

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO-BIOLÓGICAS

Desarrollo de un Suplemento Enriquecido para Rumiantes a
Partir de *Salicornia bigelovii*, *Atriplex canenses*, *Macrocytis*
pyrifera y Sales Minerales



Presenta:

PAUL ULISES NORIEGA TAPIA

Hermosillo, Sonora

Diciembre del 2013

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

FORMA DE APROBACIÓN

Los miembros del jurado calificador del examen profesional de **Paul Ulises Noriega Tapia** hemos revisado detenidamente su trabajo titulado “**Desarrollo de un Suplemento Enriquecido para Rumiantes a Partir de *Salicornia bigelovii*, *Atriplex canenses*, *Macrocystis pyrifera* y Sales Minerales**” y encontramos que cumple con los requisitos para la presentación de su examen profesional. Por tal motivo recomendamos se acepte dicho trabajo como requisito parcial para la obtención del título de Químico en Alimentos.

Atentamente

M.C. María Guadalupe Cáñez Carrasco
Director

Q.B. César Benjamín Otero León
Secretario

Ing. José Ramón Noriega Villanueva
Vocal

M.C. Dalila Fernanda Canizales Rodríguez
Suplente

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia, ya que me han apoyado para cumplir esta gran etapa en mi vida y que siempre me han apoyado para seguir adelante, por su amor y gran paciencia en mi formación.

A mi madre por ser la persona que me ha acompañado en mi vida y en toda mi trayectoria estudiantil, y por su gran amor incondicional.

A mi padre que es la persona que me ha inspirado a salir adelante y que es mi ejemplo a seguir por todos sus logros y gran ayuda que me ha dado para realizar este trabajo.

A mis hermanos que los quiero mucho y que indirectamente me han apoyado y motivado.

A mis amigos con los que he convivido gran parte de mi vida, me he divertido, he tenido muchas experiencias, y que han estado tanto en las cosas buenas como en las malas.

A mis profesores, gracias por su tiempo y apoyo así como también por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora, donde tuve la dicha de realizar mis estudios profesionales y me facilitó sus instalaciones y personal para llevarlos a cabo.

A mis maestros, los cuales desde un principio me hicieron saber que no es fácil estudiar esta carrera, pero que de alguna manera cada uno aportó algo en mí, por sus grandes conocimientos y tiempo.

A Saline Seed S.P.R. de R.L que es la compañía en la que realicé las prácticas profesionales y que me facilitó tanto información privada como sus instalaciones para la elaboración de este trabajo.

A la maestra María Guadalupe Cáñez Carrasco, que fue mi maestra de Química Analítica y que me ayudo en la realización y presentación de este trabajo, gracias por todos esos regaños, conocimientos, tiempo y apoyo que me brindó desde mi preparación hasta la defensa de tesis..

Al Ing. José Ramón Noriega Villanueva, director de la empresa y que me dio la oportunidad y facilidad para realizar este trabajo en su empresa.

CONTENIDO

FORMA DE APROBACIÓN	2
DEDICATORIAS	3
AGRADECIMIENTOS	4
CONTENIDO	5
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
OBJETIVO GENERAL	9
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO DEL SECTOR EMPRESARIAL	13
Saline Seed S.P.R. DE R.L.....	13
Misión.....	14
Producción.....	14
Organigrama.....	14
ANTECEDENTES	15
Generalidades.....	15
Plantas Halófitas Útiles para Suplemento Mineral.....	19
<i>Salicornia bigelovii</i>	19
Lugares y Condiciones Ambientales del Crecimiento de <i>Salicornia</i> <i>bigelovii</i>	20
<i>Atriplex canescens</i>	21
Características de <i>Atriplex canescens</i>	23
Calidad de <i>Atriplex canescens</i>	23
<i>Macrocystis pyrifera</i>	26
MARCO TEÓRICO	30
MATERIALES Y MÉTODOS	31
Elaboración de suplemento.....	31
Suplemento algarro.....	31
Suplemento Vimifo.....	32
Materia Prima.....	33

Formulación del suplemento mineral.....	34
Elaboración del suplemento mineral.....	35
Ubicación y recolección de plantas.....	35
Elaboración preliminar del suplemento en bloques.....	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
CONCLUSIONES.....	44
RECOMENDACIONES.....	45
REFLEXIONES.....	46
BIBLIOGRAFÍA.....	48

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Niveles máximos tolerables de minerales en el alimento (MS).	17
2. Elementos minerales contenidos en <i>Salicornia bigelovii</i> Torr.....	20
3. Composición de las dietas experimentales para <i>Litopenaeus stylirostris</i>	21
4. Proteína cruda y digestibilidad del forraje seco aprovechable (DIVMS) de cuatro ecotipos de <i>Atriplex</i> , en un suelo agrícola salino de la Costa de Hermosillo.....	24
5. Contenido de P y Ca en el forraje aprovechable de cuatro tipos de <i>Atriplex</i> en un suelo agrícola salino de la Costa de Hermosillo.....	24
6. Composición mineral de <i>Atriplex</i>	26
7. Composición proximal de <i>Macrocystis pyrifera</i> seco.....	28
8. Composición elemental de <i>Macrocystis pyrifera</i>	29
9. Perfil nutricional del suplemento algarrobo magnesiado.....	31
10. Perfil nutricional del suplemento algarrobo proteinizado.....	31
11. Perfil nutricional del suplemento algarrobo invernada	32
12. Perfil nutricional del suplemento algarrobo núcleo engorda.....	32
13. Perfil nutricional del suplemento ranger buster.....	32
14. Perfil nutricional del suplemento prospector.....	33
15. Perfil nutricional del suplemento special phos.....	33
16. Análisis proximal de las harinas HPS y SA.....	34
17. Perfil nutricional de la formula 1.....	42
18. Perfil nutricional de la formula 2.....	41
19. Costos de suplemento en el mercado.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Obtención de <i>Salicornia bigelovii</i>	36
2. Obtención de <i>Atriplex canenses</i>	37
3. Obtención de <i>Macrocystis pyrifera</i>	37
4. Harina de <i>Macrocystis pyrifera</i>	37

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un suplemento mineral para rumiantes utilizando especies vegetales que pueden producirse en terrenos salinos y aguas salinas, tanto en forma silvestre como bajo régimen de cultivo comercial, con el propósito de mejorar la utilización del forraje disponible y el desarrollo animal.

Objetivos Específicos

- Mejorar la efectividad de la suplementación mineral
- Disminuir costos de producción
- Buscar nuevos potenciales para la empresa

RESUMEN

La escasez de agua de lluvia así como la del subsuelo para irrigación, la salinización de suelos agrícolas derivada de una inadecuada aplicación del agua de riego y una excesiva aplicación de fertilizantes, al igual que la falta de drenaje parcelario, son algunos de los principales problemas que está enfrentando la agricultura a nivel mundial. El objetivo fue elaborar un suplemento mineral para rumiantes utilizando especies vegetales que pueden producirse en terrenos salinos y aguas salinas, tanto en forma silvestre como bajo régimen de cultivo comercial, con el propósito de mejorar la utilización del pasto disponible y el desarrollo animal. Las halófitas que se utilizaron fueron: *Salicornia bigelovii*, *Atriplex canescens* y *Macrocystis pyrifera*, ya que cada una de ellas aporta ciertos nutrientes que favorecen la elaboración de un suplemento mineral enriquecido con proteínas y carbohidratos. Este trabajo se realizó en las instalaciones de la Empresa Saline Seed S.P.R de R.L. El análisis proximal lo proporcionó la empresa, ya que se realizó para la investigación de otro suplemento en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). En la realización de la práctica profesional fue posible elaborar un suplemento que cumpliera algunas de las necesidades de los animales y que este fuera una alternativa nutricional viable para la alimentación del animal y económica, además de ser un proyecto sustentable. Los resultados obtenidos muestran que este proyecto tiene un potencial comercial importante y una aplicación práctica en la producción ganadera; ya que los materiales se pueden producir y recolectar en la región y generar nuevas actividades productivas en zonas marginadas por la salinidad. Se recomienda realizar más investigación en el área de las halófitas, con la finalidad de mejorar este producto con procesos como el ensilado para facilitar la digestibilidad y mejorar la palatabilidad. Así como también la posibilidad de agregar otras plantas que puedan aportar carbohidratos y proteína para mejorar el valor nutricional como remolacha forrajera y algunos tipos de espinacas. Además, realizar estudios de impacto socioeconómico de esta índole en las zonas marginadas por el efecto de la salinidad; un estudio detallado de costos de producción y estudios in vivo para evaluar el producto.

INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo se presentan dos grandes dilemas, uno grave escasez de agua dulce y por otro lado, se observa el aumento de tierras salitrosas, que ha generado gran cantidad de hectáreas que no son aptas para cultivo, porque la mayoría de los cultivos convencionales no toleran las concentraciones de sales que contienen esas tierras. La escasez de agua de lluvia así como la del subsuelo para irrigación, la salinización de suelos agrícolas derivada de una inadecuada aplicación del agua de riego y una excesiva aplicación de fertilizantes, al igual que la falta de drenaje parcelario son algunos de los principales problemas que está enfrentando la agricultura a nivel mundial (Shannon, 1997).

Las halófitas son plantas que se desarrollan en hábitats salinos, donde debido a sus propiedades fisiológicas y metabólicas pueden absorber y mantener grandes cantidades de sales mediante mecanismos especializados que protegen a la planta de la toxicidad que causan grandes concentraciones de sales. Algunos de los más conocidos son: el proceso de regulación osmótica y el almacenamiento de sales en sus tejidos (Greenway y Munns, 1980).

Otra vía de tolerancia a las sales en las halófitas es mediante el control al nivel radicular del paso de iones de sodio, mientras que en las glicófitas, la toxicidad de los iones, cuando están presentes en la disolución de suelo, no puede ser mitigada debido a que el sodio en especial antagoniza al potasio e inhibe numerosos procesos fisiológicos (Mass *et al.*, 1990). En algunas halófitas, existen procesos fisiológicos como el de filtración a nivel radicular, o exclusión de iones sodio, o bien excreción a nivel foliar por medio de sistemas especializados (glándulas de excreción) y adicionalmente, el secuestro de iones tóxicos a nivel vacuolar (Mass *et al.*, 1990; Gleen *et al.*, 1994).

Considerando la importancia de la explotación ganadera en el estado y el problema de la escasez de forraje en las épocas críticas, que año con año se observa en la mayoría de los agostaderos de la entidad, una alternativa viable para continuar utilizando estas tierras podría ser la explotación de especies forrajeras nativas o introducidas con requerimientos mínimos de humedad y alta tolerancia a la salinidad, que además de producir forraje de buena calidad, den protección al suelo contra la erosión.

Por lo anterior, se elaboró un suplemento mineral utilizando *Salicornia bigelovii*, *Atriplex canescens* y *Macrocystis pyrifera*, con el propósito de mejorar la utilización del pasto disponible y el desempeño animal, ya que enriquecen el suplemento mineral con sales minerales, proteínas y carbohidratos.

DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO DEL SECTOR EMPRESARIAL

Saline Seed S.P.R de R.L.

La empresa Saline Seed S.P.R de R.L., se fundó en 1996 en la ciudad de Ensenada Baja California, por iniciativa del norteamericano Dan Murphy y el mexicano José Ramón Noriega, bajo la razón social de Saline Seed México S.A. de C.V., con el objetivo de desarrollar un nuevo concepto de agricultura en base a plantas tolerantes a la alta salinidad llamadas halófitas, las cuales se pretenden domesticar y explotar a nivel comercial utilizando terrenos que están afectados por la salinidad y ya no son factibles de explotar con los cultivos convencionales; así como el uso de aguas con altos contenidos de sales como aguas salobres, agua de mar u otras, que por diferentes motivos estén contaminadas con sales. Fue la primera empresa en el mundo en lograr una explotación comercial de una halófito conocida como *Salicornia bigelovii* o espárrago marino, la cual se ha estado exportando durante 14 años a países europeos, Estados Unidos y Canadá.

Esta empresa desarrolló una investigación financiada por la compañía petrolera Shell International y la Lotería Nacional de Holanda para la domesticación y establecimiento de huertos forestales con la especie *Tamarix aphilla*, comúnmente conocido como pino salado, para uso como restauración ecológica en el Delta del Colorado. En el año 2000 se desarrolló un nuevo concepto de jardinería y paisajismo con el que se formó una nueva empresa conocida como Salina Habitats S.A de C.V., la cual desarrolló numerosos proyectos de paisajismo en desarrollos turísticos de San Felipe, Baja California, Puerto Peñasco, Loreto, Baja California y los Cabos, Baja California Sur. En el año 2007 murió uno de los fundadores, el señor Dan Murphy y se decidió cambiar la razón social de Saline Seed Mexico S.A de C.V a Saline Seed S.P.R de R.L.

La Empresa Saline Seed S.P.R de R.L. se dedica a la investigación, desarrollo y explotación de especies halófitas con potencial comercial. Actualmente se están desarrollando nuevas alternativas como lo son el desarrollo de suplementos minerales para consumo humano y consumo animal, tanto para uso gourmet como uso industrial; así como también se pretende domesticar y explotar otras halófitas con potencial. Sus campos de producción se encuentran en Maneadero, Baja California y su producto comercial en el mercado es el espárrago marino (brotes tiernos de salicornia), el cual se exporta como una hortaliza fresca a los Estados Unidos

y cuatro países de la Unión Europea. Una pequeña parte de la producción se vende en México para uso gourmet. Así mismo, comercializa un subproducto que es la salicornia deshidratada para uso gourmet o industrial. Otra de las aplicaciones comerciales que realiza esta empresa es la de jardinería y paisajismo halófito para zonas que cuentan con aguas salobres y saladas, y que requieran la ambientación de parques, jardines, bulevares o instalaciones deportivas. Además, está en el proceso de estudio y desarrollo de forrajes para ganado, área en la que forma parte este proyecto de suplemento mineral para rumiantes.

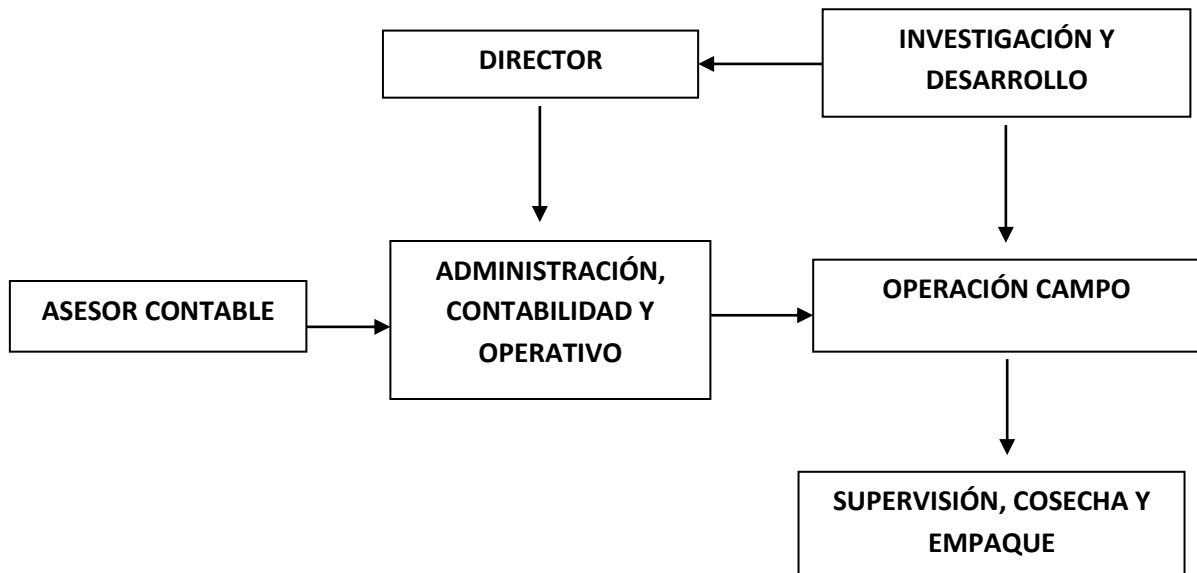
Misión

Desarrollar un nuevo concepto de explotación y aprovechamiento de suelos y aguas que debido a sus altos contenidos de sal no pueden ser utilizados por las técnicas de producción convencional.

Producción

Produce 100 toneladas al año de brotos tiernos de *Salicornia bigelovii*.

Organigrama



ANTECEDENTES

Generalidades

La explotación continua del campo sin prácticas apropiadas para mantener la fertilidad de los suelos provoca un deterioro continuo de su fertilidad, lo que ocasiona que los desbalances minerales sean cada vez más comunes para las plantas y animales. En la actualidad existen serios problemas de degradación del suelo y de la vegetación en las tierras de pastoreo, cuya consecuencia es una reducción de los productos y servicios que se obtienen de ellas, como forraje y agua (INIFAP, 2011).

Las deficiencias y desbalances de minerales en la dieta son reconocidas como una de las limitantes en la producción animal. Los minerales cumplen un importante papel en la nutrición, teniendo en cuenta que aunque no proporcionan energía son esenciales para la utilización y síntesis biológica de nutrientes. En los sistemas intensivos que utilizan vacas de alta producción, el suministro de sales minerales permite incrementar el consumo y por ende la productividad de los animales. Los minerales son diariamente utilizados por los animales en el desarrollo de sus funciones fisiológicas normales, y en determinadas ocasiones la falta de estos en la dieta normal del animal es la causa primaria de problemas reproductivos (Pérez *et al.*, 2011).

El estado de madurez del forraje es de importancia sobre el contenido de proteína y de minerales en las plantas, ya que durante la etapa inicial de crecimiento se presenta un alto contenido de minerales, contrario a la disminución gradual que se presenta a medida que la planta madura. Minerales como el fósforo (P), zinc (Zn), hierro (Fe), cobalto (Co) y molibdeno (Mo) son los que presentan mayor disminución durante el proceso fisiológico de crecimiento y maduración de la planta (Chicco y Godoy, 1987). Se debe enfatizar que la principal fuente de este grupo de nutrientes son las plantas de los agostaderos y el agua que el hato consume. Es evidente que la vegetación representaría la principal fuente y reserva de estas sustancias necesarias en el ganado.

A finales del otoño y probablemente durante el invierno es recomendable proporcionar cuando menos calcio (Ca), P, magnesio (Mg), sodio (Na) y azufre (S), manganeso (Mn), Zn, Cu, yodo (I), selenio (Se) y Co en forma de sales de minerales, ya sea en suplementos granulados o

en bloques. Las estrategias de suplementación son variadas. Deben de seleccionarse sitios dentro del pastizal que favorezcan el consumo de estos nutrientes de una manera uniforme. Se sabe que la herramienta de suplementación mineral ayuda a mejorar la distribución del ganado en los potreros y permite incrementar el consumo de forraje. La información obtenida de unidades de producción extensivas donde se acostumbra suplementar minerales, señala claros beneficios en el número de vacas cargadas, mayor número de partos en el rancho y mayores pesos de la becerrada destetada. En este sentido, la suplementación de minerales debe ser una práctica común en los ganaderos de Sonora, y su implementación debe ser apoyada por la propia Unión Ganadera Regional de Sonora (UGRS, 2013).

Por otra parte, los requerimientos de minerales para los rumiantes dependen del tipo y nivel de producción, edad de los animales, forma química del elemento, interrelación con otros minerales, raza y adaptación del animal al suplemento (Klassen, 2010).

Existen 14 elementos minerales considerados como esenciales y que, en condiciones prácticas, deben formar parte de la dieta (Montero, 2006; REDVET 2010). Esos minerales pueden dividirse en dos grupos: macrominerales y microminerales, o minerales traza, según las cantidades requeridas por el animal. Los macrominerales incluyen Ca, P, Na, Cl, potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S). Los microminerales son el Co, Cu, I, Fe, Mn, Se y Zn. Trece elementos son considerados esenciales para ciertos tipos de animales y en determinadas circunstancias: aluminio (Al), arsénico (As), boro (B), cromo (Cr), F, litio (Li), Mo, níquel (Ni), rubidio (Rb) y vanadio (V) (Underwood y Suttle, 2003).

La suplementación de minerales se hace a través de sal mineralizada, suplemento mineral y premezcla mineral. La sal mineralizada es una mezcla de cloruro de sodio (NaCl), Ca y P, y otros minerales; el suplemento mineral está compuesto por Ca, P y otros minerales con excepción de cloruro de sodio o sal blanca; entre tanto, la premezcla mineral es una mezcla uniforme de uno o más minerales, con un diluyente y/o vehículo, que se utiliza para facilitar la dispersión uniforme de los micro minerales en una cantidad grande de otro material o producto alimenticio. En la preparación de la premezcla mineral no se debe incurrir en excesos de P ya que este termina ligando otros minerales como el Mn (Rugeles, 2001, REDVET 2010).

Los niveles máximos tolerables de mineral en el alimento para caballo y bovino basado en los índices de sanidad animal se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Niveles máximos tolerables de mineral en el alimento.

Elemento	Unidades	Caballo	Ganado
Aluminio	mg/Kg	1,0	1,0
Antimonio	mg/Kg	---	---
Arsénico	mg/Kg	30,0	30,0
Bario	mg/Kg	100,0	---
Bismuto	mg/Kg	500,0	---
Boro	mg/Kg	150,0	150,0
Bromo	mg/Kg	200,0	200,0
Cadmio	mg/Kg	10,0	10,0
Calcio	% d	2,0	1,5
Cromo	mg/Kgc	100,0	100,0
Cobalto	mg/Kgc	25,0	25,0
Cobre	mg/Kgc	250,0	40,0
Flúor	mg/Kgc	40,0	40,0
Germanio	mg/Kg	---	---
Yodo	mg/Kg	5,0	10,0
Hierro	mg/Kgc	500,0	500,0
Litio	mg/Kg	25,0	25,0
Magnesio	%	0,8	0,6
Manganeso	mg/Kg	400,0	2,0
Mercurio: inorgánico	mg/Kgc	0,2	---
orgánico		1,0	2,0
Molibdeno	mg/Kg	5,0	5,0
Níquel	mg/Kg	50,0	100,0
Fósforo	%d	1,0	0,7
Potasio	%	1,0	2,0
Selenio	mg/Kgc	5,0	5,0
Plata	mg/Kg	---	---
Cloruro de sodio	%	6,0	45,0 animales en crecimiento 3,0 vacas en lactancia
Azufre	%	0,5	0,3 dietas alta concentración 0,5 dieta alta en forraje
Vanadio	mg/Kg	10,0	50,0
Zinc	mg/Kg	500,0	500,0

Fuente: National Research Council of the National Academies. Mineral tolerance of animals. 2005.

Uno de los principales usos alternativos del agua de mar y que poco a poco va siendo más aceptado en algunas regiones del mundo, es su uso agrícola. Organizaciones como Seawater Foundation en Estados Unidos y el Centro Internacional de Agricultura Biosalina, en los Emiratos Árabes Unidos, han investigado con éxito la utilización de agua de mar en la producción de plantas halófitas. Son plantas que se desarrollan en hábitats salinos, donde

gracias a sus propiedades fisiológicas pueden absorber y mantener grandes cantidades de sales. Las halófitas se conforman por una amplia gama de especies (alrededor de 3 000), abarcando desde zacates, arbustos y matorrales, hasta el sistema ecológico de los mangles (Rico, 2013). La productividad de las halófitas en términos de biomasa es alta, debido a esto algunas especies aparentemente tienen potencial para desarrollar la agricultura en regiones desérticas y zonas costeras. Algunos productos como forraje o pasturas para alimentación animal se obtienen a partir de halófitas. El punto crítico para las sales en los cultivos agrícolas convencionales (glicófitas) es de 3 000 ppm, puesto que son especies derivadas principalmente de “ancestros de agua dulce” las cuales no tienen un desarrollo adecuado en suelos de alta salinidad (Yensen, 2001).

A nivel mundial casi 2 000 000 de ha al año se pierden por intrusión salina con rangos entre 5 000-10 000 ppm, y en el estado de Sonora, aproximadamente 650 000 ha de suelos agrícolas de riego, el 37,3% enfrentan algún grado de salinidad (López, 2001). Esta situación alcanza niveles críticos en la región de Caborca, Costa de Hermosillo, Valle de Guaymas y en menor escala en los Valles del Yaqui y Mayo.

Considerando la importancia de la explotación ganadera en el estado y el problema de la escasez de forraje en las épocas críticas, que año con año se observa en la mayoría de los agostaderos de la entidad, una buena alternativa para continuar utilizando estas tierras podría ser la explotación de especies forrajeras nativas o introducidas con requerimientos mínimos de humedad y alta tolerancia a la salinidad, que además de producir forraje de buena calidad, den protección al suelo contra la erosión.

Por lo anterior, en la búsqueda de alternativas para el aprovechamiento de suelos con problemas de salinidad, se ha propuesto cultivar con agua de mar o salobre los suelos de marismas litorales, presentando un tamiz de opciones de cultivos halófitos en un proceso de selección y validación donde intervienen diversos centros de investigación internacionales, buscando que los cultivares sean los más viables y potencialmente de mayor rentabilidad. Algunas especies que se pueden considerar para el caso de los valles y zonas costeras de Sonora son las siguientes: *Allenrolfea occidentalis*, *Atriplex barclayana*, *Atriplex canescens* (chamizo, costilla de vaca), *Monantochloe littoralis* (hierba llave, hierba salada), *Rhizophora mangle*, *Salicornia bigelovii*, *Suaeda puertopeñascoa* (chamizo endémico), entre otras (Duarte, 2010).

Plantas Halófitas Útiles para Suplemento Mineral

Salicornia Bigelovii

La *Salicornia bigelovii* (*S. bigelovii*), cuyo ciclo de vida oscila de 10 a 12 meses. Es una halófito facultativa, es decir puede llevar a cabo su ciclo de vida a diversas concentraciones de sal (Ungar, 1987a).

Durante las últimas décadas esta planta ha atraído la atención de numerosos investigadores e instituciones que han generado las bases para la domesticación y adaptación a técnicas agronómicas para generar un nuevo cultivo que pueda explotarse en tierras y aguas salinas. Hasta ahora, *Salicornia bigelovii* se ha cultivado con éxito en México, India, Eritrea, Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos (Milán y Stanislav, 2002), así como en el sureste de China.

Cuenta con un mecanismo de tolerancia a la salinidad que funciona mediante potenciales osmóticos que la misma planta genera aumentando y disminuyendo la concentración de sales en el tejido mediante una acumulación de sólidos en las vacuolas. Su sistema radicular está formado por una alta densidad de raicillas finas parecidas a un cabello; cuenta con tallos leñosos y hojas cilíndricas suculentas las cuales acumulan grandes concentraciones de sal. Produce espigas formadas por numerosos segmentos donde se desarrollan las semillas, las cuales son de tamaño muy pequeño y con altos contenidos de aceite, proteínas y saponinas (Ayala y O'Leary 1995).

Salicornia bigelovii es una suculenta halófito marina y perteneciente a la familia *Chenopodiaceae*. Crece de manera óptima en un amplio rango de concentraciones entre 100 y 400 mM de NaCl. Es una "verdadera" halófito o euohalófito, no sólo tolera altas concentraciones de Na, sino que lo requiere para un crecimiento óptimo (Ayala y O'Leary, 1995). La acumulación vacuolar de Na proporciona un motor osmótico para la absorción de agua en ambientes de alta salinidad, lo que explica un aumento de tamaño y suculencia de *S. bigelovii* desarrollada en 200 mM de NaCl.

El contenido mineral de *S. bigelovii* (base húmeda) se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Elementos minerales contenidos de *Salicornia bigelovii* Torr.

Elemento	Contenido (mg.g ⁻¹ PF)	Elemento	Contenido (µg.g ⁻¹ PF)
Na	9,90 ± 0,71	Zn	4,05 ± 0,14
K	1,76 ± 0,08	Cu	0,91 ± 0,14
Mg	1,18 ± 0,06	Cd	0,01 ± 0,00
Ca	0,62 ± 0,02	Pb	0,02 ± 0,01
P	0,18 ± 0,01	Cr	< 0,01
Fe	0,01 ± 0,00		

Los valores significan ± S.D. más de tres repeticiones.
PF, peso fresco

Fuente: Donghe *et al.*, 2010.

Lugares y condiciones ambientales del crecimiento de *Salicornia bigelovii*.

Estudios relacionados con su distribución indican que *S. bigelovii* comúnmente se desarrolla en las costas y hábitats salinos, marismas de Europa, África y Norte de América (Ungar, 1987b). Así mismo, indican que se le encuentra más allá de la marisma principal (zona intermareal inferior) de Europa, mientras que en América del Norte se encuentra distribuida en la zona superior de intermareas (Glenn *et al.*, 1994). A nivel mundial se han detectado seis áreas donde las halófitas se desarrollan, las cuales se encuentran en India, Irak, Península de Arabia, Noreste de África, Australia, América Latina (Chile y Perú), costas del Océano Pacífico de Estados Unidos y en la península de Baja California de la República Mexicana (Ungar, 1987a).

En México, es común que se desarrolle a lo largo de las costas del Golfo de México, en hábitats sujetos a inundaciones periódicas debidas al ciclo de mareas (Trovo y Ortega, 1993). Dentro de las zonas con alto potencial agrícola, las zonas áridas conforman alrededor del 43% del área total del mundo. Entre los principales países que presentan este tipo de áreas en gran escala se encuentra Arabia Saudita, Norte de África, Brasil y México (San Pietro, 1982a). En la República Mexicana, un área significativa es la península de Baja California, que engloba a los Estados de Baja California y Baja California Sur.

En América del Norte sobre la Costa del Pacífico ocurre desde la Laguna Mugu, en el Condado de Los Ángeles, California; hasta el sur de la región del Cabo en Baja California Sur en México. En el Golfo de California; también al sur, sobre el territorio continental por lo menos desde Puerto Peñasco hasta el sur de Sinaloa. Sobre la Costa Atlántica, ocurre desde Maine; y al sur y al oeste, hasta Texas (Duncan y col. 1974).

A pesar de las desventajas que presenta el uso de halófitas como forraje; estudios realizados con borregos, demostraron que *Suaeda esteroa* (chamizo de mar), *Atriplex barclayana* (hierba de la mantarraya) y *Salicornia bigelovii* (hierba salada), pueden ser incorporadas a su dieta sin efectos negativos en su crecimiento, comparadas con *Cynodon dactylon* (zacate bermuda), un pasto convencional usado como control al 30% de la dieta. Todas las dietas contenían entre 12.5 a 15% de proteína y 50% de grano como fuente de energía, típica para un alto aprovechamiento de los rumiantes (Duarte, 2010).

Acosta *et al.* (2011) evaluaron el efecto de las harinas de *Salicornia bigelovii* (SA) y *Scomber japonicus*, semiprocesada (HPS) como ingredientes en la formulación de dietas para camarón azul *Litopenaeus stylirostris*, en cultivo súper-intensivo. En la Tabla 3 se muestran las tres diferentes dietas: (DSA), (DHPS), basal (DBA) y una dieta control (DCO). Los resultados obtenidos sugieren que DSA y DHPS son factibles de utilizar en la formulación de dietas para camarón por ser ingredientes de bajo costo que pueden sustituir a la harina de maíz y pescado tradicional, respectivamente sin efectos detrimentales en el crecimiento y supervivencia.

Tabla 3. Composición de las dietas experimentales para *Litopenaeus stylirostris*.

Ingredientes	DBA (%)	DHPS (%)	DSA (%)
Harina de pescado ^a	45,14	-	45,14
Harina de HPS ^a	-	45,14	-
Harina de maíz ^b	14,44	14,44	-
Harina de <i>S. bigelovii</i> ^c	-	-	14,44
Harina de trigo ^d	15,04	15,04	15,04
Semolina ^e	10,03	10,03	10,03
Aceite de pescado ^a	4,09	4,09	4,09
Harina de camarón ^f	3,51	3,51	3,51
Gluten de trigo ^e	2,60	2,60	2,60
Fécula de maíz ^h	1,60	1,60	1,60
Harina de calamar ⁱ	1,50	1,50	1,50
Harina de sangre ⁱ	1,50	1,50	1,50
Cascina ^j	0,50	0,50	0,50
Alginato de sodio ^k	0,10	0,10	0,10
Pre mezcla de vitaminas ^l	0,22	0,22	0,22

a) Fuente: PROESA S.A. de C.V., b) Fuente: Maseca, México, c) Fuente: Saline Seed México S.A. de C.V., d) Fuente: El Rosal, México, e) Fuente: El Rosal, México, f) CICESE, Lab. Nutrición, g) DO-PEP, Australia, h) Fuente: Maizena, México, i) CICESE, Lab. Nutrición, j) Grado alimenticio Atlas Chemical, k) Spectrum Quality Products Lot. No. NCO176, l) Puritan's pride Prod. N° 6224, U.S.A.

Fuente: Acosta *et al.*, 2011.

Atriplex canenses

El género *Atriplex* de la familia *Chenopodiaceae*, cuyas especies se conocen comúnmente con el nombre de chamizo, se distribuye ampliamente en zonas áridas y semiáridas del mundo.

Muchas de esas especies son halófitas facultativas que prosperan mostrando una alta productividad, tanto en ambientes salinos como no salinos, y tienen una importancia significativa en la revegetación de tierras con problemas de salinidad en ambientes de baja precipitación, por lo que se reconocen como arbustos tolerantes a sequías y sales (Watson, 1993).

Existen algunas especies forrajeras de *Atriplex* que son muy apreciadas por su alto valor nutritivo en áreas de apacentamiento, ya sean pastizales o matorrales (Soltero y Fierro, 1984). Por lo anterior, algunas de estas especies han sido introducidas y sembradas en suelos con o sin problemas de salinidad, específicamente para producir plantas de ramoneo suplementarias para el ganado y la fauna silvestre, o para estabilizar tierras severamente afectadas. La producción y el valor forrajero de estas especies como plantas de ramoneo, son valiosas dentro de las comunidades de los agostaderos y terrenos agrícolas con problemas de salinidad. Constituyen una reserva forrajera para períodos de sequía o períodos normales de escasez (Watson, 1993).

Es un valioso arbusto forrajero, particularmente en invierno cuando este presenta una mayor digestibilidad y contenido de proteína que la mayoría de las plantas forrajeras del agostadero (Hart *et al.*, 1996). Sin embargo, como en muchas otras especies, la época de verano coincide con la mayor producción de tejido foliar (Valencia *et al.*, 1981). El chamizo o costilla de vaca se conoce desde hace algunos años como un arbusto que puede servir como un medio para reforestar zonas dañadas por la erosión, y es la predilección de algunas especies de rumiantes, entre ellos el ganado caprino.

En México, *Atriplex canescens* se distribuye en los estados de Baja California, Durango, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Zacatecas, Tamaulipas y Sonora (CONAZA, 1994; Niembro, 1987). En Sonora forma parte de la vegetación nativa y se reconoce como una especie deseable por su producción y buena calidad de forraje en zonas con clima semicálido árido en el matorral mediano subinerme y pastizal halófito abierto al noreste del estado, así como en los matorrales mediano parvifolio y parvifolio subinerme crasicaulescente al noroeste de la entidad.(COTECOCA, 1987).

Características de *Atriplex canescens*. *Atriplex canescens* conocido como chamizo, costilla de vaca o cenizo, es una *Chenopodiaceae* arbustiva, erecta, perenne, de color cenizo o grisáceo, de altura mediana (1 a 3 m), con raíces profundas; algunas veces penetran a profundidades de 6.0 m. Los tallos son abundantes y se ramifican casi desde la superficie del suelo, variando de forma cilíndrica a cónica, y están cubiertos de una corteza escamosa (Romero *et al.*, 2003).

Las hojas son numerosas, casi sésiles o pecioladas, de posición alterna, de forma lineal o elíptica, ápice generalmente en forma obtusa, con base estrecha. Llegan a medir 5 cm de longitud y 2 a 9 mm de ancho, a lo largo de la hoja corre una nervadura gruesa. Las flores masculinas y femeninas nacen al término de las ramas en espigas separadas, en diferentes plantas, como en el caso de las dioicas, o en la misma planta como sucede en las monoicas. Las flores masculinas no poseen brácteas; se encuentran agrupadas en largas panículas formadas por agrupaciones de espigas; las flores femeninas poseen dos brácteas persistentes.

El fruto o utrículo es duro, de paredes gruesas, con cuatro alas o brácteas; varía de tamaño entre una planta y otra y aún dentro de la misma planta, de acuerdo a las condiciones climáticas. La semilla es pequeña, de 1 a 3 mm de longitud. La duración del ciclo vegetativo depende de las condiciones climáticas, *Atriplex canescens* comienza su crecimiento al inicio de la época de lluvias y declina al final de la misma. La floración ocurre entre junio y agosto, la formación del fruto de agosto a septiembre. La actividad más baja de la planta se presenta de enero a mayo, periodo en el cual la planta utiliza, a partir de las reservas de sus raíces, únicamente los elementos necesarios para su mantenimiento (Romero *et al.*, 2003).

Calidad nutricional de *Atriplex canescens*. El chamizo o costilla vaca ha sido descrito como uno de los arbustos forrajeros más valiosos del desierto, ya que se le han encontrado características como palatibilidad, valor nutricional, accesibilidad al ramoneo y abundancia en la producción de forraje. La gustosidad del chamizo se relaciona con las sales acumuladas en las hojas. El chamizo posee un contenido de proteína cruda (16 a 20%) que lo hace comparable con algunas otras especies como la alfalfa. El contenido de fibra cruda aumenta con la madurez del arbusto, a diferencia de su contenido en proteína que permanece constante durante la mayor parte del año. El contenido mineral se incrementa en las hojas durante el invierno. El contenido de fósforo varía, dependiendo de la época del año, encontrándose los valores más altos, tanto en las hojas como en los tallos, hacia la primavera, para luego decrecer

en el invierno. En las hojas el contenido de fibra se mantiene constante durante el año, la cantidad de grasa es alto (2,5 a 3,5%), así como su contenido de proteína cruda (15 a 20%) y de nutrimentos digestibles (40 a 45%); contiene altas cantidades de calcio (1,0 a 1,5%), a diferencia del fósforo 0,16% (Romero *et al.*, 2003).

En la Tabla 4, se observa el contenido de proteína cruda y las digestibilidades *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de cuatro ecotipos de *Atriplex*.

Tabla 4. Proteína cruda y digestibilidad del forraje seco aprovechable (DIVMS) de cuatro ecotipos de *Atriplex*, en un suelo agrícola salino de la Costa de Hermosillo.

ECOTIPO	PC (%)		DIVMS (%)	
	Hoja*	Tallo*	Hoja*	Tallo*
<i>A. canescens</i> "Nuevo México"	16,2 ^a	7,3 ^b	64,9 ^a	23,6 ^c
<i>A. canescens</i> "Chihuahua"	16,6 ^a	6,7 ^c	61,5 ^{ab}	22,1 ^c
<i>A. canescens</i> "Costa de Hermosillo"	17,4 ^a	7,6 ^{ab}	59,7 ^b	28,8 ^b
<i>A. nummularia</i>	16,5 ^a	8,1 ^a	63,3 ^a	32,2 ^a

*Valores con distinto superíndice dentro de cada columna son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$)

Fuente: Enríquez *et al.*, 2011.

Tabla 5. Contenido de P y Ca en el forraje aprovechable de cuatro tipos de *Atriplex* en un suelo agrícola salino de la Costa de Hermosillo.

ECOTIPO	Hoja		Tallo	
	P* (%)	Ca* (%)	P* (%)	Ca* (%)
<i>A. canescens</i> "Nuevo México"	0,16a	1,45a	0,12a	0,24d
<i>A. canescens</i> "Chihuahua"	0,11b	1,40a	0,07c	0,36c
<i>A. canescens</i> "Costa de Hermosillo"	0,16a	1,18ab	0,10b	0,53b
<i>A. nummularia</i>	0,11b	1,00b	0,10b	0,81a

*Valores con distinto superíndice dentro de cada columna son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$)

Fuente: Enríquez *et al.*, 2011.

En un estudio realizado en un matorral micrófilo del estado de Chihuahua donde se determinaron los promedios mensuales de nutrientes en *Atriplex canescens* durante la época

de sequía (enero a junio), se observó que la mayor fluctuación en el contenido de proteína cruda en hojas fue de 14,9 a 18,4% en los meses de febrero y abril, respectivamente; mientras que en tallos fue de 6,5 a 9,1% para los meses de febrero y marzo, respectivamente. En cuanto a la digestibilidad de las hojas, esta varió desde 61,1 hasta 64,8% para los meses de junio y enero, respectivamente, mientras que en tallos fue de 23,6 a 36,3% para los meses de enero y mayo, respectivamente (Soltero y Fierro, 1984). En otros estudios similares, se ha observado que la digestibilidad in vitro de *Atriplex canescens* disminuye a medida que avanza la fenología del arbusto. Por ejemplo, se han determinado valores de: 68,7, 54,8, 42,8 y 24,7% para crecimiento, floración, madurez y latencia, respectivamente (Soltero, 1980).

Por su parte, Romero *et al.* (2003), reporta valores de 17,8% de PC y 67,1% de digestibilidad en hojas de *Atriplex canescens*, en un estudio realizado en el estado de San Luis Potosí. Otros investigadores han encontrado que especies como *Atriplex canescens* mantienen un buen nivel de proteína a través del año, incluyendo el período de madurez fisiológica, aun cuando parte de las hojas caigan al suelo en el otoño, y que la mayoría de los nutrientes que comprenden la materia orgánica de la hoja no son afectados por la estación. Además, la fracción mineral de la hoja se incrementa durante el período de invierno, debido quizá al menor contenido de humedad en la misma (Valencia *et al.*, 1981).

Las concentraciones de macrominerales y minerales traza se presentan en la Tabla 6. En un estudio realizado en dos diferentes lugares de África del sur, Hatfield y Lovedale; *Atriplex halimus* tenía una concentración de Ca superior en Hatfield que en Lovedale ($P < 0,05$), que no correspondía con la alta concentración de Ca del suelo en Lovedale. *Atriplex canescens* también tenía una concentración de Ca superior a *A. nummularia* en Lovedale ($P < 0,05$). Esto contradice los informes de Smit y Jacobs (1978) y Khalil *et al.* (1986), quienes reportaron concentraciones mayores de Ca en *Atriplex nummularia* que en *Atriplex canescens*. Todas las especies superaron los requisitos de Ca en cabras ($> 1,38$ g/kg), independientemente de la localización (NRC, 1981).

Tabla 6. Composición mineral de *Atriplex*

Sitio	Minerales	<i>A. canescens</i>	<i>A. Halimus</i>	<i>A. numularia</i>	<i>Cassia sturtii</i>
Hatfield	Ca (g/Kg)	20,6 (± 4,3)	21,5 (± 3,7)	15,6 (± 1,9)	15,5 (± 2,3)
	P (g/Kg)	1,9 (± ,2)	1,92 (± ,3)	2,5 (± ,3)	1,5 (± ,1)
	Mg (g/Kg)	16,1 (± 3,4)	20,3 (± 4,3)	9,7 (± 1)	2,0 (± ,1)
	Se (ug/Kg)	39 (± 20)	22 (± 8)	21 (± 8)	19 (± 4)
	Zn	110 (± 18)	103 (± 27)	60 (± 15)	22 (± 2)
	(mg/Kg)				
	Mn	170 (± 59)	395 (± 49)	153 (± 59)	37 (± 2)
Lovedale	Ca (g/Kg)	20,3 (± 1,8)	11,5 (± 2,5)	10,9 (± 3,2)	14,5 (± 1)
	P (g/Kg)	1,6 (± ,1)	1,4 (± ,1)	1,6 (± ,1)	,8 (± ,1)
	Mg (g/Kg)	8,3 (± ,4)	10,4 (± ,4)	3,0 (± ,4)	1,2 (± ,1)
	Se (ug)	257 (± 60)	105 (± 20)	401 (± 180)	314 (± 33)
	Zn (g/Kg)	13 (± 1)	11 (± 2)	14 (± 6)	13 (± 6)
	Mn (g/Kg)	91 (± 8)	116 (± 6)	62 (± 21)	40 (± 6)

Fuente: Van *et al.*, 2004

Macrocystis pyrifera

En la zona árida de la península de Baja California existen recursos marinos importantes con potencial para el uso como alimento del ganado bovino. En México, hay muchas especies de algas, pero realmente solo se explotan *Gelidium robustum*, *Gracilartopsis lemaneiformis* y *Macrocystis pyrifera* para obtener focoloides para el uso industrial. Dos de estos recursos vegetales marinos abundantes en Baja California son *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum spp.* (Casas *et al.* 2003).

Macrocystis pyrifera está ampliamente distribuida a lo largo de la costa del Pacífico de Norteamérica, desde Monterey CA (Estados Unidos) hasta Punta San Hipólito en la península de Baja California (Hernández, 1996), y es un recurso con gran potencial para la explotación.

Además de un suministro fácil, las algas marinas pueden tener beneficios nutricionales para el ganado. Etcheverry y López (1982) consideraron al *Sargassum* como un buen fertilizante y suplemento bovino debido a su alto contenido mineral. Además, algunas algas se secan y muelen para hacer harina o mezclarlas con otros forrajes como suplemento mineral dietético (Dawes, 1991). Basados en las determinaciones de la composición química, el aporte

energético, la degradabilidad *in situ* y la digestibilidad ruminal de *M. pyrifera* y *Sargassum spp*, Gojon *et al.* (1998) sugirieron que ambas especies podían usarse como alimento complementario para rumiantes. El uso de *M. pyrifera* se consideró una mejor alternativa debido a su más alto valor nutricional. Sin embargo, el tiempo de la cosecha puede ser un factor importante, puesto que la *M. pyrifera* recolectada en verano tiene mayor concentración de minerales y aminoácidos que la recolectada en invierno. Además de tener buena digestibilidad de materia seca para los rumiantes y carecer de factores antinutricionales (Vega-Villasante, *et al.*, 2006)

El kelp es un nombre genérico utilizado para denominar a las algas cafés de los órdenes Fucales (*Ascophyllum nodosum*, *Sargassum spp* y *Pelvetia spp.*) y Laminariales (*Laminaria hyperborea*, *Macrocystis pyrifera* y *Nereocystis luetkaena*) (Vásquez, 1999), aunque algunos autores solamente consideran dentro de este término, específicamente a las *Laminariales* (Vozzhinskaya y Kuzin, 1994; Kloareg, *et al.*, 1999). Estas algas generalmente se localizan en zonas de sustratos rocosos cercanas a las costas a profundidades no mayores de 40 m, en aguas templadas o frías, claras y ricas en nutrientes. Las principales áreas en donde se localiza *Macrocystis pyrifera* es en las costas de América del Norte y del Sur, sur de África, Australia, Nueva Zelanda, Noruega, Escocia, Japón y Corea (Cruz-Suárez, 2000).

Macrocystis pyrifera pertenece al orden de las laminarias, es una alga de gran tamaño la cual llega a alcanzar 50 m de longitud o más; está conformada por un conjunto de estipes que se fijan al sustrato preferentemente rocoso, por medio de un rizoide. El hábitat de esta especie es la parte somera de la zona de mareas, y las mayores profundidades a las que se les ha encontrado corresponden a los 40,3 m, áreas de fondos rocosos, formando mantos densos sobre grandes extensiones (Guzmán del Proo *et al.*, 1986).

Es un hecho que desde el punto de vista de la composición química de las algas marinas, ellas contienen bajos niveles de proteína, pero son muy abundantes en minerales (Tabla 7). En este sentido, *Macrocystis pyrifera* puede contener de 8,7 a 10,7% de proteína bruta, mientras que la concentración de cenizas puede estar entre 33,5 y 36,6% (Baca *et al.*, 2008).

Tabla 7. Composición proximal de *Macrocystis pyrifera* seco.

Componentes	Por cada (g/100g)
Humedad	7,0
Cenizas	39,4
Proteína	12,7
Lípidos	1,4
Carbohidratos disponibles	10,1
Azúcares	Limites no detectados
Fibra dietaria	29,4

Fuente: Aquaron *et al.*, 2002.

El uso de la alga kelp (*Macrocystis pyrifera*) a escala industrial ha requerido, para propósitos prácticos, de un análisis detallado de sus constituyentes químicos (Tabla 8).

Tabla 8. Composición elemental de *Macrocystis pyrifera*.

Element	Result (amount/100 g)	Kelp - content per serve ^a	% contribution to RDI ^b	10% Kelp salt content per serve ^c	% contributor to RDI
Aluminum	21 mg	84 µg	-	8.4 µg	-
Antimony	2.1 µg	T ^d	-	-	-
Arsenic	12 mg	48 µg	-	4.8 µg	-
Barium	620 µg	2.5 µg	-	T	-
Beryllium	<2 µg	-	-	-	-
Bismuth	<10 µg	-	-	-	-
Boron	11 mg	44 µg	-	4.4 µg	-
Cadmium	190 µg	0.8 µg	-	T	-
Caesium	6.3 µg	T	-	-	-
Calcium	1000 mg	4 mg	<1	486 µg	<1
Chromium	88 µg	0.4 µg	-	T	-
Cobalt	24 µg	0.1 µg	-	T	-
Copper	130 µg	0.5 µg	-	T	-
Iodine	260 mg	1 mg	667-833	100 µg	67-83
Iron	17 mg	68 µg	0.4-1.4	8.1 µg	<1
Lead	30 µg	0.1 µg	-	T	-
Lithium	68 µg	0.3 µg	-	T	-
Magnesium	610 mg	2.4 mg	<1	244 µg	<1
Manganese	640 µg	2.5 µg	-	0.3 µg	-
Mercury	2.1 µg	T	-	-	-
Molybdenum	44 µg	0.2 µg	-	T	-
Nickel	70 µg	0.3 µg	-	T	-
Phosphorus	390 mg	1.6 mg	<1	160 µg	-
Potassium	13000 mg	52 mg	2.7	5.2 mg	<1
Rubidium	4.2 mg	17 µg	-	1.7 µg	-
Selenium	53 µg	0.2 µg	<1	T	<1
Silver	<5 µg	-	-	-	-
Sodium	3700 mg	15 mg	0.7-1.6	141 mg	6-15
Strontium	56 mg	0.22 mg	-	22 µg	-
Sulphur	1100 mg	4.4 mg	-	440 µg	-
Thallium	<1 µg	-	-	-	-
Tin	4.0 µg	T	-	-	-
Uranium	28 µg	0.1 µg	-	-	-
Vanadium	200 µg	0.8 µg	-	T	-
Zinc	3.1 mg	12.4 µg	<1	1.2 µg	<1

^a based on serve being a dash (0.4 g), as used for salt in the USDA Nutrient Database

^b where no % is given no RDI has been set.

^c based on 10% kelp salt and a serve being a dash (0.4 g total, 0.04g kelp) and salt data from USDA Nutrient Database (only elements reported)

^d T = trace, <0.1 µg

Fuente: Aquaron *et al.*, 2002.

En general la composición química de las algas varía considerablemente de especie a especie y en función de su localización geográfica, estaciones del año, exposición al oleaje y a las corrientes, concentración de nutrientes presentes en el medio, profundidad a la que se localizan, la temperatura, estado de desarrollo de las algas, entre otros.

La adición de algas marinas (*Macrocystis pyrifera*) a dietas confeccionadas mayoritariamente con harina de trigo para cerdos en crecimiento y finalización, incrementa la ganancia, y mejora la conversión de alimento, así como las características de la canal de los cerdos. El adicionar 1,5% de harina de alga marina a la dieta, aumentó en un 15% la ganancia de peso (Baca *et al.*, 2008).

MARCO TEÓRICO

La importancia de la suplementación tanto para humanos como para animales, cada vez tiene más importancia y conforme ha pasado el tiempo ha mejorado mucho; existe mayor variedad y calidad de suplementos y esto es en gran parte por todos los conocimientos nuevos tanto químicos, biológicos, de nutrición, entre otros. En mi carrera de Químico en Alimentos existe un área muy importante que es la innovación y el desarrollo de nuevos productos alimenticios; ya sean productos comestibles o en este caso de un suplemento o compuesto novedoso. La finalidad es mejorar la calidad de vida del consumidor o en su caso, satisfacer sus necesidades o alguna deficiencia.

La materia de tecnología de alimentos, es una materia que nos proporciona conocimientos de los diferentes procesos a los que se someten los alimentos; es una ciencia multidisciplinaria que aplica los principios de la química, bioquímica, física, ingeniería de procesos y la gestión industrial, para el procesamiento y conservación de los alimentos y para el desarrollo de nuevos y mejores productos alimentarios.

En este trabajo también se puso en práctica algunas de las materias cursadas durante mi carrera, como lo son las químicas, bioquímicas, análisis de alimentos y nutrición. De igual forma, me ayudó mucho la experiencia que tuve en las dos muestras estudiantiles organizadas por el Departamento de Ciencias Químicas Biológicas, en las cuales participé, y que es un requisito obligatorio de la clase de tecnología de alimentos, donde elaboré dos productos nuevos. Muchas otras cosas las tuve que investigar y aprender, ya que es imposible abarcar todo y lo realizado en este trabajo no es muy común y prácticamente es algo nuevo, por lo cual se necesitan conocimientos de agricultura y ganadería.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de Suplementos

Se investigó algunos de los suplementos minerales comerciales de las compañías Algarrobo y Vimifos, con la finalidad de elaborar dos suplementos minerales para rumiantes que pudieran competir en el mercado con los elaborados por las empresas mencionadas.

Algarrobo es una empresa Argentina que tiene una línea completa de suplementos y núcleos vitamínico-minerales de máxima eficiencia y costo bajo, para ganadería de carne y leche, y sus productos son: algarrobo magnesiado, algarrobo proteinizado, algarrobo invernada y algarrobo núcleo engorde (Tablas 9, 10, 11, 12). Vimifos es una empresa muy conocida principalmente en el estado de Sonora y algunos de sus productos son ranger buster, prospector y especial phos (Tabla 13, 14, 15).

Suplementos Algarrobo

Tabla 9. Perfil nutricional del suplemento algarrobo magnesiado.

COMPOSICION	% en peso	COMPOSICION	% en peso
Calcio total	10 %	Magnesio	7 %
Fósforo (P)	4 %	Cloruro de Sodio (Sal)	50 %

Tabla 10. Perfil nutricional del suplemento algarrobo proteinizado.

COMPOSICION	% en peso	COMPOSICION	% en peso
Calcio total	7 %	Nitrógeno	20 %
Fósforo (P)	3 %	Cloruro de Sodio (Sal)	50 %
Magnesio	1,5 %		

Tabla 11. Perfil nutricional del suplemento algarrobo invernada.

COMPOSICION	% en peso	COMPOSICION	% en peso
Calcio total	11 %	Hierro	0,12 %
Fósforo	5 %	Manganeso	0,05 %
Magnesio	2 %	Cloruro de Sodio (Sal)	50 %
Cobre	0,05 %		

Tabla 12. Perfil nutricional del suplemento algarrobo núcleo-engorde.

COMPOSICION		COMPOSICION		COMPOSICION	
Vitamina A	10.000.000 UI	Sulfato de Cobre	45.000	Iodato de Calcio	500 MG
Vitamina D	2.000.000 UI	Oxido de Manganeso	8.500	Carbonato de Cobalto	300 MG
Oxido de Magnesio	120.000 MG	Sulfato Ferroso	10.000	Selenito de Sodio	2.000 MG
Monensina * <i>Rumensin</i> (Elanco Animal Health)	24.000 MG	Oxido de Zinc	7.000	Carbonatos - Fosfatos c.s.p.	5.000.000 MG

Suplementos Vimifos

Tabla 13. Perfil nutricional del suplemento range buster.



NUTRIENTE	80	100	100LP
Proteina Cruda %	80.00	100	100.00
Calcio %	6.30	6.30	6.20
Fósforo %	6.00	6.00	6.00
Magnesio %	0.35	0.30	0.28
Cobre mg/kg	660.0	834.00	834.00
Vitamina A, kUI/kg	216.00	272.00	272.00
Vitamina E, UI/kg	509.00	634.00	630.00

Tabla 14. Perfil nutricional del suplemento prospector.



NUTRIENTE	UNIDADES	CONCENTRACIÓN
Calcio	%	12.00
Fósforo	%	12.00
Sal	%	25.00
Magnesio	%	1.80
Cobre	mg/Kg	540.00
Selenio	mg/kg	20.00
Vitamina A	KUI/kg	176.00
Vitamina E	UI/kg	187.00

Tabla 15. Perfil nutricional del suplemento special phos.



NUTRIENTE	UNIDADES	CONCENTRACIÓN
Calcio	%	13.00
Fósforo	%	12.00
Sal	%	15.00
Magnesio	%	1.80
Cobre	mg/Kg	900.00
Selenio	mg/kg	34.00
Vitamina A	KUI/kg	290.00
Vitamina E	UI/kg	312.00

Estos suplementos son algunos de los que actualmente existen en el mercado y algunos de los más usados por los ganaderos de la región y del país. Se hizo lo posible por elaborar un suplemento que cumpliera algunas de las necesidades de los animales y que este fuera una alternativa nutricional viable para la alimentación del animal y de costo económico; además de ser un proyecto sustentable.

Materia Prima

Las halófitas que se utilizaron fueron: *Salicornia bigelovii*, *Atriplex canescens* y *Macrocystis pyrifera*, ya que cada una de ellas aporta ciertos nutrientes que favorecen la elaboración de un suplemento mineral enriquecido con proteínas y carbohidratos, así como sales minerales.

Este trabajo se realizó en las instalaciones de la Empresa Saline Seed S.P.R de R.L. Para la elaboración de los suplementos se utilizó la salicornia en estado maduro. El análisis proximal (Tabla 16) lo proporcionó la empresa, ya que se realizó para la investigación de otro suplemento que se realizó en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

Tabla 16. Análisis proximal de las harinas HPS y SA.

	Proteína (%)	Lípidos (%)	Carbohidratos (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Fibra cruda (%)
Harina de HPS	30,65	2,03	43,12	8,2	15,0	1,0
Harina de <i>S. bigelovii</i>	8,40	0,34	16,51	5,41	50,84	16,5

Fuente: Acosta-Ruiz *et al.*, 2011

Formulación del Suplemento Mineral

La formulación del suplemento mineral se elaboró a partir de los resultados de análisis proximales de halófitas realizados por (Acosta *et al.*, 2011; Donghe *et al.*, 2010; Aquaron *et al.*, 2002; Van Niekerk *et al.*, 2004). De esta forma se definieron los volúmenes a utilizar en base al contenido de proteínas y minerales para obtener un suplemento con características deseables.

El estudio se realizó con el objetivo de elaborar suplementos minerales con *Salicornia bigelovii*, ya que esta planta es la que cultiva la empresa Saline Seed S.P.R de R.L. Así mismo se utilizaron otras halófitas que tuvieran un alto contenido de minerales. Estas plantas fueron *Atriplex canenses*, conocida comúnmente como chamizo salado y *Macrocystis pyrifera*, conocida comúnmente como sargazo del pacífico ó kelp. En el caso de *Atriplex canenses*, por tratarse de una planta halófila tiene potencial para cultivarse en grandes extensiones de tierra afectada por salinidad. Por otro lado, *Macrocystis pyrifera*, es una macro alga que naturalmente es acarreada por el oleaje hasta el litoral, es abundante y no se le está dando un uso de valor económico. Estas tres plantas tienen una amplia variedad y alta concentración de minerales y también un contenido alto de proteína. Las plantas se recolectaron en sus hábitats naturales donde crecen y en el caso de la *Salicornia bigelovii* se recolectó del campo de producción de la compañía. Las plantas se recolectaron, se deshidrataron y se molieron.

Elaboración del Suplemento Mineral

Para la elaboración de los suplementos se desarrollaron dos formulaciones. Una de ellas consistió en el uso de las tres plantas a la que se le agregó también sal (NaCl), cal $[Ca(OH)_2]$ y ortofosfatos (P:Ca, 80:20) para aumentar el contenido de P y Ca; además de facilitar la aglutinación permitiendo obtener un bloque rígido y con características manejables. Esta fórmula se hizo con el fin de que el animal consuma prácticamente todos los minerales de acuerdo a sus necesidades, ya sea macrominerales y/o minerales traza, además de un aporte significativo de proteína. La segunda formulación difiere de la primera únicamente en el contenido de NaCl (50%).

Ubicación y Recolección de las Plantas

Salicornia bigelovii, se recolectó en los campos de la compañía Saline Seed S.P.R de R.L., ubicados en Maneadero, Baja California, prácticamente deshidratada y en estado de madurez (Figura 1). Se empacó en sacos para transportarla hacia el centro de molienda. Posteriormente, para la elaboración de los bloques, la molienda se realizó en un molino de martillo (marca Estrella #20 con criba de una y media pulgada).



Salicornia bigelovii



Salicornia bigelovii deshidratada



Harina de *Salicornia bigelovii* empacada

Figura 1. Obtención de *Salicornia bigelovii*.

Atriplex canenses, se recolectó en el ejido Encinas Johnson, ubicado en las cercanías de San Luis Rio Colorado, Sonora. Esta planta se recolectó del desierto en su hábitat natural (suelo salado y con baja humedad) y como invasora de cultivos, ya que es muy abundante (Figura 2). Se cortaron los tallos y hojas del chamizo para deshidratarlos al sol. Posteriormente se empacó en sacos y se procedió a la molienda.



Figura 2. Obtención de *Atriplex canescens*

Macrocystis pyrifera, esta alga se recolectó en la orilla del mar en el área del Sauzal, Ensenada, Baja California. Esta planta fue expulsada por la marea proveniente de los bosques de kelp que se encuentran bajo la superficie del mar (Figura 3). Únicamente se utilizaron las hojas por tener mayor contenido de nutrientes para obtener la harina (Figura 4).



Figura 3. Obtención del *Macrocystis pyrifera*.



Figura 4. Harina de *Macrocystis pyrifera*.

Elaboración Preliminar del Suplemento en bloques

- Se pesó la materia prima utilizada y se colocó en bolsas.



- Los materiales se mezclaron lo más homogéneamente posible. El suplemento en esta forma se puede manejar con la presentación en saco.



- Se agregó agua hasta obtener un color café claro y la mezcla fuera manejable.



Para la elaboración de los bloques se usaron moldes circulares de plástico resistente con tres orificios en el fondo, utilizados para la elaboración de macetas. Se introdujo cierta cantidad de la mezcla previamente humedecida, se presionó manualmente con un émbolo de madera, posteriormente se dejaron secar a temperatura ambiente.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las primeras pruebas se utilizó fosfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, Nitrógeno (N): 18%; Fósforo (P): 46% como P_2O_5) para la elaboración del suplemento, con el objetivo de subir la cantidad de P en la mezcla de las diferentes plantas. Al agregar agua, la mezcla reaccionó y empezó a liberar amoniaco. Debido a que no era deseable la presencia de amonio, por su baja asimilación y digestibilidad, se optó por usar el ortofosfato de calcio $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ ya que es más asimilable y de mayor concentración sin presencia de amonio, aunque más caro.

Aunque los bloques eran del mismo tamaño, el de la primera mezcla fue más liviano que el de la segunda; el aumento del peso se debió al contenido de NaCl. Por otro lado, se necesitó mayor cantidad de agua para humedecer la mezcla 1. La presentación en tipo bloque quedó en condiciones aceptables sin necesitar una máquina de alta presión para compactar, ya que fue suficiente un molde y hacer presión en forma manual.

Los resultados obtenidos muestran que este proyecto tiene un potencial comercial importante y una aplicación práctica en la producción ganadera. Se pudo constatar que los materiales se pueden producir y recolectar en la región y generar nuevas actividades productivas en zonas marginadas por la salinidad. Las fórmulas 1 (Tabla 17) y la fórmula 2 (Tabla 18) se elaboraron a partir de los contenidos reportados en los suplementos comerciales (Tablas 9 – 15), con la finalidad de competir en cuanto a contenido.

Tabla 17. Perfil nutricional de la fórmula 1

	Por cada 600 g	% en el suplemento
Proteína	39,5 g	6,58
Carbohidratos	104,0 g	17,33
Fibra	31,0 g	5,16
Minerales	404,0 g	67,37
Ca	125,6 g	20,83
P	83,2 g	13,83
Mg	3,4 g	0,57
Se	32,4 µg	0,0000053
Zn	18,5 mg	0,0003758
Mn	25,8 mg	0,0043008
K	8,6 g	1,42
Na	54,7 g	9,11
Cl	60,7 g	10,11

Tabla 18. Perfil nutricional de la fórmula 2

	Por cada 600 g	% en el suplemento
Proteína	27,05 g	4,50
Carbohidratos	71,00 g	11,83
Fibra	22,75 g	3,79
Minerales	459,13 g	76,52
Ca	63,46 g	10,58
P	40,49 g	6,75
Mg	2,64 g	0,44
Se	30,40 µg	0,000005
Zn	13,00 mg	0,002159
Mn	17,01 mg	0,0028
K	7,53 g	1,254
Na	133,00 g	22,17
Cl	182,04 g	30,34

Los productos obtenidos tienen un buen balance de minerales y proteínas; por lo que tienen posibilidades de competir en el mercado contra los productos que se están utilizando actualmente, ya que tienen un porcentaje mineral similar o mayor y un menor costo. Este proyecto es sustentable y requiere de una infraestructura mínima y equipos que ya están disponibles.

La presentación de bloques sólido muestra buena resistencia y compactación similar a los que existen en el mercado con la ventaja de que no requiere empaque y es fácil de almacenar y transportar. La presentación granulada es un material suelto que requiere empaque y que se deberá proteger de la humedad; sin embargo, presenta la ventaja de poder utilizarse en formulaciones para dietas.

Pocos son los ganaderos que consideran a la suplementación mineral como una práctica necesaria para tener una producción eficiente; de hecho, en muchos ranchos ganaderos la suplementación mineral se considera costosa y no redituable. En este sentido, cuando no se observan los efectos positivos deseados es porque no se está realizando la suplementación de manera adecuada; el suministro irregular, la falta de registros sobre el consumo de sal mineralizada y el tipo de suplemento mineral utilizado, son de los errores más frecuentes. Es aceptado que de todas las tecnologías disponibles relacionadas con la suplementación de ganado en pastoreo, el suministro adecuado de minerales es la más eficiente, ya que reditúa de 8 a 12 veces el costo del producto en aumentos en la reproducción del ganado, crecimiento, salud, entre otros (Patiño *et al.*, 2011).

Los minerales son nutrientes esenciales para la vida en todas las especies de mamíferos. La biodisponibilidad mineral de las diferentes fuentes usadas en la alimentación animal es variable, y debe de ser considerada para determinar la exigencia dietética. Las exigencias netas de los diferentes minerales han sido determinadas experimentalmente y varios modelos son usados en la actualidad para poder determinar la exigencia de las diferentes especies y de individuos en diferentes estados fisiológicos. Los datos obtenidos en estos estudios deben ser usados con cautela y con un análisis previo de la situación, porque en condiciones ambientales tropicales con elevadas temperaturas pueden afectar la exigencia, normalmente, incrementándola, como sucede con algunos minerales. Las deficiencias en minerales tienen un impacto negativo sobre el desempeño animal. Existen algunas metodologías recomendadas para poder confirmar que, realmente, existe una deficiencia.

Por tanto, se recomienda siempre conocer la composición mineral de las pasturas, que constituyen la principal fuente de nutrientes, para poder realizar un manejo preciso, real y económico en la parte de nutrición mineral. Con la herramienta de los modelos, presentados en detalle, se puede precisar en este sentido (Patiño *et al.*, 2011).

En el caso específico de *Macrocystis pyrifera*, el contenido del potasio es muy elevado, por lo que se tiene que tener mucho cuidado en la dosificación para no caer en riesgos de toxicidad.

Analizando los componentes de las formulas 1 y 2: en el caso de las tres plantas usadas se estima que pudieran tener un costo bajo, ya que se obtienen en forma silvestre y en dado caso si se ocupara cultivarlas se usarían las tierras y agua que no estan en producción por su contenido de sal. Para estimar el costo de estas formulaciones, ya que no existen referencias comerciales de costos de producción de *Atriplex canenses*, *Salicornia bigelovii* y *Macrocystis pyrifera*, se optó por usar el precio del maíz de \$ 3,00 por kg en México en el ciclo 2012.

Los otros ingredientes que son NaCl, óxido de calcio y ortofosfato son materiales comerciales y se utilizó como referencia el precio en el Estado de Sonora.

Se obtuvo que el costo de la elaboración del suplemento de la fórmula 1 fue de \$ 3,66 por Kg y el de la fórmula 2 de \$ 2,66 pesos por Kg. En la Tabla 19 se muestran los precios de los suplementos en el mercado, donde se observa que el suplemento elaborado compite tanto en costo como en perfil nutricional.

Tabla 19 Costo de suplementos en el mercado

Nombre suplemento	Costo de Vimifos	Costo de Veterinaria	Presentación en Kg	Costo de 1 kg (precio de Vimifos)
Ortofosfato	240,00	305,00	25	9,6
Ranger Buster	279,00	381,00	20	13,95
Special Phos	263,00	360,00	25	10,52
Prospector	250,00	347,00	25	10,00

CONCLUSIONES

Estos productos representan una nueva opción como suplementación mineral para rumiantes aprovechando las halófitas, así como la utilización de tierras que no se están aprovechando por su alta concentración de sal.

La empresa considera que los resultados generados durante la realización de la práctica profesional son importantes, y con perspectivas comerciales, ya que la empresa tiene posibilidades de abrir una nueva línea de productos con las dos presentaciones: sólida y granulada, útiles para los ganaderos de la parte árida y seca como Sonora y Baja California.

RECOMENDACIONES

- Existe necesidad de realizar más investigación en el área de las halófitas, con la finalidad de mejorar este producto con procesos como el ensilado para facilitar la digestibilidad y mejorar la palatabilidad. Así como también la posibilidad de agregar otras plantas que puedan aportar carbohidratos y proteína para mejorar el valor nutricional como remolacha forrajera y algunas especies de espinacas que son halófitas.
- Realizar estudios de impacto socioeconómico de esta índole en las zonas marginadas por el efecto de la salinidad y realizar un estudio detallado de costos de producción.
- Realizar estudios in vivo para evaluar el producto.

REFLEXIONES PERSONALES

La experiencia de práctica es una etapa imprescindible dentro de la formación profesional que se hace mucho más evidente después de vivir la experiencia. La práctica profesional me ha brindado muchas herramientas, ya que de esta forma estoy más consciente de lo que el mundo laboral espera de mi como profesional y eso me va a ayudar a tomar mejores decisiones.

Desempeñarse como un profesional en determinada área, nos permite darnos cuenta de qué tan hábil se es o no en el ejercicio de funciones específicas y desempeñar ciertas actividades; además de formar criterios importantes que nos impulsan en la toma de decisiones fundamentales y orientan el curso de un proyecto de vida. Pero más relevante aún es que la práctica profesional constituye el primer acercamiento a al campo laboral.

La práctica expone al estudiante frente a problemas y retos que no sólo le demandan el dominio de conocimientos técnicos, sino también habilidades para trabajar en equipo, tolerar la presión, planear el tiempo, relacionarse y sobre todo para comunicarse. Además, te fortaleces como ser humano íntegro puesto al servicio de los intereses de una profesión. Este último aspecto involucra un saber consciente del “para qué sirven” los conocimientos particulares de una disciplina.

La práctica profesional me ayudó más de lo que esperaba. No sólo en el ambiente laboral sino en el personal. Conocer nuevos ambientes, personas y estilos de vida, te ayuda a convertirte en una persona tolerante y con capacidad de adaptarte a situaciones nuevas y complejas. Me siento satisfecho con mi aprendizaje laboral, en el sentido de que aplicar en la realidad lo que aprendes en la Universidad te da la satisfacción de que no has perdido el tiempo. Finalmente, esta práctica me ha ayudado a darme cuenta de que no me equivoqué al escoger la Licenciatura en Químico en Alimentos, por lo que puedo decir que amo aún más mi carrera.

Por lo anterior, las prácticas profesionales son la culminación de la formación como futuros profesionales de la licenciatura de Químico en Alimentos, donde se busca reflejar en el ámbito laboral los conocimientos adquiridos en el área básica, así como también en el área profesional.

Para titularse mediante un proyecto de práctica profesional, el egresado debe elaborar una memoria que consistirá en un trabajo escrito donde dará cuenta de la labor realizada en el

ejercicio profesional como parte de su formación. La participación del sustentante deberá darse con un proyecto desarrollado en una Unidad Receptora, en mi caso, Saline Seed S.P.R de R.L. con la realización de actividades propias del campo profesional de la carrera Químico en Alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Ruiz MJ, Paniagua-Michel J, Olmos-Soto J, Paredes-Escalona E. 2011. Primer registro de la utilización de harinas de *Salicornia bigelovii* y *Scomber japonicus* en dietas prácticas para el cultivo súper-intensivo de camarón *Litopenaeus stylirostri*. Latin American Journal of Aquatic Research. 139 (3):409-415 p. ISSN 0718-560X.
- Aquaron R, Delange F, Marchal P, Lognone V, Ninane L. 2002. Bioavailability of seaweed iodine in human beings. Cell Mol Biol 48(5):563-569.
- Ayala F, O'Leary JW. 1995. Growth and physiology of *Salicornia bigelovii* Torr. at suboptimal salinity. 1-7 p.
- Baca S, Cervantes M, Gómez R, Espinoza S, Sauer W, Morales A, Araiza B, Torrentera N. 2008. Efectos de la adición de harina marinas a dietas de trigo para cerdos en crecimiento y finalización. Revista Computadorizada de Producción Porcina. Algas marinas para cerdos/Sea algae. Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California.
- Casas G, Scrosati R, Piriz L. 2003. The invasive kelp *Undaria pinnatifida* (*Phaeophyceae, Laminariales*) reduces native seaweed diversity in Nuevo Gulf (Patagonia, Argentina). Biological Invasions 6:411-416.
- Chicco CF, Godoy S. 1987. Suplementación mineral de bovinos de carne a pastoreo. En: D. Plasse D, Peña N, Romero R. (Eds). III Cursillo sobre bovinos de carne. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. 47-103 p.
- CONAZA. 1994. Comisión Nacional de las Zonas Áridas. Costilla de vaca *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Saltillo, Coahuila, México.

- COTECOCA 1987. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero. Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana. Estado de Sonora. S.A.G., México, D.F.
- Cruz-Suárez LE, Ricque-Marie D, Tapia-Salazar M, Guajardo-Barbosa C. 2000. Uso de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. Universidad Autónoma de Nuevo León. 228-235 p.
- Dawes JC. 1991. Botánica Marina. Limusa, México. 673 p.
- Donghe L, Zhangmin M, Shaojin W, Jinlong C, Xiang Z, Chengpei Z. 2010. Nutritional characterization and changes in quality of *Salicornia bigelovii* Torr. LWT-Food Science and Technology 43.
- Duarte RJC. 2010. Costo energético y asignación de recursos en halófitas perennes. Cultivos alternativos de plantas tolerantes a la salinidad y sequía. EPISTEMUS. Ciencia, tecnología y salud. Universidad de Sonora. No. 8.
- Enríquez CE, Parra GMA, Ramírez MF. 2011. Producción y valor nutritivo de forraje de *Atriplex* en un suelo salino. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad de Sonora. 29-34 p.
- Etcheverry H, López GL. 1982. Estudios químicos en *Macrocystis pyrifera* (L) AG. Constituyentes inorgánicos y orgánicos. Rev Biol Marina.18(1):73-79.
- Glenn EP, O'Leary JW, Watson MC, Thompson TL, Kuehl R0. 1994. *Salicornia bigelovii* Torr. An oilseed halophyte for seawater irrigation. Science. 251:1065-1067.
- Gojon-Báez H, Siqueiros-Beltrones DA, Hernández-Contreras H. 1998. Digestibilidad ruminal y degradabilidad in situ de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum spp.* En ganado bovino. Universidad Autónoma de Baja California Sur.

- Guzmán del Proo SA, Casas-Valdez M, Díaz-Carrillo A, Díaz-lópez ML, Pineda-Barrera J, Sánchez-Rodríguez ME. 1986. Diagnóstico sobre las investigaciones y explotación de las algas marinas en México. *Inv. Mar. CICIMAR*. 3(2):1-63.
- Greenway H, Munns R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann Rev Plant Physiol* 31:149-190.
- Hart RH, Cibils AF, Ashby MM, Swift DM. 1996. *Atriplex canescens* impact on understory vegetation under different seasons of grazing. Agricultural Research Service. Technology Transfer Information Center.
- Hernández-Carmona G. 1996. Frond elongation rates of *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag. at Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 22(1):57-72. <http://animalscience.tamu.edu/images/pdf/nutrition/nutrition-mineral-supplementation.pdf>. Consultado en mayo, 2012.
- INIFAP. 2011. Centro Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo. Manual de capacitación. Folleto técnico No. 4. Cuajimalpa, D.F. ISBN 978-607-425-554-6.
- Khalil JK, Sawaya WN, Hyder SZ. 1986. Nutrient composition of *Atriplex* leaves grown in Saudi Arabia. *J. Range Manage.* 39, 104-107.
- Kloareg B, Gall EA, Asensi A, Billot C, Crepineau F, Moulin P, Boyen C, Valero M. 1999. Molecular and cellular approaches of reproduction, biology and genetic improvement in laminariales kelps. *World Aquaculture Magazine*. 30(1):23-25.
- Klassen N. 2010. Suplementación con minerales para animales en pastoreo <http://archivo.abc.com.py/suplementos/rural/articulos.php?pid=461989>. Consultado junio de 2013.
- López RM. 2001. Degradación de suelos en Sonora: el problema de la erosión en los suelos de uso ganadero. *Región y Sociedad*. Colegio de Sonora. Vol. XIII, No. 22. Hillo. Méx.

- Maas EV. 1990. Crop salt tolerance. In: Agricultural salinity assessment and management. K.K. Tanji (ed.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Am. Soc. of Civil Engineers, New York. 262-304 p.
- Montero R. 2006. Suplementación mineral en bovinos. <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/articulos/suplementacion-mineral-bovinos-t919/p0.htm>. Consultado en mayo, 2012.
- National Research Council of the National Academies. Mineral tolerance of Animals. 2005. second revised Edition.
- Niembro A. 1987. Arbustos útiles de México. Ed. Limusa. México, D.F.
- NRC. 1981. Nutrient requirements of domestic animals. No. 15. Nutrient requirements of goats. National Research Council, National Academy of Sciences. Washington D.C. USA.
- Patiño PR, Da Silva FCJ, Pérez PJ. 2011. Modelos de predicción de exigencias minerales para rumiantes. Rev. Colombiana Cienc. Anim. 3(2).
- Pérez MA, Peña FA, Benítez MJ. 2011. Sales minerales en la ganadería de leche bovina. Rev Sist prod agroecol. 2(2).
- Rico D.A. 2013. Uso tradicional de plantas alimentarias cultivadas utilizadas por la comunidad Mixteca de Tepango en Guerrero, México. IV Congreso Mexicano de Ecología. Conocimiento ecológico para la solución de problemas ambientales. Villahermosa, Tabasco.
- Romero-Paredes JI, Ramírez-Lozano RG. 2003. *Artiplex canescens* (Purch, Nutt), como fuente de alimento para las zonas áridas. 85- 92 p.

Rugeles PC. 2001. Interrelaciones entre nutrición y fertilidad en bovinos. Revista MVZ (Colombia) 6:(1):24-30 p.

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria: 2010. Vol. 11 N° 09.

Shannon, M.C. 1997. Adaptation of plants to salinity. Advances in Agronomy, 60: 75-120.

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020213.html>. Consultado abril 2013.

Soltero S, Fierro L. 1984. Contenido y fluctuación de nutrientes de chamizo (*Atriplex canescens*) durante el período de sequía en un matorral micrófilo de *Atriplex-Prosopis*. Boletín Pastizales 15(1). Rancho Experimental La Campana, INIP-SARH.

Soltero S. 1980. Importancia del chamizo (*Atriplex canescens*) en la dieta de bovinos durante la época de sequía. Tesis de licenciatura. Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

Smit CJ, Jacobs GA. 1978. Chemical composition of four *Atriplex* species. Agroanimalia 10, 1-5.

Troyo-Diéguez E, Ortega-Rubio A, Maya Y, León JL. 1993. The effect of environmental conditions on the growth and development of the oilseed halophyte *Salicornia bigelovii* Torr. In arid Baja California Sur, México. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur.

UGRS. 2013. Unión Ganadera Regional de Sonora.

<http://unionganadera.com/avisos.php?id=21#>. Consultado mayo 2013.

Underwood EJ; Suttle NF. 2003. Los minerales en la nutrición del ganado. Zaragoza, Ed. Acribia, 637p.

Ungar A. 1987a. Population characteristics, growth, and survival of the halophyte *Salicornia europaea*. Ecology, 68:569-575.

Ungar A. 1987b. Population Ecology of Halophyte Seeds. The Botanical Review, 53:301-334.

- Vega-Villasante F, Cupul-Magaña A, Nolasco-Soria H, Carrillo-Farnés O. 2006. Las algas marinas *Sargassum* spp. y *Macrocystispyrifera*: ¿una alternativa para el forraje del ganado bovino en la península de Baja California? Universidad de La Habana, Cuba.
- Valencia M, Gasto J, Nava R. 1981. Época y frecuencia de utilización de *Atriplex canescens*. Monografía técnico-científica. 7(1). UAAN, Saltillo, Coah., México.
- Vozzhinskaya VB, Kuzin VS. 1994. Productivity of Laminariales in the World Ocean. *Izvestiya Akademii Nauk SeriyaBiologicheskaya (Moscow)* 0(2): 308-312.
- Van NWA, Sparks CF, Rethman NFG, Coertze RJ. 2004. Mineral composition of certain *Atriplex* species and *Cassia sturtii*. *South African Journal of Animal Science*. 105-108 p.
- Watson C. 1993. Establecimiento de especies arbustivas del género *Atriplex*. En IX Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales A.C. Hermosillo, Sonora. 126-132 p.
- Yensen NP. 2001. Halophytes of the Gulf of California and their uses. Edit. Uni-Son. Universidad de Sonora, Hermosillo, México.

