar el mercado, es el caso de China, de Italia, España y algunos estados de la Unión Americana, que nos pueden frustrar nuestros potenciales. Especial importancia tiene el hecho de que estos países si cuentan con estructuras de incentivos para apoyar a sus productores, que al no contar con la tradición, entran a competir con paquetes y sistemas de base tecnológica.

+ En el campo de la energía, en la fase industrial podemos perder un importante tramo de aportación de aportación de valor al no hacer un programa de desarrollo más agresivo.

+ Pueden agravarse las políticas de abandono de la agricultura que está en las condiciones, físicas, sociales y culturales.

12. PROPUESTAS, RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.

12.1 Propuestas

Se hace necesario implementar un programa de recuperación ambiental de zonas que están abandonadas, pero que en el pasado fueron bosques naturales, en los que el nopal fue central en la conformación del ecosistema. Un Programa de ésta naturaleza establecería una demanda agregada de material biológico para plantar, que bien pueden aprovechar los productores establecidos e inclusive puede estimular a nuevos productores a especializarse en producir penca madre con altos estándares de seguridad sanitaria.

Establecer demandas en secretarías del ramo agropecuario y protectoras de medio ambiente, para que se busque investigar, desarrollar paquetes tecnológicos e innovar productos y procesos establecidos en el sistema producto Nopal. Este programa estimularía la mejora en la vinculación de las instituciones de Educación Superior, los técnicos e investigadores con los productores actuales y futuros, de despachos privados que otorgan servicios de diversa índole al sistema producto y especialmente a emprendedores que quieran enriquecer la diversificación de la cadena productiva de referencia.

Incorporar productos derivados del nopal, en la canasta de apoyos alimentarios que se otorgan en los programas de combate a la pobreza, como galletas con base en harinas de nopal, conservas, dulces confitados, etc. La propuesta busca estimular el establecimiento de agroindustrias que usen los productos del nopal como materia prima y amplíen el mercado del mismo.

Integrar un programa nacional para estimular inversión en fuentes alternativas de energía, dentro de las cuales; la de la biomasa cultivada tendría un destinatario privilegiado en el sistema producto nopal. Este demandaría de una vinculación de grandes empresas industriales, que siendo consumidoras de energía, pueden autogenerarla en puntos remotos a donde están establecidas y portearla a la red de distribución nacional con los productores del sistema producto nopal. Lo mismo vale para que municipios y gobiernos estatales pudieran establecer empresas paraestatales para cubrir necesidades que actualmente las satisfacen a través de pagar tarifas muy altas CFE. Estarían en mejores condiciones de satisfacer alumbrado público, bombeo de agua potable y residual, de atender las necesidades de sus espacios burocráticos, de los servicios permanentes que están obligados de educación y salud.

Un programa regional de capacitación y asistencia técnica a productores, con la finalidad de lograr:

- a) La apropiación de herramientas técnicas para intensificar la productividad de sus plantaciones,
- b) De establecer nuevas huertas con sistemas de producción renovados,
- c) Diversificar usos de los productos que se utilizan los productos tradicionales del nopal,
- d) Para adoptar sistemas de planeación, administración de recursos.
- e) Para aprovechar las TI en los procesos y toma de decisiones en los mercados.
- f) Para apropiarse de los sistemas de comercialización.

Crear estímulos para el nopal que utilice tierras no aprovechadas, que tienen vocación agrícola.

Generar incentivos para que los productores se organicen en la adquisición de insumos, para la comercialización de productos y para establecer mecanismos de ahorro y financiamiento a sus socios.

12.2 Sugerencias complementarias.

Uno de los retos más importantes a la hora de enfrentar; las bajas productividades que la mayoría de los predios que se encuentran en la región estudiada, es la de lograr que tengan accesibilidad a el agua para irrigación, recordemos que poco más del 74% de las plantaciones están en estas condiciones. De seguir el paquete tecnológico bajo el cual se hacen los análisis de rentabilidad, que daría productividades, lo mismo que para forrajes de 700 Ton. En su etapa de desarrollo pleno, lo mismo que maximiza el resultado para nopalito, superando las 120 Ton, que para el caso de tuna, esperándose más de las 20 ton.

Como los requerimientos de humedad no son tan grandes comparado con cualquier otra especie cultivada de alto rendimiento de biomasa, tenemos que con pequeñas obras de cosecha de agua, tipo bordos, que tengan la impermeabilización y eviten la evaporación, son suficientes para lograr riegos de alta eficiencia de consumo de agua. Pues éstos habrán de darse de mantenimiento, dos por los meses que se han retirado los fríos, son de arranque, a razón de dos por mes, uno a fines de febrero y marzo, abril y mayo dos a razón de 5 Litros por planta por riego, estamos estimando en 1050 m³ por hectárea, claro en el supuesto que esa agua le llegue sin pérdidas al entorno de la raíz.

Obras hidráulicas pequeñas para cosechar agua suficiente para dar agua a una plantación con dimensiones promedio de 3.8 Ha requeriría de embalses con volúmenes de 6,200 m³. Son dimensiones más pequeñas que los abrevaderos para ganado que se promueven en estas regiones, pero claro que se les exigen cercanía a la plantación articuladas con sistemas que no admitan pérdidas de agua por arriba del 50%.

Dentro de los técnicos, investigadores y plantaciones bien establecidas como negocios alrededor del nopal no encontramos una red nacional de investigación y desarrollo similar como las que se han creado para otros ramos del conocimiento y de la actividad productiva, por ello se sugiere inducir la formación de una organización de esta naturaleza bajo los auspicios del CONACYT, puesto que las dimensiones de la comunidad científica relacionada con el tema y la magnitud que puede alcanzar este segmento de la economía lo amerita.

12.3 Conclusión y Factibilidad.

El cultivo del nopal, sin incluir el valor y magnitud que tiene los aprovechamientos de los que están en la foresta natural, tiene para 2014 en nuestro país una importancia que se le da las aproximadamente 85,000 ha de cultivos para los diversos usos, con un valor de la producción en barbecho de aproximadamente 3'300 Millones de pesos, siendo el nopal verdura junto al de la tuna los que más despunta.

Hay claramente un campo de oportunidad para estos cultivos si volteamos a ver la diversidad de productos que se pueden industrializar, entre otros, la producción de biogás, que por los requerimientos energéticos del país, por las exigencias de ir transitando a energías renovables y de mejor sustentabilidad, es que se puede visualizar buenos augurios para este segmento agroindustrial.

La factibilidad incrementa sus posibilidades, si vemos que con motivo del cultivo del nopal se articula más claramente las políticas de largo alcance de por lo menos cuatro áreas gubernamentales: SAGARPA, SEDESOL, SENER, SEMANAT y se propicia algo simétrico a nivel de los estados. Solo así se puede crear lo que en el argot de los emprendedores se le llama clima o ecosistema de negocios para el nopal.

La factibilidad depende de crear un clima de asociación entre propietarios de la tierra, inversionistas que propicien la industrialización, tal como en este momento está abriendo punta la empresa Cementos Cruz Azul en el entorno de Calvillo Ags.

La productividad de las plantaciones, debe ser tal que garantice la continuidad productiva, tanto en alimentos procesados, suplementos, materiales de construcción o en energía.

La productividad depende de una oferta de capacitación y recursos para financiar las plantaciones y especializarlas más para garantizar las productividades de las que depende la rentabilidad y estabilidad a futuro del cultivo.

De un conjunto de obras de infraestructura para dotar de agua para irrigación a las actuales plantaciones, para que las mejores tierras no transiten hacia éste cultivo y encarezcan otros commodity de la cadena alimentaria.

La presencia de fragmentos de los predios que actualmente están en desuso o los utilizan los productores para actividades de muy baja rentabilidad, pueden perfectamente ser incorporados a la producción de este producto, en el 67% de los productores que les consultamos, siempre aseguran tener esta disponibilidad, y claro la natural disposición a ganarle terreno a otras actividades si les es evidente que en el nopal las rentabilidades son superiores.

Nopal en terraza, en la etapa de alta brotación.



Foto propia



