

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona



**Diseño de Experimentos y Técnicas de Fase Creativa
para reducir el tiempo de diseño de nuevos productos
Agroindustriales en zonas marginadas de México**

Tesis presentada para obtener el Título de Doctor

Por la Universidad Politècnica de Catalunya

Doctorado en Proyectos de Innovación Tecnológica en la Ingeniería de Producto y Proceso

Carlos Alberto González Almaguer.

Director de Tesis

Dr. Joaquim Lloveras Macià

Barcelona, Noviembre 2015

Índice

Resumen (en Castellano y en Inglés)	vii
Prefacio	xi
Índice de Tablas	xiv
Índice de Figuras	xvi
Índice de Fórmulas	xviii
I. INTRODUCCIÓN	19
1.1 Estado del Arte	21
1.2 Técnicas Estadísticas y Fase Creativa	21
1.3 Diseño de Experimentos	22
1.4 Fase Creativa	28
1.5 Técnicas para generar ideas para el desarrollo de nuevos productos	29
1.5.1 Brainstorming	29
1.5.1.1 Ingeniería del Pensamiento	30
1.5.1.2 Mind Maps	31
1.5.1.3 TRIZ	31
1.6 Técnicas para la solución de problemas de fabricación	32
1.6.1 Siete Herramientas	32
1.6.2 Shanin Método	33
1.6.3 Poka Yoke	33
1.7 Diseño e implementación de agroindustrias con técnicas DOE	33
1.8 Uso de energía renovable en la agroindustria	35
1.9 Definición del problema de investigación	36
1.10 Hipótesis	39
1.10.1 Objetivo General	39
1.10.2 Objetivos Específicos	39
1.10.3 Restricciones y Alcance	40
1.10.4 Metodología y Métodos	40
1.10.5 Método usado para la validación de técnicas y metodologías.....	41
1.10.6 Producto Final de la Investigación de Tesis	42
II. DEFINICIÓN DE POBREZA Y ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	44
2.1 La pobreza en México	44
2.2 Medición de la pobreza en México	44
2.3 Detección de cultivos de alta productividad en zona de estudio	49
2.3.1 Antecedentes	49
2.3.2 Características Edáficas	52
2.3.3 Características Climáticas	52
2.3.4 Potencial productivo para cultivos básicos de temporal	53
2.3.5 Potencial productivo para otros cultivos de temporal y riego	53
2.3.6 Cultivos de temporal	53
2.3.7 Cultivos de riego	54
2.3.8 Potencial productivo para especies alternativas	54
2.3.9 Rendimiento promedio y potencial	55

III. USO DE FASE CREATIVA PARA EL DISEÑO DE NUEVOS PRODUCTOS Y SU INNOVACIÓN	58
3.1 Definición del producto	62
3.2 Lluvia de ideas	63
3.3 Ingeniería del pensamiento	63
3.4 Gestión del proyecto	63
3.4.1 Lluvia de ideas	66
3.4.1.1 Reglas para lluvia de ideas	68
3.4.1.1.1 Definir el problema claramente	68
3.4.1.1.2 No se cuestione ninguna idea	68
3.4.1.1.3 No hay cabida para los prejuicios	69
3.4.1.1.4 Guardar un ambiente relajado	69
3.4.1.1.5 El que una idea haya fracasado antes no necesariamente debe fracasar ahora	69
3.4.1.1.6 Aprender a escuchar a la gente, no interrumpirla mientras habla	69
3.4.1.1.7 El grupo que está diseñando el productos inclusivo, todos tienen cabida	70
3.4.1.1.8 Permitir el tiempo necesario para incubar ideas	70
3.4.1.1.9 Clarificar, combinar y descartar	70
3.4.1.1.10 Categorizar	70
3.4.3 Mapas mentales	71
3.4.4 Triz	73
3.4.5 Ingeniería del pensamiento	74
3.4.6 Álgebra de conjuntos	76
IV. TÉCNICAS DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	80
4.1 Diseño de un factor comparación con dos tratamientos	84
4.2 Experimento con un solo factor	85
V. METODOLOGÍA PROPUESTA	87
5.1 Fase creativa	90
5.1.1 Diagnóstico de la localidad a estudiar	88
5.1.2 Formación de equipos efectivos de trabajo	88
5.2.3 Definición de reglas del proyecto	88
5.2.4 Aplicación de técnicas de fase creativa	90
5.2.4.1 Triz y base de datos agroindustrial	91
5.2.4.2 Lluvia de ideas	92
5.2.4.3 Cruz de malta y mapa mental	92
5.2.4.4 Ingeniería del pensamiento	94
5.2.5 Análisis y diseño de experimentos	95
VI. VALIDACIÓN DE LA TESIS A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN DISEÑO DE PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES	98
6.1 Caso: Diseño de producto partiendo del chilcuague	98
6.1.1 Objetivo del diseño experimental	98
6.1.2 Contexto	99
6.1.3 Estrategia de solución	99
6.1.4 Zona de crecimiento de chilcuague	100

6.1.5	Características físico químicas del chilcuague	100
6.1.6	Componentes del producto a ser desarrollado	101
6.1.7	Prueba piloto del producto	101
6.1.8	Marco teórico	102
6.1.9	Hipótesis experimentales de trabajo	103
6.1.10	Técnicas de control estadístico a utilizar	104
6.1.11	Mejora esperada a través del diseño de experimentos	105
6.1.12	Empleo de la base de datos para el análisis experimental	105
6.1.13	Diseño de experimentos y análisis estadístico	106
6.1.13.1	Zonas de cultivo	106
6.1.14	Interpretación estadística de los resultados y conclusiones	109
6.1.15	Análisis estadístico entre especies similares de chilcuague	110
6.1.16	Hipótesis	111
6.1.17	Análisis del resultado	111
6.1.18	Componentes del ungüento y prueba en humanos	112
6.1.19	Análisis estadístico de los resultados	112
6.1.20	Análisis Estadístico al experimento	115
6.2	Caso: Beneficiadora de durazno en la Sierra Gorda	118
6.2.1	Objetivo	118
6.2.2	Definición del problema	118
6.2.3	Estrategia de solución debidamente planteada y documentada	119
6.2.4	Realización de los experimentos	120
6.2.5	Elección de los factores y sus niveles	120
6.2.6	Selección de la variable de respuesta	121
6.2.7	Elección del diseño experimental	122
6.2.8	Matriz de trabajo inicial	122
6.2.9	Hipótesis definidas y explicadas	123
6.2.10	Diseño factorial de tres factores	124
6.2.11	Elección de los factores y sus niveles	124
6.2.12	Hipótesis definidas y explicadas	126
6.2.13	Análisis del diseño experimental	126
6.2.14	Conclusiones y recomendaciones	127
6.2.15	Técnicas de control estadístico a utilizar	127
6.2.16	Mejora obtenida gracias al diseño de experimentos	128
6.2.17	Planteamiento de la base de datos o fuente de la información para el análisis estadístico	128
6.3	Caso: Platos desechables ecológicos a base de bagazo de caña	129
6.3.1	Objetivo	129
6.3.2	Plan experimental aleatorizado	130
6.3.3	Absorción y filtrado de agua	130
6.3.4	Resistencia a diferentes temperaturas	130
6.3.5	Rigidez	130
6.3.6	Análisis de los resultados estadísticos a la variable de respuesta	131
6.3.6.1	Velocidad de absorción del agua	131
6.3.7	Definición de las hipótesis experimentales	132
6.3.8	Análisis de los resultados	132

6.3.9 Humedad	136
6.3.10 Análisis estadístico de los resultados para humedad	136
6.3.11 Consideraciones adicionales	140
6.4 Caso: Dulce a base de pulpa de mango	143
6.4.1 Objetivo	143
6.4.2 Introducción	143
6.4.3 Características de producto final	143
6.4.4 Diseño de experimentos	144
6.4.5 Aleatorización	145
6.4.6 Consideraciones iniciales para realizar el experimento	145
6.4.7 Grados Brix	145
6.4.8 pH	146
6.4.9 Viscosidad	146
6.4.10 Color	146
6.4.11 Néctar de mango	147
6.4.12 Características del producto final	148
6.4.12.1 Sensoriales	148
6.4.12.2 Materia extraña	148
6.4.12.3 Contaminantes químicos	148
6.4.12.4 Contenido de pulpa	149
6.4.13 Diseño de experimentos	149
6.4.13.1 Factores a evaluar	149
6.4.13.2 Aleatorización	150
6.4.14 Consideraciones al diseño experimental	150
6.4.14.1 Acidez	150
6.4.15 Manteca de mango	150
6.4.16 Características del producto final	151
6.4.17 Rotulado en el envase	151
6.4.18 Diseño de experimentos	152
6.4.19 Resultados estadísticos	154
6.4.19.1 Pulpa de mango	154
6.4.20 Balance de materia	157
6.4.21 Balance de energía	157
6.4.22 Néctar de mango	158
6.4.23 Manteca de mango	161
6.5 Caso: Elaboración de jugos con propiedades antioxidantes	163
6.5.1 Objetivo	163
6.5.2 Diseño experimental	163
6.5.3 Balance de masa y energía	168
6.5.4 Conclusiones	172
6.6 Caso: Tomate deshidratado	173
6.6.1 Objetivo	173
6.6.2 Diseño del producto	173
6.6.2.1 Ventajas	174
6.6.2.2 Desventajas	174

6.6.2.3 Especificaciones sensoriales	175
6.6.2.4 Sanidad e higiene	176
6.6.3 Requerimientos del proceso de producción	177
6.6.4 Capacidad de producción	180
6.6.5 Capacidades de producción actuales	181
6.6.6 Fondel del proyecto	181
6.6.7 Ecodiseño	183
6.6.8 Energía eólica	184
6.6.9 Energía solar	185
6.6.10 Biogas	187
6.6.11 Conclusiones	187
VII. RESULTADOS	189
VIII. CONCLUSIONES Y APORTACIONES	196
Bibliografía y Referencias	200
Glosario	212
Listado de Abreviaturas y Símbolos	213
ANEXOS	
Anexo 1: Uso de la estadística y el diseño de experimentos en el trabajo	214
Anexo 2: Cultivos de alto potencial Municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato	225
Anexo 3: Cultivos de alto potencial Zona Norte del Estado de Guanajuato	234
Anexo 4: Diseños experimentales de los casos planteados	255
Anexo 5: Normas Oficiales de México citadas en los casos	288

Resumen de la tesis.

La presente investigación presenta una metodología para el diseño de nuevos productos o su innovación basada en la fase creativa y el diseño y análisis de experimentos, se enfoca a la creación de productos agroindustriales en zonas marginadas de México. El objetivo final es a través de estas dos técnicas reducir los tiempos de investigación y desarrollo, generando diseños robustos de productos con la más alta calidad, el alcance, abarca también el diseño de procesos de manufactura hasta terminar la rampa de aprendizaje. Se decidió probar la metodología en proyectos de desarrollo social que estuvieran basados en productos agroindustriales porque el contexto era muy diferente al de una empresa formal con procesos y estructuras perfectamente definidas.

En México el campo agrícola tiene un gran potencial, y es una variable directamente vinculada a la pobreza, la gente que vive en el campo es quien más sufre este flagelo por lo que este trabajo de investigación de manera paralela plantea que, independientemente de las políticas públicas de los tres órdenes del gobierno en México, (federal, estatal y municipal) a través de los proyectos productivos es posible revertir los índices de pobreza al generar micro empresas que a su vez son plataforma para que otras crezcan a su alrededor como una cadena de suministros de materias primas y su producto sea de una calidad tal que pueda ser exportado.

Por sí sola, la metodología propuesta no puede asegurar que a pesar de que se realice un buen diseño de producto, el proyecto productivo sea exitoso, por lo que se tuvo que hacer todo un estudio referente a la pobreza y las variables que más inciden en el éxito de estos proyectos que están directamente vinculados al nivel educativo, sanidad y vivienda. Durante los últimos 17 años personalmente he trabajado en proyectos agroindustriales y he conocido la pobreza de cerca, pero durante el trabajo de tesis se tuvo que investigar en la parte social y de definición del problema para crear las condiciones de que un proyecto de desarrollo social tuviera éxito.

El capítulo dos de la tesis se realiza un estudio sobre la pobreza en las zonas margindas y se explica como variables externas inciden en los proyectos de desarrollo social, como soluciones factibles que no son objeto del estudio de la tesis pero explica el contexto bajo el cuál se trabajó y recabo la información para la investigación. En el mismo capítulo se presenta un trabajo de campo para definir los cultivos agrícolas de alta potencialidad en la zona de estudio, ya que basado en estos estudios se genera el diseño de nuevos productos o su innovación.

En el capítulo tres se plantea un método de trabajo para plantear las condiciones mínimas ideales para generar equipos de trabajo, así como el desarrollo de las técnicas de creatividad que la presente tesis acondicionó para que pudieran ser aplicadas en los proyectos agroindustriales así como el sustento matemático y filosófico con el cual se dio forma a la Ingeniería del Pensamiento

(Prof. Lluís Claudí) como una técnica de creatividad para el desarrollo de nuevos productos y solución de problemas de fabricación, la cual es una aportación del presente trabajo de investigación.

Las técnicas de creatividad empleadas en esta tesis: lluvia de ideas, mapas mentales, y Triz las dos últimas se les hicieron adecuaciones. A los mapas mentales se le adicionó el diseño de sistemas de información propuesto por el doctor Brian Wilson conocido como cruz de malta y por el Triz se generó una base de datos agroindustrial con los cultivos de alta potencialidad, sus zonas, las variables óptimas de humedad, temperatura, calidad de suelo así como sus propiedades físico químicas que la industria potencializa en otros productos. Ambas también son aportaciones de la tesis.

El desarrollo e investigación de los métodos del diseño experimental se presentan en el capítulo cuatro, es aquí donde se explican las bondades de la simulación matemática y como esta reduce el tiempo de investigación de nuevos productos, se explica bajo qué condiciones se aplica cada técnica así como la interpretación de los resultados.

En el capítulo cinco se plantea la metodología para la reducción de tiempo de desarrollo de nuevos productos basado en las técnicas de fase creativa y diseño de experimentos bajo los tres tipos de pensamiento: sistémico, prospectiva y concurrencia, este es la parte central de la tesis ya que describe las interacciones de las diferentes técnicas y como se aplican la metodología en un proyecto real. El proceso de probar la metodología y registrar los resultados se hace en el capítulo seis a través de proyectos productivos en donde aplicó la metodología y se analiza paso a paso los resultados, los éxitos, los fracasos, las modificaciones al trabajo original para finalmente en las conclusiones describir formalmente los resultados y la aportación del trabajo de investigación.

Palabras clave: Fase Creativa, Diseño de Experimentos, Proyectos de Desarrollo Social.

Abstract.

This research work shows a methodology for the design of new products or their innovation based on the creative phase and the design and analysis of experiments, it focuses on the creation of agro-industrial products in poverty areas of Mexico. The top goal is through these techniques reduce the time of research and development , generating robust product designs with the highest quality, the scope of the research, also covers the design of manufacturing processes to finish the ramp learning to product massive. It was decided to test the methodology in social development projects that were based on agro-industrial products because the context was very different from a formal business processes with a clearly defined structures.

In Mexico the agricultural farm has great potential, and it's a variable directly linked to poverty, people who live in the rural zone, is most affected, so this research suggests that in parallel, regardless of political public of the three levels of government in Mexico, (federal , state and local government) through productive projects is possible reverse poverty by generating micro enterprises which in turn are growing platform for others around them as a string supply of raw materials and product is of a quality that can be exported .

By itself, the proposed methodology cannot make sure that by applying the result will be an excellent product and by consequence productive project to be successful, so we had to make a deeply study of poverty and the variables that affect the success of these projects are directly related to education , health and life style . For the past 17 years I have personally worked on agro industrial projects and have known poverty closely, but during the thesis work had to investigate in the social part and problem definition to create the conditions for a social development project had success.

Unfortunately the ruled of operation for INDESOL and the lack of technical assistance to people interested in presenting these projects, are the causes because the budget is not applied to productive projects and for consequence, the resource is deviated to assistance programs.

The assistance programs have been those who have hurt Mexico, because it's more comfortable for people receiving monthly financial assistance and they not necessary to work, solve a problem at the moment but does not generate income financial and therefore the economy stops. Chapter 2 of the thesis explains these variables and how they affect social development projects as well as possible solutions. In the same chapter field research is presented to define the high potential agricultural crops in the area of study, since these studies based on the design of new products or innovation is generated.

In chapter 3 a working method is proposed to the define the minimum ideal conditions to create work teams, and the development of creativity techniques that this thesis conditioned so that they

could be applied in,agro industrial projects as well as the mathematical support and philosophy with which it forms the Thought Engineering (Prof. Lluís Claudi) as a technique of creativity to develop new products and solving manufacturing problems, which is a contribution of this research.

The creativity techniques used in this thesis are: brainstorming, mind map, and Triz; the last two techniques were adequate to the projects characteristics. The mind map was added with the designing information systems proposed by Dr. Brian Wilson called Maltese cross, and the Triz with an agro industrial data base based for products with high potential, the grown areas, optimum moisture variables as well as temperature, farmer field quality and their physicochemical properties that potentiates other industry products . Both are also contributions of the thesis.

The research and development of methods of experimental design are presented in Chapter 4, this is where the benefits of mathematical simulation are explained and as this reduces the time of new product research, in the same time explained under what conditions each technique applies well and the interpretation of results.

In chapter 5 the methodology to reduce development time for new products based on creative techniques and design of experiments, is based under the three types of thoughts: systemic, prospective and concurrent, this is the central part of the thesis because it describes the interactions of the different techniques and methodology as applied in a real project. The process of testing the methodology and record and analyze the results would be show in the chapter 6 through productive projects where was applied the methodology, and step by step the results are analyze; successes designs, failures, modifications to the original work and, finally discussed in the conclusions formally describe the results and the contribution of research.

Key words: creative phase, design of experiments, social development projects.

Prefacio.

Hacer ciencia sin ponerla al servicio de mi comunidad desde mi plan de vida no tiene sentido, es por esa razón que desde 1994 comencé hacer estudios sobre la factibilidad de crear unidades de producción llamadas células productivas en comunidades de pobreza extrema que trabajen en base a un modelo comunitario en donde las ganancias serían repartidas de manera uniforme después de satisfacer sus necesidades alimentarias propias, creando redes con otras zonas marginas de tal manera que pudieran intercambiar bienes y servicios.

La base ideológica de este pensamiento se encuentra en la labor realizada por Vasco de Quiroga a partir de 1533 en la provincia de Michoacán, México en donde identificó para cada comunidad una fortaleza en base a las condiciones climáticas y experiencia de sus habitantes, desarrollando de esta manera una identidad productiva para cada una de éstas, que intercambiaban sus bienes y servicios y generaron una economía que después de casi 500 años sigue en pie generando riqueza y prosperidad en dicha provincia.

Replicar este modelo de desarrollo social en un país que a partir de su independencia no tuvo estabilidad debido a guerras internas e intervenciones militares y que comenzó a crear una estructura en beneficio de la población vulnerable social y económicamente hablando a partir de 1940 no es sencillo, se han formado a la fecha secretarías de estado cuya objetivo directo es abatir la pobreza y reducir la brecha de entre ricos y pobres.

Los esfuerzos no han logrado los resultados esperados, las diferentes crisis económicas que se han suscitado sumado a políticas públicas que han fomentado un gasto social orientado a la captación de votos pero no a la generación de proyectos productivos que eliminen la pobreza ha generado un efecto de pasividad y parálisis en la población que prefiere aceptar los beneficios de dichos programas que tienen como condición citarlos a juntas informativas de trabajo y recreativas que les impide dedicarse 100 % a actividades productivas en su región. Hasta el año 2000 la medición de la pobreza se realizaba a través de factores lineales como era la capacidad de la gente de comprar una canasta de productos alimentarios básicos, si la gente no era capaz de adquirirlo con su salario y recursos, se catalogaba como pobre. El nuevo método de medición es multidimensional y define que una persona se encuentra en situación de pobreza multidimensional cuando no tiene garantizado el ejercicio de al menos uno de sus derechos para el desarrollo social, y si sus ingresos son insuficientes para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades.

En el 2012 la pobreza en México se incrementó a niveles alarmantes al 45.5% de la población y 9.8 % en pobreza extrema según cifras de CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación), estas cifras pueden ser debatibles pero enmarca una situación real que se vive en México.

Nuestra sociedad en México desde mi perspectiva es individualista y egocéntrica, si bien cuando hemos sufrido desastres naturales gran parte de la población se solidariza en ayuda otra parte de la población es indiferente, buscar a través de la ciencia soluciones a los problemas sociales no es un campo de estudio atractivo para investigadores, hacerlo es vivir una utopía como la describió Tomas Moro y que desafió en su momento Vasco de Quiroga. En 1998 se redactó la presente tesis doctoral aportando una metodología para construir proyectos de desarrollo social y un software para ser evaluados económica y financieramente, se cometió el error, como otros investigadores, de dar por sentado que la definición de producto estaba elaborada correctamente, y solo era necesario obtener los recursos para poder construir una fábrica agroindustrial y comenzar a generar riqueza.

Los esfuerzos de gobiernos federales y estatales de crear agroindustrias fracasaron en un alto porcentaje, 92% según las cifras de la Secretaría de Desarrollo Social del Estado de Guanajuato, al definir de manera errónea el producto al basarse en supuestos de características físicas del producto agrícola y no analizar la interacción de diferentes factores como son el clima, las condiciones de suelo, calidad del agua, prácticas ancestrales por citar algunas.

En otros casos los proyectos productivos que eran diseñados por expertos académicos tanto en universidades como en centros de investigación agrícola comenzaron a volverse eternos en su etapa de conceptualización, por lo que al sacar el proyecto a la luz para buscar los recursos, las comunidades se veían mermadas en su población al emigrar de sus comunidades preferentemente a Estados Unidos, quedando los campos olvidados generando otro problema para el país, la insuficiencia alimentaria.

Es por esta razón que se decidió a través de modelos estadísticos reducir los tiempos de diseño de producto, específicamente con el diseño de experimentos logrando obtener robustez y, a través de darle valor agregado a un producto agrícola fueran la base para diseñar y construir proyectos productivos en zonas marginadas y con esto, generar a mediano plazo unidades económicas que reviertan los índices de pobreza y de carencia social.

Durante los últimos 8 años se han generado proyectos productivos a nivel laboratorio para probar dicha metodología y la hipótesis principal de reducir los tiempos de investigación de un nuevo producto o su innovación a través del diseño experimental. Se observó en los primeros años de investigación que resolver los planteamientos teóricos era relativamente sencillo con las técnicas estadísticas, pero el verdadero reto consistía en generar los modelos basados en situaciones y circunstancias reales, en otras palabras construir el diseño experimental.

A través del uso de algunas técnicas de creatividad como son la lluvia de ideas, la construcción de mapas mentales, Triz y la ingeniería del pensamiento fue muy sencillo abstraer de la realidad

factores, variables, niveles y diseñar un modelo matemático el cual sería resuelto a través de las técnicas estadísticas que se detallan en el cuerpo de la tesis.

Esta ardua labor no hubiera sido posible sin el apoyo de las autoridades del departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Querétaro, específicamente a la Dra. Beatriz Murrieta, el MC Horacio Vázquez Feijoo y el Dr. José Manríquez quienes apoyaron mis investigaciones y su publicación en diferentes foros y congresos.

Nombrar a todos mis ex alumnos de la materia de diseño de plantas industriales y diseño de experimentos sería interminable, pero agradezco a cada uno de ellos por haber probado la metodología en el diseño de nuevos productos y hacer las pruebas experimentales para tener los datos necesarios para aplicar las técnicas de diseño de experimentos y generar información estadística inferencial que permitiera generar conclusiones a las investigaciones.

Al personal de la Biblioteca del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Querétaro quienes facilitaron mi labor de investigación al conseguirme todo el material bibliográfico que solicitaba para construir esta tesis que no se encontraba en el acervo, su orientación y enseñanzas para manipular de manera eficiente las bases de datos, especialmente agradezco a la Directora la Ing. Zaira Rodríguez quien creyó en esta investigación y aprobó compras y solicitudes externas de material bibliográfico.

A mis Padres quienes sembraron en mí la semilla del desarrollo social y de aportar el pago de mi hipoteca social a mi comunidad al haber logrado mis estudios universitarios.

A mis dos pequeños que son la inspiración de mi vida, Cielo y Sergio.

A Camila W., que llegaste a mi vida justo en el momento que necesitaba creer en mí como tu lo creías.

A la familia y amigos cercanos o lejanos que estuvieron apoyando la investigación, en especial a los hermanos que la vida nos regala, Dulce, gracias mil e infinitas por todo tu apoyo y soporte.

Finalmente al Doctor Joaquim Lloveras Macia, director de esta tesis de quien he aprendido el gusto a la labor de investigación científica y que se ve reflejado en este documento.

Índice de Tablas.

Tabla 1.1.	Causas del por qué no se usa DOE en las empresas obtenidas de encuesta y entrevista realizada en diferentes empresas.....	37
Tabla 2.1.	Parámetros críticos para el diseño de nuevos productos agroindustriales ..	50
Tabla 2.2.	Rendimiento promedio y potencial de algunas especies estratégicas en la región	55
Tabla 3.1.	Proposiciones conjuntivas	75
Tabla 3.2.	Proposiciones disyuntivas	76
Tabla 3.3.	Proposiciones condicionales	76
Tabla 4.1.	Clasificación de los diseños experimentales	83
Tabla 4.2.	Datos de grosor de corte de dos máquinas	85
Tabla 6.1.	Datos en mg de afinia por localidad y tipo de cultivo	108
Tabla 6.2.	Tabla de Anova del experimento de zonas de cultivo	108
Tabla 6.3.	Datos en toxicidad por miligramo	111
Tabla 6.4.	Tabla de Anova de toxicidad por miligramo	111
Tabla 6.5.	Experimento 2K	112
Tabla 6.6.	Tabla de Anova para factores A y B en ungüento base chilcuague	113
Tabla 6.7.	Porcentaje de bacterias eliminadas por aceite	115
Tabla 6.8.	Elección de los factores y sus niveles	121
Tabla 6.9.	Tabla de Matriz de trabajo inicial para diseño factorial de duraznos	122
Tabla 6.10.	Definición de hipótesis de trabajo para diseño factorial de duraznos	123
Tabla 6.11.	Definición de los factores y sus niveles de un diseño de experimentos factorial	124
Tabla 6.12.	Matriz de trabajo inicial	125

Tabla		
6.13.	Hipótesis definidas y explicadas	126
Tabla	Niveles de factor 2k	
6.14.	.....	130
Tabla		
6.15.	Muestras aleatorizadas con los resultados de las pruebas al envase	133
Tabla		
6.16.	Diseño del experimento del dulce base pulpa de mango	145
Tabla		
6.17.	Características físico-químicas del dulce a base de pulpa de mango	148
Tabla		
6.18.	Características microbiológicas del dulce a base de pulpa de mango	148
Tabla		
6.19.	Niveles en porcentaje de agua para dulce de pulpa de mango	149
Tabla		
6.20.	Tabla de diseño experimental aleatorizados	150
Tabla	Tabla de Aspectos fisicoquímicos que debe cumplir una manteca vegetal	
6.21.	.	152
Tabla	Tabla de aleatorización de las pruebas para la elaboración del experimento	
6.22.	.....	153
Tabla		
6.23.	Resultados de las pruebas de pulpa de mango	154
Tabla		
6.24.	Análisis de varianza de pH	154
Tabla		
6.25.	Análisis de varianza de °Brix	155
Tabla	Resultados diseño de experimentos	
6.26.	.....	156
Tabla		
6.27.	Resultados estadísticos de las pruebas de pulpa de mango	158
Tabla		
6.28.	Análisis de varianza de °Brix	159
Tabla		
6.29.	Análisis de varianza de pH	159
Tabla	Análisis de varianza de acidez	
6.30.	.....	159

Tabla			
6.31.	Diseño experimental para manteca de mango		161
Tabla			
6.32.	Tabla de Anova para manteca de mango		161
Tabla			
6.33.	Rendimientos de extracción de jugo en las frutas utilizadas		169
Tabla			
6.34.	Balance de masa para el jugo de alto contenido de vitamina C		169
Tabla			
6.35.	Balance de masa para el jugo de alto contenido energético		170
Tabla			
6.36.	Balance de masa para el jugo antioxidante		170
Tabla	Calor	de	escaldado
6.37.	.....		171
Tabla	Calores	específicos	frutas
6.38.	.....		171
Tabla			
6.39.	Especificaciones de deshidratado del tomate al aire libre		175
Tabla			
6.40.	Especificaciones de deshidratado del tomate en charolas giratorias		175
Tabla 7.1.	Comparación de proyectos con o sin metodología de fase creativa para el diseño		
	.....		190

Índice de figuras.

Figura	Distribución de probabilidad de Fisher	
1.1.	.....	24
Figura	Diagrama de Pareto de causas de no uso de DOE	
1.2.		37
Figura	Esquema de la metodología para la investigación de Tesis	
1.3.		41
Figura	Esquema de la Metodología que propone la Tesis	
1.4.		43
Figura	Diagrama de carencias sociales	
2.1.	.....	47
Figura	Distritos de Desarrollo Rural en el Estado de Guanajuato	
2.2.		51
Figura	Diagrama general de la metodología para delimitar las zonas potenciales para la producción de especies vegetales en el estado de Guanajuato	
2.3.		51
Figura	Localización de los municipios de la zona norte del estado de Guanajuato	
2.4.		52
Figura	Uso de fase creativas en la Tesis	
3.1.		59
Figura	Elementos necesarios para potencializar la creatividad	
3.2.		62
Figura 3.3.	Cruz de Malta del flujo de información del proyecto	65
Figura 3.4.	Diseño del sistema	66
Figura 3.5.	Representación de proposiciones lógicas a través de diagramas de Venn....	77
Figura 3.6.	Representación de proposiciones lógicas a través de diagramas de Venn ...	78
Figura 3.7.	Representación de proposiciones lógicas a través de diagramas de Venn ...	79
Figura 5.1.	Marco conceptual del proyecto	90
Figura 5.2.	Base de datos agroindustrial	91
Figura 5.3.	Llenado de la cruz de malta	93
Figura 5.4.	Ingeniería de pensamiento	95
Figura 5.5.	Metodología para la reducción de tiempo de desarrollo de nuevos productos o su innovación	97
Figura 6.1.	Composición química de la alcamida	103

Figura 6.2.	Diagrama causa efecto para determinar los factores de variabilidad del chilcuague	106
Figura 6.3.	Distribuciones teóricas del estadístico de Fisher versus el experimental	109
Figura 6.4.	Diagrama de cajas para tipo de cultivo chilcuague	110
Figura 6.5.	Interacción de los factores para la media	113
Figura 6.6.	Diagrama de cubo para el experimento 2k	114
Figura 6.7.	Histograma comparativo de aceites de ungüento	116
Figura 6.8.	Potencialidad de sembrar durazno en la región de estudio	119
Figura 6.9.	Diagrama de causa y efecto que muestra los factores que afectan el experimento	127
Figura		
6.10.	Ajuste factorial de variable de respuesta de absorción	134
Figura		
6.11.	Gráfica de Pareto de Efectos Estandarizados	135
Figura	Gráfica de efectos principales para absorción	
6.12.	.....	135
Figura	Gráfica de interacción para absorción	
6.13.	.....	136
Figura	Gráfica de contorno de Absorción	
6.14.	.....	136
Figura		
6.15.	Ajuste factorial: Humedad vs Bagazo, Almidón, Tiempo	138
Figura		
6.16.	Gráfica de Pareto de efectos estandarizados	138
Figura	Gráfica de efectos principales para Humedad	
6.17.	.....	139
Figura	Gráfica de interacción para Humedad	
6.18.	.....	139
Figura		
6.19.	Gráfica de contorno de Humedad vs Tiempo y Almidón	140
Figura	Optimización del modelo experimental de pulpa	
6.20.	.....	155
Figura		
6.21.	Optimización del modelo de néctar de mango	160

Figura		
6.22.	Porcentaje de grasa para la manteca de mango	162
Figura		
6.23.	Datos residuales para variables de respuesta de jugos antioxidantes	164
Figura		
6.24.	Datos residuales para pH promedio de jugos antioxidantes	166
Figura		
6.25.	Datos residuales para acidez promedio	167
Figura		
6.26.	Especificaciones físico-químicas del tomate deshidratado	175
Figura		
6.27.	Limetas máximas permitidas para especificaciones sensoriales del tomate deshidratado	176
Figura		
6.28.	Diagrama de flujo del proceso de producción del tomate deshidratado	178
Figura		
6.29.	Modelo conceptual del proyecto de tomate deshidratado	179
Figura		
6.30.	Funcionamiento deshidratador solar	180
Figura		
6.31.	Inversión pública en desarrollo social Estados Unidos Mexicanos 2010	182
Figura		
6.32.	Inversión pública en desarrollo social Estado de Guanajuato 2010	182
Figura		
6.33.	Inversión pública en desarrollo económico Estados Unidos Mexicanos 2010	182
Figura		
6.34.	Inversión pública en desarrollo económico Estado de Guanajuato 2010	183
Figura		
6.35.	Matriz de referencia de velocidad del viento y generación de KWH	185
Figura		
6.36.	Matriz de dictamen de usos y fuentes de energía para el invernadero	187

Índice de fórmulas

	Modelo estadístico de Anova	
Fórmula 1.1	.....	23
	Hipótesis de comparación para medias pareadas de DOE	
Fórmula 4.1	.....	84
	Estadístico de prueba t	
Fórmula 4.2	.....	84
	Varianza muestral	
Fórmula 4.3	.....	85
	Suma de cuadrados totales	
Fórmula 4.4	.....	86
	Suma de cuadrados del tratamiento	
Fórmula 4.5	.....	86
	Suma de cuadrados del error	
Fórmula 5.6	.....	86

I. Introducción.

El diseño de nuevos productos y su innovación ha sido el motor que ha transformado la humanidad ya que ha mejorado nuestro nivel y calidad de vida con inventos tanto en productos y procesos. La inquietud de la mejora continua ha estado en los genes del ser humano desde siempre, esta circunstancia es un herencia que posee el investigador hoy en día ya que nuestra dinámica diaria es conceptualizar requerimientos y necesidades, la mayoría de las veces abstractos, que demanda el mercado para plasmarlos en modelos físicos y tangibles para después seleccionar los materiales adecuados que configuran el producto final y, que sean económicamente viables para ser desarrollados.

El tiempo es una de las variables más importantes y en la fase de conceptualización y definición, que también es conocida como investigación y desarrollo, debido a que demanda la mayor inversión de este recurso en conceptualización, pruebas de laboratorio, construcción de prototipos, mejoras en materiales y materias primas, simulación de procesos de fabricación para determinar la durabilidad del producto así como su caracterización para las pruebas de seguridad y normas internacionales, por lo que encontrar nuevos procesos a través del desarrollo de técnicas y herramientas que permitan reducirlo para lanzar el producto en el menor tiempo posible es un campo fértil y bien visto por los investigadores.

Nuestra generación [Sena 2008] es privilegiada, estamos en una era avanzada por el desarrollo de tecnologías, herramientas de cálculo y computo, inventos, filosofías y plataformas sistémicas que facilitan el trabajo de investigación y lo reducen al manejo de un ordenador, no obstante [Pérez-Tamayo, 2006] la mentalidad de experimentar en base a prueba y error en ciertas partes de la investigación y decidir con referencia a su experiencia, genera desarrollos casi perfectos, que si bien cumplen su función, llegan en tiempo tarde al mercado con un precio de producción más alto al presupuestado, debido a que estos consumen una gran cantidad de meses y hasta años, y en muchas ocasiones el producto tiene un tiempo de vida corto en el mercado, como consecuencia que la inversión no retorna. Esta circunstancia provoca un área de oportunidad al generar procesos y metodologías que permitan disminuir tanto el tiempo como los costos.

Investigaciones periodísticas [Contreras, 2008] citan a centros de investigación en México como son el CONACYT y el CIMMYT y cuestionan el por qué la industria nacional e internacional que invierten en capacitación y la adquisición de avances tecnológicos no logran reducir sus tiempos de desarrollo acorde a las expectativas de dicha inversión y cuando los productos son lanzados al mercado, cuáles son las causas por las cuáles en la etapa de producción masiva es tan común encontrar problemas de diseño. Productos, partes, componentes o materiales aunque son sometidos a severas pruebas de confiabilidad presentan fallas que inclusive provocan accidentes

generando un decremento en la productividad así como un costo que reduce las ganancias de los inversores, pero aun así no se perciben acciones concretas para afrontar el problema.

La presente investigación da respuestas a los cuestionamientos anteriores, a través de una hipótesis que plantea que la ausencia de un proceso sistémico y disciplinado del conocimiento del producto así como la definición de un marco teórico que involucra a todo nuevo producto o su innovación, así como la elección y aplicación de la adecuada técnica de diseño experimental que genere como resultado los parámetros adecuados necesarios para construir un el diseño de un producto agroindustrial para construir un proyecto de desarrollo social.

Hay que destacar que esta problemática no es exclusiva de los países latinoamericanos, Fiju Antony en su artículo *Teaching the Taguchi Method to Industrial Engineers*, [Antony, 2001] narra la problemática en el Reino Unido para el uso de la estadística en la ingeniería industrial en la que la mayoría de los ingenieros evoca temor la estadística y en otros casos, los recién egresados de las universidades pueden resolver los ejemplos del texto y del salón de clases, pero no pueden aplicar los conceptos de DOE (Diseño de Experimentos por su acrónimo en inglés) en su área profesional.

En los últimos años se han desarrollado investigaciones en las universidades para determinar cuáles son las expectativas de la industria moderna y como se están desarrollando la transferencia de esos conocimientos a los futuros ingenieros en el área de la estadística matemática [Czarnocha & Prabhu, 2004]. Se debe destacar los esfuerzos de las universidades por cambiar la enseñanza de los modelos matemáticos teorizados a modelos prácticos en donde es más sencillo para el estudiante entender cómo se pueden aplicar formulas tan complejas en la vida cotidiana, esto les permite asimilar la teoría y basados en los modelos de creatividad desarrollos escenarios en donde se pueden aplicar los conocimientos y generar soluciones prácticas.

Hasta este momento, se ha mencionado la importancia y relevancia que tiene la estadística aplicada, concretamente el análisis y diseño de experimentos en el proceso de generación de nuevos productos o su innovación, y si asumimos que la importancia de la ciencia y la tecnología es resolver los problemas de la sociedad, el presente trabajo de tesis doctoral se enfoca si bien a reducir los tiempos de desarrollo, también impactar económicamente las zonas de pobreza extrema en México, denominadas zonas marginadas al utilizar la riqueza de la biodiversidad de esas regiones y explotarlas de una manera razonada y en armonía con la naturaleza generando productos nuevos e innovadores que subsanen necesidades del mercado, generando este proceso una dinámica de ganar – ganar.

La investigación de campo se hizo prioritariamente en las poblaciones enclavadas en la Sierra Gorda, en los estados de Guanajuato y Querétaro, así como en otros estados ricos en diversidad

de productos agrícolas como es Michoacán, Sinaloa y Nayarit entre 2008 y 2014, (en el anexo 2 se encuentran los mapas que señalan estas regiones a detalle) teniendo mayor énfasis en el municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato. El uso de laboratorios e instalaciones tecnológicas fueron facilitadas por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Querétaro a través del formato la colaboración en el servicio social universitario, proyectos CAD y prácticas profesionales a futuros egresados.

A continuación, se presenta el estado del arte de las técnicas de fase creativa y diseño de experimentos en la solución de problemas de ingeniería y como al darles solución como beneficio colateral se reducen tiempos de desarrollo y de curva de aprendizaje para la fabricación masiva, también se presenta el estado del arte de la aplicación de las técnicas de DOE en el sector agrícola y, finalmente como el uso de la energía renovable desde un punto de vista en que la inversión inicial del equipo es en base a donativos o convenios de colaboración reduce el costo de fabricación y de operación de unidades de operación agrícola.

1.1 Estado del Arte.

El estado del arte se ha dividido en dos partes, la primera analiza la literatura tanto en libros, disertaciones, tesis y ponencias presentadas en congreso y debidamente publicadas de las técnicas de Análisis y Diseño de Experimentos y el uso Fase creativa, desde la perspectiva del por qué son las adecuadas para la reducción de los tiempos de diseño de nuevos productos agroindustriales y que ventajas tienen sobre otras técnicas similares y que no son tomadas en el desarrollo de la presente tesis, la segunda parte analiza la literatura actual para la construcción de la metodología que será el resultado de esta investigación así como las investigaciones sobre productos agrícolas de productos previamente seleccionados bajo los criterios de alta productividad y viabilidad de cultivo en la zona de la investigación, se comentara sobre cada bibliografía de manera general el por qué se ha seleccionada así como para cada técnica una breve explicación debido a que son ya conocidas y no se pretende demostrar nada nuevo en este rubro, sin fundamentar el por qué son importantes en la primeras etapas de la metodología.

1.2 Técnicas Estadísticas y de Fase Creativa.

Para el desarrollo de esta tesis de investigación fue necesaria la aplicación de técnicas de estadística descriptiva e inferencial, describir cada uno de ellas no aporta conocimiento nuevo, pero el cómo usarlas y tratarlas para consolidar la información descriptiva y después y sea la base para aplicar técnicas de estadística inferencial como es la regresión lineal y diseño de

experimentos si aporta una metodología innovadora específicamente en el diseño de agroindustrias.

Dentro del estudio de la estadística descriptiva, realizamos análisis de media, varianza y desviación estándar de la población sujeta de estudio, en este caso zonas catalogadas como de pobreza extrema en donde en base a la información proporcionada por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA) así como la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), esta información permitió hacer análisis de correlación entre variables sensibles como son los indicadores de pobreza, productos agrícolas de alto potencial, propiedades de las tierras de cultivo, condiciones climáticas y con esto determinar las zonas objetivo para implementar los proyectos de desarrollo social, las agroindustrias, con la cual validamos el trabajo de investigación.

1.3 Diseño de Experimentos.

El diseño de experimentos fue formalizado por Sir Alex Fisher [Fisher,1925] cuando estaba realizando análisis de biométrica genética en 1918 después de la primera guerra mundial en Inglaterra, inclusive estos análisis superaban métodos similares como el de correlaciones, desde este momento el análisis de varianza que se formalizo en el libro publicado bajo ese mismo nombre en 1925 se volvió un referente en la investigación científica, varias aplicaciones y derivaciones de estos análisis han permitido profundizar y desarrollar conceptos de control estadístico como lo es six sigma, al grado que DOE es la estructura estadística matemática en donde descansa dicho concepto. Posteriormente en la industria ganó fuerza debido a la aplicación de estas técnicas estadísticas al diseño robusto realizado por el japonés Genichi Taguchi [Ross 1995] lo cual provoco su uso en calidad, específicamente al control estadístico de los procesos y en los últimos años debido a la aparición de six sigma se ha convertido en uno de los pilares de la mejora continua.

Para comprender el diseño de experimentos de debe partir del concepto de varianza, que para esta investigación se considera su concepto más importante, ya que define la incapacidad de un proceso de replicarse exactamente bajo las especificaciones diseñadas (media estadística) por ejemplo, una de las variables a considerar en la deshidratación de un tomate es el porcentaje de agua que contiene, no todos los tomates pueden deshidratarse en el mismo porcentaje de agua, hay una variabilidad, entre menor sea este significa que el proceso es bueno, si la variabilidad es grande entonces se entiende que el proceso no está bajo control provocando un incremento en el costo y un decremento en la calidad. Controlar la variabilidad es uno de los objetivos del diseño

de experimentos y esto se logra al encontrar los parámetros adecuados de las variables que controlan el proceso bajo los cuales la variabilidad se controla.

Actualmente en el campo mexicano la tecnificación solo se da en aquellos cultivos que son sujetos de calidad por parte de corporaciones agroindustriales que dominan el mercado nacional e internacional, que esa misma tecnología pueda transferirse a las tierras de cultivo pertenecientes a la gente pobre es poco probable, por lo que al estar desarrollando los proyectos de desarrollo social fue necesario traducir esta tecnología en términos sencillos que la gente pudiera comprender y por consecuencia implementar. Para lograr este objetivo se creó la asociación Creyendo en Ale, Alimentación, Liderazgo y Educación para la niñez quien ha realizado la labor de transferencia de conocimiento y de enlace con las comunidades en donde se han desarrollado proyectos.

En las zonas marginadas sin ayuda técnica, el diseño de un nuevo producto por parte de los agricultores está basado en las prácticas empíricas y artesanales de prueba y error y el conocimiento heredado, si tomamos en cuenta que en las zonas pobres carecen de servicios como gas y electricidad, variables como temperatura y humedad no solo son difíciles de controlar, en la mayoría de los casos no existen. Ahora bien, el diseño de un producto está orientado en una sola dimensión, -el autoconsumo- y si hay excedentes, a la comercialización en las poblaciones cercanas. Este modelo de negocios les permite subsistir pero no generar una economía que les permita reducir la desigualdad social.

La introducción de herramientas estadísticas para solucionar problemas de actividad humana solo fueron posibles al agregar más de una dimensión el diseño del producto, y de esta manera se hicieron más sofisticados los análisis, pero como beneficio se diseñaron productos robustos y todo gracias a la determinación de rangos adecuados para las variables bajo estudio. El modelo estadístico se encuentra en la fórmula 1.1.

$$SCT = SCt + SCe$$

Fórmula 1.1. Modelo estadístico para ANOVA [González, 2007]

La suma de cuadrados de total (SCT) es igual a la suma de cuadrados del tratamiento (SCt) más la suma de cuadrado del error (SCe), en estadística este último concepto es importante, entre más pequeño sea el error, existirá menos variabilidad, por lo que entre más fuentes de variación el diseño de experimentos será mejor, por lo que durante la investigación de la tesis, se desarrollaron modelos de más de un factor lo que refinaba el diseño del producto. En este tipo de modelo típico del análisis de ANOVA el contraste se hace con el estadístico de prueba de Fisher.

En la figura 1.1 podemos observar el comportamiento de un experimento basado en un análisis de ANOVA, el valor de 2.95 es la frontera en donde el experimento se acepta o se rechaza, la hipótesis nula señala que la media de los rangos del factor o factores a analizar deben ser iguales, los valores que se encuentran a la izquierda de 2.95 cumplen con esa condición, por lo cual se acepta el experimento, esto significa que los valores que tienen los rangos cumplen la mínima condición estadística de aceptación. Los valores que se encuentran a la derecha de 2.95 rechaza la hipótesis nula y acepta la alternativa en la cual una de las medias no es igual, por lo tanto el experimento se rechaza. Pero no basta con decidir una aceptación o rechazo, sino determinar cuáles son los parámetros ideales del proceso cuando se ha aceptado, entre más cercano el valor este del origen la variabilidad es menor, obsesionarse con tener valores cercanos a cero produce un costo de fabricación alto del producto, por consecuencia también debemos analizar el coste ideal, análisis que no manejan los autores sobre estadística inferencial o diseño de experimentos.

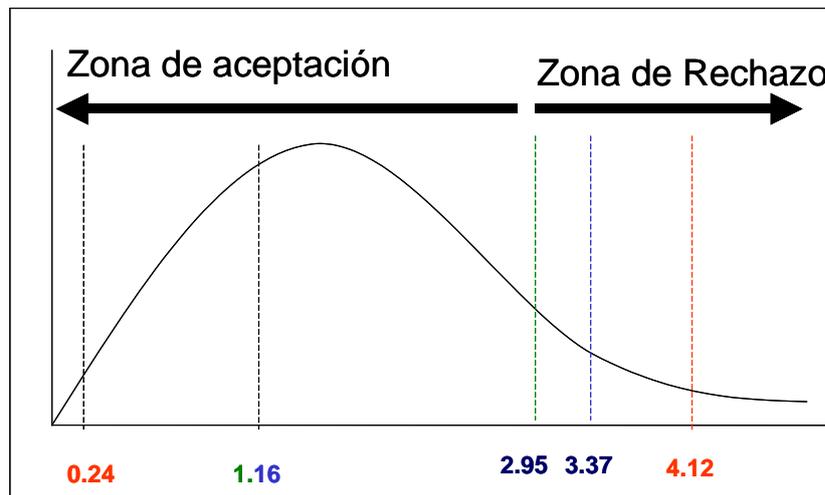


Figura 1.1 Distribución de probabilidad de Fisher. La zona de aceptación de un proyecto siempre estará definida desde el origen hasta antes del estadístico teórico, el modificar los parámetros para desplazar el estadístico de prueba lo más cercano al cero es buscar la excelencia en dicho experimento, en el gráfico podemos observar que el experimento se acepta al ser menor el valor obtenido en el experimento 0.54 contra el 4.12 que es el valor teórico en la distribución de Fisher. Fuente (*Gonzalez, Rioja, Lloveras 2009*)

El enfoque de diseño robusto introducido por Taguchi [Roy 2007], ha permitido a quienes laboran en investigación y desarrollo implantar el diseño de experimentos para reducir la variabilidad inherente a un producto, sin embargo, para aplicar DOE es necesario tener planteados correctamente el problema, identificado los factores o fuentes de variación involucrados, un planteamiento erróneo tendrá como resultado un análisis falso, Antony [Antony 2001] analiza algunas de las razones del por qué no se aplica DOE en la vida real, y sus resultados se correlacionan a la investigación de campo realizada en universidades con estudiantes y profesores, así como en la industria a gerentes e ingenieros de manufactura y calidad Varnderbandre [Varnderbandre, 2005] en su artículo Design of Experiments for Dummies comenta que para

quienes comienzan usar el diseño de experimentos suele parecer algo complejo y confuso, sobre todo por el enfoque y uso de la estadística, investigando con más profundidad y realizando estudios de campo en un espectro mayor de universidades y empresas las causas comienzan a diversificarse, pero la presente tesis no pretende encontrar las razones de fondo del temor al uso del diseño de experimentos, pero si fundamentar el por qué no es usada en el ámbito de la ingeniería.

Compañías de alta ingeniería como Hewlett Packard, Motorola, Sony, Kodak, Cannon, IBM, Apple, por citar solo algunas, en sus departamentos de R&D es imprescindible el uso del diseño de experimentos en las fases de investigación [Kappele 1999] y, a pesar de los grandes beneficios DOE no es sistematizado en todos sus laboratorios, sin embargo es una práctica común el uso de los métodos estadísticos en el control estadístico de la producción y, solo en algunas cuantas de sus plantas y entidades su uso es mandatorio, algunas de las soluciones obtenidas por el uso de DOE se encuentran las proporciones adecuadas de las tintas usadas por los cartuchos en HP, la textura del papel de fotografía en Kodak, los sensores para la captura de imágenes digitales [Delametter, 2009]

El origen de DOE se dio en la investigación agrícola, y esta disciplina está muy unida al uso de la estadística tanto en la rama descriptiva como en la inferencial como lo analiza en el documento Estadística y Agricultura [Alonso, 1990], esta tesis se ha propuesto validar la hipótesis estadística que junto a otras técnicas como son la fase creativa y el control estadístico de procesos el diseño de experimentos es una variable capital para el diseño e innovación de nuevos productos y, que estos sean robustos y conceptualizados totalmente en el menor tiempo posible, obteniendo como resultado productos de alta calidad y bajo costo [Bhote 2000].

Hay precedentes del uso de experimentos en horticultura, en Experimental design factors affecting error variation in orchardgrass [Casler & Tageldin 1996] se resume los resultados de la investigación para el cultivo de un pasto europeo llamado orchard grass por los americanos y australianos, que es manipulando en diferentes factores como eran la temperatura, humedad, propiedades de la tierra de cultivo por citar algunas para formar diseños agrupados en bloques, de una manera muy creativa los valores que forman los tratamientos para que al ser analizados a nivel sistémico se obtengan los resultados esperados, determinan la densidad y características que requiere este pasto para alcanzar su máxima calidad y productividad .

Ahora, este estudio si bien refleja la importancia y el gran valor que tiene DOE para la agricultura, está limitado a estudios en los cuáles el análisis simultaneo de factores no es mayor a 6, y para el desarrollo de nuevos productos agroindustriales se requieren análisis multifactoriales con espectros de tratamientos que pueden llegar a más de 100 valores, en Constructions and combinatorial problems in design of experiments [Raghavaro & Damaraju 1988] los autores

plantean técnicas de análisis multivariantes que asemejan a lo que se persigue en esta investigación de tesis, haciendo también énfasis en análisis ortogonales necesarios para los análisis de propiedades de suelo [Lyon 1911] haciendo énfasis en la estimación de los errores estadísticos que pueden darse en esta clase de experimentos.

Hay que recordar que la clave de un diseño de experimentos exitoso está en la definición del problema a investigar, es decir, generar un proceso desde el punto de vista sistémico, de tal manera que el experimento a analizar pueda verse como un conjunto de elementos interactuando entre sí para lograr un fin común afectados por variables internas y externas como el medio ambiente, por lo que es necesario analizar las técnicas de ingeniería de sistemas, sus características, alcances y limitaciones para que dependiendo de la circunstancia requerida en la investigación [Moreira, 2004], el enfoque sistémico para esta investigación se basa en la conectividad de la información en el estudio sobre La Cruz Maltesa [Wilson, 1980] y el enfoque de teoría de sistemas de Checkland [Checkland, 1993]

El diseño de experimentos (DOE) es una herramienta poderosa en manufactura, sin embargo su incorporación en las fases de creatividad e innovación para el diseño de nuevos productos no es aprovechada al máximo por ingenieros y científicos, en algunas ocasiones la falta de una cultura disciplinada en el desarrollo de estrategias de ingeniería, en otras ocasiones el miedo a usar métodos estadísticos, la incapacidad de abstraer de la realidad modelos matemáticos para ser analizados, y la displicencia en el uso de esas técnicas son los factores que hacen que DOE no sea usado masivamente en el desarrollo de nuevos productos [Delametter, 2009]. En el Reino Unido se han hecho investigaciones para determinar el por qué los ingenieros no aplican las técnicas ya no solo de diseño de experimentos, sino de la estadística en la solución y análisis de los problemas del día a día en la industria, una típica respuesta de los ingenieros consultados es: “yo puedo hacer los problemas del libro, pero no me siento cómodo ni seguro aplicando los conceptos y principios de DOE en mi área de trabajo. Los siguientes puntos son claves de la inadecuada conceptualización y uso de DOE en la industria.

- La palabra estadística involucra temor en muchos ingenieros industriales cuando dejan las universidades en el Reino Unido sin un completo entendimiento del poder de la estadística y por lo tanto, evitan su uso dentro de su competencia profesional.
- Solo unos cuantos graduados en ingeniería han aplicado técnicas de control estadístico, método de Taguchi, diseño robusto, lo que representa otro síntoma del poco uso de esta herramienta.
- Ingenieros consistentemente evitan el uso de técnicas de estadística aplicada en la optimización de procesos y control de calidad, cuando son usadas se evidencia una falta de conocimientos en la interpretación y la inferencia de información.

- Una falta de comunicación entre los mundos de la academia y la industria.

Así como es importante señalar los beneficios, lo es más notar los riesgos de DOE [Kang, Doerr, Sanchez; 2006], la estadística inferencial representa para el ingeniero lo que los estudios clínicos, radiografía tomografías y ultrasonidos al médico, así que la interpretación correcta de los datos e infiriéndolos a la toma de decisiones adecuadas en el campo de trabajo es un trabajo delicado que supone un conocimiento previo sobre la disciplina en la cual se ha realizado el diseño de experimento, pero quizás, el más grande de los riesgos al usar DOE es el planteamiento erróneo de las variables de salida, o dicho en otras palabras, el planteamiento correcto del problema, Montgomery (2009) sugiere siete pasos para el uso correcto y eficiente del diseño de experimentos:

- Identificación y enunciado del problema.
- Elección de los factores, niveles y los rangos.
- Selección de las variables de salida o respuesta.
- Elección de la técnica de diseño experimental.
- Realización del experimento.
- Análisis estadístico de los datos.
- Conclusiones y recomendaciones.

Las primeras fases de la investigación y desarrollo de nuestros productos agroindustriales toman lugar en los laboratorios de ingeniería de alimentos, pero antes de llegar ahí es necesario plantear y realizar diseños de experimentos basados en la información que se concatena de las bases de datos tanto de características de suelo como de propiedades de los cultivos, esto para hacer un primer filtro y encontrar aquellos productos que son viables, sobre estos se realizaran técnicas de fase creativa para determinar qué valor agregado se les puede dar para que la innovación llegue con éxito a la comercialización, esta etapa es crítica debido a que será casi en su totalidad un análisis abstracto de la información hasta que sean tratados dichos experimentos ya en los laboratorios con los cuales se deberá tener mayores consideraciones al momento de inferir la información [Gleixner, Young, Vanasupa, Dessouky, Allen & Parent 2002].

1.4 Fase Creativa.

Al día de hoy las técnicas de fase creativa son múltiples y variadas, algunas se centran en la solución de problemas de actividad humana, otras a la solución de problemas tecnológicos y algunas más son híbridos que dan solución a ambos, nuestro interés en el uso de estas técnicas es usar, adecuar y potencializar aquellas herramientas que pueden dar mayor valor agregado en la solución de problemas para las tempranas fases del ciclo de vida de un producto, considerando las que definan correctamente el problema de investigación hasta aquellas permitan dar solución a los problemas que se enfrentaran para el logro de los objetivos.

En la primera parte del estado del arte se describe la importancia del diseño de experimentos, pero en esta fase se da por hecho que el diseño está bien realizado, es decir, que se ha planteado adecuadamente la abstracción de la realidad (situación problemática) en un modelo que puede ser matizado y encontrar su solución, aquí radica la importancia de la fase creativa ya que permite analizar la realidad de tal manera que podamos abstraerla y matematizarla en un diseño que puede ser solucionado por herramientas estadísticas.

Lo primero que se define es la creatividad desde el punto de vista del diseño de nuevos productos, por lo que podemos expresarla como la capacidad de generar nuevas ideas más prácticas para la solución de una necesidad y del diseño de problemas, como característica se debe señalar que no está limitada a unas pocas personas, sino que se hace énfasis a que cada persona tiene un potencial creativo, también se puntualiza que cada innovación requiere una estrategia creativa, donde cada una de estas usa el pensamiento creativo como una variable que evoluciona e introduce exitosamente innovaciones como un impulso en el cambio tecnológico, provocando con esto que la solución creativa de los problemas no radica básicamente en el desarrollo de nuevos productos sino, con frecuencia, es una nueva combinación de elementos de pensamiento ya conocidos pero aún no ligados entre si. Por lo tanto, la creatividad es el resumen y reestructuración del conocimiento en relaciones y conexiones nuevas [Ugalde 2009].

El siguiente paso es analizar como se forma el pensamiento creativo para poder dar lugar a la selección de las técnicas para generación de nuevas ideas y las de solución de problemas tecnológicos, se toma en cuenta que a lo largo del proceso evolutivo se ha desarrollado dos partes en nuestro cerebro con funciones complementarias. El cerebro izquierdo, centrado en lo exterior, con pensamiento lineal, dominio de la lógica, el lenguaje, la razón y dedicado al análisis. Y el cerebro derecho, centrado en el interior, con pensamiento abstracto, instintivo, dedicado a la asociación, la síntesis y la intuición.

Cuando se enfrenta tanto el reto de diseñar un nuevo producto como en la solución de un problema de producción, uno de los procesos más importantes que se deben realizar es “Parar el Mundo”

[González, 2009], esto significa que aquí comienza todo el proceso creativo, con detener el tiempo y abstraerse por algunos momentos de toda distracción externa e interna para analizar y entender qué cuál es el objetivo de la investigación, del proyecto o la solución que se busca, automáticamente comienzan las primeras técnicas de fase creativa a trabajar en nuestra mente de manera inconsciente para atomizar el contexto de la situación problemática o las especificaciones de la nueva idea que se está generando, y con esto se procede a explicar muy brevemente las técnicas junto a las referencias de documentos y autores que las han manejado desde el punto de vista que desea hacerlo este trabajo de investigación. A continuación se hace una breve descripción de las técnicas de fase creativa de más uso en la industria y academia en México.

1.5 Técnicas para generar ideas para el desarrollo de nuevos productos.

1.5.1 Brainstorming.

Esta técnica también es conocida en castellano como lluvia de ideas [Milliken 2003] por sus características se dividen en:

- Clásico
- 6-3-5
- Pool
- Alternancias
- Alternancias y comentarios

Se puede partir en la explicación de esta técnica con el Brainstorming Clásico, es el más común y todos alguna vez lo hemos realizado consciente o inconscientemente, llamado en Latinoamérica como lluvia de ideas, consiste en reunir un grupo de trabajo, que puede ser multidisciplinario o unidisciplinario en el cual se busca la solución de un problema y/o la búsqueda de nuevas ideas. Por lo general el ambiente debe ser controlado por un moderador o líder del equipo, se establecen criterios para respetar las ideas, pero no para inhibir la producción de estas. Los miembros del equipo comienzan a dar sugerencias o crear soluciones, todas se toman en cuenta y se da un límite de tiempo para generarlas, al final se analiza cada una de ellas en términos de factibilidad hasta dejar solo aquellas que son viables. Esta técnica rinde excelentes resultados en una segunda vuelta al analizar cada una de las características del problema y depurar la generación de ideas a través de mejorar las ideas propuestas previamente por el equipo.

1.5.1.1 Ingeniería del Pensamiento.

La ingeniería del pensamiento es una técnica conceptualizada por el Profesor Luis Claudí, [Claudi, 1995, 2004] y sistematizada por el autor de la presente tesis, en la cual se matematiza o asocia a través de teoría de conjuntos las ideas generando un apasionante modelo de creación de nuevos productos. Las ideas o conceptos tiene un proceso lógico, que muchas veces para su obtención se basa en la experiencia o la prueba y error de conceptos, lo cual no es malo en situaciones en donde el tiempo y la velocidad de respuesta no es una variable crítica, y los recursos económicos no fueran una restricción cuando se está diseñando o trabajando en un laboratorio de nuevos productos.

Para esto, la prospectiva es sumamente importante, una característica que en los procesos de generación de nuevas ideas no está muy de la mano, la prospectiva busca soluciones no para el inmediato o corto plazo, sino soluciones al mediano y largo plazo y que tengan un enfoque sistémico. Al hablar sobre un enfoque sistémico o de ingeniería de sistemas buscamos enfatizar en que el todo es la suma de las partes, o como reza la definición de sistema, un conjunto de elementos entrelazados entre sí para lograr un fin común. Si tomamos la prospectiva, la ingeniería de sistemas y matematizando a través de teoría de conjuntos nuestro resultado es la ingeniería del pensamiento.

Una manera sencilla de sintetizar la ingeniería del pensamiento es plantearlo a través de teoría de conjuntos, en donde se analiza la pertenencia y la no pertenencia de estos que son a su vez, formados del “Universo” que la ingeniería del pensamiento lo define como la gran base de datos que existe en el mundo, desde el cerebro humano, bibliotecas y el conocimiento que se puede obtener de objetos inanimados. La lógica de la ingeniería del pensamiento es, además de hacer un enfoque sistémico, que bien se puede observar al analizar los conjuntos formados es generar ideas que tengan un sentido, con lo cual ahorramos tiempo en descartar aquellas que no sustentan una lógica o una intención de solución real.

Por ejemplo, si se define que el conjunto A representa las soluciones de un problema, el conjunto B los elementos que son válidos para su prospectiva y C aquellos valores que lo hacen rentable, la unión de los tres conjuntos genera una idea factible, en cambio, si alguno de estos no pertenece, podemos notar que la idea en un momento dado es buena, pero no excelente o, si no pertenece ninguno de los grupos podremos definir que la idea simplemente no es viable. Con la algebra de conjuntos estas ideas se asocian a un modelo matemático que apróxima a buscar las soluciones cuando no hay pertenencia o los conjuntos no se intersectan.

En la práctica profesional se pueden generar ideas medianamente buenas, siempre y cuando la solución pertenezca tanto a la prospectiva o a la rentabilidad, pero ideas que no son buenas y son económicas factibles o tiene prospectiva, simplemente se descartan. En esta tesis de investigación

la ingeniería del pensamiento ha permitido definir un producto así como definir el diseño experimental.

1.5.1.2 Mind Maps.

También conocido como “mapas de buzan” [Buzan, 1993] es una técnica visual de solución de ideas, que correlacionan de manera sistémica y sistemática las diferentes características y/o unidades del problema, podría decirse que es una descripción pictórica de las características y de la ramificación que estas pueden afectar en la solución de un problema o la generación de una idea nueva.

Un mind map es siempre creado alrededor de una sola palabra, frase o texto (breve) colocado en el centro, en el cuál se asocian ideas, palabras y conceptos, las ideas son insertadas dentro del mapa de tal manera que se va generando una especie de ramificación alrededor del centro o del nodo, el proceso no implica priorizar en la generación de estas ideas, pero si asegura la secuenciación de los arreglos formados.

La importancia del mind map es la descripción pictórica de procesos, de tal manera que se pueden armar o enlazar las relevancias e impactos entre cada una de las actividades, también se puede visualizar los conectores, que pueden ser en este caso la información o requerimientos que requiere cada actividad precedente, y se puede agregar información como los requerimientos de calidad y funcionalidad, estos conectores pueden detallar si una actividad requiere más de una precedencia y, cual es el entregable para la subsecuente actividad. Un mind map es muy útil al conectar tanto las entidades como las variables entre los diferentes procesos, así como vincular los problemas de ingeniería y de actividad humana, uno de los mayores usos que se les dará durante la investigación de la presente tesis es para representar la sistematización de los diferentes elementos que se estarán conectando entre sí para lograr la meta de tener agroindustrias exitosas.

1.5.1.3 TRIZ.

Creada en los años 60`s el TRIZ diseñada por Althuller [Altshuller, 1946] es una herramienta para el diseño y mejora de nuevos productos basada en el análisis de una base de datos con soluciones ya realizadas anteriormente [Dodge 2007], en la actualidad ha cobrado un gran auge como metodología que ayuda a la generación de nuevas ideas y soluciones sumamente creativas [Raviraj, 2006]. Basados en esta técnica se construyó en la fase de diseño del producto una base de datos que contiene la información, por citar algunso de clima, genética del cultivo, características de abono y fertilizante, estudios de suelos de la zona norte del estado de

Guanajuato, específicamente del municipio de San Luis de la Paz que genera como resultado la sugerencia de productos agroindustriales que tienen un valor agregado y que la industria tiene interés en abastecerse de ellos ya sea como materia prima o como producto terminado.

1.6 Técnicas para la solución de problemas de fabricación.

El alcance de la tesis abarca la etapa de transición entre el diseño del nuevo producto y su fabricación, en donde se presenten problemas de diseño de producto y proceso de fabricación, que requieren el uso de técnicas específicas para la solución de estos problemas y en el menor tiempo posible revasar la curva de aprendizaje y llevar la productividad a los estándares esperados por los líderes del proyecto.

El control estadístico de procesos (SPC por sus siglas en inglés) es una técnica basada en el análisis estadístico del comportamiento de proceso de fabricación, permite detectar en dónde está el problema, pero no ofrece una solución, es ideal para detectar problemas con las materias primas y los procesos de fabricación. Parte del supuesto que el persona asignado a trabajar esta técnica tiene conocimientos sólidos de estadística. Preferentemente se usa para determinar la repetibilidad del proceso tanto de una parte como del proceso de fabricación, de manera sistémica se involucra diseño del producto, compras, producción, calidad y el proveedor.

1.6.1 Siete herramientas.

Impulsadas por Kauro Ishikawa en los años 60, a través del diagrama de Pareto, diagrama de dispersión, hoja de control, estratificación, el histograma, el diagrama causa efecto y las gráficas de control se determina cuál es la causa de variabilidad y o defectos del proceso, dependiendo de la situación problemática se puede aplicar una o todas las técnicas para determinar la intensidad y la focalización del problema, el diagrama causa efecto es el único que permite enfocarse hacia la solución de la causa raíz [Zhang 2000]. También parte del hecho que el personal involucrado es capaz de abstraer una situación real de fabricación en un modelo matemático, la carencia de esta habilidad provoca que se apliquen las técnicas en modelos erróneos, y por lo mismo los resultados y soluciones también son erróneas.

1.6.2 Shanin Método.

Creado por Dorian Shanin en los años 60's desarrollo una disciplina llamada ingeniería estadística, que son básicamente métodos para la solución de problemas a través de la búsqueda

de relaciones lógicas, graficas de multi variables, reconocimiento de datos e información en diagramas y relaciones [Bothe, 1991]

1.6.3 Poka Yoke.

Creada por Shingeo Shingo esta técnica se enfoca a la creación de diseños de productos y procesos en donde sea imposible cometer errores, de hecho la palabra poka yoke significa literalmente a prueba de errores, es una excelente herramienta para el diseño de maquinaria, equipo o herramental, así como en el proceso de producción [Shingo 1987].

1.7 Diseño e implementación de Agroindustrias con técnicas DOE.

En este apartado, se ha realizado una investigación tanto bibliográfica como de artículos, ponencias e investigaciones realizadas sobre el éxito de la implementación de agroindustrias en el mundo, analizar las historias de éxito y aprender de los inconvenientes y fracasos presentados y documentados, pero teniendo acotado que solo aquellas que han utilizado el diseño de experimentos en uno o varios de sus procesos, puesto que la investigación está enfocada al desarrollo de nuevos productos en este sector validando la hipótesis que a través de esta herramienta se reduce el tiempo empleado desde la concepción hasta la estabilidad en la fabricación.

Se entiende como agroindustria el proceso mediante el cual se le da un valor agregado a un producto agrícola o de herbolaria, en la industria del alimento los últimos años han representado un boom en cuánto al diseño de nuevos productos que están listos o casi listos para consumirse, cuando se habla de agroindustria se refiere al sector primario, es decir comenzar a trabajar con el producto desde que es cosechado o extraído de su hábitat natural, esto para las raíces y plantas.

Al ser esta investigación acotada a una zona específica de México, las comunidades que se encuentran en las zonas de extrema pobreza en la Sierra Gorda pertenecientes a los estados de Guanajuato y Querétaro, se da una pauta para generar un proceso de investigación y técnicas de diseño para cualquier otra comunidad que desee generar una agroindustria que sea factible desde el punto de vista técnico y económico; pero aprender de las experiencias sobre estos temas que se han realizado en otros países y con diferentes productos permitirá delinear una mejor metodología, como se comentó anteriormente, aprendiendo de las historias de éxito y fracasos.

En los campos de California, en Estados Unidos se han realizado estudios sobre la productividad del brócoli cruzando características de otros cultivos como son papas y tomates, esto significaba que se debía hacer la siembra del brócoli pero tomando en consideración valores en cuánto a cuidados y características de la siembra de otros cultivos, para después analizarlos en el laboratorio y ver el rendimiento que podían tener sobre los cultivos tradicionales, los resultados al final arrojaron que las características de luz solar propias de las papas incrementan en un 50 % el rendimiento, por lo que ahora se debe realizar las estimaciones de costo para saber si emular dichas características en una producción masiva es rentable [Santos, Gliessman y Cecon; 2002]

Para combatir la falta de alimentos en África, se han realizado también experimentos para cultivar el maíz analizando las características de la región de Mediga y Yimtenga y haciendo experimentos en el retraso o adelanto de los cuidados de la siembra del maíz, aprovechando las propiedades minerales de cada una de las dos regiones y así como las del agua que se podía coleccionar, a través del diseño de experimentos por bloques se obtuvieron los parámetros adecuados tanto del PH, tipo de semilla y fertilizante encontrándose las mezclas adecuadas para el experimento [Ouedrago, Mando y Zombre, 2001].

También es importante conocer experimentos que versan sobre cómo se puede alterar las propiedades minerales de aguas extraídas de pozos artesanales, algunos de los cuáles están contaminados al ser explotados a gran profundidad para lograr una alta productividad en determinados cultivos, en Iowa se han llevado a cabo experimentos que analizan la contaminación con arsénico del agua, y el tratamiento que se le puede dar con fósforo y aceites minerales que potencian la productividad del algodón [Barlow, Halliwell, Nash; 1999]

Las características del suelo son factores de suma importancia en los experimentos para productos agroindustriales, a través del uso de nuevas tecnologías se pueden obtener información en otros años inconcebibles, la aplicabilidad de la teledetección en agricultura se estudió a gran escala en los Estados Unidos a través de la Nasa en un proyecto denominado Inventario Experimental de Cultivos Extensivos, pues a través del satélite se puede detectar la huella que deja eventos meteorológicos a través de los años, entre otras variables proveyendo una importante herramienta estadística para poder determinar la correlación entre cultivos de alto potencial con determinadas características climáticas o, el deterioro de las características del suelo con determinados eventos meteorológicos como son sequías, heladas, etc.. [Alonso, 1990], pero también es crítico considerar la geografía, las pendientes, la mineralización de la tierra, el histórico de cultivos anteriores, la acidez o Ph así como la intensidad de rayos ultravioletas recibidos, la combinación de estos y múltiples factores adicionales determinará de una manera profesional el mejor producto agrícola a cultivar [Lyon, 1911].

1.8 Uso de energía renovable en la agroindustria.

Uno planteamiento interesante pero que no es objetivo de este trabajo de investigación es el uso de la energía renovable para operar la agroindustria y esto cobra un rol de suma importancia si se consiera que el éxito de la agricultura en México se deberá en gran medida a la reducción de los gastos de producción y operación que permitan obtener productos de una alta competitividad a costos muy accesibles, por el momento el campo mexicano salvo excepciones bien documentadas no se encuentra inmerso en una dinámica tecnológica, sino que aún tiene una buen porcentaje de artesanal y de tecnología atrasada.

Al momento que se diseñe el nuevo producto, comenzará un trabajo conjunto entre la fase de fabricación y el de investigación y desarrollo, con la finalidad de diseñar el proceso de fabricación, las especificaciones de las líneas, maquinaria y equipo, el manual de calidad, las pruebas de sanidad y de cumplimientos de normas, solo que la tesis se enfocara casi exclusivamente a cubrir el diseño de fabricación y, con esto validar la hipótesis que a través de DOE se puede reducir el tiempo de “rampa” o de “curva de aprendizaje” entre la liberación del producto nuevo por R&D y la producción masiva por parte de fabricación.

A través de aerogeneradores se pretende producir la energía eléctrica y cinética necesaria para la extracción del agua y el riego a los campos de cultivo, a través de diseños mecánicos usando la gravedad y la dinámica de cuerpos sólidos que en este caso serán los conductos de pvc que servirán de medio para el riego, [Kane, Scott, Barnyards & backyards.; 2009].

La biomasa y la energía solar son otras fuentes de energía renovable que se usaran en el diseño de los procesos y maquinarias para la producción de los productos agroindustriales, se tiene presente que al escribir esta tesis se tienen restricciones en cuánto a la generación de medios de almacenamiento de energía de bajo coste, la pila, que suele ser lo más costoso de este sistema y cuestiona fuertemente el objetivo de reducir costos de producción, pero el modelo que se usara es el del donaciones y reconversión de equipo para auto consumo, característica que si está permitida en la legislación mexicana para la generación de energía eléctrica.

1.9 Definición del problema de investigación.

El objetivo principal de esta investigación es reducir el tiempo de diseño de un nuevo producto, que en este caso es agroindustrial a través de técnicas de fase creativa y de diseño de experimentos, si hay casos de éxito en la industria implementando estas técnicas de manera individual reduciendo sus tiempos de desarrollo, ¿por qué no es una práctica común para todos?. Para determinar el nivel de conocimientos y uso en la práctica del diseño de experimentos, se diseñó y aplicó una encuesta entre ingenieros de manufactura, calidad e investigación y desarrollo de

empresas del sector agroindustrial, alimentos, electrónica, cerámica, metal mecánica y farmacéutica, se aplicaron 200 cuestionarios (Anexo 1) durante el periodo de 1997- a 2012 dentro de las mismas empresas con un proceso aleatorio de selección de los encuestados para evitar un sesgo por universidad y edad de los sujetos muestra, el resultado tiene poca variabilidad en cada año lo que indica si bien la industria al día de hoy está desarrollando estrategias de entrenamiento en Six Sigma y Lean Manufacturing [Gupta, 2001] en su procesos de fabricación y administración cuyos cimientos están en la fortaleza que les da diseño de experimentos para lograr las metas de calidad y cero desperdicios, los empleados en general no se sienten cómodos al usar métodos estadísticos avanzados y, no son capaces de plantear los modelos de solución ni definir el problema en cuestión, quienes no han recibido este entrenamiento o formación, no recuerdan cómo usar un DOE y les cuesta trabajo definir un modelo a partir de una situación problemática, al mismo tiempo que tienen serios problemas para definir un problema, ya que comúnmente lo confunden con síntomas. Se hace notar que uno de los impedimentos para el uso del diseño experimenta se debe a la accesibilidad de herramienta para calcularlo. Para experimentos con una cantidad considerable de réplicas y multifactorial es necesario un software estadístico que ayude a hacer los cálculos, no todas las empresas tienen acceso a este tipo de software, y el uso de Excel se vuelve complejo. Durante la investigación de tesis se usó el software estadístico Minitab.

Como se mencionó al principio de la definición del problema de investigación, la encuesta titulada “Uso de la estadística y el diseño de experimentos en tu trabajo” (Anexo 1) se diseñó para ser aplicada a ingenieros y mandos medios vinculados directamente en los procesos de fabricación, ingeniería de producto, calidad, procesos así como investigación y desarrollo. Otro factor a considerar y que se observó al momento de aplicar la entrevista es la edad, ingenieros mayores a los 40 años basan sus decisiones a la experiencia más que a la simulación estadística, en entrevista informal con ellos evitan el usar diseño de experimentos porque no saben cómo hacerlo, es decir saben usar estadística descriptiva, pero no saben aplicar estadística inferencial como es el diseño de experimentos, tienen temor a esta técnica. Los resultados pueden observarse en la Tabla 1.1 y en la figura 1.2.

El objetivo no es modificar los planes de estudios de las universidades para que se enseñe con más énfasis el diseño de experimentos, el objetivo de este planteamiento fue diagnosticar como la percepción que se tiene sobre el diseño de experimentos para trabajar en la elaboración de una metodología que ayude a entender y comprender mejor estos conceptos.

Descripción del problema	Etiqueta	Incidencias	Porcentaje
No saber aplicar la estadística a situaciones reales	A	81	40.50%
No recuerda diseño de experimentos	B	43	21.50%

Saben hacer los problemas de un libro, pero no plantearlos	C	32	16.00%
No se siente cómodo usando las matemáticas	D	21	10.50%
Poca capacidad de análisis de situaciones reales	E	8	4.00%
Uso limitado de la estadística	F	5	2.50%
Es una pérdida de tiempo	G	4	2.00%
No es necesario usar la estadística	H	4	2.00%
No sabe porque no la usa	I	2	1.00%
		200	100.00%

Tabla 1.1 Causas del por qué no se usa DOE en las empresas obtenidas de encuesta y entrevista realizada en diferentes empresas.

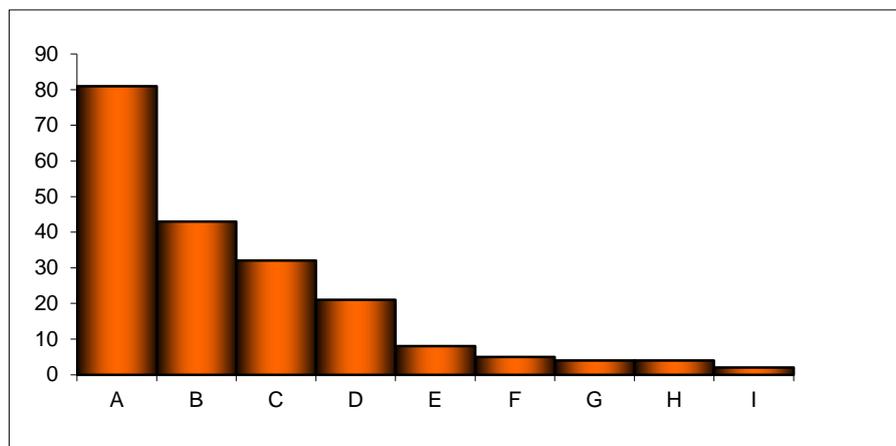


Figura 1.2. Diagrama de Pareto para causas de no uso de DOE. En este diagrama se muestra que la suma de las incidencias de A, B y C contiene el 80% de las causas del por qué no se usa diseño de experimentos en los encuestados. Fuente propia.

Analizando los resultados de la tabla 1.1 y figura 1.2, el 78% de los problemas están en las causas A (40.5%), B (21.5%) y C (16%) que puede inferirse que la raíz es la deficiente enseñanza de la estadística, misma conclusión que plantea Antony [Antony, 2001] y basado en el mismo autor podemos concluir que esta problemática no es exclusiva de México, a través de herramientas de control estadístico de calidad se pueden encontrar los factores que provocan este problema, específicamente usando el diagrama de causa efecto o Ishikawa pero llegar a este detalle no es propósito de esta investigación.

Si se analiza la situación problemática en las zonas marginadas desde los aspectos:

- Social, pobreza y marginación en determinadas zonas del territorio mexicano.
- Recursos Naturales, Riqueza en Biodiversidad y recursos naturales.
- Tecnología, en lo referente en lo agrícola con atraso y obsoleto.

- Mercado, algunos productos de alta innovación y de alto precio, así como algunos de baja innovación y bajo costo.
- Económico, apoyos gubernamentales en especie y reducidos, alto costo de energéticos, precios de productos controlados por acaparadores

Se comienzan a generar cuestionamientos interesante, pero si además se investiga, lee y analiza el estado del arte referente al análisis y diseño de experimentos, las técnicas de fase creativa, el concepto de agronegocio, energía renovable, encuestas aplicadas a organismos que se encuentran inmersos en los problemas del campo mexicano, así como ingenieros y responsables de áreas de investigación y desarrollo de empresas reconocidas a nivel nacional e internacional; y finalmente a académicos y alumnos de posgrado en temas de uso y manejo de diseño de experimentos, se ha definido las preguntas:

Preguntas de investigación:

- ¿Es posible diseñar productos agroindustriales robustos con técnicas de fase creativa y diseño de experimentos?
- ¿Se podrán reducir los tiempos de I+D+i para estos productos?
- ¿A través de diseño de experimentos y técnicas de fase creativa se tendría ahorros significativos tanto en recursos como económicos?
- ¿Una metodología para el diseño de productos agroindustriales coadyuvara a reducir la pobreza en zonas marginadas?
- ¿Será sencillo implementar las técnicas de diseño de experimentos y fase creativa en la practicidad?

Los textos, trabajos de investigación y artículos referenciados en el estado de arte, han documentado en su mayoría éxitos alcanzados usando parcialmente DOE en áreas en la industria medica, electrónica y diseño automotriz al dar solución a problemas específicos de diseño en una parte del producto, no en su totalidad, es decir, el uso de DOE no es sistematizado sino focalizado, por lo cual ante las expectativas de éxito se precede a plantear con la investigación de tesis la solución a hipótesis de mayor interés a contrastar derivadas de las preguntas de investigación.

1.10 Hipótesis

1. El tiempo que se emplea en el ciclo de vida de un producto puede ser reducido a través del uso sistémico de técnicas de diseño de experimentos y de fase creativa.
2. El uso de una metodología de diseño de experimentos y fase creativa incrementa la robustez de un diseño afectando positivamente los índices de productividad en la fase de producción

masiva, reduciendo el tiempo que tarda el proceso de selección de materias primas y de proveedores.

3. El tiempo invertido en la estabilización del producto y el diseño final tiene a reducirse significativamente.

1.10.1 Objetivo General.

De las hipótesis con las que se trabajará en la investigación de la tesis, se fijan y concretan objetivos determinar la veracidad o no de las hipótesis. Como resultado de la presente investigación se genera una metodología fusionando las buenas prácticas del análisis y diseño de experimentos con el uso de técnicas de creatividad para reducir el tiempo de diseño y/o innovación de nuevos productos agroindustriales aplicado en zonas marginadas de México.

1.10.2 Objetivos Específicos.

- 1.- Adecuar las técnicas de fase creativa como herramientas para generar propuestas de productos agroindustriales a partir de las propiedades de un producto agrícola.
- 2.- Adecuar las técnicas de fase creativa como herramientas para definir un problema y plantear modelos estadísticos basados en propiedades físico químicas de un producto agrícola
- 3.- Estructurar una metodología para aplicar diseño de experimentos a los modelos estadísticos definidos en el objetivo 1 y 2.
- 4.- Generar procesos y metodologías para la interpretación de los resultados para la toma de decisiones.

1.10.3 Restricciones y Alcance.

El alcance de la presente investigación es generar una metodología a través de diseño de experimentos y técnicas de fase creativa para el diseño de productos, limitándose a las etapas de investigación, desarrollo e innovación de nuevos productos en el sector agroindustrial en zonas marginadas de México, entendiéndose que el diseño o innovación de un nuevo producto parte desde su concepción, pruebas, diseño de prototipos, la interfase entre I+D+i y fabricación.

En cuanto a las iniciativas gubernamentales, se tiene el apoyo de los gobiernos del estado de Querétaro y Guanajuato para el acceso a las bases de datos sobre productos agrícolas, uso y propiedades de suelo, de los laboratorios del Tecnológico de Monterrey Campus Querétaro para pruebas sofisticadas que no podamos realizar en el tecnológico, una de las principales restricciones es el acceso a datos de satélites para analizar la huella climática y propiedades eólicas y solares en las zonas que se analizan. El resultado de esta información es la construcción de bases de datos que sugiera productos que pueden tener demanda en el mercado basados en productos agrícolas-

El alcance de la tesis es desde la definición del producto, hasta la transición a la fase de fabricación

1.10.4 Metodología y Métodos.

El método que se realizó para la investigación y elaboración de la tesis consta de 9 pasos

- Definir el problema de investigación.
- Búsqueda de publicaciones, proyectos e iniciativas del sector público y privado, cátedras de investigación en universidades para conocer el estado del arte sobre el tema.
- Elaboración de Hipótesis de Trabajo
- Generación de Información y contrastación de hipótesis de trabajo.
- Investigación sobre la pobreza en las zonas donde se hará la investigación para recolectar datos e información crítica para la construcción del diseño experimental.
- Diseñar los experimentos a ser tratados estadísticamente.
- Documentar las técnicas generadas.
- Documentar resultados y analizar conclusiones de las pruebas de laboratorio.
- Redactar conclusiones y aportaciones

Estos pasos están agrupados en 4 grupos: definición, diagnóstico y recolección de datos, marco teórico y validación de la investigación y análisis de resultados, En la figura 1.3. se aprecia la agrupación y la secuencia de los pasos.

1.10.5 Método usado para la validación de técnicas y metodologías.

Se usó el modelo implementado en el Tecnológico de Monterrey para la materia de Análisis y Diseño de Experimentos y Diseño de Plantas Industriales en el cuál se basa en el aprendizaje basado en la solución de problemas de investigación, específicamente definir un nuevo producto a través de productos agroindustriales en condiciones especiales como lo son en zonas marginadas, denominadas así por situación de pobreza en la que viven sus habitantes, de acuerdo a los indicadores de carencias definidas por el CONEVAL.

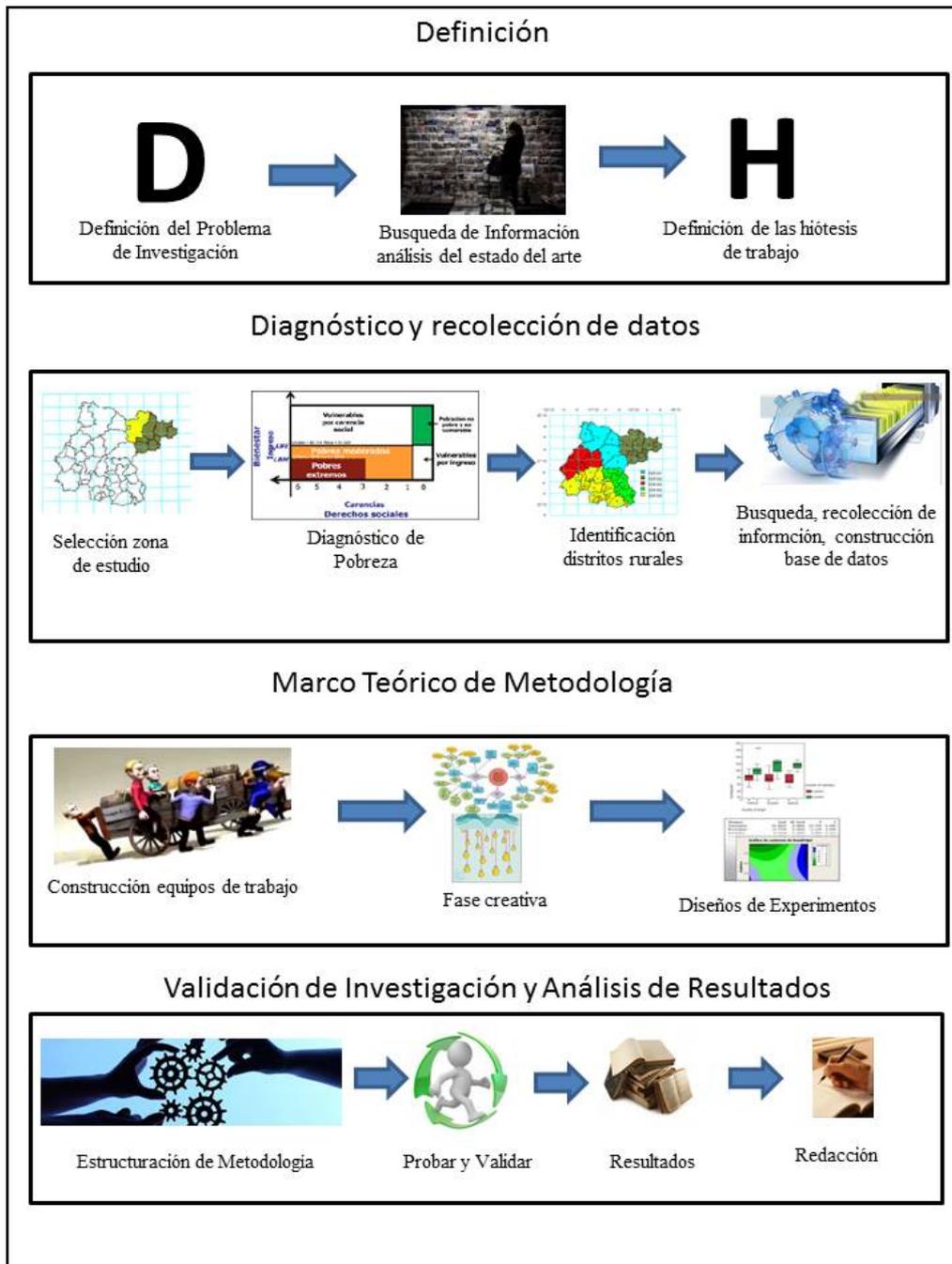


Figura 1.3. Esquema de la metodología para la investigación de tesis. Fuente propia

En este método, durante el período escolar, los alumnos elaboran un proyecto en el cuál se aplica el diseño de experimentos, previo a una sensibilización de técnicas de fase creativa y control estadístico de proceso, su proyecto debe ser en la industria, aprobado por un responsable de esta y tiene un asesoramiento por parte de quien redacta esta tesis hasta la presentación final. A la fecha se han elaborado 423 proyectos en la industria - academia, de los cuáles se ha detectado la necesidad de optimizar y mejorar las técnicas de DOE con metodologías fusionadas con las técnicas de fase creativa. Los talleres integradores son el escenario para poner en práctica el enfoque sistemático de la investigación, pues en ellos a través de la interacción de las diferentes actividades entre los cursos de diseño de experimentos, control estadístico de proceso y diseño del trabajo se diseña un producto y el alcance del taller es elaborar los esquemáticos, prototipo, pruebas pilotos y una corrida de producción controlada, en estos talleres se realizan las correcciones a las técnicas y metodologías para reducir el tiempo de diseño.

Debido a que la comprobación de la metodología que es el resultado final de la tesis es a través de la creación y definición de nuevos productos agroindustriales fue necesario trabajar de la mano de laboratorios tanto de alimentos como agrícolas que permitieron obtener las características físicas, químicas y bioquímicas de éxito de las variables involucradas

La primera fase se basó en el aprendizaje de técnicas de solución de problemas y control estadístico de proceso para definir las variables a analizar. A continuación se hizo una búsqueda bibliográfica del marco teórico para entender y comprender como se deben comportar las variables seleccionadas así como las expectativas y restricciones de las mismas. Es decir, aprovechar que existe investigación sobre las características de los productos agrícolas

El tercer paso fue el planteamiento del o de los modelos estadísticos a simular a través de las técnicas de diseño de experimentos para finalmente, a través del análisis de los resultados y basados en el marco teórico plantear las soluciones finales y de esta manera reducir los tiempos de investigación.

El siguiente paso fue realizar los diseños experimentales a través de modelos matemáticos y técnicas estadísticas que permitieron simular los factores hasta encontrar los parámetros idóneos para fabricar el prototipo, hacer pruebas funcionales hasta determinar la ingeniería de producto lista para la fabricación masiva.

1.10.6 Producto Final de la investigación de tesis

El resultado que se ha obtenido después de haber desarrollado la tesis es una metodología y el desarrollo de técnicas sistematizadas para reducir el tiempo de investigación de nuevos productos

y su innovación así como el desarrollo de los procesos de manufactura en cualquier tipo de producto y proceso a través de la aplicación y modificación de técnicas estadísticas de análisis y diseño de experimentos y técnicas de fase creativa.

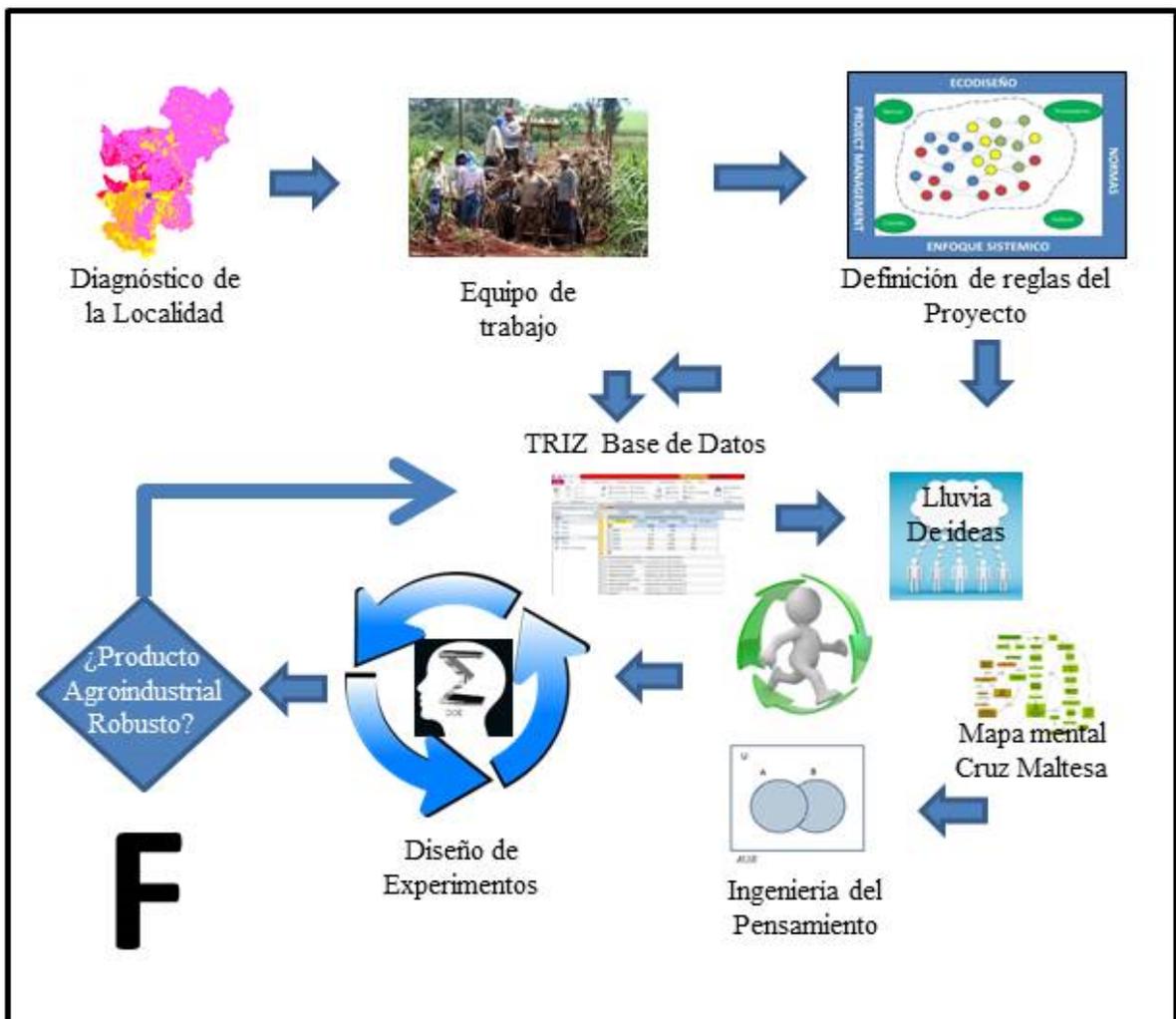


Figura 1.4. Esquema de la Metodología que propone la tesis. Fuente propia.

II. Definición de Pobreza y análisis situacional de la zona de estudio.

2.1 La pobreza en México.

Para poder entender la pobreza en México, contexto en el cuál la tesis doctoral aspira a coadyuvar las iniciativas gubernamentales en los tres ámbitos de gobierno en México (federal, estatal, municipal) se requiere hacer un análisis de la situación actual haciendo especial énfasis en el período que abarca la presente investigación y el comportamiento de los indicadores en ese periodo en las zonas de impacto de los proyectos derivados. El alcance territorial de la investigación se definió en dos comarcas de México; Guanajuato y Querétaro y a su vez se acoto solo a las zonas marginadas pertenecientes a la Sierra Gorda que comparten ambas comarcas.

La importancia de entender la pobreza estriba en los factores externos que afectan un proyecto agroindustrial basado en un producto agrícola al cual se le da un valor agregado, obteniendo como resultado un nuevo producto o su innovación. Aunque el estudio no es tema de investigación es necesario comprenderla debido a que uno de los postulados de este trabajo es que mediante los mencionados proyectos productivos esta se puede erradicar y esta hipótesis toma más fuerza con los resultados de Agosto del 2015 de CONEVAL en los cuales se señala que la pobreza creció, así como la pobreza extrema, académicos y analistas políticos concuerdan en mencionar que las políticas asistencialistas no están provocando una disminución en la pobreza, ya que son programas paliativos pero no curan definitivamente este flagelo.

2.2 Medición de la pobreza en México.

¿Qué es la pobreza? Esta es la principal pregunta si se desea entender sus efectos y las posibles maneras de contrarrestarla, en virtud de buscar un mayor desarrollo social. La pobreza no solo significa no tener un ingreso suficiente para subsistir, tiene que ver con un aspecto de inequidad fundamental, puesto que las oportunidades y posibilidades de progresar, de escoger y mejorar son limitadas, generando un alarmante estado de vulnerabilidad, el cual cobija numerosos aspectos del desarrollo de un ser humano.

La Coneval (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social) define pobreza de la siguiente manera:

Desde una perspectiva multidimensional, puede entenderse la pobreza como una serie de carencias definidas en múltiples dominios, como las oportunidades de participación en las decisiones colectivas, los mecanismos de apropiación de recursos o las titularidades

de derechos que permiten el acceso al capital físico, humano o social, entre otros.
(Coneval, 2010)

Son pues estos tres aspectos mencionados (contexto social, derechos sociales y bienestar) los ejes centrales de la metodología aplicada para la comprensión de la pobreza en México. A continuación se ahondarán en ellos para un mayor entendimiento.

Antes de que surgiera la Ley de Desarrollo Social en México, la pobreza se midió en base al volumen de ingresos relacionado con la capacidad de adquirir una canasta básica, pero este concepto es obsoleto para explicar y darle seguimiento al problema de pobreza que enfrenta el país, motivo por el cual en 2010, tras un largo trabajo de investigación de 2006 a 2009, la Coneval presentó una nueva metodología de medición que resultaba necesaria puesto que por primera vez reconocía la naturaleza multidimensional de la pobreza y la medía en cada uno de sus aspectos. La importancia de vincular la actividad de medición de la pobreza, junto con la del establecimiento y cumplimiento de políticas específicas en pro del desarrollo económico con un sentido social dentro de una misma institución, como lo es la Coneval, es fundamental para comprender la complementariedad de ambos y el necesario seguimiento de las comunidades más vulnerables. Es imperante ir más allá de la medición y vincularla con un sentido de acción concreto. Esta nueva metodología entonces, enriquece el análisis de la pobreza puesto que complementa la visión tradicional a través de un componente de derechos sociales y análisis territorial. Es por tanto necesario mencionar sus tres elementos esenciales, que aunque complementarios son metodológicamente distintos.

Este método está compuesto por dos enfoques básicos; el enfoque de derechos sociales y el enfoque de bienestar. El primero está relacionado con las dimensiones básicas necesarias tomadas a partir de los derechos humanos, que son reconocidos como fundamentales para la existencia de cualquier hombre. El segundo enfoque, por su parte, afirma la incidencia imperante del ingreso y la capacidad de adquirir bienes y servicios en el mercado para la comprensión del desarrollo social.

Es evidente que ambos enfoques reconocen que la pobreza está vinculada con una limitación de las opciones de vida, buscando identificar las diversas privaciones que pudieran limitar las libertades individuales y colectivas. Sin embargo aunque complementarios cada uno tiene una línea de análisis diferente, sobre la que se centra este enfoque metodológico.

Hay además un tercer elemento que se presenta de manera exógena; el análisis territorial (características geográficas, sociales, culturales, entre otras), el cual busca reconocer que hay elementos que trascienden el ámbito individual en el entendimiento de la pobreza, puesto que

ciertas condiciones territoriales puede influir en las opciones de vida de las personas. Es exógeno, sin embargo, porque en el análisis de la pobreza un atributo colectivo resulta incompleto y ambiguo en la identificación de la pobreza individual, la Ley General de Derechos Sociales (LGDS) incluyó el indicador de cohesión social, que de cierta forma permite agregarle un sentido colectivo al tema de la pobreza.

Las fortalezas de esta inclusión son expresadas por la CONEVAL de la siguiente manera: en primera medida pone como centro de las políticas de superación de pobreza a una sociedad compuesta por grupos e individuos libres y participativos, en segundo lugar reconoce un sistema basado en valores democráticos, tercero toma en cuenta el contexto social heterogéneo en el que se desarrollan las capacidades individuales y por último y de gran importancia permite un sistema de políticas que trabaja a través de prioridades a grupos vulnerables bien identificados.

Es así como en su totalidad la CONEVAL y por tanto la LGDS reconoce 8 dimensiones mínimas de la pobreza:

- Ingreso corriente per cápita.
- Rezago educativo promedio en el hogar.
- Acceso a servicios de salud.
- Acceso a seguridad social.
- Calidad y espacios de la vivienda.
- Acceso a servicios básicos en la vivienda.
- Acceso a la alimentación.
- Grado de cohesión social.

Estos 8 elementos buscan incluir los tres aspectos básicos de la metodología antes mencionados. Que a su vez se agrupan en 6 carencias básicas; educación, salud, seguridad social, vivienda, servicios básicos y alimentación.

En la figura 2.1 se muestra la correlación entre las carencias sociales, la línea de bienestar así como las zonas de pobreza y pobreza extrema

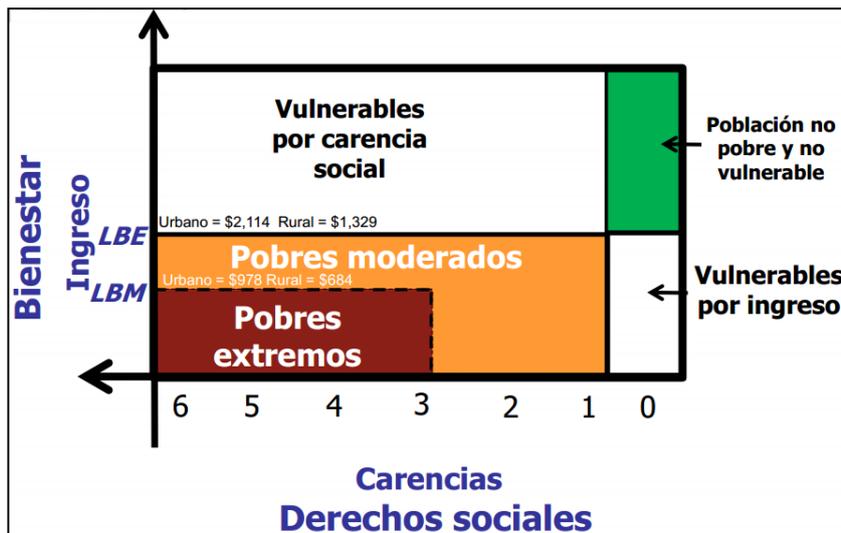


Figura 2.1 Diagrama de carencias sociales. Fuente CONEVAL

La importancia de identificar el proceso para medir la pobreza, estriba en que el trabajo de investigación está orientado a coadyuvar a la disminución de la pobreza a través de diseñar nuevos productos agroindustriales que puedan ser la base de un proyecto productivo de desarrollo social que permita genera riqueza económica para la comunidad. Estos proyectos productivos deben alineados a satisfacer las seis variables de medición de la pobreza.

El rezago educativo es considerado como una variable critica, porque a ser una tesis ingenieril y técnica se debe redactar la metodología en términos de fácil comprensión para la gente que no ha tenido una educación formal, así como crear toda una infraestructura de procedimientos para el trabajo con la comunidad.

La zona de la Sierra Gorda de Guanajuato y Querétaro históricamente han sido consideradas como de las más vulnerables y en pobreza extrema de México, por lo que la tesis basa sus esfuerzos en esta esta región, que son los municipios de San Luis de la Paz, Xichú, Victoria, Atarjea, Santa Catarina, Tierra Blanca por parte del estado de Guanajuato y Pinal de Amoles, Ezequiel Montes, Caderyta por parte de Querétaro.

En los últimos años los esfuerzos por parte de SEDESOL han sido asistencialistas, por lo que se considera estos programas una fábrica de pobres y no una vía para salir de la pobreza, en la última medición de CONEVAL presentada en agosto del 2015 se muestra un avance en el aumento de pobres moderados y una muy ligera disminución en la pobreza extrema. El problema es que los resultados son artificiales debido a que la gente en las zonas marginas se encuentra mejor por la ayuda asistencialista, pero esto ha sido contraproducente porque han dejado de trabajar al ser más rentable el beneficio económico. Con la crisis económica que se ha vivido en México en los

últimos meses derivado a un fortalecimiento del dólar y la caída del precio del petróleo, los programas sociales corren un riesgo de continuar operando al 100%.

Nuestra hipótesis es que a través de los proyectos productivos se puede salir más rápido de la pobreza y tener un crecimiento humano sostenible en las comunidades marginadas, pero estos proyectos productivos se deben basar en diseños de productos robustos que tengan un alta probabilidad de éxito, y es el tema central de la tesis ofrecer una metodología que permita el diseño de nuevos productos o su innovación agroindustriales.

En el caso de Guanajuato el 48.5% de la población es pobre; el 7.9% de la población, es decir 445,200 personas, viven en condiciones de pobreza extrema y el 36.3%, es decir 2,228,600 personas, están en condiciones de pobreza moderada.

Ahora bien el porcentaje de la población que se encuentra en situación de vulnerabilidad en Querétaro es de 37.3%; 4.9% de la población, es decir 89,800 personas, sufren de vulnerabilidad por falta de ingreso y 32.4%, que representa 595,300 personas, por presencia de carencias sociales. Por su parte en Guanajuato el 35.1% de la población sufre de vulnerabilidad; el 5.6%, es decir 309,800 personas, son vulnerables a causa de un ingreso insuficiente y el 29.5%, es decir 1,622,400 personas, debido a carencias sociales.

En Querétaro el 73.9% de la población vive con al menos una carencia social y el 18.9% con al menos tres. Dentro de las cuales el 60.7% sufre de carencia por seguridad social, el 24.4% carencia de salud y el 21.4% carencia en alimentación. Finalmente con respecto a los índices en bienestar el 46.3% de la población se encuentra debajo de la línea de bienestar y el 16% debajo de la línea mínima de bienestar.

En el caso de Guanajuato resulta relevante resaltar que el 78% de la población sufre de al menos una carencia y el 23.5% sufre de al menos tres. Dentro de estas el 65.7% de la población sufre de carencia de seguridad social, el 27.1% sufre de carencia en salud y el 23.6 y 23.7% respectivamente sufren de carencia en educación y carencia en alimentación. Adicionalmente el 54.3% de la población está por debajo de la línea de bienestar y el 16.5% debajo de la línea de bienestar mínima.

Esto revela que el nivel de pobreza en ambos estados tiene un comportamiento similar y que se encuentra en situaciones comparables, en gran medida esto significa que puede existir una coordinación en las estrategias que se deseen implementar en pro del desarrollo social de la zona. Sin embargo es fundamental identificar cuáles son las zonas críticas en cada uno de los Estados.

2.3 Detección de cultivos de alta productividad en zona de estudio

2.3.1 Antecedentes.

El uso apropiado de un sitio para la producción agropecuaria y/o forestal depende de varias condiciones, tanto del medio ambiente físico (sistema clima-suelo), como las controladas por el hombre para poder lograr una producción de biomasa sostenida y económicamente factible. Las especies vegetales que se producen comercialmente, ya sea de manera intensiva o extensiva, deben ser de alta compatibilidad con el sistema clima-suelo para obtener la mayor productividad en forma sostenida. La información referente a agricultura, bosques y pastizales requiere de una constante actualización e interacción con la información de factores físicos, para poder determinar su potencial de producción para un área específica.

Los factores del suelo varían fuertemente de un lugar a otro, y pueden ser modificados favorable o desfavorablemente mediante prácticas de manejo a corto o mediano plazo. Por su parte, los elementos del clima varían fuertemente tanto en espacio como a través del tiempo (año), y como factores incontrolables únicamente pueden ser estudiados para conocer su variación a fin de aprovechar sus beneficios al máximo, o bien, evitar sus daños. Para poder clasificar las tierras de acuerdo con su capacidad de uso, ya sea agrícola, pecuario y/o forestal, su localización, su extensión e incluso detectar la especie vegetal idónea y su potencial de producción, es necesario interrelacionar las variables del suelo, clima y especies vegetales ya sea mediante el uso de un sistema de simulación dinámica, o de un sistema de información geográfico.

Cuando se comenzó a concebir la presente investigación, se planteó elaborar un modelo de simulación dinámica que permitiera la interrelación de dicha variable y que devolviera como resultado la correlación de áreas y cultivos productivos y durante la búsqueda del valor de las variables a estudiar, se encontró que en el Campo Experimental del Bajío, en el estado de Guanajuato, se está realizando una tesis doctoral basada para determinar la correlación de áreas y cultivos de todos los municipios del estado de Guanajuato.

Dicho trabajo se le ha denominado Sistema de Información Geográfica se encuentra en proceso de elaboración en el campo experimental agrícola bajío y contempla realizar la interrelación de variables antes descritas, a través de la captura de información geográfica a una alta resolución para poder determinar de manera más localizada las características biofísicas. Afortunadamente parte de estas relaciones ya fueron estudiadas y son conocidas, por lo que se considera factible lograr sistematizar una base de datos que sirva, por una parte, para planear actividades de investigación y transferencia de tecnología, y por otra, que sirva como valioso instrumento de apoyo para la planificación de las actividades agropecuarias no solo en la Sierra Gorda, sino en todo el país.

En la tabla 2.1 se presenta una comparación de los parámetros importantes de la base de datos para la realización del presente estudio en relación con los estudios previos. Se puede observar que la base de datos generada en el presente trabajo permite un mayor nivel de detalle, lo que posibilita la detección de clases y presentación de resultados a nivel municipal.

Parámetros	Estudios Previos	Presente Estudio
Presentación de resultados	Estatad y Distrital	Municipal
Proyección geográfica	No	Sí
Resolución topográfica	900 x 900 m = 81 ha	100 x 100 m = 1 ha
Escala de información de suelos	1:500,000	1:50,000
Estaciones climáticas	149	331
Períodos climáticos	Mensuales	Decenales
Áreas urbanas como referencia	No	Sí
Cuerpos de agua como referencia	No	Sí

Tabla 2.1 Parámetros críticos para el diseño de nuevos productos agroindustriales. Fuente propia

Para digitalizar las cartas de suelo del INEGI se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) ARC/INFO 3.4.2. Para manejar la base de datos conjunta (modelo de elevación digital, pendientes, variables de clima y suelo, áreas urbanas y cuerpos de agua), hacer sobreposiciones, delimitar áreas potenciales para la producción de especies vegetales y cuantificar sus superficies se utilizó el SIG IDRISI 4.0. A través de la metodología antes descrita, así como el análisis y correlación de las variables del medio físico, es decir, suelo, topografía, clima, cuerpos de agua y principales áreas urbanas; estadísticas de productividad, requerimientos físicos de especies estratégicas y tecnología de producción disponible para las especies estratégicas los investigadores del campo experimental bajío encontraron los siguientes resultados:

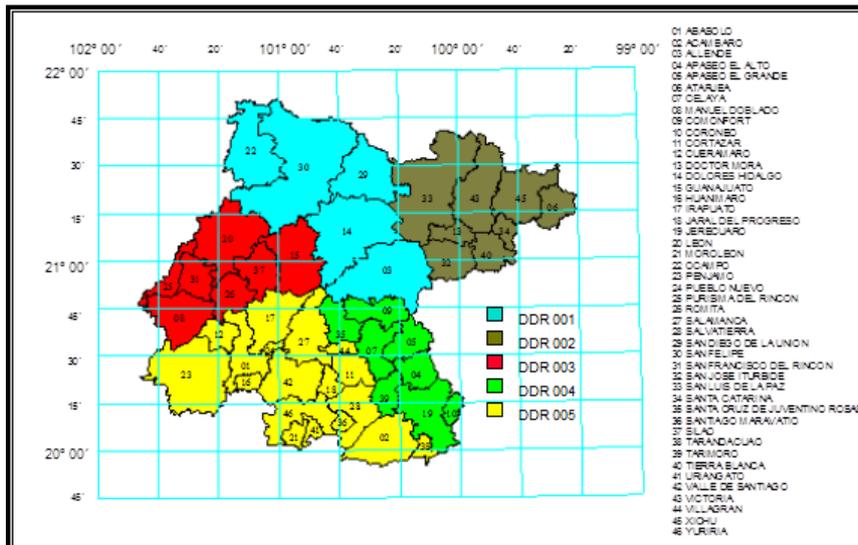


Figura 2.2 Distritos de Desarrollo Rural en el Estado de Guanajuato. Fuente SAGARPA

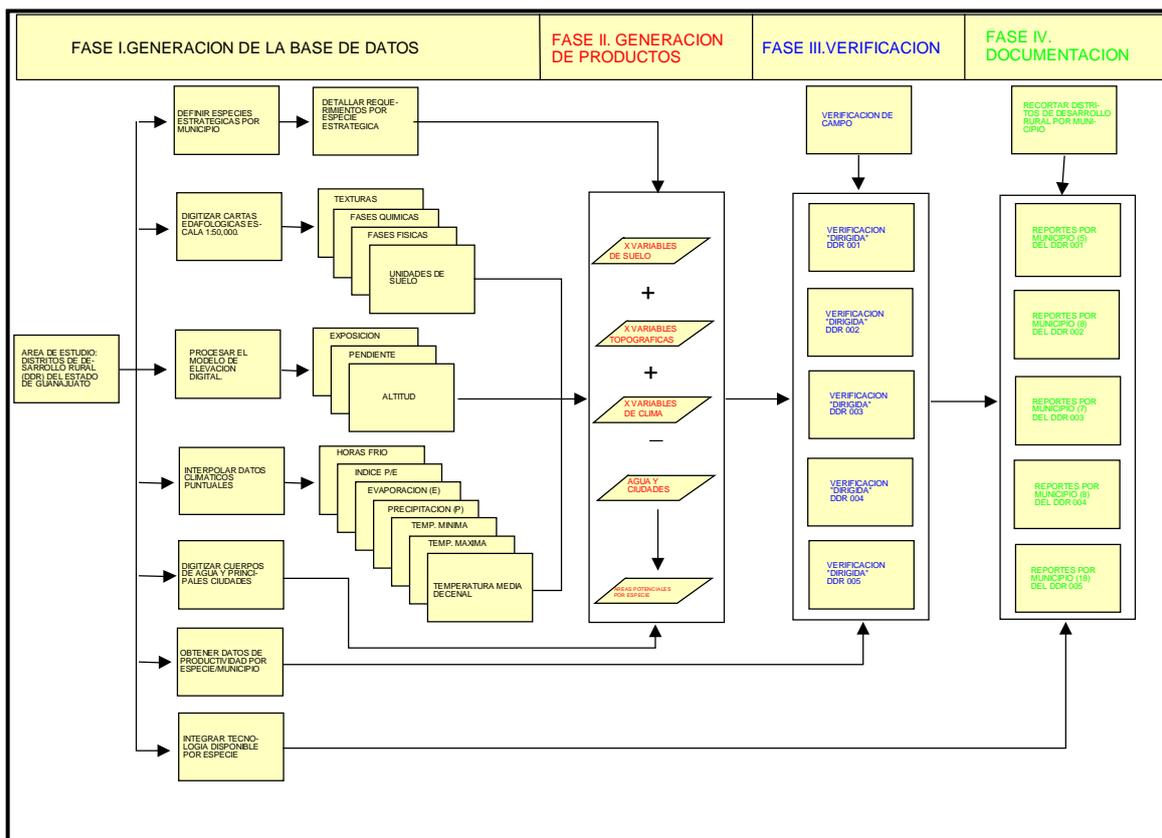


Figura 2.3 Diagrama general de la metodología para delimitar las zonas potenciales para la producción de especies vegetales en el estado de Guanajuato. Fuente SAGARPA

2.3.2 Características Edáficas

La mayor parte de la superficie de la región de la zona norte de Guanajuato presenta un fuerte gradiente altitudinal positivo de noreste a suroeste con altitudes menores de 1,500 msnm en los límites con la región de la Huasteca Potosina hasta mayores de 2,400 msnm en las cúspides de las elevaciones de la sierra del Xichú. En el suroeste del municipio en los límites con los municipios de Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende se presenta una llanura con suelos planos (con menos de 2% de pendiente) y profundos (más de 1.0 m de profundidad), donde se realiza principalmente la actividad agrícola en este municipio (ver mapas de altitudes, pendientes y profundidad de suelos en el apéndice B.)

2.3.3 Características Climáticas

En el mapa de precipitación acumulada anual se observa en el centro del municipio valores menores de 450 mm con un gradiente positivo hacia el noreste y sur alcanzando valores de 500 a 550 mm al sur y mayores de 600 mm en la sierra del Xichú. El índice precipitación / evaporación (P/E) durante el período de lluvias (junio a septiembre) es muy importante para determinar el potencial de los cultivos de temporal; un índice P/E igual a 1.0 indica un equilibrio entre la precipitación y la evaporación. En general un índice alrededor del equilibrio es adecuado para cultivos de temporal. En la mayor parte del municipio se presenta un índice P/E de 0.5 a 0.6 con valores menores de 0.5 al oeste. (Mapa del índice P/E apéndice B).

En el mapa de temperatura (ver apéndice B) se observa un gradiente similar al gradiente altitudinal pero en sentido contrario. La temperatura media anual en el centro del municipio es menor de 15°C; las partes más calientes (más de 19°C) se ubican principalmente en la parte noreste en los límites con la región de la Huasteca Potosina.

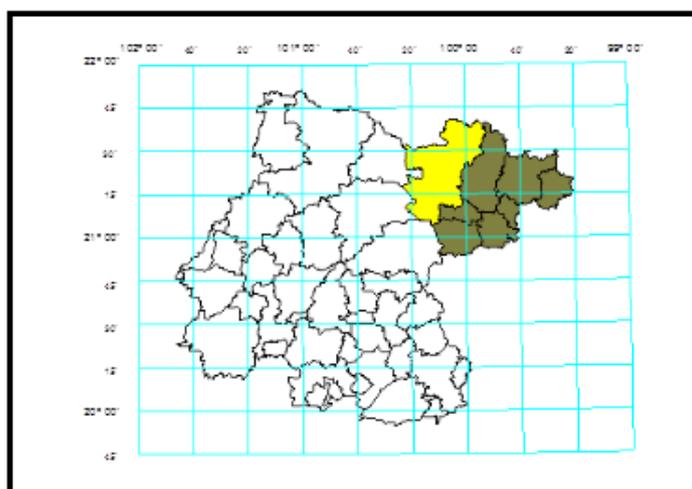


Figura 2.4 Localización de los municipios de la zona norte del estado de Guanajuato. Fuente SAGARPA

2.3.4 Potencial productivo para cultivos básicos de temporal

En el municipio de San Luis de la Paz, un promedio de 5,475 ha. se siembran bajo condiciones de temporal con los cultivos básicos maíz y frijol asociados. Estas siembras generalmente se realizan en áreas de alto riesgo climático y pendientes pronunciadas. Por no disponer de los requerimientos para esta asociación en particular, además de no contar con la información tecnológica específica, se determinaron las zonas potenciales considerando tanto al maíz como al frijol como cultivos únicos (no asociados).

En el apéndice B se presenta la superficie actual y potencial para maíz y frijol de temporal. En el caso de maíz de temporal, de las tres clases posibles únicamente se presentaron las clases mediana, baja y tierras marginales. Una superficie de 20,699 ha. está clasificada de mediana productividad, 28,692 ha de baja productividad y 15,931 ha. como tierras marginales. No se presentaron las categorías buena y muy buena productividad. Se deduce que la superficie promedio sembrada ocupa áreas de mediana productividad a tierras marginales. Lo anterior, aunado al nivel tecnológico, explican el bajo rendimiento en este cultivo (0.3 ton/ha).

El frijol de temporal se clasifica de manera similar que para maíz de mediana a tierras marginales (la metodología no discrimina las áreas de mediana productividad a tierras marginales). La superficie promedio sembrada con este cultivo es de 1,696 ha con un rendimiento promedio de 0.2 ton/ha. En el apéndice A se presentan los mapas de maíz, frijol y trigo de temporal, en donde se puede apreciar la ubicación de los diferentes estratos productivos.

2.3.5 Potencial productivo para otros cultivos de temporal y riego

En los mapas del apéndice B se presenta la superficie promedio y potencial para maíz, frijol (Primavera-Verano), ajo, chile y alfalfa de riego. Como ya se mencionó, para estos cultivos únicamente se presenta una clase como se puede observar en la misma figura y en sus respectivos mapas. La clase "potencial alto" es equivalente a buena y muy buena productividad de los cultivos básicos; la superficie restante puede tener la clasificación de mediana o baja productividad, o zonas no aptas.

2.3.6 Cultivos de temporal

A excepción de los cultivos básicos maíz y frijol y en concordancia con la clasificación potencial y los rendimientos obtenidos con los mismos, en este municipio no se reportan otros cultivos de temporal importantes por la superficie en que se siembran.

2.3.7 Cultivos de riego

Se observa que existe una gran superficie potencial (alrededor de 19,000 ha) para producir maíz y frijol de riego durante el ciclo de primavera-verano. La superficie sembrada actualmente es de 772 y 1,774 ha con un rendimiento de 4.5 y 1.9 ton/ha, respectivamente. La superficie potencial para producir ajo de riego asciende a 4,061 ha, mientras que la superficie promedio es de 313 ha.

Se determinó una gran superficie potencial para la producción de chile de riego (21,500 ha). Actualmente se siembran un promedio de 1,592 ha con este cultivo. La alfalfa de riego es un cultivo importante en el municipio de San Luis de la Paz por el promedio de superficie en que se siembra (3,345 ha) con un área potencial de 7,504 ha. Sin embargo, es un cultivo muy ineficiente en el uso del agua. Si se considera que el recurso agua a futuro será cada vez más escaso debe pensarse en cultivos alternativos.

En general la llanura ubicada en el sur y suroeste del municipio con suelos planos y profundos es potencial para una serie de cultivos de riego, sin embargo, finalmente será la disponibilidad de agua de riego y los criterios económicos y de mercado los que determinarán las superficies a sembrar con estos cultivos. La ubicación de las zonas potenciales para otros cultivos de temporal y riego de importancia actual se presentan en los mapas del anexo 2.

2.3.8 Potencial productivo para especies alternativas

De la misma manera que para los otros cultivos de temporal y riego, las zonas potenciales para las especies alternativas únicamente presentan la clase potencial alto (equivalente a buena y muy buena productividad) y el resto de la superficie equivale a mediana y baja productividad, tierras marginales y zonas no aptas. Se observa una pequeña superficie (862 ha) con potencial para la producción de zacate buffel bajo condiciones de temporal en las áreas más calientes de este municipio, ya que no requiere altas precipitaciones y responde a temperaturas relativamente altas; la superficie actual ocupada por este pasto no está cuantificada

El pino piñonero (*Pinus cembroides*) puede considerarse como una especie potencial para reforestar las elevaciones actualmente deforestadas; ocupando en este municipio una superficie potencial de 100,817 ha y localizan principalmente en las elevaciones donde sus requerimientos de temperatura son los adecuados. La superficie actual ocupada por esta especie no está cuantificada, existiendo la necesidad de actualizar el uso del suelo de este municipio.

El mezquite es una especie importante como vegetación natural en el estado de Guanajuato. en este municipio existen para su desarrollo 60,201 ha potenciales. Actualmente esta especie se encuentra confinada en algunas áreas no utilizadas en la agricultura. Existe una gran superficie

potencial para nopal tunero de temporal (7,504) ocupando las mismas áreas que el zacate Buffel, en donde las precipitaciones son suficientes sin llegar a excesivas para esta especie. La siembra extensiva de este frutal está condicionada por el mercado. Aunque no es un cultivo de importancia actual, se delimitaron 20,561 ha clasificadas de mediana productividad para trigo de temporal.

De acuerdo a sus requerimientos las variedades de duraznero se agrupan en alto, medio, y bajo frío. En los mapas del apéndice B se observa la superficie total con potencial para las variedades con requerimientos bajos, medios y de alto frío (51,552 ha) para la región. La ubicación de las zonas potenciales para especies alternativas se presenta en los mapas del anexo B.

2.3.9 Rendimiento Promedio y Potencial

El rendimiento potencial es una estimación basada en los resultados de parcelas demostrativas y/o la experiencia de los investigadores especialistas por cultivo. Otra aclaración pertinente es que el rendimiento promedio está calculado en base a la superficie cosechada, esto es, no se considera la superficie siniestrada en caso de existir. En la Tabla 2.2 se reporta el rendimiento promedio de los principales cultivos en la región, así como el rendimiento que es factible obtener al ubicarlos en las zonas de mayor potencial productivo físico. Se puede apreciar que en todos los casos, es posible incrementar en diferente grado los rendimientos promedio. Lo anterior posiblemente esté relacionado con el nivel tecnológico aplicado a cada uno de los cultivos.

Especie	Rendimiento promedio ton/ha	Rendimiento potencial *ton/ha	Diferencia ton/ha
Maíz temporal	0.3	2.5 mediana Prod.	2.2
Frijol temporal	0.2	1.0 mediana Prod. 1.5 buena Prod.	0.8 1.3
Maíz riego	4.5	7.0	2.5
Frijol (P-V) riego	1.9	2.5	0.6
Ajo riego	8.0	12.0	4
Chile ancho riego	7.7	12.0	4.3
Alfalfa riego	68.2	84.0	15.8

Tabla 2.2 Rendimiento promedio y potencial de algunas especies estratégicas en la región. Fuente SAGARPA

Se aclara que los rendimientos reportados a nivel municipal no corresponden exclusivamente a las áreas detectadas con alto potencial productivo; sin embargo, existe una concordancia general entre los municipios con grandes extensiones potenciales para un cultivo determinado con sus rendimientos reportados.

Una de las características del suelo que más ha sido modificada por el hombre en el estado de Guanajuato es la fase pedregosa de algunos suelos, ya que a través del tiempo los agricultores han sacado las piedras de estos suelos con el fin de incorporarlos a la agricultura y/o disminuir la dificultad para las labores mecanizadas (en el estado de Guanajuato son comunes las cercas de piedra en los suelos con fase pedregosa). Además, el Gobierno del Estado ha llevado a cabo programas de “despiedre” de áreas agrícolas con el propósito de facilitar la mecanización de las labores. Por lo anterior, es necesario actualizar las áreas que aparecen en la cartografía con una fuerte restricción para la agricultura, puesto que en la actualidad ya son completamente mecanizables.

Otras de las características del suelo que deben ser actualizadas son las fases químicas (salinidad y/o sodicidad), ya que éstas han sido modificadas positiva o negativamente mediante las prácticas de manejo, de tal manera que en la cartografía aparecen áreas con un cierto grado de salinidad en la actualidad ya rehabilitadas, mientras que otras aparentan cierto grado de salinidad.

Es importante considerar el uso actual del suelo (agricultura de riego, agricultura de temporal, bosques y otros), así como su actualización mediante fotografía aérea e imágenes de satélite, también es conveniente generar una metodología que permita estratificar los cultivos en varias clases (como la metodología para estratificar los cultivos básicos de temporal), lo que permitirá establecer la dirección del gradiente de productividad para las especies en estudio.

En resumen, el presente estudio nos permite obtener los cultivos de alto potencialidad para la región bajo estudio, el siguiente paso es comenzar el proceso de diseñar un nuevo producto o su innovación a través de la técnicas de fase creativa y diseño de experimentos con lo que se define si dicho cultivo es posible procesarlo en un producto agroindustrial, por lo cual se debe seguir un proceso que permita:

- Darle valor agregado al producto.
- Analizar si técnicamente es posible realizarlo
- Diseñar el proyecto para su análisis.
- Evaluar si el proyecto sigue la filosofía del desarrollo sostenido.
- Hacer la evaluación económica – financiera del proyecto.

En el presente trabajo de investigación el alcance es darle valor agregado al producto, analizar si técnicamente es posible realizarlo y diseñar el proyecto para su análisis. En estas tres etapas se aplica el diseño experimental y la fase creativa para reducir los tiempos de desarrollo.

III. Uso de fase creativa para el diseño de nuevos productos y su innovación

La creatividad ha acompañado al hombre en todos los avances de la humanidad. Aunque algunos autores consideran que la creatividad se ha manifestado en los humanos hace unos 40,000 años, descubrimientos arqueológicos demuestran que nuestros antepasados han tenido grandes muestras de brillantez. En el desarrollo de la presente tesis la creatividad tiene un rol fundamental debido a que se emplea para definir la situación problemática, como para realizar el diseño de experimento para hacer la simulación estadística del producto. Uno de las causas por las cuales los proyectos fracasan se debe a que no se acota o define el problema, por lo que el planteamiento se basa en síntomas y no en la raíz del problema. El uso correcto de las técnicas de creatividad permite aislar la situación problemática y definir un problema.

Cuando se tiene el problema bien definido, la creatividad permite identificar las variables que afectan el proceso, que a veces no es sencillo visualizar, se requiere el uso de técnicas y herramientas para identificar todos los factores que inciden en un proceso, y considerando que esta tesis está orientada a desarrollar una metodología para el diseño de nuevos productos o su innovación más se justifica que se dedique tiempo de investigación a identificar dichas herramientas y adaptarlas a las necesidades del campo de investigación que en el caso de este estudio, son las agroindustrias.

Como referencia histórica se analiza el proceso de desarrollo de negocio realizado por el Lic. Tata Vasco de Quiroga en la provincia mexicana de Michoacán en donde de acuerdo a las características y riquezas naturales de cada región desarrolló para cada poblado y comunidad una empresa diferente que permitiera el comercio entre ellos y generara riqueza, este modelo persiste hasta nuestros días.

La situación problemática en la que se adapta y desarrolla las técnicas de creatividad es el análisis de las propiedades de las tierras de cultivo de la zona norte del estado de Guanajuato que forma parte de la Sierra Gorda con su riqueza de productos agrícolas y recursos naturales, pero en este sentido se tiene una restricción y los precios de garantía fijados por el gobierno mexicano para determinados productos que hacen inviable la comercialización a gran escala por si solos, por lo que se requiere darle un valor agregado al producto de tal manera que sea comercializable y genere ganancias, aquí es donde el uso de las técnicas de creatividad se justifican. La manera en que se usarán las técnicas de creatividad en la presente tesis así como su marco de referencia se ilustran en la figura 3.1



Figura 3.1 Uso de fase creativa en la tesis. Fuente propia

La primera etapa es el diseño de un producto vendible que se basa a su vez en un producto agrícola que tiene un potencial medio alto en una región o zona margina del área de estudio o investigación, por ejemplo en la zona alta de la Sierra Gorda, donde confluyen las fronteras de los municipios de San Luis de la Paz y Xichú hay una raíz que crece en abundancia y que los pobladores la usan para sazonar la salsa picante, el chilcuague. El costo por manojos de 10 grs es de \$10 pesos, su equivalente a 62 céntimos de euro, para que sea rentable y puedan sufragar el costo de transporte, alimentación y derecho de piso requiere vender al menos 20 manojos, lo cual no es viable debido a que en promedio, se venden 4 manojos promedio al día. Darle valor agregado le dará mayor rentabilidad, aquí las ideas comienzan a surgir de qué se puede hacer o producir con materia base de chilcuague, para optimizar las ideas es necesario dar una pequeña ayuda, al investigar las características y compuestos que conforman la raíz se forma una base de datos, históricamente la raíz ha sido usado como desinfectante por los pobladores de la sierra, pero por observación personal se descubrió que es un analgésico para el dolor de muelas, esto motivo a hacer un estudio de laboratorio exhaustivo de las propiedades de la raíz y determinar sus componentes, los cuáles se buscaron como materia prima de otros productos. En la investigación se encontró que durante la segunda guerra mundial fue usado por el ejército de los estados unidos como analgésico. Las técnicas de creatividad ayudaran con esta información a generar el producto. Al tener el producto ya definido, la creatividad vuelve a ser requerida para diseñar su proceso y con este, el diseño de experimento con las simulaciones estadísticas y matemáticas realizadas al producto nos permitirá comprobar una de nuestras hipótesis de investigación de reducir el tiempo de desarrollo a través del diseño experimental. Un planteamiento erróneo o equivocado arrojara resultados falsos, con lo que el proyecto en que se basa el producto será un fracaso. La siguiente etapa es diseñar el proceso de fabricación, en donde la creatividad nuevamente es necesaria para diseñar un proceso rápido, que cumpla los requerimientos de calidad, con la menor sofisticación, que use maquinaria

y equipo cuya fuente de energía provenga de fuentes renovables. En la figura se puede apreciar el proceso desde la definición del producto hasta el diseño del proceso, con esto se puede tener un prototipo ya funcional con el cuál se puede trabajar en la definición de un proyecto agroindustrial.

Se ha establecido la importancia de la creatividad para el diseño del producto y el diseño de experimento, ahora se requiere establecer condiciones y características necesarias para poder trabajar con la creatividad, la metodología producto de esta tesis de investigación está orientada principalmente a los habitantes de las comunidades de zonas marginadas en donde el índice de escolaridad es muy bajo y las población a causas de la migración a las grandes ciudades y los Estados Unidos es mayoritariamente mujeres en edad adulta. Debido a esta situación se ha establecido un análisis de las características y habilidades que se deben impulsar entre los habitantes antes de comenzar el proceso creativo, en el 2012 durante el congreso de Creatividad y Crisis de ASOCREA en Madrid se presentó una ponencia titulada “Creatividad y Crisis, la dualidad que transforma la pobreza en riqueza en las zonas marginadas de México” en donde se desarrolla condiciones necesarias para el proceso creativo, dominar las técnicas no son útiles si no se es capaz de introducir cambios en el estado de ánimo de las personas, y uno de los cambios más importantes que se establecen es la actitud.

La actitud tomada ante las pruebas de la vida permite en momentos de crisis establecer estrategias claras y realizables para salir adelante de las circunstancias adversas. Estudios sobre comportamiento humano señalan que la negatividad y la manera en que se afrontan las situaciones problemáticas tienen una correlación con el tiempo que necesario para superar dichos momentos. Un segundo elemento clave es la *aceptación*, y esto conlleva a entender que la crisis no trae consigo todos los problemas que emergen, la crisis solamente revela los problemas que ya estaban ahí pero que no se aceptaba que existían; aceptar que se cometen equivocaciones y que se realizan mal las cosas es un primer paso para salir de la crisis. Raúl González Rodríguez, quien fuera campeón mundial y medallista de oro en marcha de 50km en su libro “Así gané” [Rodríguez] señala que el momento cumbre de su crecimiento deportivo fue cuando se aceptó con sus pocas virtudes y múltiples defectos y comenzó a construir un plan de desarrollo enfocado a potencializar sus cualidades y eliminar esos defectos; el resultado fue su gran éxito deportivo.

El tercer factor a considerar es el *miedo al cambio*; tener miedo no es del todo malo porque este temor te permite estar alerta y preparado ante cualquier circunstancia y evento en el que se debe actuar de determinada manera. El miedo comienza a ser negativo cuando este paraliza las acciones de las personas, el miedo al cambio impide desarrollar la creatividad, es un fuerte inhibidor, un ancla pesada que impide transformar las circunstancias.

El *espíritu innovador* es el cuarto factor, el cual permite generar nuevas maneras de afrontar la crisis, de hacer las cosas de manera diferente con rentabilidad y cumpliendo las expectativas de calidad que se requieren.

El quinto elemento es tomar una decisión y llevarla a cabo, no basta solo con decidir, es necesario llevar esa *decisión a la acción*, esto va mucho de la mano con el superar los miedos, ya que estos impiden tomar decisiones, la gente se arrepiente a menudo de no haber tomado una decisión al saber que si lo hubiese hecho tendrían un resultado positivo, es también común ver este efecto en las empresas donde los mandos medios ante el surgimiento de un problema esperan a que llegue un jefe o un compañero y le ayuden a tomar la decisión. Tomar decisiones conlleva tener un conocimiento previo de la situación.

Aquí se debe tocar el tema de un elemento integrado clave, que es contar con la *información*; la ignorancia no debe ser tomada como un adjetivo peyorativo o denigrante, debe ser tomada como un punto de referencia para buscar información sensitiva que permita adquirir confianza al tomar una decisión, es el aprender a consultar información en base de datos, bibliografía o cualquier fuente fiable de conocimiento que permita enriquecer la capacidad del individuo.

Por último, el elemento que provoca que todo sea posible es un *entusiasmo* desbordado que programa al cerebro humano a salir adelante a pesar de cualquier obstáculo o vicisitud que surja en su objetivo de vencer la crisis.

La figura 3.2 relaciona el modelo sistémico de los elementos necesarios para la creatividad. Se puede analizar como un sistema en el cual están interrelacionados los elementos, esto significa que deben actuar de manera integral, el proceso no puede ser eficiente solo con usar alguno de ellos, pues son habilidades y actitudes, que deben asimilarse como un manera de vida que se refleja en el trabajo de creatividad, se argumentó en líneas anteriores que en los proyectos sociales no basta con aplicar técnicas de creatividad, sino cambiar la manera de pensar de los habitantes de estas zonas, en el capítulo donde se analizó la pobreza se argumentó el entorno difícil en el que viven las personas que al final, serán los encargados de operar el proyecto, por lo que en esta etapa es importante el manejo de los elementos para la creatividad.



Figura 3.2. Elementos necesarios para potenciar la creatividad. Fuente propia

En la actualidad se tienen una amplia variedad de técnicas de creatividad, se ha realizado un análisis de acuerdo a las necesidades que se requiere para los proyectos agroindustriales y se ha reducido a cuatro y han sido adaptadas para que puedan ser usadas de manera más eficiente a través del uso de técnicas de ingeniería de sistemas suaves de Checkland y de sistemas de información de Wilson

3.1 Definición del producto.

Bajo la premisa de que la fase creativa es la aplicación de una serie de herramientas de creatividad que usadas individualmente o en grupo nos permiten dar soluciones a un problema determinado, en las metodologías de creatividad salvo en la Ingeniería del Pensamiento que es una innovación presentada en esta investigación, en cuanto a las demás metodologías si es tema de este documento establecer los vínculos y conexiones con el diseño experimental tanto en el planteamiento del problema e identificación de las variables que están afectando el proceso bajo investigación. En nuestra metodología son usadas

- Lluvias de ideas
- Mapas Mentales
- Triz
- Ingeniería del pensamiento.

3.2 Lluvia de ideas.

Es una de las herramientas de creatividad más longevas, existen varias derivaciones, pero su estructura formal fue realizada por Osborne en 1938, esta técnica está diseñada para trabajo en equipo, ideal para formar un grupo interdisciplinario fusionado con el conocimiento técnico y el empírico, es decir

3.3 Ingeniería del pensamiento.

La matematización de las ideas ha sido un anhelo perseguido por los investigadores a través de los años, y mediante los conceptos teóricos del Profesor Luis Gaudí perteneciente a la Universidad Politécnica de Catalunya en cuanto a la Ingeniería del Pensamiento que permite solucionar problemas del mundo real a través de conexiones lógicas, se hizo una adecuación a dichos planteamientos a través de las matemáticas de conjuntos.

Definimos un conjunto a una colección de objetos y a los objetos que lo forman se les llama elementos del conjunto [Silva y Lazo 1997], a través de la lógica de las proposiciones establecemos enunciados lógicos que su valor puede ser verdadero (1) o falso (0), de esta manera una proposición p es verdadera puede definirse p' cuando esta es falsa que es verdadera cuando p es falsa y que es falsa cuando p es verdadera, se lee “no p ”. Llamaremos Universo al conjunto que en un momento dado es usado como marco de referencia para formar conjuntos.

Basándonos en los conceptos anteriores, tanto en diseño de producto como en la solución de problemas la Ingeniería del Pensamiento establece proposiciones lógicas que buscan eliminar la dispersión de ideas y aislar los factores que inciden directamente a la solución del proceso, mediante la lógica de conjuntos determina cuáles variables están interactuando entre sí, y establece los fundamentos para encontrar los parámetros del producto. Esto significa una reducción importante en el tiempo de desarrollo e investigación al eliminar el proceso de prueba y error y determinar con precisión un producto robusto.

3.4 Gestión del proyecto.

Definir los estudios técnicos, de mercado, financieros, sustentabilidad y sociales no aportaría nada novedoso a la gestión de proyectos, pero una metodología que permita identificar las actividades, mapear sus precedencias e identificar cuáles son las transformaciones de las actividades así como la calidad y expectativas deseadas por la entidad que las requiere para a su vez procesarlas aporta una gestión de proyectos con un enfoque sistémico, con pensamiento en prospectiva y concurrente

La definición de actividades del proyecto es una consecuencia lógica de la definición del producto y de los procesos que deben de realizarse para la construcción de los estudios que conforman el proyecto. Es en esta parte donde la ingeniería de sistemas, el pensamiento en prospectiva y la ingeniería concurrente trabajan para la construcción de las actividades de gestión del proyecto. Uno de los grandes errores es generar actividades muy generales, sin un objetivo claro y que no tiene definido el responsable de ella ni sus características ni especificaciones que requiere la actividad que le precede. En la practicidad tener actividades definidas de manera general provoca que actividades críticas queden expuestas a la ambigüedad y se pierda el control sobre ellas.

Para evitar esta ambigüedad se usan los mapas mentales para representar todas las actividades, sus predecesores, así como los responsables de realizarlas siguiendo un enfoque de pensamiento sistémico, es decir, no perder nunca la conectividad ni el enfoque multidisciplinario entre ellas. El siguiente paso será definir las especificaciones de cada actividad y el documento o proceso que las realiza, usando la metodología de sistemas de información de [Wilson 1980] y el pensamiento de sistemas de [Checkland 1993] adaptando una representación sistémica de las actividades, Wilson propone mapear la información a través de la Cruz de Malta, (Figura 3.3) la cuál del lado oeste (O) ó x negativo recibe la información, en lado y positivo (N) representa las actividades, el eje y negativo (S) representa el método, documento o proceso en el que se encuentra la información, por lo que intersectamos las entradas de información con las actividades y su medio, al existir una transformación se libera una nueva información representada en el eje x positivo (E) la cual a su vez se entrega a su predecesor a través de un documento, proceso o archivo por lo que se genera un control muy preciso del proyecto. Ver figura 3.3.

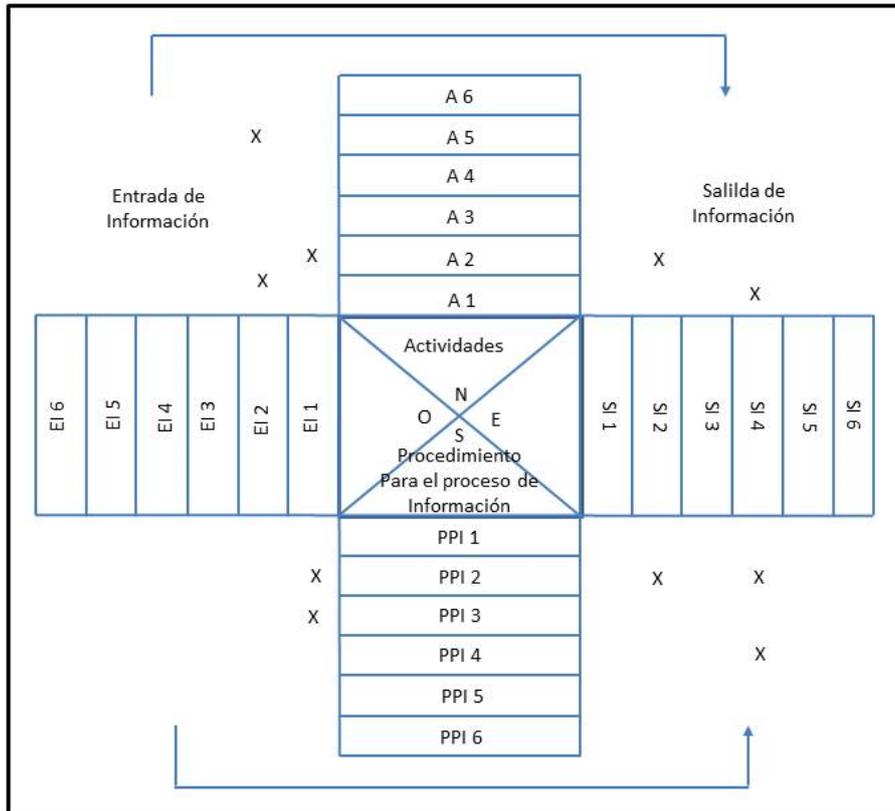


Figura 3.3 Cruz de Malta del flujo de información del proyecto. Fuente Propia

Es importante destacar que más de una entrada de información puede afectar una actividad, por lo que se debe definir, a estas le podemos también llamar entregable de las actividades anteriores, el cuál debe estar definido acorde a las características y diseño elaborados por el dueño de la actividad que las requiere para su proceso. Es notable la importancia del eje “Y” negativo o sur, ya que en este se define procedimiento para el procesamiento de la información y bajo que formato se estará enviando a la actividad que la está requiriendo.

El siguiente paso es hacer una Cruz de Malta de todos los estudios lo que nos permitirá tener el elemento catalizador para generar una representación gráfica del sistema, identificando el sistema interno que son los estudios que conforman el proyecto y que pueden ser controlados por los responsables, y los sistemas externos que no son controlables pero que inciden en nuestro proyecto por la interacción de actividades vitales que por su dependencia pueden en un momento determinado provocar el fracaso al no tenerla identificadas ni plantear los mecanismos para poder interactuar exitosamente con ellas. Figura 3.4.

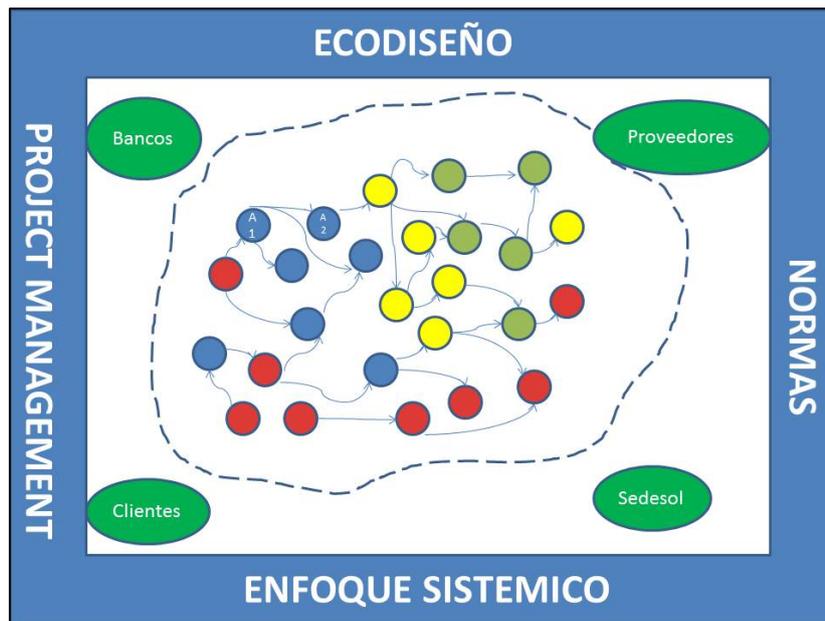


Figura 3.4. Diseño del sistema. Fuente propia

En la construcción del sistema se sugiere usar colores para mapear las actividades dependiendo del estudio a la que pertenecen, de esta manera podemos identificar el cruce de información entre los diferentes equipos de trabajo, el sistema interno se delimita a través de una línea punteada y los sistemas externos quedan fuera de ella. Se propone una visión para diseñar el sistema basado en la gestión de proyectos, el enfoque sistémico las normas para la elaboración del producto, y el ecodiseño. Este modelo es el cimiento de la construcción del diagrama de Gantt, herramienta que nos permitirá a través de la administración de proyectos gestionar que las actividades se cumplan en tiempo, con la calidad y especificaciones requeridas de una manera concurrente y en prospectiva.

Las técnicas de creatividad han sido mejoradas en los últimos años, al grado de particularizarse para cada área del conocimiento, se resalta que su uso disciplinado y sistematizado ha provocado un mejoramiento en los procesos de diseño de nuevos productos, en la presente investigación por practicidad y al considerarse que son las que más aportan al desarrollo de nuevos productos agroindustriales se seleccionaron la lluvia de ideas, mapas mentales, Triz e ingeniería del pensamiento.

3.4.1 Lluvia de ideas.

Una de las aportaciones que este trabajo de investigación plantea es que a través de proyectos productivos agroindustriales se puede reducir el nivel de pobreza en zonas marginadas de México, se seleccionó el área de investigación en la Sierra Gorda del estado de Guanajuato y se ubicó Atarjea, una de las comunidades de más pobreza extrema en México, en base a la investigación

con los pobladores y la observación, se encontró que esta zona es rica en la producción de una raíz que se vende en el mercado para sazonar las salsas, el chilcuague, la pregunta es ¿qué valor agregado le puedo dar a esta raíz para pueda tener mejores ingresos que el venderla tal como se obtiene en la naturaleza? En líneas anteriores se mencionó el costo del manojito y se puede determinar que hay poca rentabilidad, al ser una zona semi desértica la comunidad no tiene un producto agrícola de alta productividad más que para autoconsumo.

El ejercicio de una lluvia de ideas permite a través de la experiencia de los pobladores y los conocimientos técnicos del personal de ayuda generar propuesta de valor al producto, las cuáles se tiene que ir perfeccionando con el uso del TRIZ que lo veremos más adelante. Se aplican las reglas para un buen uso de la técnica de lluvias de ideas propuestas por [León, Rovira 2004], desde el 2007 se ha estado aplicando en diferentes comunidades de la Sierra Gorda estas técnicas con los pobladores hasta alcanzar una variante de la técnica que tiene como resultados ideas creativas y en menor tiempo.

Se deben considerar las restricciones educativas de los pobladores, donde la media tiene como educación el 3er año de educación primaria, haciendo notar que en las evaluaciones para medir el nivel educativo en primaria y secundaria en los últimos años en México se ha determinado que la educación en escuelas oficiales y sobre todo en las rurales es ineficiente, citando al periódico Excélsior con fecha 9 de agosto el reportaje titulado SEP: salen de prepa y solo saben sumar, se explican los resultados de la prueba planea que mide el nivel educativo en educación media, señala que 8 de 10 alumnos tiene problemas con operaciones matemáticas complejas, en las zonas rurales esto se refleja con más crudeza. La gente de campo teme a las nuevas ideas, rechaza a personas que no son de su comunidad, la media de edad es de 42 años, su experiencia pasada con programas gubernamentales tanto municipales, estatales como federales ha sido ha sido de estafas, sumado que método asistencialista desde los años 90's con la aparición de SEDESOL ha provocado que para la gente pobre es más fácil recibir los apoyos económicos por su condición de pobreza, sin trabajar, que aceptar el reto de crear proyectos productivos.

Para poder trabajar en la fase de creatividad, se requiere establecer primero un proceso para ganarse la confianza de la gente basado en trabajo duro y desinteresado, por lo cual se tuvo que formar una asociación llamada "Creyendo en ALE", cuyo nombre oficial es Alimentación, Liderazgo y Educación para la Niñez con la cual se ha formado en los últimos años una confianza entre los pobladores específicamente de la Sierra Gorda de Guanajuato para poder dar el paso a la implementación de la metodología.

3.4.1.1 Reglas para la lluvia de ideas.

1. Definir el problema claramente
2. No se cuestiona ninguna idea
3. No hay cabida para los prejuicios.
4. Guardar un ambiente relajado.
5. El que una idea haya fracasado antes no necesariamente debe fracasar ahora.
6. Aprender a escuchar a la gente, no interrumpirla mientras habla
7. El grupo que está diseñando el producto es inclusivo, todos tienen cabida.
8. Permitir el tiempo necesario para incubar las ideas.
9. Clarificar, combinar y descartar.
10. Categorizar.

3.4.1.1.1 Definir el problema claramente.

La definición de un problema es un arte, para la primera etapa que es la definir y diseñar un nuevo producto, o innovarlo es necesario definir claramente cuál es el producto agrícola base, la producción real basada en estimaciones históricas documentadas o, inferirla en base a la experiencia aplicando un índice de certeza.

3.4.1.1.2 No se cuestiona ninguna idea.

Se debe permitir la generación de todo tipo de ideas y respetarse, históricamente el personal que trabaja en las secretarías de desarrollo económico de los gobiernos municipales o estatales, la gran mayoría de ellos no están por méritos y su formación académica no es acorde al diseño de un nuevo proyecto agroindustrial, por lo que es una práctica común decidir ellos que proyectos son los indicados sin tomar en cuenta a los habitantes de estas regiones que tienen un conocimiento empírico y una sabiduría basada en la experiencia propia y la heredada desde tiempos ancestrales, es prioridad empoderar a todas las personas para que generen sus ideas sin temor que sean rechazadas o minimizadas por el personal técnico que estará trabajando en los proyectos.

3.4.1.1.3 No hay cabida para los prejuicios.

Un prejuicio puede ser tomado como un temor por parte de la persona que lo emite, subestimando la capacidad intelectual y conocimiento de una persona, las grandes ideas provienen del enriquecimiento de pequeñas aportaciones que muchas veces son exteriorizadas por personas muy sencillas que son mejoradas por personas con otro tipo de conocimiento hasta hacer una aportación muy valiosa. Un equipo interdisciplinario formado por gente de campo, fundaciones, profesionistas y personal tanto de los tres órdenes de gobierno debe quedar muy claro que todos somos iguales en el equipo.

3.4.1.1.4 Guardar un ambiente relajado

El equipo debe mantener en cada una de las sesiones y en todo momento un ambiente relajado, no hay cabida para sentirse superior o incomodo por estar trabajando en condiciones de pobreza, a veces sin las instalaciones adecuadas ni con servicio de cafetería, salones ambientados o infraestructura tecnológica. Un ambiente relajado permitirá a los miembros del equipo ser más creativo, con más seguridad y confianza.

3.4.1.1.5 El que una idea haya fracasado antes no necesariamente debe fracasar ahora.

Proyectos productivos similares basados en diferentes productos agrícolas que han fracasado en el pasado no necesariamente deben fracasar ahora, al contrario hay que analizar el por qué no tuvo éxito y que se puede modificar en el presente para poder hacerlo exitoso. Grandes inventos no fueron realizados en su concepción original y otros investigadores que retomaron el proyecto se llevaron la gloria al modificar determinadas variables o conceptos equivocados o, que quizás en su momento no había la tecnología para desarrollarlos.

3.4.1.1.6 Aprender a escuchar a la gente, no interrumpirla mientras habla.

Es muy común en cualquier ámbito y medio que las personas no aprendemos a escuchar, oímos lo que deseamos oír y decodificamos erróneamente la idea, esto nos hace interrumpir ya sea para señalar un error o querer complementarla, es importante que durante la técnica de lluvia de ideas aprendamos a abrir todos nuestros sentidos así como prestar nuestra atención y escuchar a la gente, no interrumpirla mientras está hablando, pero si hay alguna duda sobre el concepto o sobre la decodificación de la idea es válido levantar la mano y preguntar para aclarar.

3.4.1.1.7 El grupo que está diseñando el producto es inclusivo, todos tienen cabida.

Para la formación del equipo de trabajo no debe haber discriminación ni de sexo, edad, formación académica o estatus social, para el personal operativo de los programas gubernamentales así como empleados de los tres órdenes de gobierno, para quienes es difícil formar equipos de trabajo con la gente de bajos estudios, por lo que es importante sensibilizarlos y pedirles tolerancia y paciencia, pero no discriminarlos, como también se requiere que los pobladores no vean a los demás como gente arrogante y sin sensibilidad.

3.4.1.1.8 Permitir el tiempo necesario para incubar las ideas.

No se puede apresurar el tiempo para la generación de las ideas, quizás sea necesario agendar varias sesiones de trabajo, hay que tomar en cuenta las distancias y dificultades para llegar a las zonas de la Sierra por lo que se debe ir con la mentalidad que para hacer un buena lluvia de ideas puede ser necesario pernoctar en dichas comunidades. Las sesiones con tiempo limitado no son buen estímulo para la creatividad y pueden provocar un fracaso.

3.4.1.1.9 Clarificar, combinar y descartar.

Cuando se tiene certeza que se ha agotado la generación de ideas el moderador debe comenzar un proceso de clarificar, combinar y descartar basado tanto en los conocimientos teóricos así como en pequeños y prácticos ejercicios de factibilidad. Algunas ideas no pueden ser llevadas a cabo porque no son factibles y otras pueden combinarse, es probable que una idea necesite clarificarse y detallarse más a detalle. Una técnica que ayuda en este proceso es la Ingeniería del Pensamiento que hablaremos de ella más adelante.

3.4.1.1.10 Categorizar

Finalmente al tener ya las ideas que son factibles de llevarse a cabo se deben de categorizar o jerarquizar en orden de importancia o que más impacto tendrán tanto en la comunidad, o de acuerdo a las expectativas que están generando, esto para ser evaluadas a través de un proceso de factibilidad más detallado así como usando el diseño de experimentos para simular la idea matemáticamente.

3.4.2 Mapas Mentales.

Al tener una idea analizada, cuestionada y simulada matemáticamente podemos ya hablar que tenemos un producto o su innovación que debe ser desarrollado a un nivel de diseñar un prototipo, validarlo y finalmente diseñar un proceso de fabricación, en otras palabras tenemos que trabajar en el ciclo de vida del producto. Esto conlleva formar un equipo interdisciplinario más grande, así como identificar diferentes entidades del proyecto. En este punto se debe ampliar los miembros del proyecto y hacer una división de equipos de trabajo, los cuáles se formaran en:

- Técnico
- Mercado
- Financiero
- Sustentabilidad
- Desarrollo Social

Para coordinar los equipos y darle una estructura al proyecto se requiere introducir la figura de un gerente de proyecto que coordinara los esfuerzos de todos los involucrados.

Es en esta parte que es necesario el uso de los mapas mentales, los cuales son representaciones gráficas de las ideas pero que pueden ser definidos como una técnica para graficar por parte de todos los miembros del proyecto todo aquello que nos lleve a la meta, esto ayuda a plasmar, clarificar y estructurar pensamientos in formato lógico, en el cual podemos identificar las entidades involucradas y las conexiones lógicas que tienen entre ellas. El primer mapa mental debe genérico sobre el producto que se fabricar, los equipos de trabajo deben aportar ideas y conceptos lógicos sobre todo aquello que se requiere para poder hacer el producto.

La división de los equipos de trabajo a su vez hace una partición por disciplina de todos los aspectos inherentes al proyecto que a su vez, tendrá más particiones, para cada una de estas se debe elaborar un mapa mental con ideas genéricas para identificar en cada paso las acciones requeridas durante el proyecto.

Es importante destacar el uso del pensamiento sistémico, concurrente y en prospectiva al realizar los mapas mentales, ya que durante la construcción se debe tener siempre en mente que cada acción puede repercutir en actividades propias del equipo de trabajo e inclusive en los otros equipos, por lo que se debe hacerse continuamente preguntas de si la solución que se presenta para una actividad no representará un conflicto de no solución para quien la requiere más adelante. El pensamiento concurrente permite a todos los involucrados en el proyecto trabajar de manera

paralela y trabajar de manera conjunta cuando las actividades lo permitan, destacando el trabajo colaborativo, por lo que la figura del gerente de proyecto cobra más importancia.

Un proyecto puede y debe estar formado por la suma de mapas mentales elaborados para cada objetivo o sub objetivo que forma el proyecto, esto forma parte del pensamiento sistémico, concurrente y prospectivo que deben de tener todos los miembros del equipo. El desarrollo de estos mapas mentales ayudan a identificar las conexiones lógicas así como determinar si hay duplicidad de funciones o, si podemos orientar esfuerzos concurrentes en el proyecto para optimizar los recursos y con esto, más adelante ayudar a reducir el tiempo de desarrollo del nuevo producto o su innovación.

El siguiente nivel de mapa mental es a través de las representaciones gráficas hacer conexiones lógicas entre ellas identificando unidades del proyecto así como al equipo al cuál pertenecen, en este momento se requiere establecer códigos por estudio para poder monitorear a que equipo pertenecen y qué miembro del equipo es el responsable, se recomienda evitar el cruce de líneas de conexión de cada unidad y se deben de construir apoyados en una línea de tiempo, se pueden observar en este momento que estamos construyendo de manera concurrente las bases de un diagrama de Gantt.

Al tener por cada estudio la suma de sus mapas mentales construidos en un más grande, es necesario en este momento construir el nivel superior en el que se podrá ya observar todo el alcance del proyecto, al hacer las conexiones entre las actividades o acciones, se hace un trabajo de refinación en el cual se podrán identificar las actividades redundantes o, se podrán identificar acciones faltantes, para esto es necesario aparte de la codificación que por estudio una identificación por color, lo que permitirá de una manera más sencilla identificarlas. En este momento, cada nodo debe redactarse como actividad usando el verbo en infinitivo, indicando acción, los conectores deben estar identificados por estudio y por la división del equipo de trabajo, así como la especificar el medio en que se manda la información generada por la actividad a su predecesora.

Con el mapa mental mejorado, se procede a la construcción de la Cruz de Malta por equipo, la cual es un sistema de información basada en cuatro ejes en los que se representan en el eje norte, “N” las actividades, las cuales se van colocando en orden de línea de tiempo desde el origen, en otras palabras va creciendo hacia la parte superior del eje N, el eje oeste, “O” es la entrada de la información que debe cruzarse con la actividad, el eje sur “S” representa la manera en que la información conecta a la actividad, es aquí donde se define si es un documento, un archivo

electrónico, un estudio y las características necesarias para aceptar dicha actividad. El eje este “E” contiene la salida de la actividad ya procesada conecta con la actividad predecesora.

El tiempo invertido en la lluvia de ideas y los mapas mentales permite hacer este paso de una manera muy sencilla, eficaz y eficiente, la salida es tener las actividades bien definidas para construir el sistema de administración de proyectos que forma una parte vital de la metodología aquí presentada.

3.4.3 Triz.

Triz es el acrónimo ruso de Teorija Rezbentel'skib Zadach que en castellano significa teoría de solución de problemas de inventiva la cual fue desarrollada por el Ingeniero ruso Genrich S. Altshuller en 1946 analizando más de 2.5 millones de patentes y consolidando todas estas en 40 principios de inventiva. Es un método muy aceptado en la industria y organizaciones dedicadas a investigación y desarrollo, ya que reduce la práctica de ensayo y error en la solución de problemas y generación de nuevos procesos y productos. Triz es una metodología sistematizada que convierte la creatividad y la innovación en un sistema de principios y algoritmos, se basa en la hipótesis de que existen principios universales de invención, que pueden servir de base para las innovaciones creativas y los avances tecnológicos.

Basados en los 40 principios de invención propuestos por Altshuller, se ha adaptado esta metodología a reducir la prueba y error al desarrollar un nuevo producto agrícola, agregando al Triz una base de datos la cual contiene variables e información relevante sobre los productos agrícolas con mayor potencial productivo en la región. Para esto, durante los últimos 20 años se hizo un trabajo de campo en la zona norte del estado de Guanajuato tomando muestras de tierra en las zonas de cultivo así como de productos agrícolas para ser analizados en el campo experimental del Bajío de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA)

Por ejemplo, una de las especies de más alta productividad por ser zona boscosa es el encino, el cual crece de manera natural en la Sierra Gorda de Guanajuato, tradicionalmente el árbol es una buena fuente de maderas, la cual es muy cotizada por su propiedades para hacer determinadas artesanías, pero mayormente es usado para generar carbón. A través de un análisis se identifica todas las propiedades físicas y químicas, así como determinar sus compuestos. Por otra parte se realiza una investigación de qué tipo de industria usa estos compuestos, esto permite junto con la metodología de Triz diseñar nuevos productos o procesos, de esta manera se ha encontrado que el encino presenta gran valor fitoquímico debido a los metabolitos secundarios que produce, y de manera particular los llamados polifenoles, ya que exhiben actividades del tipo antioxidante,

antimutagénica y anticarcinogénica (relacionados con la inhibición del desarrollo de cáncer). Estos compuestos se encuentran de manera natural en hojas, corteza y semillas de árboles de encino, lo que significa que no interfieren con el aprovechamiento de la madera.

Por lo que hacer un proyecto productivo aprovechando estas características ya sea para extraer los compuestos o venderlos a la industria en su estado natural puede representar un beneficio económico a los habitantes de esta zona.

La base de datos que se construye contiene el producto agrícola, así como las características físicas y químicas, el potencial de producción en la zona, tipo de clima requerido, propiedades de la tierra, nutrientes, análisis de hidrografía y orografía que permiten ver en perspectiva si estos productos tienen un horizonte correlacionado al volumen necesario para soportar un proyecto productivo que genere ingresos en su ciclo de vida.

El resultado de la base de datos es la propuesta de un componente correlacionado con una industria, o, la combinación de diversos componentes a su vez de diferentes productos agrícolas para sugerir un producto. Esta herramienta de innovación reduce el tiempo de diseño de nuevo producto considerablemente.

3.4.4 Ingeniería del Pensamiento.

Como se describió en la introducción a este capítulo, la matematización de las ideas ha sido un anhelo perseguido por investigadores y profesores. A través de la lógica de conjuntos, se hace realidad estos anhelos al poder abstraer pensamientos e ideas de creatividad y transformarlas en enunciados lógicos para simplificar el proceso de creatividad, ya que reduce el universo de posibles soluciones solo a aquellas que tienen lógica y descarta lo que no hace sentido, reduciendo el tiempo de proceso de diseño dramáticamente.

Dentro del área rural, para el diseño de nuevos productos los procesos de prueba y error son muy comunes hoy en día, ya sea por idiosincrasia de los habitantes de la comunidad, negligencia de parte de los funcionarios de los tres órdenes de gobierno, o simplemente por ignorancia. Los procesos de prueba y error son muy tardados y provocan lo que en esta investigación se le ha llamado el síndrome del hámster, que es caminar en círculos pero no avanzando en resultados tangibles pero si consumiendo recursos.

La herramienta que se usó para matematizar de las ideas es la Lógica y Teoría de Conjuntos. La lógica, de acuerdo a Ivorra se remonta al siglo IV a.C., cuando Aristóteles la colocó como eje de sistema filosófico, indispensable para cualquier otra ciencia. La lógica aristotélica en sí era rígida y estrecha conceptualmente sin embargo permaneció inalterada hasta el siglo XVI. A partir de los

estudios de Galileo y Newton, la lógica simplemente fue ignorada a pesar de los esfuerzos de filósofos matemáticos con inclinaciones filosóficas, aunque sin jugar ningún papel relevante en el desarrollo de las ciencias. Leibniz, Boole y algunos otros empezaron a relacionarla más directamente con la matemática, pero sin obtener aplicaciones directas, análisis o trabajos que lo hicieran relevante. Fue hasta los trabajos previos y subsecuentes al cálculo infinitesimal que la lógica tomó en un lugar preponderante en las matemáticas.

La teoría de conjuntos fue desarrollada en el siglo XIX por Georg Cantor, la cual en sus inicios tenía contradicciones en sus demostraciones, hasta que finalmente Bertrand Russell sentó una mejor base de análisis en lógica y teoría de conjuntos.

Al momento de estar desarrollando un nuevo producto por parte del equipo, es importante contar con herramientas que reduzcan el espectro, en otras palabras, el universo de posibilidades a encontrar. La Ingeniería del Pensamiento trabajando de la mano con los resultados obtenidos en las técnicas de fase creativa, permite a través de postulados o enunciados de las características deseadas del producto parafrasearlo en sentencias lógicas que van descartando aquellas soluciones de nuevo producto que contradicen la lógica del producto encontrando al utilizar diagramas de Venn en la intersección de los conjuntos el producto o la solución requerida.

La lógica nos permite analizar en el álgebra de conjuntos si uniones o intersecciones tienen sentido con las variables, esto nos permite eliminar esos procesos desgastantes en tiempo y recursos de prueba y error y direccionar los esfuerzos a aquellos esfuerzos que tienen un sentido lógico. Este paso reduce sensiblemente el tiempo de investigación o de diseño de un nuevo producto.

Cuando se usan proposiciones conjuntivas en el análisis del nuevo producto, es decir cuando se usa “y” se tiene que considerar el resultado de esas dos proposiciones que son cuatro combinaciones que se muestran en la tabla 3.1, para la cual la única conexión lógica verdadero y verdadero, por lo que podemos descartar las otras tres y ahorramos tiempo de prueba y error así como recursos en el laboratorio de prueba.

P	q	$p \wedge q$
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	F

Tabla 3.1 Proposiciones conjuntivas

En el análisis del problema o el diseño de un nuevo producto se puede usar la conjunción “o” que al unir las dos proposiciones señala que una o la segunda pueden ser verdaderas, no necesariamente las dos. También en este caso se tiene cuatro combinaciones de las cuales las tres

que contienen un elemento de verdad son verdaderas, y solo aquella en la que las dos proposiciones lógicas son falsas no es verdadera, de esta forma se hace una reducción significativa de ensayos.

P	q	$p \vee q$
V	V	V
V	F	V
F	V	V
F	F	F

Tabla 3.2 Proposiciones disyuntivas

En matemáticas se tiene también las proposiciones condicionales, aquellas cuya expresión es si a y b son factores del diseño experimental, entonces a adicionado a b condicionan el experimento, entonces la proposición de manera general es “si p entonces q” y se le llama proposición condicional y será denotada mediante el símbolo $s \rightarrow q$. El símbolo \rightarrow se le denominará conectivo condicional, p es llamada antecedente o hipótesis y q consecuencia o conclusión. En la tabla 3.2.se puede observar las cuatro combinaciones y notamos que las proposiciones verdaderas son si p es verdadero, entonces q es verdadera.

P	q	$p \rightarrow q$
V	V	V
V	F	F
F	V	V
F	F	V

Tabla 3.3 Proposiciones condicionales

Las proposiciones conjuntivas, disyuntivas y condicionales en la lógica de la ingeniería del pensamiento permite matematizar a través de la algebra de conjuntos las ideas y reducir el número de iteraciones de un experimento y aún mejor, reduce el número de experimentos, factores a analizar y por lo tanto reduce la complejidad. Este es la base para la lógica de conjuntos, eje neuronal de la ingeniería del pensamiento ya que los diagrames de Venn se construyen a través de graficar las ideas o pensamientos lógicos en conjuntos, analizar factores, variables, recursos y cualquier proposición que al aplicar la lógica matemática identificamos aquellas que son verdaderas.

3.4.4.1 Algebra de conjuntos.

Es importante tener en mente que las personas que van a manejar estas técnicas no tienen estudios más allá del cuarto año de educación primaria en promedio y, que está en las zonas rurales es deficiente, por lo que la fase de diseño del producto en donde las ideas generadas deben pasar un proceso de selección para solo trabajar en aquellas que tengan lógica o le den verdadero valor

agregado al producto el mejor método es la ingeniería del pensamiento, hacerlo en la tesitura de la lógica matemática puede ser muy complejo, por lo que la ayuda de los diagramas de Venn permitirá una fácil comprensión.

En la figura 3.5 se observa el conjunto $A=B$ a través de un conjunto vacío, esto significa que se sobreponen y son iguales, por eso solo se ve una figura, es decir, dos ideas que son exactas y por lo tanto su análisis no debe hacerse por cada conjunto sino solo a uno, también observamos en la misma figura dos conjuntos que se unen pero la intersección está vacía y lo denominamos $A \neq B$ ya que a pesar de que hay una unión, los conjuntos al no ser iguales no tienen elementos comunes, esto se aplica en los diseños experimentales al no encontrar interacción entre las variables o factores. Finalmente para la misma figura se tiene la representación de dos conjuntos A y B separados lo que representa que son diferentes $A \neq B$ y a la vez, totalmente ajenos, esto es importante porque son ideas contrapuestas y evita el hacer análisis sin sentido.

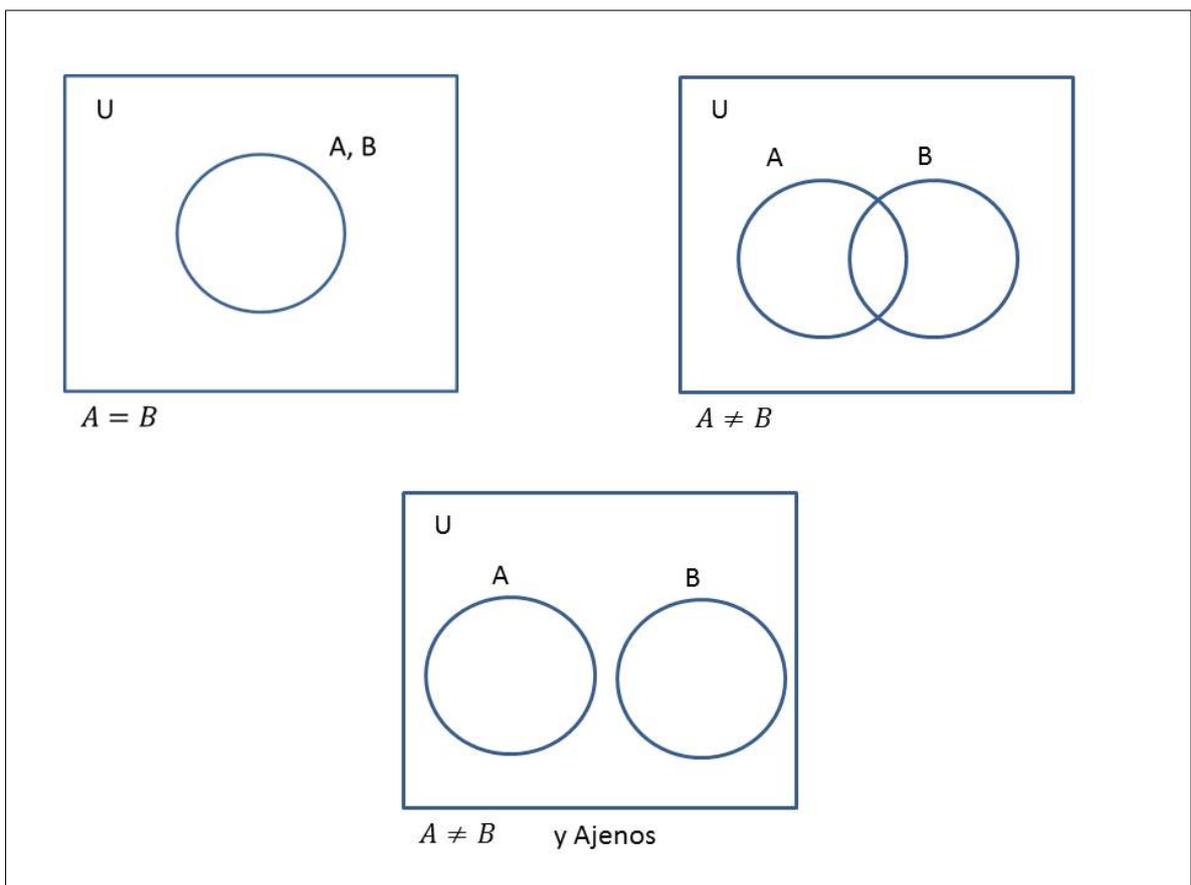


Figura 3.5 Representación de proposiciones lógicas a través de diagramas de Venn. Fuente propia

El siguiente grupo de diagramas de Venn son representaciones ya con elementos, en el primero podemos observar una igualdad entre A y B, significa que para cada proposición ambos conjuntos

son iguales, mismos factores, mismas variables, por lo que un análisis individual nos puede arrojar resultados compartidos en un experimento o, significa que ambas ideas son idénticas y puedo simplificar el estudio. El segundo elemento de análisis es $A \cup B$ en donde ambos conjuntos están sombreados, la intersección muestra que algunas ideas son compartidas en ambos conjuntos, son iguales, pero los restantes miembros de ambos conjuntos son similares pero no iguales. La tercera representación vemos que dos ideas son idénticas pero opuestas, representadas por A y B en conjuntos sombreados y separados, también en la lógica del álgebra de conjuntos se representa como $A \cup B$ y finalmente tenemos $A \cap B$ representada por dos conjuntos sobrepuestos A y B que significa que ambas ideas son iguales y por lo tanto los elementos se intersectan.

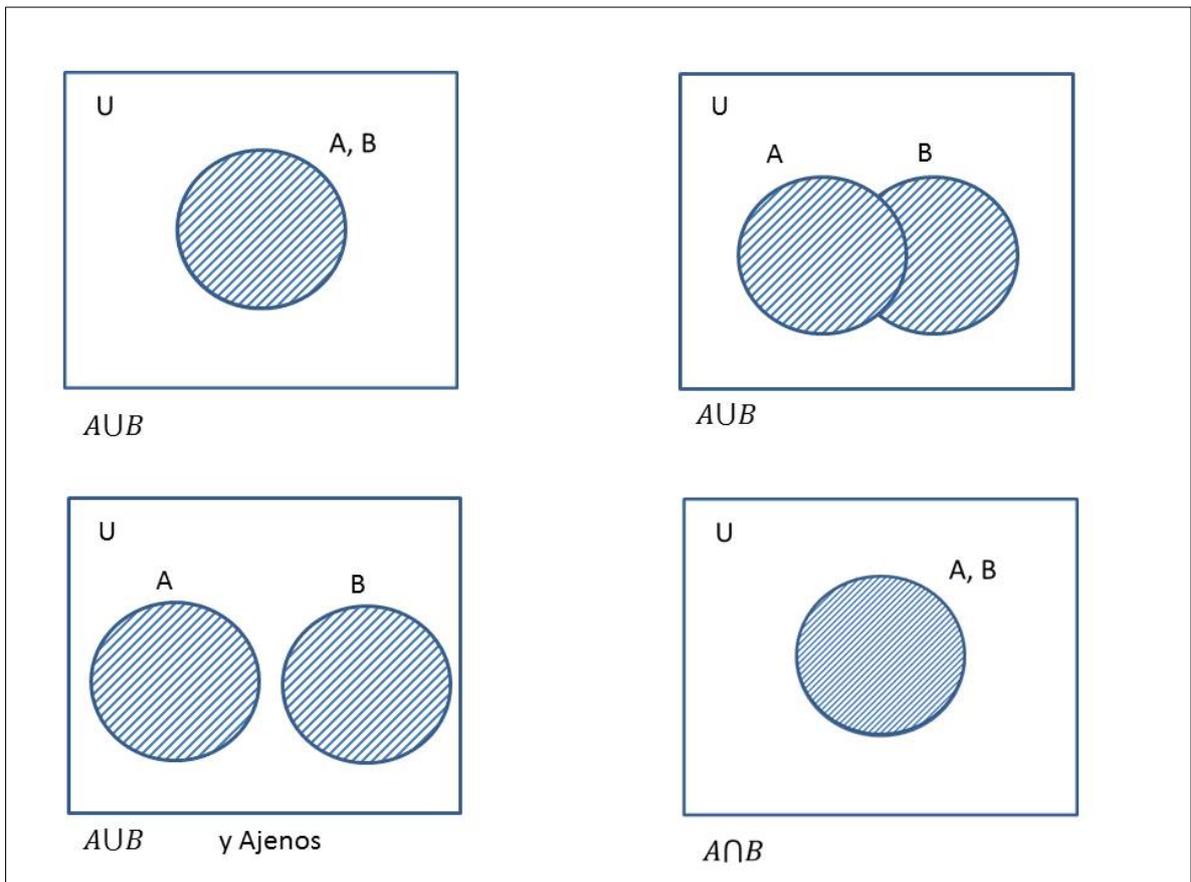


Figura 3.6 Representación de proposiciones lógicas a través de diagramas de Venn. Fuente propia.

El último grupo de diagramas de Venn representa la intersección de dos conjuntos A y B en donde solo algunos de los elementos son comunes y los demás diferentes $A \cap B$, este es el más común de la representación de proposiciones en las que dos ideas son totalmente divergentes hasta que encontramos puntos comunes entre ellas, las intersecciones son los elementos a investigar o estudiar. Se observa la representación algebraica de resta $A - B = \emptyset$ en donde dos elementos o proposiciones al ser restadas y por ser ambas iguales, el conjunto obtenido es nulo, esto sucede cuando en el experimento eliminamos un grupo de variables para un factor A así como las

variables del factor B se observa que el experimento ya es nulo, no es necesario hacerlo. A' representa la búsqueda de los factores, variables o elementos que complementen el experimento y se encuentran en el universo, es decir, para si estamos investigando una característica especial de un producto agrícola, en este caso el chile y la pecticina es el elemento activo y queremos identificar el qué o cómo vamos a disponer del resto del producto se representa como A' , es decir, el universo menos el conjunto o elemento A.

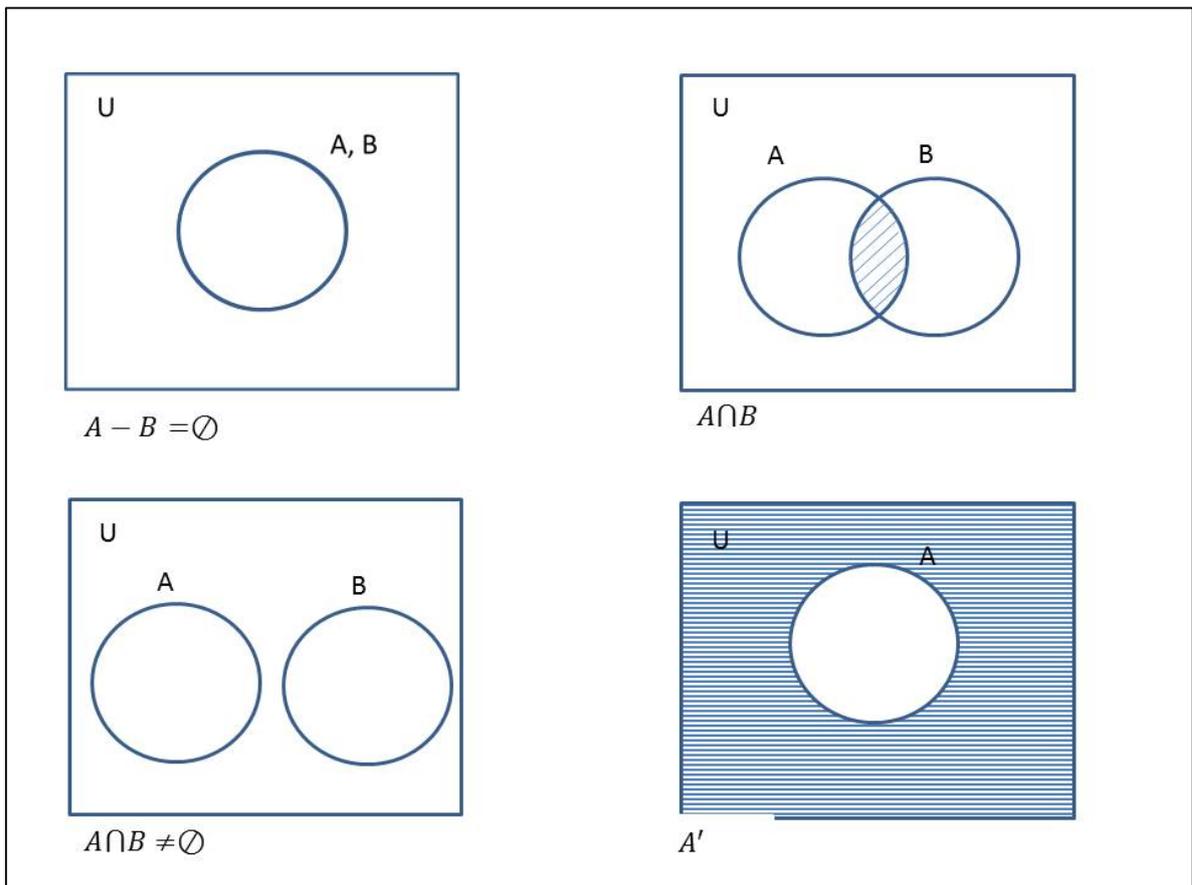


Figura 3.7 Representación de proposiciones lógicas a través de diagramas de Venn. Fuente propia.

Como comentamos en este capítulo las técnicas de fase creativa contribuyen a la reducción del tiempo de diseño al ofrecer una metodología robusta que evita duplicar esfuerzos y orientar los recursos hacía ideas lógicas y factibles, así también contribuye a que el proceso de planteamiento del problema sea eficaz, así como el mismo diseño experimental que se explicará en el capítulo 3.

IV. Técnicas de Diseño de Experimentos para la reducción del tiempo de investigación y desarrollo.

Como se ha mencionado en otros capítulos de la investigación, no sólo en México sino también en otras partes del mundo existe un gran temor a trabajar con matemáticas aplicadas en la solución de problemas del mundo real y profesional, alumnos, recién egresados de universidades e inclusive profesionistas experimentados se sienten más cómodos resolviendo problemas de libro, que diseñando sus propios experimentos.

En el diseño de un nuevo producto las primeras fases de su ciclo de vida se enfocan a la investigación y desarrollo, escuchar la voz del cliente representado por el departamento de mercadotecnia así como la factibilidad por parte de los equipos de ingeniería, abstraer de la realidad el flujo de información en un lenguaje matemático así como diseñar el proceso identificando los factores y variables es un arte. La fase creativa juega un rol importante para resolver o plantear correctamente el problema y así, buscar y plantear la solución. La ingeniería del pensamiento permite establecer combinaciones lógicas de factores y variables así como definir el espectro de sus niveles. Este punto es uno de los más difíciles en la metodología aquí presentada porque implica un rompimiento cultural con el conocimiento ancestral por parte de los pobladores para transformar su lenguaje cotidiano a un lenguaje matemático.

La selección de los factores requiere un apoyo en la base de datos construida al analizar el Triz, ya que a través del estudio de trabajos de investigación previamente realizados se puede determinar en base a esas experiencias los rangos de los niveles bajo los cuales el experimento se puede realizar, esto presupone una reducción del tiempo de investigación muy sensible debido a que a través de la modelación matemática se ajusta el modelo hasta identificar aquellos parámetros que matemáticamente propone más probabilidad de éxito así como la intensidad de sus niveles, al pasar el campo experimental o laboratorios volvemos reducir el método de prueba y error solo ajustamos los parámetros y estamos en condiciones de construir un prototipo funcional, en otras palabras darle un aspecto físico al producto que se ha trabajado en la fase creativa.

El presente trabajo de investigación está elaborado en el diseño de nuevos productos agroindustriales y su innovación tomando como materia prima el producto agrícola de alto potencial que tiene cada región, en otras palabras productos que por las condiciones de clima, geográficas, hidrografía, entre otras son abundantes en cierta región o, su producción es altamente significativa sin crear condiciones artificiales, A partir de estas condiciones se le da un valor agregado al producto de tal manera que se pueda comercializar y dejar ingresos a la población y de esta manera, salir de la situación de marginación social a través de proyectos productivos.

Las zonas de estudio para estos proyectos son en zonas marginadas de México, específicamente la región de la sierra gorda de Guanajuato y Querétaro en donde la pobreza, como se describió en los primeros capítulos es una condición desfavorable en el diseño de proyectos productivos debido al bajo nivel de escolaridad y la mala calidad del sistema educativo público en México, de acuerdo a Moraga [Moraga 2015] un millón 207 mil niños sufren de rezago educativo en Guanajuato, hay niños entre 3 y 15 años que no van o no han concluido la escuela (primaria o secundaria) La metodología que se propone es una interface entre la complejidad que puede ser una simulación estadística con el lenguaje del día a día de los campesinos y pobladores de la región.

Los tres principios básicos del diseño de experimentos son aleatorización, replicación, y estratificación o diseño de bloques. Por aleatorización se entiende que cualquier elemento de la población bajo estudio puede ser seleccionado para su análisis estadístico, replicación se refiere a la capacidad de repetirse el proceso con la mínima variación usando los mismos factores y variables seleccionados para el diseño experimental, y por último el diseño de bloques es una técnica diseñada para mejorar la precisión con la cual se comparan variables y factores.

En el diseño experimental la aplicación de las técnicas de fase creativa, en este caso específico la lluvia de ideas y mapas mentales permite identificar correctamente el proceso y realizar diseños que solucionan problemas y no síntomas dentro de diseño de productos agroindustriales y de cualquier tipo, pero en esta investigación haremos énfasis de proyectos agroindustriales.

Montgomery sugiere 7 pasos para el diseño experimental.

- Análisis contextual y definición del problema.
- Selección de la variable de respuesta.
- Selección de factores, niveles y rangos.
- Selección de la técnica de diseño de experimentos.
- Realización del experimento.
- Análisis estadístico de la información.
- Conclusiones y recomendaciones.

En los tres primeros pasos la falta de calidad en la recopilación y manejo de la información puede provocar resultados falsos que alarguen el tiempo de diseño del producto. Se ha manejado como riesgo el factor educativo, pero también existe un riesgo en el entorno cultural y de idiosincrasia de los habitantes de las comunidades en las cuales se estarán desarrollando los estudios. En el capítulo de técnicas de creatividad se habló de condiciones, circunstancias y factores necesarios para un buen trabajo en equipo, el manejo de egos del equipo de trabajo debe ser trascendental por parte del gerente o líder del proyecto.

La aplicación de la ingeniería del pensamiento en estos tres primeros pasos reduce la probabilidad de basar los diseños en sistemas que tengan una contradicción lógica, por lo tanto el diseño experimental está orientado hacia variables de respuesta que tengan significado en el diseño del producto. A través del álgebra de conjuntos podemos descartar variables de respuesta que no tengan un sentido lógico hacia los resultados perseguidos. Entre menos diseños experimentales elaborados y replicados aseguramos un mejor manejo de la información y controlamos el proceso con más eficacia.

De acuerdo a datos recabados en una encuesta realizada entre 2009 y principios de 2015, en las industrias consultadas el mayor porcentaje de error cuando se aplicaba un diseño de experimentos se encontraba en el planteamiento del problema y en el diseño de la variable de salida. Por lo regular la tendencia del personal que diseño de experimentos por abreviar tiempo de conceptualización confundía un síntoma con un problema, por lo que al identificar los parámetros de las variables en el proceso y se replicaba tanto en el prototipo, proceso o producto funcional no había una solución a la situación problemática.

Una tendencia en el uso de experimentos multifactoriales pone en riesgo la efectividad de la simulación estadística, hay que tomar en cuenta que entre más números de factores se usen en el diseño experimental el número de hipótesis se incrementa y es muy probable que muchas de las intersecciones (interacciones de factores) de estos factores no tengan sentido. Si las interacciones podemos definir las en términos de unidades de medición, es casi seguro que el experimento tendrá sentido. En un proyecto agroindustrial con las condiciones mencionadas, procesos multifactoriales vuelve complejo el proceso de recopilación de datos.

Existe una gran cantidad de diseños experimentales para estudiar la gran gama de problemas, situaciones y circunstancias que ocurren en la práctica. Ante tal diversidad de diseños es preciso definir cada técnica de diseño para determinar cuál es la adecuada en determinadas condiciones.

De acuerdo a [Gutiérrez y de la Vara 2003] Los cinco aspectos que más influyen en la selección de un diseño experimental, en el sentido que cuando cambian por lo general nos llevan a cambiar de diseño son:

- El objetivo del experimento
- El número de factores a estudiar
- El número de niveles que se prueban en cada factor
- Los efectos que interesa investigar (relación factores – respuesta)
- El costo del experimento, tiempo y precisión deseada

En base a estos puntos, se puede clasificar los diseños de la siguiente manera:

- Diseños para comparar dos o más tratamientos.
- Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre la(s) respuesta(s)
- Diseños para determinar el punto óptimo de operación del proceso
- Diseños para la optimización de una mezcla.
- Diseños para hacer el producto o proceso insensible a factores no controlables.

1er. Nivel de Diseño	2do Nivel de Diseño	3er Nivel de Diseño
Diseño para comparar dos o más tratamientos	Diseño completamente al azar Diseño de bloques aleatorizados Cuadrado latino o grecolatinos	
Diseño para estudiar el efecto de varios factores sobre una o más variables de respuesta	Diseño factoriales 2^k Diseño factoriales 3^k Diseños factoriales fraccionados 2^{k-p} Diseños anidados. Diseños en parcelas divididas	
Diseño para la optimización de procesos	Diseños para el modelo de primer orden	Diseño factoriales 2^k y 2^{k-p} Diseño de Plakett-Burman Diseño Simplex
	Diseños para el modelo de segundo orden	Diseños de composición central Diseño de Box Behnken Diseños factoriales 3^k y 3^{k-p}
Diseños robustos	Arreglos ortogonales (diseños factoriales) Diseño con arreglos interno y externo.	
Diseños de mezclas	Diseño simplex reticular Diseño simplex con centroide Diseño con restricciones Diseño axial	

Tabla 4.1 Clasificación de los diseños experimentales. Fuente [Montgomery, 2005]

Los modelos de diseño de experimentos que se han utilizado en esta investigación son:

- Diseño de un factor dos muestras
- Diseño de un factor.
- Diseño de bloques
- Cuadrados latinos
- Análisis factorial
- Estudios 2k con k=2 y k=3
- Análisis de ortogonales.

4.1 Diseño de un factor comparación con dos tratamientos.

Con relativa frecuencia durante la elaboración de la tesis, se necesitó comparar dos tratamientos diferentes, es decir dos condiciones diferentes del proceso, dos tipos diferentes de sistemas de corte, de endulzado, de secado, de mezclado, etc. La comparación se hace respecto a las dos medias poblacionales, calculando la varianza, sus proporciones o algún otro tipo de parámetro.

En el caso del proceso de corte de tomate para deshidratar que se hace a través de dos cortadoras diferentes, nos interesa analizar si hay una variabilidad en el proceso significativa que repercuta en la calidad del proceso, si ambas medias estadísticamente son iguales se puede usar ambas máquinas o, si alguna de ellas es más cara se puede prescindir de esta y comprar o adquirir una similar a la más económica. Para hacer el diseño se colectan muestras de corte de manera aleatorio en los dos procesos y se miden, a cada una se le aplica tratamiento estadístico para determinar la varianza y desviación estándar. La hipótesis se define :

$$H_0: \mu_x = \mu_y \text{ Ambas máquinas son estadísticamente iguales}$$

$$H_a: \mu_x \neq \mu_y \text{ Ambas máquinas son estadísticamente diferentes}$$

El estadístico de prueba adecuado es la t de student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad donde S_p^2 es un estimador de la varianza muestral común y se calculan de acuerdo a la formula 4.2

$$t_o = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}}$$

El cálculo de S_p^2 que es una varianza muestral formada por dos grupos de muestras o submuestras debe tener una consideración especial y se define en la formula 4.3

$$S_p^2 = \frac{(n_x - 1)S_x^2 + (n_y - 1)S_y^2}{n_x + n_y - 2}$$

Para ejemplificar esta parte conceptual, tenemos dos muestras a las que se les ha medido el grosor del corte realizado por ambas máquinas, en la tabla x se encuentran los resultados.

MAQ A	MAQ B
0.471	0.429
0.460	0.427
0.469	0.432
0.489	0.453
0.490	0.461
0.487	0.477
0.498	0.475
0.514	0.474
0.396	0.376
0.400	0.379
0.456	0.440
0.462	0.433
0.492	0.470

Tabla 4.2 Datos de grosor de corte de dos máquinas.

Aplicando los estadísticos y despejando las formulas se obtiene para $t_o = 2.04$, en la gráfica de distribución de t de student para 24 grados de libertad se observa el área de aceptación que se encuentra en -2.064 y 2.064 mientras que el estadístico de prueba es de 2.04 por lo que esa dentro de la área de aceptación, sin embargo hay que observar que estamos a 1% de estar en el área de rechazo, por lo que un error sería aceptar totalmente el experimento, con los grados de confianza que en este caso es 5% en algún momento el experimento fallará. Lo ideal es que se encuentre en este caso lo más cercano al cero.

4.2 Experimento con un solo factor.

Cuando se requiere analizar un solo factor pero más de dos medias, en otras palabras más de dos tratamientos el diseño adecuado es el análisis de varianza, mejor conocido como ANOVA (por sus siglas en inglés). Si es posible usar el diseño de comparación de dos medias a través del estadístico de t de student, pero por ejemplo si tuviéramos cinco cortadoras de tomate para hacer el mismo proceso y nos interesa determinar si todas trabajan de manera estandarizada, se deduce que hay 10 pares de medias a comparar, usando un nivel de confianza al 0.95% podemos inferir que este se degrada en $0.95^{10} = 0.5987$ por lo que perdemos aproximadamente .30 de confianza.

Los experimentos agroindustriales que se hicieron en la presente investigación en su mayoría se analizan más de dos tratamientos, por lo que es necesaria la aplicación de un método que permita hacer este análisis con la mayor precisión por lo que se usa el diseño de análisis de varianza.

La primera consideración para este método es que los tratamientos son desviaciones de la media y basadas en un solo factor, por lo tanto el valor medio de i ésimo tratamiento es $\mu = \mu + \tau_i$ $i = 1, 2 \dots a$ por lo tanto el valor i ésimo consta de la suma de la media general y el efecto del i ésimo tratamiento interesa probar la igualdad de las medias de los tratamientos

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \dots \mu_n$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \dots \mu_n$$

En el diseño experimental cuando se habla de análisis de varianza es el resultado de descomponer la variabilidad total de los datos en sus partes componentes, expresándola de la siguiente manera.

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y})^2$$

Si estadísticamente si se afirma que el error se expresa como la diferencia entre la suma de los cuadrados de los datos menos la suma de los cuadrados del tratamiento la suma de cuadrados se puede expresar:

$$SS_T = SS_{Tratamientos} - SS_E$$

Si se es capaz de estructurar estadísticamente la suma de cuadrados del tratamiento no es necesario hacer un desarrollo matemático para obtener la suma de los cuadrados del error.

$$SS_{Tratamientos} = \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2}{n} - \frac{y^2}{n}$$

Por lo tanto, el error puede ser deducido como

$$SS_E = SS_T - SS_{Tratamientos}$$

Para ejemplificar el análisis de varianza, se hace un estudio sobre la calidad del tomate para corte a los 5 proveedores más representativos, se espera que todos los proveedores tengan la misma calidad, si esto es cierto quien ofrezca el mejor precio y condiciones favorables de pago será el proveedor principal, si alguno de estos es diferente, no se tomará en cuenta su producto.

V. Metodología propuesta.

La metodología que se presenta en el trabajo de investigación, es el fruto de años de estudio y análisis no solo de las técnicas de diseño de experimentos, sino de la introducción de un pensamiento sistémico, concurrente y en prospectiva lo que llevo la investigación en trabajar aspectos económicos y sociales en las zonas marginadas para entender mejor la idiosincrasia, costumbres, educación y cultura de los habitantes para poder implementar el método de trabajo.

La primera parte de la metodología le llamamos contexto social.

Para evitar el rechazo de los pobladores a las nuevas ideas y la industrialización de sus recursos naturales, se requiere que el equipo externo se sensibilice en aspectos socioeconómicos de la zona así como en la historia de proyectos anteriores, éxitos y fracasos, análisis causa efecto del por qué no funcionaron los proyectos anteriores, como de describió en el capítulo anterior, se requiere desarrollar ciertas habilidades y actitudes, destacando como más importantes el entusiasmo, resiliencia y una gran capacidad de escuchar.

Creadas las condiciones anteriores, es necesario construir equipos de trabajo eficientes. En esta parte se busca la cohesión entre los miembros sin importar condiciones sociales, diferencias académicas e intelectuales, la gente debe ver al equipo como un facilitador y compañero de proyecto y no como gente del gobierno con intenciones de aprovecharse de ellos. La tolerancia y paciencia son fundamentales, lo que se logra con dinámicas de integración para relajar por ambas partes la sensación de trabajar con gente extraña. Se requiere construir puentes de comunicación y derribar muros de prejuicios.

El estudio en el capítulo 2 se explica las condiciones en las que viven las personas de la zona, y el tipo de carencias que tienen, así como la riqueza natural y los cultivos altamente potenciales con los que cuentan los habitantes para de ahí partir a la generación de ideas de nuevos productos o la innovación de actuales. Es importante destacar que enfatizamos productos de alta productividad en la región pero no se restringe a la capacidad de a través de ambientes controlados por invernadero sembrar y cosechar productos no propicios de manera natural para la zona.

El capítulo III se hace la argumentación y justificación de la metodología para la fase creativa con las 4 técnicas que se proponen para este estudio; triz, lluvia de ideas, mapas mentales e ingeniería del pensamiento y finalmente en el capítulo IV se hace la argumentación para el diseño de experimentos.

5.1 Metodología.

5.1.1. Diagnóstico de la localidad a estudiar.

1. Al ser acotada la zona de estudio al norte del Estado de Guanajuato, la región que comprende la Sierra Gorda, a través de la Secretaría de Desarrollo Social SEDESOL y el Instituto de Estadística y Geografía INEGI se detectan la zona en pobreza extrema.
2. Al identificar la zona, se realiza un inventario de las actividades económicas y se contrasta los indicadores que la CONEVAL ha determinado para definir la pobreza. (Capítulo II)
3. Se realiza un inventario de productos agrícolas de la localidad y se cruza con la información obtenida de la SAGARPA (Capítulo II)

5.1.2. Formación de equipos efectivos de trabajo.

1. Identificar organizaciones de la sociedad civil, gubernamentales, académicas y de la comunidad que estarán trabajando para el proyecto.
2. Identificar los roles de los miembros del equipo.
3. Diseño del equipo de trabajo.
4. Creación de los vínculos de confianza
5. Estructura del proyecto.

5.2.3. Definición de reglas del proyecto.

La definición de un producto agroindustrial o su innovación es la parte central, la razón de ser de un proyecto de desarrollo social por lo que las reglas del proyecto deben ser muy claras antes de la definición del producto.

1. Se define un marco conceptual o de trabajo basado en 4 conceptos que acotan el proyecto:
 - Ecodiseño. El producto y su contexto debe estar concebido en aprovechar energías renovables, un uso adecuado de los desperdicios, no contaminar, empaque en envases o envolturas biodegradables, proceso de fabricación que ahorre energía y respete la dignidad humana.
 - Normas. El producto debe estar acotado por las diferentes normatividades tanto nacionales como internacionales si es que se tiene pensado exportarlo. Las normas de seguridad y el respeto a las leyes locales, estatales y nacionales no está en discusión y se siguen estrictamente. Se deben entender claramente las reglas de operación de los

organismos gubernamentales o particulares que fondearan económicamente el proyecto para que el producto se defina respetando de manera integral las reglas de operación.

- Administración de proyectos. El proyecto debe estar administrado en función de definir actividades con su responsable, una definición clara y precisa del proceso, las entradas y salidas deben estar definidas en cuanto a la calidad tanto de entrega como de salida. El respeto al cumplimiento de los tiempos es prioritario. No se admite una estructura de programa del proyecto general por lo que se debe llegar al mínimo detalle y crear una cultura de seguimiento al cumplimiento de las tareas, con una comunicación abierta y clara.
- Pensamiento sistémico. El proyecto no puede concebirse de manera aislada, requiere para una concepción de interacción entre los diferentes actores para determinar el impacto que tiene el proyecto en los grupos y subgrupos formados, así como evitar la duplicidad de funciones y hacer uso eficiente del manejo de los recursos tanto económicos, instalaciones y humanos.

2. Se deben definir las fronteras entre los actores externos e internos definiendo a los primeros cuyos procesos no tiene control el proyecto y depende de la interacción y reglas de trabajo entre estas entidades y el proyecto mismo.

3. Se define claramente cada una de las entidades externas al proyecto así como los vínculos e interacciones entre el proyecto.

4. Las entidades internas del proyecto se definen con colores y se colocan en la parte central del proyecto

- Amarillo. Mercadotecnia
- Azul. Producto
- Verde. Calidad
- Rojo. Producción

5.- Se define el sistema de administración y seguimiento del proyecto.

En la figura 5.1 se aprecia el marco teórico representado por un rectángulo y en cada lado se establece la normatividad, la administración de proyecto, el enfoque sistémico y el ecodiseño, al centro el proyecto está representado por un diagrama PERT que a su vez representa los procesos internos encerrados en línea punteada, afuera de esta línea estas los procesos externos.

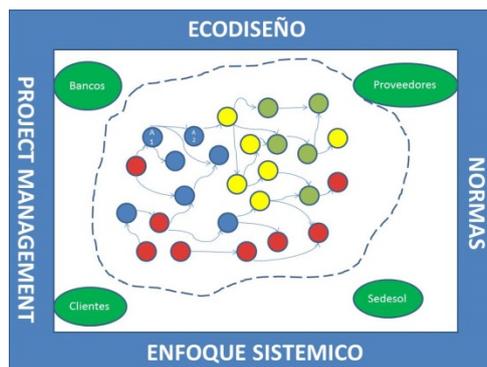


Figura 5.1 Marco conceptual del proyecto

5.2.4. Aplicación de técnicas de fase creativa.

Con los equipos estructurados y definidas las reglas de operación del proyecto. El siguiente paso es aplicar los conceptos y metodologías estructuradas en el capítulo III. Comenzamos con el Triz y la base de datos agroindustriales para generar una idea de producto, se le da una forma al producto en bosquejo, a través de la elaboración de la cruz de malta y el mapa mental se definen las actividades y conectividades entre los diferentes actores del proyecto y finalmente a través de la ingeniería del pensamiento se determina la factibilidad de la idea, este proceso se puede iterar cuantas veces sea necesario hasta definir un producto que satisfaga todas las condiciones planteadas para el proyecto productivo.

En la fase creativa, como se ha explicado en el capítulo anterior se trabajará con 4 técnicas, lluvia de ideas, mapas mentales, triz e ingeniería del pensamiento. Partimos del triz caracterizado para proyectos agroindustriales, a través de la geolocalización de la zona determinamos que productos agrícolas de alta productividad se pueden aprovechar. La base de datos con este dato sugiere de acuerdo a las características físicas químicas del producto agrícola posibilidades de productos que requiere el mercado a través de esas sustancias activas. Con esta sugerencia se trabaja en lluvia de ideas con el equipo de trabajo para determinar el producto que debe ser evaluado.

La consecuencia de esta etapa es la construcción de un diseño, en el cuál comienza a interactuar la simulación estadística, llamada diseño de experimentos. La base de datos caracterizada del Triz contiene también información de variables y sus rangos para una familia de productos, en esta parte la fase creativa permite delimitar el problema y diseñarlo matemáticamente, con lo que la aplicación de la estadística matemática tiene altas probabilidades de ser exitosa en los resultados. De acuerdo al modelo matemático se selecciona el diseño experimental el cual será replicado cuantos veces sea necesario hasta encontrar los parámetros adecuado tanto a la calidad, resultado esperado y el costo.

El resultado es tener un prototipo funcional sobre el cual se puede trabajar en el diseño de un proceso de fabricación, en el cuál el pensamiento sistémico, concurrente y prospectivo se transforma en un marco de referencia sistémico, concurrente, ecodiseño y normatividad a seguir para la construcción del proceso. La simulación matemática es también usada en la gran mayoría de la construcción de las estaciones de trabajo, para calibrar las variables de los equipos así como la simulación del proceso de fabricación. El resultado es tener un prototipo vendible a través de un proceso de fabricación validado.

5.2.4.1. Triz y base de datos agroindustrial.

1. Ya que se ha identificado la zona bajo estudio, se procede a buscar el distrito rural para que despliegue todos los productos agrícolas que tienen un alto potencial.

2.- Se busca en la base de datos para cada cultivo el compuesto activo y se le pide a la base de datos despliegue en que productos ya conocidos o tipo de industria se usan. Ver figura 5.2.

Cultivo	Componente_1	Uso	Haga clic para agregar			
AGAVE DE TEMPORAL	Savia (propiedad: Alimenticio: agu					
	Distrito	Buena	Media	Baja	No_apt	
		7688	5499	0		
	DDR2	70	166	0		
	DDR3	3150	32955	327		
	DDR4	1204	7304	569		
	DDR5	2829	14004	1293		
	TOTAL	14941	59928	2188		
	*					
+	AJOS BLANCOS DE RIEGO	Fructosanas (hast Alimenticio.				
+	AJOS MORADOS DE RIEGO	Fructosanas (hast Alimenticio.				
+	ALFALFA DE RIEGO	Vitaminas: vitam Para enfermedac				
+	CÁRTAMO DE RIEGO	Aceite de cartam: Alimenticio: ens:				
+	CEBADA DE RIEGO	Almidón, enzima: Produccion de ce				
+	CEBOLLA DE TEMPORAL	Alicina (derivado Medicinales: Las				
+	CHILE DE RIEGO	Capsaicina, oleon Producir cremas				
		Distrito	Buena	Media	Baja	No_apt
	*					
+	DURAZNERO DE RIEGO	vitaminas A, C y E Medicinales: Evit				
+	ENCINO	Polifenoles (antic Alimenticio: bell				

Figura 5.2 Base de datos agroindustrial. Fuente propia

3.- Con las sugerencias de ideas de producto se aplica el Triz para tener una idea más concreta de producto.

1. Plantear un problema específico derivado de la base de datos agroindustrial.
2. Definir la contradicción a eliminar.
3. Análisis de patentes y diseños similares publicados.

4. Solución genérica a problemas similares en base a los 40 principios.
5. Solución particular al problema planteado.

5.2.4.2 Lluvia de ideas.

1.- Al tener diferentes sugerencias de productos basados en uno o varios productos agrícolas se procede a hacer una lluvia de ideas con todo el equipo de trabajo para darle una estructura más sólida al producto.

2.- Se aplican las reglas para un buen proceso de lluvias de ideas

- Definir el problema claramente
- No se cuestiona ninguna idea
- No hay cabida para los prejuicios.
- Guardar un ambiente relajado.
- El que una idea haya fracasado antes no necesariamente debe fracasar ahora.
- Aprender a escuchar a la gente, no interrumpirla mientras habla
- El grupo que está diseñando el producto es inclusivo, todos tienen cabida.
- Permitir el tiempo necesario para incubar las ideas.
- Clarificar, combinar y descartar.
- Categorizar.

3.- Con el resultado del paso 2 se tienen varias propuestas las cuales deben ser analizadas nuevamente desde el punto de vista del marco conceptual definido en el punto 5.2.3.

4.- Las propuestas que pasan el filtro del punto 3 se redactan claramente y se elabora el primer bosquejo, si técnicamente es posible se procede a realizar un prototipo.

5.2.4.3 Cruz de malta y mapa mental.

Al tener ya definido la idea de producto, se procede a definir la serie de pasos que se deben seguir para diseñarlo y pasar de la idea a un producto tangible.

1. Se definen las actividades para diseñar el producto.

2. Para cada actividad se define un responsable, los requerimientos necesarios para hacerla y como se va a estructurar la salida.

3. Se revisan los vínculos entre las entradas de proceso y actividad para identificar si una entrada alimenta varias actividades o, si una actividad alimenta más de una salida.
4. Con la información obtenida se procede a llenar la cruz de malta.
5. En la columna norte se comienza a llenar la cruz con el código de actividad comenzando con A1 desde el centro hasta el extremo con tantas actividades como se hayan definido.
6. Los códigos de entrada de información se llenan en el renglón O con el código EI1 hasta los que sean necesarios.
7. La salida de información se llena en el renglón E con el código SI hasta donde sea necesario partiendo del centro de la cruz.
8. Para cada actividad se vincula con una cruz la coordenada donde intersecta la entrada de información requerida para que se realice, una actividad puede estar intersectada por más de una entrada de información. Se repite el proceso hasta terminar con todas las actividades.
9. Se procede a identificar cuál es el medio por el cuál la entrada de información se comunica con la actividad, esta puede ser por un documento, archivo electrónico, o artículo físico. Cada procedimiento de procesamiento de la información debe estar identificado con un código de documentación.
10. La salida de la información se vincula con la actividad el PPI correspondiente o, uno nuevo en donde se indique la manera en que la actividad sale y comunica a otra actividad.
11. El procedimiento se realiza ya sea por cada grupo en el que se ha dividido el proyecto o por cada equipo de trabajo en el diseño del producto. Ver figura 5.3.

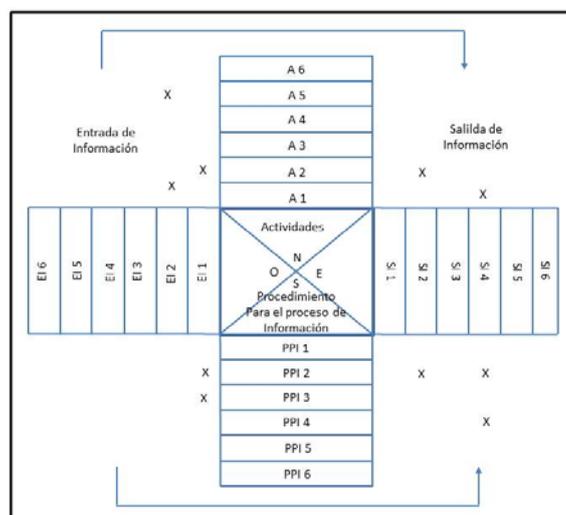


Figura 5.3 Llenado de la cruz de malta

12. Con la cruz de malta o todas las cruces de malta dependiendo de cada caso se procede a realizar el mapa mental.
13. Se respeta el código de colores definido en el punto 5.2.2.
14. Las actividades pueden ser definidas por círculos o por figuras que la representen,
15. Los conectores son los PPs identificados en la cruz de malta, se especifica en el mapa mental el medio en que se comparte la información.
16. Se identifica en la actividad los tiempos y responsables de realizarla.

5.2.4.4 Ingeniería del pensamiento.

A través del álgebra de conjuntos se procede a matematizar los conceptos y definir la factibilidad de la idea.

1. El diseño de producto se divide en al menos dos conjuntos.
2. Necesariamente uno de los conjuntos es el producto.
3. Normatividad y Tecnología son necesarios, pero pueden sustituirse por un conjunto que incluya estos conceptos.
4. Cada subconjunto se somete al álgebra de conjuntos para determinar si las proposiciones o elementos son conjuntivas o disyuntivas.
5. Se establece el diagrama de Venn y se procede a encontrar la factibilidad conforme se describe en el capítulo III
6. Aquellos elementos que no son compatibles entre los conjuntos se ubican en la parte individual del conjunto, las que se intersectan se colocan donde pertenecen.
7. La intersección de todos los elementos define el producto que es factible para todas las restricciones.
8. De acuerdo al resultado del diagrama de Venn se puede rediseñar el concepto del producto o empezar con uno nuevo.

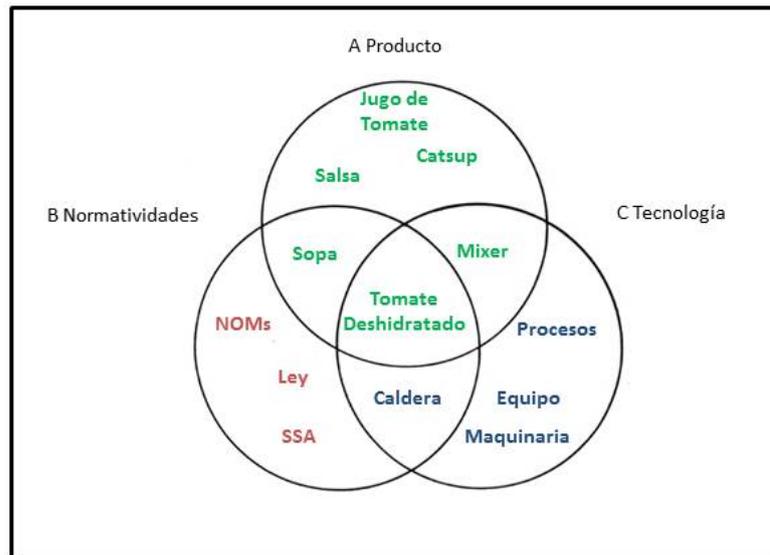


Figura 5.4 Ingeniería de pensamiento.

La ingeniería del pensamiento se puede usar no solo con el producto, sino también en procesos de fabricación o diseño de maquinaria y equipo para seleccionar las características requeridas. Esta herramienta simplifica la definición e investigación del producto a reducir a la solución factible las propuestas, ahorrando tiempo de investigación y recursos. Se puede hacer tan sencilla con solo dos conjuntos como tan compleja con más de 10. Es necesario antes de llenar el diagrama de Venn identificar las proposiciones o elementos disyuntivos o conjuntivos, este paso simplifica el análisis y maximiza los resultados.

Para el diseño de experimentos, se aplica la ingeniería del pensamiento para identificar la relación que existe entre los factores y de esta manera los análisis factoriales a través de la ANOVA garantiza variables de salida congruentes.

5.2.5. Análisis y diseño de experimentos.

Un producto que tiene un concepto ya definido está compuesto de una gran cantidad de variables y factores que lo definen. Encontrar los parámetros adecuados de estas variables así como medir el efecto de las intersecciones es uno de los objetivos del análisis y diseño de experimentos.

Por ejemplo, ya se tiene definido el proyecto agroindustrial partiendo del chilcuage, las técnicas de fase creativa nos dieron como resultado que la mejor opción es hacer una pomada a partir de la clamida, pero se requiere encontrar cuáles van a ser las sustancias que en conjunto formarán la pomada. Algunas de ellas al interactuar entre sí pueden causar una reacción que no es beneficiosa, otras al interactuar darán el resultado que esperamos. El diseño de experimentos nos dará como

resultado los valores de los parámetros y nos dirá la correlación o intensidad que existe entre las variables.

El cómo seleccionar la técnica adecuada y su uso se describen a detalle en el capítulo IV, pero se detallan los pasos que se requieren para hacer un diseño experimental de acuerdo a Montgomery.

1. Análisis contextual y definición del problema. Esta es la parte más difícil del diseño de experimentos porque requiere acotar la situación problemática y construir el diseño experimental a ser probada. Para esta actividad el uso de las técnicas de fase creativa como son lluvia de ideas e ingeniería del pensamiento permiten definir el problema.
2. Selección de la variable de respuesta. Con la ayuda de la ingeniería del pensamiento se pueden determinar las variables de respuesta que solucionan el problema de investigación.
3. Selección de factores, niveles y rangos. Al tener identificadas las variables se procede a seleccionar los factores, sus interacciones, niveles y rangos que se obtiene una aproximación usando la base de datos agroindustrial o haciendo una búsqueda de publicaciones científicas que hayan usado productos y sustancias similares al experimento.
4. Selección de la técnica de diseño de experimentos. De acuerdo a las características del experimento se selecciona la técnica adecuada, es deseable hacer experimentos, en la medida de lo posible máximo de tres factores y con dos niveles, incrementar este número aumenta la complejidad que se puede resolver a través de un software especial pero hace dependiente el diseño de experimentos a este tipo de tecnología.
5. Realización del experimento. Se procede a aplicar el uso de la estadística en la solución de los diseños experimentales tantos cuanto sea necesario. Es importante ejecutar todos los pasos que se indican en el capítulo IV para poder hacer una correcta inferencia e interpretación de la información.
6. Análisis estadístico de la información. La realización del experimento arroja una serie de datos y gráficos que no tienen sentido si no nos analizados e interpretados. Es factible resumir que si los valores estadísticos reales están a la izquierda de los teóricos el experimento se acepta si se habla de diseños factoriales, pero ¿cuánto a la izquierda es bueno? ¿si se pasa por poco margen a la derecha rechazo? En el capítulo IV se describe cómo interpretar los resultados estadísticos e inferir información sensible.
7. Conclusiones y recomendaciones. Finalmente después de analizar los resultados se emiten las acciones a realizar para resolver el problema de investigación.

En la figura 5.5 se resume la metodología propuesta por la tesis a detalle.

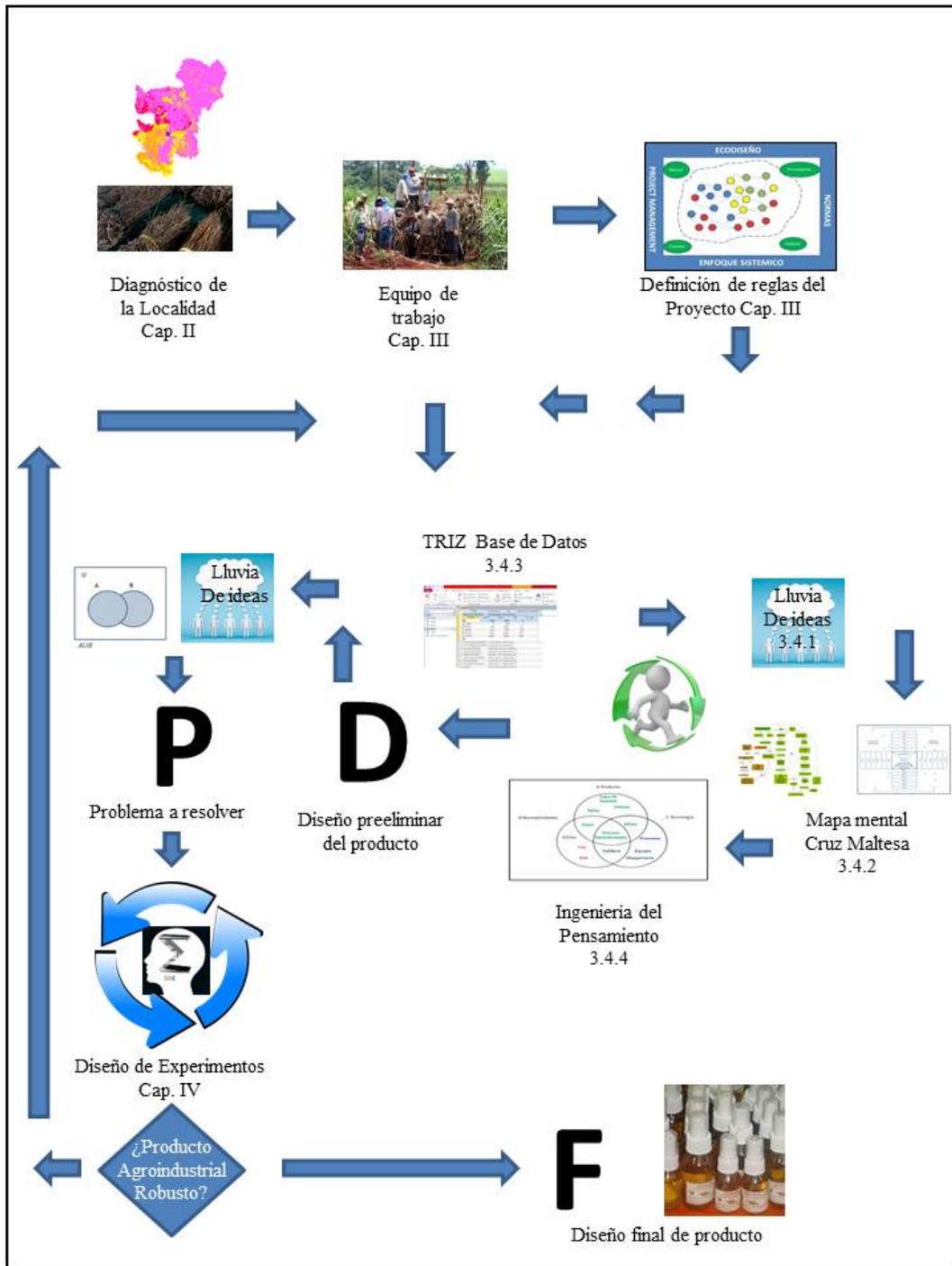


Figura 5.5 Metodología para la reducción de tiempo de desarrollo de nuevos productos o su innovación.

VI. Validación de la tesis a través de la implementación de la metodología en diseños de productos agroindustriales.

Durante los últimos 7 años se aplicó la metodología en los cursos de Análisis y Diseño de Experimentos y Diseño de Plantas Industriales para alumnos de ingeniería industrial e industrias alimentarias en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, en forma paralela se trabajó con la Secretaría de Desarrollo Social del Estado de Guanajuato en la introducción de la metodología en la zona marginada de la Sierra Gorda que le corresponde al estado. Trabajar con los alumnos tenía como objetivo perfeccionar la aplicación de las técnicas de fase creativa y el diseño experimental, hacerlo en las zonas marginadas en proyectos controlados tuvo como finalidad sentar las bases de la construcción de equipos de trabajo multidisciplinarios y construir modelos matemáticos sencillos que puedan ser aplicados por los habitantes de las comunidades. Se presentan los resultados de una muestra representativa de los proyectos.

6.1 Caso: Diseño de producto partiendo del chilcuague.

6.1.1 Objetivo del diseño experimental.

El primer diseño experimental para validar la presente tesis tuvo una duración de 14 meses y fue realizado en dos periodos escolares, los semestres Agosto-Diciembre 2008 y Enero-Mayo 2009 dentro del curso de Análisis y Diseño de experimentos, siendo el objetivo principal determinar si el cultivo de chilcuague era posible, y de serlo, si este conservaba las mismas propiedades que el que crecía de manera natural y que se encontraba en ese momento, endémico. Al determinar este dato experimental se tenía que analizar si las variedades de chilcuague podrían usarse de manera indistinta, y si estas no eran tóxicas. El estudio se llevó a cabo con la participación de los comuneros de las comunidades de Atarjea, Victoria y Xichú, en donde se localizaron las zonas donde crecía de manera silvestre el chilcuague y se analizaron las características y propiedades del suelo. Posteriormente se seleccionaron los lugares en donde se cultivaría a través de trasplante para determinar el éxito o fracaso de este proceso. La parte del diseño experimental fue evaluada en el semestre Enero-Mayo del 2009 en la materia de Análisis y Diseño de Experimentos impartida por quien redacta esta tesis y presentada por los alumnos Adarheli González Covarrubias, Paulina Gutierrez Crowley y Juan Pablo Hernández quienes procesaron la información e hicieron diseños en tablas de Excel, posteriormente quien redacta la tesis actualizó la información de campo y realizó los diseños en Minitab 17.

6.1.2 Contexto.

México, país en vías de desarrollo, se ha esmerado en su desarrollo industrial en su afán por competir en los mercados internacionales y principalmente con su país vecino Estados Unidos, descuidando sus amplios recursos naturales de gran potencial. Anteriormente las personas de campo que habitaban antes de 1940 en México, contaban con amplios conocimientos de las plantas con la que convivían a su alrededor. Conocían sus diferentes usos y aplicaciones en su haber cotidiano. Al pasar de los años y la llegada de nuevos conocimientos, se incrementó el universo de nuevas plantas que intentaron suplir a las usadas por los residentes de esa época, dejando en el olvido conocimientos valiosos de pasadas generaciones.

Con el paso de los años, ha surgido un redescubrimiento de las plantas que alguna vez fueron de uso constante en el México antiguo, encontrando en ellas propiedades maravillosas en el entorno natural con amplias posibilidades de ser explotadas. Es precisamente en donde se ubica el presente estudio. Dentro de esa gran variedad de plantas aparece el “chilcuague”, raíz usada en la herbolaría indígena tradicional, de donde parte su nombre, como analgésico y anestésico local, como antibiótico para infecciones de los aparatos respiratorio y digestivo e incluso como condimento culinario.

Por sus amplias propiedades y crecimiento silvestre en la región semidesértica de los estados de Querétaro y Guanajuato, se decide explorar la posibilidad de diseñar un nuevo producto teniendo como materia prima esta raíz, y la idea primaria generada es un ungüento medicinal a base de chilcuague, para su comercialización y uso efectivo primeramente en mercados mexicanos para después llevarlo a mercados internacionales, dando muestra clara de la riqueza de la explotación efectiva y responsable de los recursos naturales.

6.1.3 Estrategia de solución.

Para la realización de este ungüento a base de chilcuague es necesario evaluar las diferentes problemáticas que se pueden encontrar, entre ellas la capacidad de producción de la raíz para satisfacer la demanda que pueda tener el producto. Las técnicas de fase creativa se han aplicado para definir el producto, que en este caso es un ungüento, a través de la lluvia de ideas basados en la capacidad del chilcuague de acabar con hongos se procede a realizar un conjunto de experimentos que nos permitan determinar la viabilidad de este diseño de producto.

Para dar validez a los experimentos realizados se ha convenido utilizar las técnicas del análisis y diseño de experimentos. Como estrategia de solución se analizarán los siguientes aspectos:

- 1) Conocimiento de las zonas de crecimiento del chilcuague.
- 2) Investigación de los diferentes miembros de la familia del chilcuague.
- 3) Componentes del ungüento a desarrollar.

- 4) Prueba en pacientes.

6.1.4 Zona de crecimiento del chilcuague.

Para encontrar los factores que inciden directamente en la calidad de esta raíz es importante definir la zona de extracción de la materia prima para la elaboración del producto, haciendo énfasis en el clima y tierra donde se siembra. Para esto se convino en el estudio de los diferentes climas y regiones de los lugares de origen para evaluar si existe variación o algún otro factor que afecte la composición o el componente activo de las diferentes variedades a utilizar. Esto con el objeto de conocer si el chilcuague que crece de manera silvestre puede ser sembrado en parcelas y asegurar el abasto.

La justificación de este estudio parte del hecho de obtener proveedores de diferentes secciones para dar abasto de materia prima para la realización del ungüento de los tres principales municipios del estado de Guanajuato de clima adecuado: Victoria, Xichú y Atarjea, y lograr la realización de un ungüento de características similares para tener un proceso sin variabilidad y que cumpla un estándar de calidad predefinido.

Para cumplir este objetivo se realiza un experimento de dos factores que permita evaluar las diferentes zonas geográficas con los diferentes medios de cultivo del chilcuague.

6.1.5 Características físico químicas del chilcuague.

El chilcuague es miembro del género de las *Heliopsis* en la que se incluyen 14 especies. El chilcuague o *Heliopsis longipes* se caracteriza por acumular gran cantidad de alcaloides olefinicos en las raíces y comparte territorio de crecimiento silvestre con otra variedad de *Heliopsis* llamada *Heliopsis Annuu*. A través del diseño de experimentos se pretende evaluar si estadísticamente son iguales para ser considerada como segunda materia prima en el ungüento a realizar. De la misma manera se realizará la comparación con otra especie que pretendió sustituir al chilcuague, cuando en tiempos de la segunda guerra mundial se llevó al chilcuague casi al borde de la extinción el *Heliopsis scabra* por tener una amida alifática acetilénica similar de la que se compone el chilcuague.

Para llevar a cabo esta sección se usó el diagrama de dispersión para verificar la relación que guarda la cantidad de raíz con la cantidad de sustancia activa de cada una de las variedades a analizar, lo que nos permite refinar el experimento.

6.1.6 Componentes del producto a ser desarrollado.

Investigaciones anteriores y experiencias ancestrales de la gente de campo que habita la zona y que suelen usar el chilcuague, dan muestras de que el componente principal obtenido de sus raíces la alcanida oléfnica es un buen analgésico y anestésico. El encontrar la cantidad adecuada de cada uno de los componentes garantizará la efectividad y optimizará los recursos a utilizar. Con el diseño de experimentos se pretende verificar si la interacción de los componentes del ungüento tiene la misma efectividad que cuando se combinan efectivamente otorgando buenos resultados a la fórmula. La justificación de este experimento radica en el hecho que en algunas ocasiones los componentes aislados tienen buenos resultados pero al momento de combinarse los resultados no son como teóricamente se espera, por lo que es interesante a través de la ingeniería del pensamiento analizar las proposiciones conjuntivas, es decir las intersecciones y poder determinar primero cuál es la variable de salida, es decir la unidad de medición del experimento y si esta combinación tiene un sentido experimental.

Con el experimento refinado se procede a realizar pruebas piloto, pero una vez que el producto ya está en producción es importante vigilar que el ungüento este dentro de especificaciones, es decir en los parámetros definidos en el proceso experimental siempre para asegurar la calidad de producto en términos de sanidad y de satisfacción o cumplimiento para lo cual fue diseñado. Para llevar a cabo esta tarea se utilizarán las herramientas de control estadístico para vigilar su correcto desempeño.

6.1.7 Prueba piloto del producto.

Para concluir exitosamente se planea realizar pruebas en pacientes para verificar el grado de efectividad que tiene el ungüento en la eliminación de *Escherichia coli*, *Pseudomonas solanacearum*, *Bacillus subtilis* y *Sacharomyces cerevisiae*² y algunos hongos fitopatógenos como *Sclerotium cepivorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium oxysporum*, *Erwinia carotovora*, *Rizhoctonia solanii*, *Phytophthora infestans*, *Botritis sinerea* y *Verticillium sp.* De la misma manera se pretende analizar el tiempo en que el ungüento anestesia el dolor en los pacientes. Para esto se pretende realizar un diseño factorial de dos factores donde se compruebe la interacción entre la velocidad anestésica y la eliminación de bacterias.

6.1.8 Marco teórico

El presente trabajo se refiere al Chilcuague el cual es una planta que se encuentra en peligro de extinción, que incluso había sido considerada extinta en la época de la segunda guerra mundial pues se exportaban grandes cantidades para desparasitar a los soldados estadounidenses.

El cultivo del chilcuague se lleva a cabo en los municipios y poblados cercanos a la Sierra Gorda en el centro del país, que incluye estados como Querétaro, San Luis Potosí y Guanajuato. Se tienen pocos estudios de ésta raíz. Pertenece a la rama de los Heliopsis, y los pocos estudios que se han llevado a cabo se basan en las características morfológicas, su nombre científico: *Heliopsis longipes*. Actualmente ya es posible realizar cultivos sólo de ésta raíz, en lugares protegidos por el pastoreo. Las personas que lo cultivan los hacen por propagación por esqueje y a veces por semilla, y el desarrollo de esta planta se da de dos a tres años.

El chilcuague tiene muchas propiedades curativas; ayuda a desaparecer dolores de muelas y reumáticos, es útil en la cicatrización de heridas, tiene efecto desparasitante, funciona como anestésico, es utilizado con éxito en el tratamiento de infecciones respiratorias y digestivas y debido a su propiedad bactericida incluso se recomienda para combatir el pie de atleta y algunas otras infecciones de la piel.

Del 2008 en que se comenzó con este estudio a la fecha se ha comprobado su éxito para combatir bacterias como: *Escherichia coli*, *Pseudomonas solanacearum*, *Bacillus subtilis* y *Sacharomyces cerevisiae*² y algunos hongos fitopatógenos como *Sclerotium cepivorum*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum*. Y se realizan estudios para verificar su efectividad contra *Erwinia carotovora*, *Rizhoctonia solanii*, *Phytophthora infestans*, *Botritis sinerea* y *Verticillium sp.*

El chilcuague presenta el más alto contenido de afinina (anexo 3). Existe una diferencia en la cantidad de alcaloides entre los ejemplares de Guanajuato y del norte de Querétaro, debido a las condiciones climáticas de la Sierra Gorda de Querétaro, que son baja altitud y menor humedad, lo que hace más difícil el desarrollo de ésta planta. Las alcaloides son metabolitos que se encuentran en diferentes familias de plantas, en mayor cantidad en la raíz del Chilcuague, y su principal elemento bioactivo es la afinina. Se puede encontrar hasta en 1% en las raíces. La afinina promueve el crecimiento de la biomasa en las plantas, participa en el anclaje del suelo y además ayuda a absorber los nutrientes, se han realizado muchos estudios para promover el crecimiento inducido de plantas a través de dicho componente, es decir se está buscando una transformación genética de las plantas mediante la afinina.

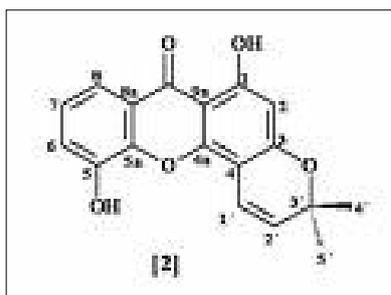


Figura 6.1 Composición química de la alcamida

Debido a sus propiedades analgésicas y bactericidas antes mencionadas decidimos utilizar dichas propiedades para analizar los factores que influirían en unguento medicinal útil para aliviar el dolor y matar las bacterias en heridas superficiales en la piel.

Para lograrlo consideramos necesario hacer tres análisis consistiendo en lo siguiente:

1. Experimento en el cual se evalúan cuáles son los factores ambientales si es que existen que afectan la cantidad de alcamida (compuesto activo que ayuda a aliviar el dolor) presente en las raíces del chilcuague.
2. Experimento en el cual se evalúan cuáles son las interacciones entre 3 de las diferentes variedades de chilcuague que existen.
3. Experimento en el cual se evalúan los resultados obtenidos en diferentes pacientes en los cuales se analiza en cuantos minutos se les quitó el dolor

6.1.9 Hipótesis experimentales de trabajo

- Para la primera parte del problema, cultivo del “chilcuague”:

Enfocándonos al área de cultivo de la raíz, queremos verificar la cantidad de alcamidas en diferentes especies de chilcuague, diferentes áreas de terreno y diferentes fertilizantes.

Ho (A)= la cantidad media de alcamidas en las raíces obtenidas, no varía según las áreas de terreno.

Ha (A)= la cantidad media de alcamidas en las raíces obtenidas, varía según las áreas de terreno.

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$$

$$H_a: \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$$

Ho (B)= la cantidad media de alcamidas en las raíces obtenidas, no varía según las diferentes variedades de chilcuague.

Ha (B)= la cantidad media de alcamidas en las raíces obtenidas, no varía según las diferentes variedades de chilcuague.

$$Ho: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$$

$$Ha: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$$

Para la segunda parte del problema, experimentar en personas:

Ho= las especies de chilcuague no varían en su cantidad de sustancias tóxicas o que afecten al ser humano.

Ha= las especies de chilcuague varían en su cantidad de sustancias tóxicas o sustancias que afecten al ser humano.

$$Ho: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$$

$$Ha: \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$$

Ho= el porcentaje de bacterias eliminado es el mismo en todas las personas.

Ha= el porcentaje de bacterias eliminado es diferente en todas las personas.

$$Ho: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$$

$$Ha: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$$

6.1.10 Técnicas de control estadístico a utilizar.

- **Ishikawa:** primero realizaremos un análisis de las causas que podemos controlar dentro de la realización del ungüento. Tomando en cuenta el fertilizante, el área de cultivo, el clima, y otros factores. Al realizar este diagrama, podemos identificar los factores potenciales que afectan al resultado del producto, ésta información nos sirve para realizar la primera parte del experimento.
- **Histograma:**
El histograma lo realizaremos con el objetivo de visualizar más fácilmente las personas evaluadas en la segunda parte del experimento; y así observar, por ejemplo, el porcentaje de mejora, si existen diferencias entre los efectos en hombres y mujeres, etc.
- **Dispersión:**

Para observar la cantidad media de alcamidas por gramo de planta, y verificar que tengan una tendencia exponencial, es decir, a mayor cantidad de raíz chilcuague habrá más cantidad de alcamidas.

6.1.11 Mejora esperada a través del diseño de experimentos

En los capítulos anteriores se demostró que a través de las técnicas de control de estadístico y fase creativa se mejora el producto, a través del diseño de experimentos podemos mejorar procesos, con lo cual se identifican los factores controlables y no controlables así como encontrar errores en el proceso de fabricación del producto, justificación del estudio que se hace al chilcuague.

En el caso del diseño de este producto, el ungüento de chilcuague, el problema que esta en su fabricación: se desea encontrar la mejor forma de cultivarlo, la mejor forma de mezclarlo con ingredientes diferentes para así analizar sus efectos en las personas y que éstos sean positivos. Por supuesto que se aspira a una alta productividad, en donde podamos reducir costos de fabricación, y así beneficiar tanto a los clientes, como a las personas que habitan en las áreas en las que cultivaremos el chilcuague.

El análisis de experimentos, está basado en el análisis de la varianza, es por eso que se utilizan los métodos de análisis de experimentos, esperando mejorar en los procesos y reducir la variabilidad de los experimentos que se lleven a cabo a lo mínimo, para después de obtener los resultados y analizar las conclusiones.

A través del análisis de ANOVA, se puede visualizar los efectos importantes dentro de los experimentos, ver los que se encuentran dentro de los límites de aceptación y modificar aquellos factores que se alejen más de los límites de aceptación. Con el diseño de experimentos se espera encontrar las mejores condiciones climáticas y del suelo para que el chilcuague cosechado tenga la mayor cantidad posible de alcamidas, para así lograr un mejor efecto curativo en las personas. Además esperamos saber cuál es la mezcla exacta de chilcuague con otros ingredientes para fabricar el producto y además llevar a cabo un análisis de los efectos en las personas.

6.1.12 Empleo de la base de datos para el análisis experimental (fuente)

Se tomará una muestra de 10 raíces, por cada región del cultivo, y también por cada variedad de chilcuague. Sólo se observará 3 variedades de ésta planta: Scabra, Longipes y Annu. Con estas muestras se llevará a cabo la primer parte del experimento, en donde analizaremos cuál es la mejor forma de cultivar la raíz para obtener los mejores resultados.

Después, con una muestra de 100 personas con alguna dolencia física debido a ejercicio o trabajo que no sea debido a un trauma para evitar sesgo por otra posible fuente de dolor, a las que les aplicara el ungüento, se medirá el tiempo en el que desaparece el dolor; y también, con la misma muestra de personas se analizará el porcentaje de bacterias eliminado, de ésta forma se conocerá los efectos en las personas, y junto con el análisis estadístico se podrá ver en qué falla el producto, los factores que afectan, y poder llevar a cabo una calibración de los parámetros de las variables y volver a probar, con lo que se asegura su eficacia antes de comercializarlo. Hay que tomar en cuenta que la metodología también exige tener en cuenta la normatividad en este caso de la COPREDIS para poder obtener la licencia de comercialización del producto.

6.1.13 Diseño de experimentos y análisis estadístico.

6.1.13.1 Zonas de cultivo.

Antes de realizar el análisis de experimento es importante evaluar los factores que influyen en la producción de chilcuague. Para esto se utilizará el diagrama de Ishikawa de manera que se puedan seleccionar las variables controlables al momento de realizar el diseño de experimentos.

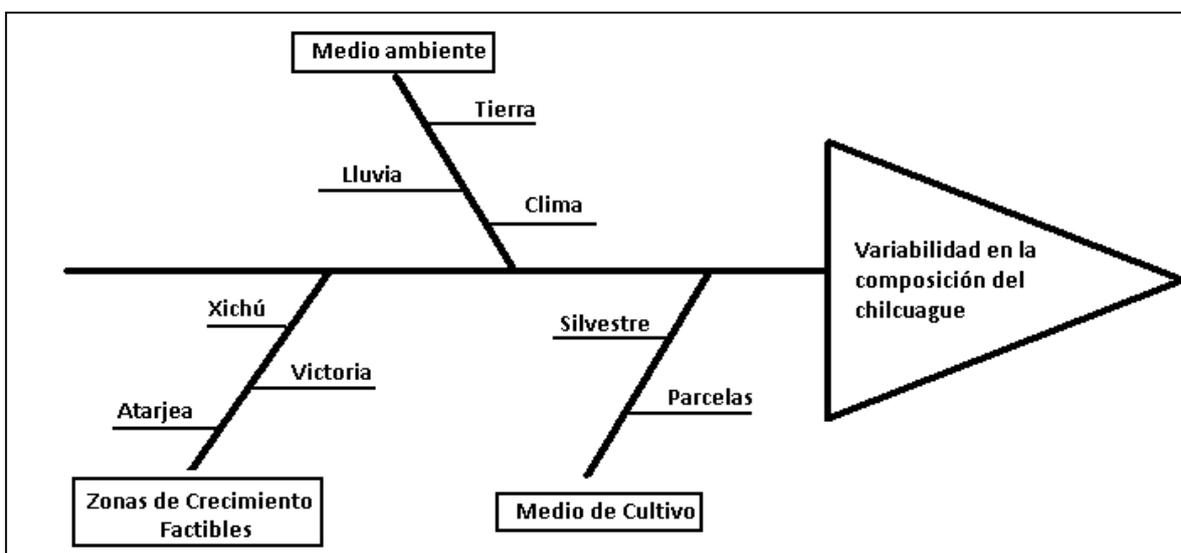


Figura 6.2 Diagrama causa efecto para determinar los factores de variabilidad del chilcuague. Fuente Propia.

Difícilmente se puede controlar el medio ambiente en la producción del chilcuague por lo que esta variable no se analizará en el diseño experimental, pero estará presente como una restricción.

Para darle validez al experimento se utilizará la técnica del diseño de experimentos de dos factores. Para esta parte se pretende evaluar si el chilcuague que crece de manera silvestre tiene las mismas características que el chilcuague reproducido en tierras de cultivo, así como evaluar

si el chilcuague es igual en las diferentes regiones. Para esto se tomaron muestras de diez diferentes plantas crecidas en zonas silvestres y diez crecidas en tierras de cultivo en las tres diferentes zonas geográficas (Atarjea, Xichú y Victoria) de donde se pretende obtenerlo. Se busca que, estadísticamente, las medias de la cantidad de componente activo (afinina) de los chilcuagues en las tierras de cultivo sean iguales a las medias de la cantidad de componente activo de los chilcuagues que crecen de manera silvestre en las diferentes regiones con un nivel de confianza del 95%. Las hipótesis a comprobar se muestran a continuación:

Donde: α = Media entre las zonas de crecimiento y β = Media entre las diferentes maneras de cultivo.

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$$

$$H_a: \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$$

$$H_0: \beta_1 = \beta_2$$

$$H_a: \beta_1 \neq \beta_2$$

$$H_0: \alpha_1\beta_1 = \alpha_1\beta_2 = \alpha_2\beta_1 = \alpha_2\beta_2 = \alpha_3\beta_1 = \alpha_3\beta_2$$

$$H_0: \alpha_1\beta_1 \neq \alpha_1\beta_2 \neq \alpha_2\beta_1 \neq \alpha_2\beta_2 \neq \alpha_3\beta_1 \neq \alpha_3\beta_2$$

Se obtienen tres juegos de hipótesis a evaluar debido a la interacción de los dos factores, este es el punto experimental de evaluación más importante. Los datos del experimento se muestran a continuación. Los datos representan los mg de afinina contenidos por cada 100g de chilcuague.

	Victoria	Atarjea	Xichú
Silvestre	0.96	1.01	1.01
	1.09	0.91	0.98
	1.06	0.95	0.98
	0.95	0.9	1.09
	0.93	1.08	1.03
	1.05	1.02	1.03
	1.02	0.94	0.98
	0.96	1.08	1
	0.97	0.99	1.08
	0.91	0.92	0.98
Parcela	1.1	0.96	1
	1.08	0.99	1.03
	1.01	0.97	0.9
	0.95	0.98	0.94
	1.03	0.98	1.08
	1.08	0.95	1.01
	1	0.92	1.03
	1.02	1.01	1.04
	1.06	1.08	0.91
	1.02	1.03	0.92

Tabla 6.1 Datos en mg de afininia por localidad y tipo de cultivo

En la siguiente tabla de Anova se presentan los resultados del experimento

Fuente de Variación	Suma de cuadrados MS	Grados de Libertad GL	MS / GL	Fo	Ft	P
SSA	0.008530	2	0.0042650	1.43	3.16	.248
SSB	0.000807	1	0.0008067	.27	4.02	.605
SSAB	0.014063	2	0.0070317	2.36	3.16	.104
SSerror	0.161140	54	0.0029841			
SSTotal	0.184540	59				

Tabla 6.2 de Anova del experimento de zonas de cultivo

En la figura 6.3 se muestra el comportamiento de los valores de la distribución experimentales de F obtenidas en el experimento para la localidad y el tipo de cultivo así como la interacción, se observa que no hay variación significativa para la localidad, por lo que se puede sembrar la variedad de chilcuague en las tres zonas con las mismas propiedades, y lo verdaderamente interesante era conocer si por el origen del chilcuague ya sea por cultivo en parcela o silvestre

conservaba las propiedades y encontramos que no existe diferencia, por lo que se puede a través del cultivo en invernadero crear las propiedades necesarias para obtener una producción significativa

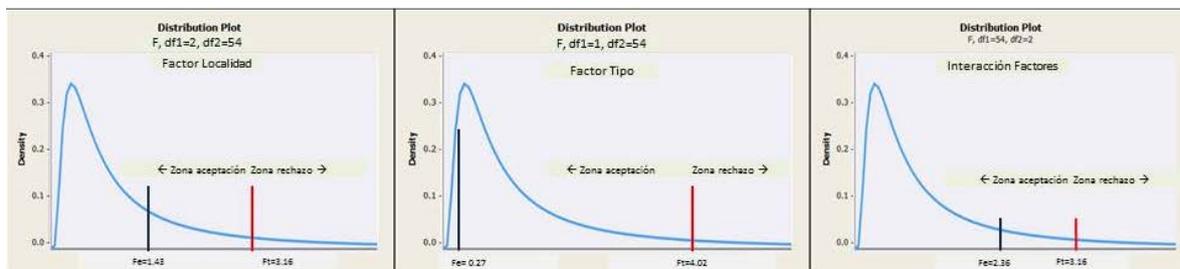


Figura 6.3 Distribuciones teóricas del estadístico de Fisher versus el experimental. Fuente propia generada en Minitab 17

6.1.14 Interpretación estadística de los resultados y conclusiones del experimento.

Como se aprecia en las gráficas se concluye que el factor A se encuentra 54.74% dentro del límite ó 45.25% del origen, el factor B 93.28 % ó 6.72% del origen y la intersección entre factores 74.68% del origen y 25.32% de la zona de aceptación por lo que se aceptan todas las hipótesis nulas y se rechazan las alternativas. Con este experimento realizado se puede observar y concluir que el chilcuague reproducido en parcelas tiene características similares al chilcuague silvestre, lo que es un gran resultado debido a que se puede cultivar y asegurar el abasto para el desarrollo del proyecto productivo y evitar una quiebra por falta de materia prima. De la misma manera sembrarlo en las tres diferentes regiones no afecta en las características del chilcuague buscadas para la fabricación de este ungüento por lo que se podrá producir en las tres regiones sin problema alguno y se puede generar fuentes de ingreso en cada una de ellas a través de pequeños productores.

En la figura 6.4 se puede comprobar estos resultados con los gráficos de diagramas de caja aunque los datos están centrados tanto para la zona de Atarjea y Xichú existe una pequeña diferencia entre el cultivo por parcela y la cosecha silvestre, esto debido a la riqueza de las propiedades de la sierra gorda en esta zona que son difíciles de replicar en las otras zonas, pero tomando en cuenta que el estadístico F está cercano en el origen que es lo óptimo, se fortalece la conclusión de que se puede cosechar el chilcuague.

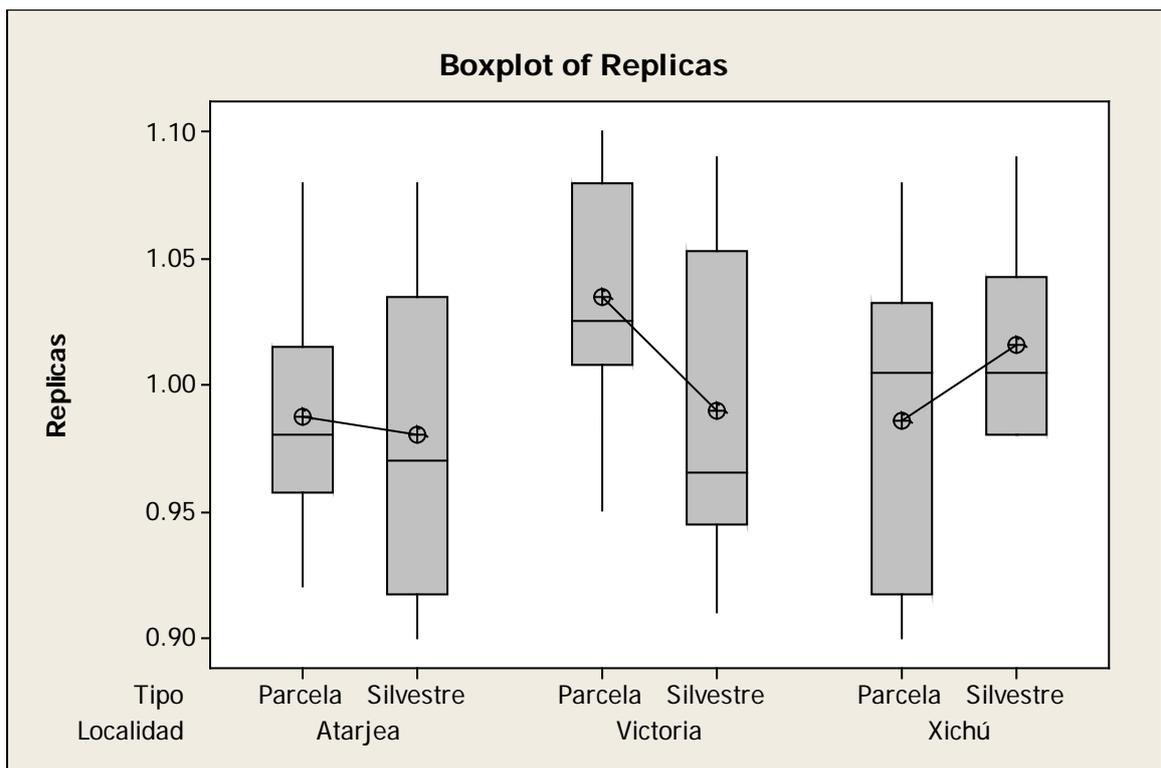


Figura 6.4 Diagrama de cajas para tipo de cultivo de chilcuague. Fuente propia generada en Minitab 17

6.1.15 Análisis estadístico entre especies similares de chilcuague.

El siguiente análisis experimental es el de comparar estadísticamente las tres variedades de chilcuague y analizar por su toxicidad si todas las variedades pueden ser usadas como ungüento, para esto se define un experimento de un factor de tres niveles, para cada nivel se harán 10 corridas, es decir se analizarán 10 muestras de cada una de las 3 especies a analizar: *Heliopsis Longipes*, *Heliopsis Annuum* y *Heliopsis Scabra*. La variable de salida que se busca es que se pueda utilizar cualquiera de estas especies o mezclarlas antes de desarrollar el producto. Se medirán la cantidad de toxinas, cualesquiera que sean, y se sumaran para obtener la cantidad por cada muestra. Cada muestra será de 10g de chilcuague, y los datos estarán medidos en miligramos. Se tomará un nivel de confianza del 95%.

La importancia del resultado de este estudio es vital debido a que de aceptarse el experimento se pueden usar todas las variedades para el ungüento con el valor esperado de calidad y funcionalidad similar.

6.1.16 Hipótesis:

Ho= las especies de chilcuague tienen la misma cantidad de toxinas (las cuales deben ser muy bajas)

Ha= las especies de chilcuague tienen diferente cantidad de toxinas.

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$$

$$H_a: \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$$

Corrida	<i>H.Longipes</i>	<i>H. Annua</i>	<i>H. scabra</i>
1	1.5	10	13
2	2	8	12
3	1	7	15
4	2	8	10
5	2	9	13
6	1.5	11	14
7	1	10	13
8	2	8	12
9	2	11	10
10	2.5	9	11

Tabla 6.3 Datos en toxicidad por miligramo

Fuente de Variación	Suma de cuadrados MS	Grados de Libertad GL	MS / GL	Fo	Ft	P value
SSA	585.22	2	292.61	183.20	3.35	0.00
SSerror	43.12	27	1.597			
SSTotal	628.34	29				

Tabla 6.4 Tabla de anova de toxicidad por miligramo

6.1.17 Análisis de resultado

El resultado experimental señala que no se pueden usar las mismas variedades debido al grado de toxicidad, de hecho la diferencia es tan fuerte que se rechaza de acuerdo al estadístico teórico de F por un 5468.65 ya que el límite teórico es de un valor F de 3.35 mientras que el experimental es de 183.20. El resultado indica que solo se puede usar la variedad Heliopsis Longipes, para

cumplimiento de las normas de salud es importante señalar el origen de dónde se cosechó el chilcuague así como su variedad para tener una rastreabilidad en caso de cualquier situación que requiera verificar la fuente.

6.1.18 Componentes del ungüento y prueba en humanos

El siguiente análisis es un experimento para verificar las cantidades de componente activo en el ungüento y que además cumplan con las especificaciones. Para esto, se realiza un experimento 2K, comparando: bajas y altas concentraciones del activo del chilcuague (factor A) y dos concentraciones de aceite (factor B), para también analizar la respuesta del activo con el aceite. A través de este experimento esperamos obtener la mejor combinación de aceite/chilcuague y así realizar la mezcla de el ungüento que mejor se conserve y que no se afecten sus propiedades.

Los datos obtenidos con 3 réplicas del experimento son:

Tratamientos	Réplicas			
	I	II	III	TOTAL
A (-) B (-)	26	24	22	72
A (+) B (-)	32	29	33	94
A (-) B (+)	36	38	34	108
A (+), B (+)	39	40	37	116

Tabla 6.5 Experimento 2K

6.1.19 Análisis estadístico de los resultados

Al realizar una tabla de ANOVA con dos factores y un análisis 2k con tres replicas se observa que el efecto de la interacción de los dos factores sugiere que se usen los valores menos, menor es mejor en este experimento, es decir que se deben usar bajas concentraciones tanto de aceite como de chilcuague, se puede apreciar esto mejor en la figura 6.5 que muestra la interacción de la media de ambos factores y su desviación estándar.

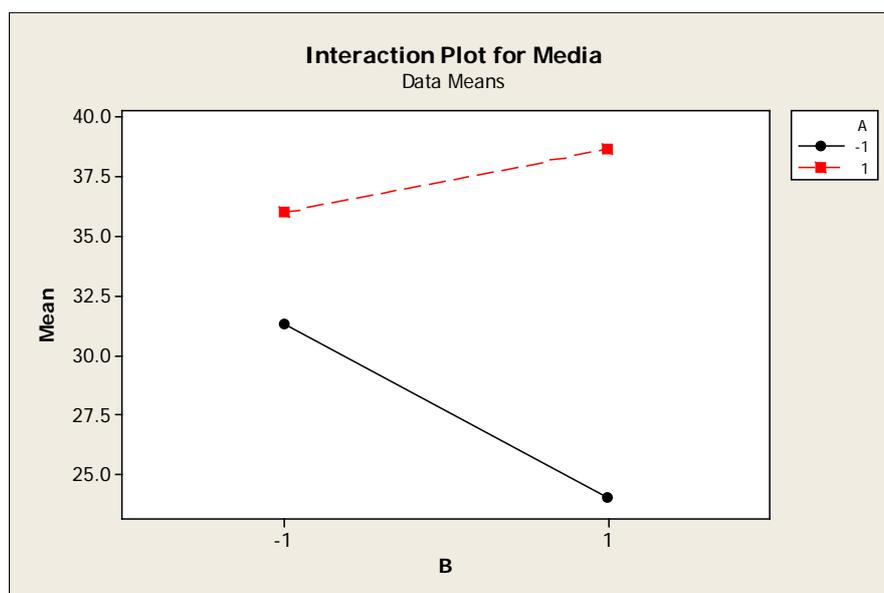


Figura 6.5. Interacción de los factores para la media. Fuente propia generada en Minitab 17

En la tabla 6.6 de ANOVA para análisis de dos factores es más claro que si bien esta fuera de la zona de aceptación el factor A que corresponde a la dosis de chilcuague usada para el ungüento es la que más significancia da al experimento y es lógico puesto que contiene el compuesto activo, podemos observar que en la interacción si se encuentra en la zona de aceptación, por lo cuál el experimento es válido y sugiere bajas composiciones tanto de chilcuague como aceite.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados MS	Grados de Libertad GL	MS / GL	Fo	Ft	P value
SSA	75	1	75	20.45	5.32	0.002
SSB	280.33	1	280.33	76.45	5.32	0.00
SSAB	16.33	1	16.33	4.45	5.32	0.068
SSerror	29.33	8	3.67			
SSTotal	401	11				

Tabla 6.6 Tabla de ANOVA para factores A y B en üngüento base chilcuague

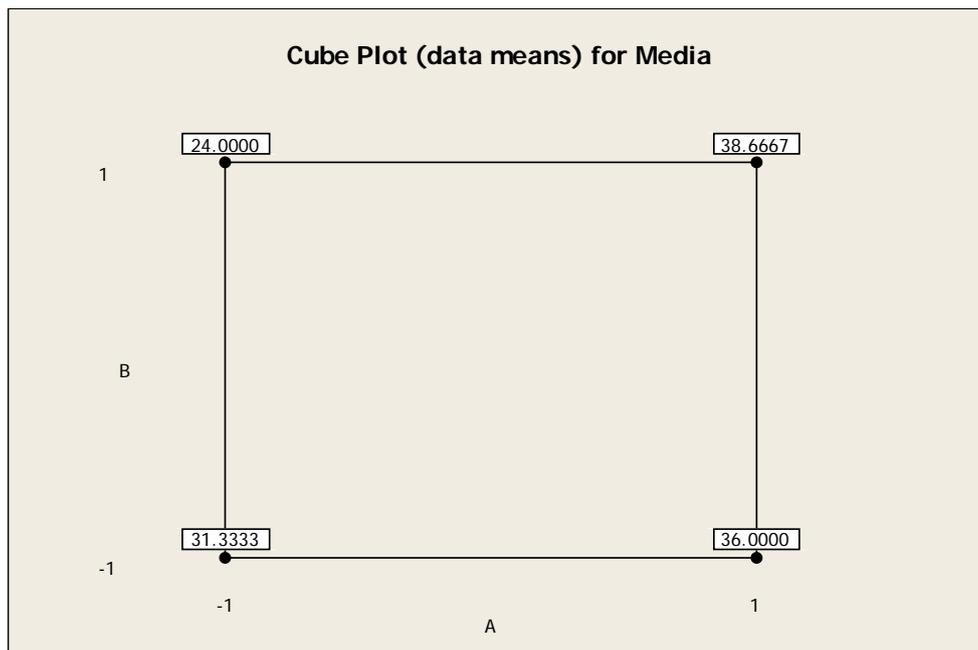


Figura 6.6 Diagrama de cubo para el experimento 2k. Fuente propia generada en Minitab 17

Se observa en el diagrama de medias que la mejor combinación son los valores bajos de chilcuague y los valores altos del aceite, en términos del experimento sería -1, 1 ó -A y B+ por lo que la interacción (AB) genera un valor muy pequeño que indica que el efecto de la interacción es muy pequeño comparado con los efectos de las concentraciones del chilcuague y el aceite.

Por último, se lleva a cabo un análisis de experimentos tomando en cuenta dos aceites, aceite A y B; la cantidad de bacterias eliminadas (en porcentaje), y el tiempo en que tardó en desaparecer el dolor en los pacientes.

	% Bacterias eliminadas	
Placebo	Aceite 1	Aceite 2
1	88	89
2	90	88
3	93	90
4	95	98
5	85	90
6	97	89
7	96	88
8	89	87
9	90	98
10	98	97

Tabla 6.7 Porcentaje de bacterias eliminadas por aceite

Se tomará una muestra de 10 pacientes, dos tipos de aceite, el aceite A y el aceite B, los cuales se mezclarán con la raíz de chilcuague. Con ésta información mediremos el porcentaje de bacterias eliminado por cm² de herida. El objetivo del experimento es saber la mejor combinación aceite/chilcuague, es decir, que no afecte a sus propiedades y observar la efectividad en la eliminación de bacterias.

Ho: el porcentaje de bacterias eliminado es el mismo en cualquiera de las dos combinaciones aceite/chilcuague.

Ha: el porcentaje de bacterias eliminado es diferente en las combinaciones aceite/chilcuague.

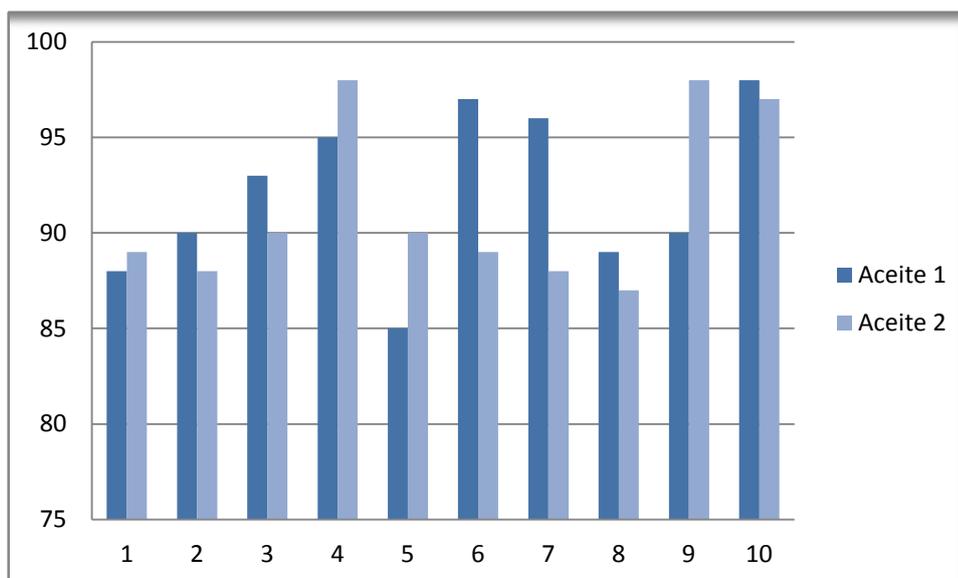
$$H_0 \rightarrow \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a \rightarrow \mu_1 \neq \mu_2$$

6.1.20 Análisis estadístico al experimento

La hipótesis nula se acepta, no existe evidencia para concluir que las medias difieren en el nivel de significancia de 0.05, la en otras palabras se pueden utilizar cualquiera de los dos aceites y se obtienen los mismos efectos en los pacientes. Se acepta por un 297% dentro de los límites de aceptación, lo cual nos deja muy claro la efectividad de ambos aceites. En la figura 6.6 se muestra el histograma que indica el porcentaje de bacterias por cada aceite en cada uno de los pacientes

Figura 6.7 Histograma comparativo de aceites de ungüento. Fuente propia.



Conclusiones a los diseños experimentales realizados al chilcuague.

Con el diseño de experimentos realizado anteriormente se pueden arrojar las siguientes conclusiones:

- 1.- La reproducción en parcelas, en el estado de Guanajuato, específicamente en los municipios de Atarjea, Victoria y Xichú, del chilcuague garantiza la posibilidad de obtener gran cantidad de materia prima sin modificar su composición y estadísticamente no representa variabilidad por los diferentes climas.
- 2.- Para la realización del ungüento, no se pueden utilizar plantas de la misma familia ya que sus composiciones de toxicidad, traen diferentes resultados en las características del ungüento.
- 3.- Se analizó la posibilidad de usar dos tipos diferentes de aceites medicinales para eficientizar la composición del ungüento, esto con el fin de medir su efectividad en pacientes, obteniendo resultados satisfactorios que muestran la flexibilidad del chilcuague para adaptarse a diferentes tipos de aceite.

El realizar los diseños de experimentos permitieron tener en un tiempo razonable la definición del producto con todas sus características y valores de los parámetros necesarios para tener el ungüento de manera robusta, con esto evitamos el síndrome del hámster y extender el tiempo de investigación y desarrollo, con lo que el proyecto pueda abortarse debido al capital de trabajo desmedido que se requiere antes de obtener ganancias por la producción vendible.

La reproducción en parcelas favorece al cuidado de la especie, presenta reducción de los trabajos de recolección y garantiza la posibilidad de tener la materia prima necesaria para la producción,

por lo que se recomienda utilizar este método para la realización del ungüento a base de chilcuague.

El ungüento a base de chilcuague presenta una alternativa importante para el uso del chilcuague, por su fácil elaboración y efectividad. Esto se traduce en bajos costos de operación lo que puede traer importantes beneficios para las comunidades.

Los resultados óptimos de este experimento para la realización de un ungüento a base de chilcuague, se obtendrán de la reproducción del chilcuague en parcelas de cultivo, utilizando únicamente chilcuague y especies similares, y sin importar el tipo de aceite usado la efectividad del ungüento en la erradicación de bacterias permanece.

6.2 Caso: Beneficiadora de Durazno en la Sierra Gorda.

6.2.1 Objetivo.

Los alcances de esta investigación eran muy ambiciosos, ya que se planteaba replicar a través de invernaderos el clima y condiciones de una región en específico para el cultivo de durazno de alta calidad y fuera la pauta para realizar el mismo proceso en otros cultivos. Los trabajos comenzaron en Enero-Mayo del 2009 y a pesar de que se lograron establecer los planteamientos teóricos y estadísticos, lo verdaderamente significativo fue que abrió la posibilidad de usar elementos de mecatrónica para automatizar los invernaderos y poder de esta manera replicar las 24 hrs del día los 360 días del año las condiciones de clima y suelo requeridas.

En el 2009 juntar dos disciplinas, la Agronomía y la Mecatrónica comenzaba a tener sentido en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Querétaro a tal grado que se formó un grupo de investigación llamado Agrotónica, de la cual se tomaron ideas de referencia para la elaboración de proyectos más sólidos y agresivos, que se descartaron en aquellos años por el costo y por la complejidad técnica para implementarse en una zona marginada.

En la actualidad y trabajando en simplificar los conceptos técnicos y con las nuevas herramientas de cómputo así como las interfaces ofrecidas por los expertos en la creación de invernaderos este tipo de proyectos ya no es un planteamiento teórico, sino una realidad que se está desarrollando en el campo experimental agrícola del Tecnológico de Monterrey.

El proyecto no se llevó a cabo en la comunidad referida, se quedó en los planteamientos teóricos y en corridas pilotos, pero fue el preámbulo para más adelante diseñar una deshidratadora de tomate. Los alumnos que colaboraron en realizar los planteamientos matemáticos dentro de la clase de diseño de experimentos impartida por quien redacta la tesis fueron Paulina Hernández Bautista, Miguel Ángel Rojano Moreno, Juan Eduardo Rubio Jerezano, Juan José Fernández Alfeirán. Elaboraron los planteamientos del diseño experimental e investigaron las variables críticas, así como realizaron el diseño en Excel, posteriormente se modificaron los parámetros por las nuevas investigaciones encontradas y se realizaron los diseños experimentales a través de Minitab por quien redacta la tesis.

6.2.2 Definición del Problema

En la comunidad de Charco Blanco se trabajará en un terreno donado, el cual está localizado en el estado de Querétaro en el municipio de Jalpan de Serra (60 mt x 15 mt), a un grupo dedicado al desarrollo agrícola sustentable con la condición de que éste se utilizara para el cultivo de duraznos y eventualmente se vendieran los mismos en el Mercado de Abastos de la ciudad de Querétaro. Después de discutir la situación

en la asociación y entre varias alternativas de trabajo, se decidió utilizar este terreno para la construcción de un invernadero frío que emule las condiciones ideales para la cosecha de esta fruta, para lo que se investigarán las condiciones y factores críticos del municipio de San Luis de la Paz, lugar donde históricamente está comprobado por IFAP y SAGARPA que la siembra de semillas de durazno resulta productiva, rentable y de calidad.

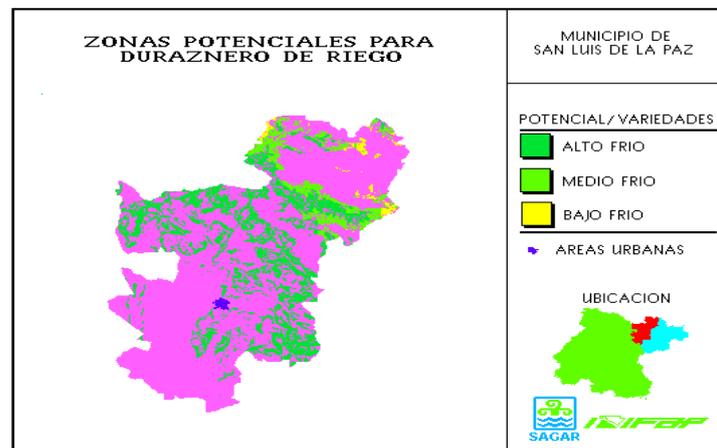


Figura 6.8 Potencialidad de sembrar durazno en la región de estudio. Fuente IFAP.

Para éste análisis se deberán analizar los parámetros climatológicos y de estilo de cosecha del durazno en San Luis de la Paz que pudiesen actuar como factores en el experimento, y así encontrar cuáles son aquellos con mayor influencia en el mismo y trabajar más específicamente en ellos en el invernadero de Querétaro.

Con este experimento la variable de salida es mejorar la cantidad de duraznos de buena calidad que serán cosechados en el experimento; es decir, siguiendo las recomendaciones que arrojen los resultados del análisis, se trabajará con mayor énfasis en aquellos factores influyentes en la variable de salida y así garantizaremos un aumento en los kilogramos de durazno de buena calidad disponibles para la venta.

6.2.3 Estrategia de solución debidamente planteada y documentada

Se realiza una estrategia de estadística aplicada que siga los parámetros del Diseño y Análisis de Experimentos para investigar y analizar los factores presentes en terrenos de cosecha de San Luis de la Paz, que se involucren en la calidad de los duraznos sembrados y asimismo encontrar los parámetros para un uso correcto del invernadero.

Se usa la técnica de diseños factoriales 2^k debido a la presencia de múltiples (9) factores en el experimento, con el fin de obtener los tres factores con mayor influencia en la variable de salida del experimento, sin estudiar interacciones (debido a la cantidad de factores).

Una vez que se obtengan los tres factores más significativos, se realiza un diseño factorial completo de tres factores para obtener el factor más fuerte de todo el experimento y al que se debe prestar mayor atención en el invernadero.

6.2.4 Realización de los experimentos

Diseño factorial completo 2^k con $k=9$

Identificación y exposición del problema: Identificar aquellos factores que se afecten de forma más significativa la calidad y el desarrollo de los duraznos sembrados en el municipio de San Luis de la Paz.

6.2.5 Elección de los factores y sus niveles

Factores	Nivel 1	Nivel 2	Observaciones
Tipo de malla del invernadero	Rompevientos	Sombreadora	Agrotterra, fabricante de mallas para invernaderos y estructuras indica que los tipos de mallas para lograr temperaturas bajas son la rompevientos y sombreadora.
Cantidad de riego	100 m ³	120 m ³	ABC Agro recomienda un riego entre 10,000 y 12,000 m ³ / ha, que equivale a entre 1 y 1.2 m ³ /mt ² (nuestro invernadero tiene 100 mt ²)
Densidad	0.32 plantas/m ²	0.50 plantas/m ²	Info Jardín recomienda que dependiendo de la poda a utilizar, se determine la demanda, en nuestro caso se compara la poda en vaso italiano (nivel 1) y la poda en palmeta regular (nivel 2)
Hormonas (auxina)	Con	Sin	El libro Biology: Concepts and Connections indica que en el caso del durazno, se puede aplicar auxina para obtener la caída prematura de los frutos en desarrollo y así lograr que los frutos restantes crezcan más grandes.
Precipitación / Evaporación	.5	.6	El estudio realizado por el INIFAP de la SAGAR, clasifica la precipitación / evaporación del municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato en los siguientes niveles: (<.5, .5 - .6, .6 - .7) y la región en donde el durazno se da mejor tiene valores de entre .5 y .6.

Temperatura	15°C	16°C	El estudio realizado por el INIFAP de la SAGAR, clasifica la temperatura del municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato en 6 niveles: (<15°C hasta >19°C), y la región en donde el durazno se da mejor tiene valores de entre 15°C y 16°C.
Suelo	Profundo (<1 m)	Somero (>1m)	El estudio realizado por el INIFAP de la SAGAR, clasifica el suelo en los siguientes niveles: (<1 m y >1m).
Altitud	2100 m	2400 m	El estudio realizado por el INIFAP de la SAGAR, clasifica la temperatura del municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato en niveles: (<1500 m hasta >2400 m), y la región en donde el durazno se da mejor tiene valores de entre 2100 m y 2400 m.
Pendiente	2°	8°	El estudio realizado por el INIFAP de la SAGAR, clasifica las pendientes del municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato en los siguientes niveles: (<2%, 2 – 8%, 8-20% y >20%), y la región en donde el durazno se da mejor tiene valores de entre 2 y 8%.

Tabla 6.8 Elección de los factores y sus niveles

6.2.6 Selección de la variable de respuesta.

Para realizar el diseño de experimentos una condición crítica es definir la variable de respuesta, esta será los kilogramos de duraznos recolectados por metro cuadrado en el invernadero y que se encuentren en buen estado y calidad (se consideran duraznos de buena calidad aquellos frutos que tengan una firmeza de pulpa menor de 6 – 8 libras de presión, medidas en la zona lateral del fruto) expresados en la fórmula

$$y = \frac{kg}{m^2}$$

6.2.7 Elección del diseño experimental

Se decidió utilizar el diseño factorial completo 2^k debido a la diversidad de factores a analizar.

6.2.8 Matriz de trabajo inicial

No. De Experimento	Tipo de malla	Cantidad de riego (m3)	Densidad (planta/m2)	Hormonas (auxina)	Nivel de precipitación	Temperatura (°C)	Tipo de suelo	Altitud (m)	Pendiente (°)	y1 (kg/m2)	y2 (kg/m2)
1	Rompevientos	100	.32	con	.5	15	profundo	2100	2	3.5	1.2
2	Rompevientos	100	.32	con	.5	15	profundo	2400	8	2.3	3
3	Rompevientos	100	.32	sin	.6	16	somero	2100	2	6.3	8.1
4	Rompevientos	100	.32	sin	.6	16	somero	2400	8	6.2	7.9
5	Rompevientos	120	.50	con	.5	16	somero	2100	2	17	18.7
6	Rompevientos	120	.50	con	.5	16	somero	2400	8	17.9	16.2
7	Rompevientos	120	.50	sin	.6	15	profundo	2100	2	12.5	14.6
8	Rompevientos	120	.50	sin	.6	15	profundo	2400	8	13	13.6
9	Sombreadora	100	.50	con	.6	15	somero	2100	8	12.5	12.8
10	Sombreadora	100	.50	con	.6	15	somero	2400	2	12.6	13.4
11	Sombreadora	100	.50	sin	.5	16	profundo	2100	8	9	7.5
12	Sombreadora	100	.50	sin	.5	16	profundo	2400	2	9.5	9.6
13	Sombreadora	120	.32	con	.6	16	profundo	2100	8	6.5	7.1
14	Sombreadora	120	.32	con	.6	16	profundo	2400	2	6.7	6.2
15	Sombreadora	120	.32	sin	.5	15	somero	2100	8	10.4	11.4
16	Sombreadora	120	.32	sin	.5	15	somero	2400	2	11.2	12.1

Tabla 6.9 Matriz de trabajo inicial para diseño factorial de duraznos.

6.2.9 Hipótesis definidas y explicadas

Hipótesis Uno: La media de producción de duraznos con malla rompevientos es igual a la media de malla sombreadora	$H_1 : \mu_{\text{rompevientos}} = \mu_{\text{sombreadora}}$
Hipótesis Dos. La media de producción de duraznos con 100 m ³ de riego es igual a la media de 120 m ³ .	$H_2 : \mu_{100} = \mu_{120}$
Hipótesis Tres: La media de producción de duraznos con una densidad de .32 plantas/m ² es igual a la media de .50 plantas/m ² .	$H_3 : \mu_{.32} = \mu_{.50}$
Hipótesis Cuatro: La media de producción de duraznos con la hormona auxina es igual a la media sin la hormona.	$H_4 : \mu_{\text{con}} = \mu_{\text{sin}}$
Hipótesis Cinco: La media de producción de duraznos con una precipitación/evaporación de .5 es igual a la media de .6	$H_5 : \mu_{.5} = \mu_{.6}$
Hipótesis Seis: La media de producción de duraznos con temperatura de 15°C es igual a la media de 16°C.	$H_6 : \mu_{15^\circ\text{C}} = \mu_{16^\circ\text{C}}$
Hipótesis Siete: La media de producción de duraznos con suelo profundo es igual a la media de somero.	$H_7 : \mu_{\text{profundo}} = \mu_{\text{somero}}$
Hipótesis Ocho: La media de producción de duraznos con altitud de 2100 m sobre el nivel del mar es igual a la media de 2400 m.	$H_8 : \mu_{2100} = \mu_{2400}$
Hipótesis Nueve: La media de producción de duraznos con pendiente de 2° es igual a la media de 8°.	$H_9 : \mu_{2^\circ} = \mu_{8^\circ}$

Tabla 6.10 Definición de hipótesis de trabajo para diseño factorial de duraznos.

Se observa que con el experimento de 2^k con $k=9$, se pueden aceptar las hipótesis 1, 4, 5, 6, 8 y 9, los resultados que arrojan sus respectivos análisis indican que los factores malla, hormona, precipitación / evaporación, temperatura, altitud y pendiente son factores que no afectan de manera significativa al experimento en general, sin embargo, se rechaza la hipótesis 2, 3 y 7 que indican que las medias del riego, la densidad y el tipo de suelo afectan de forma considerable al experimento y sus medias no son iguales.

Es un proceso lógico que los factores cuyas medias aparentan ser iguales según el análisis estadístico sigan siendo revisados y trabajados, sin embargo como se había mencionado anteriormente, a partir de éste punto sigue analizar los tres factores más influyentes en el experimento en general, esto es debido a que nos interesa saber el factor que finalmente afecta de manera más constante al experimento. Para ello, en este nuevo experimento sí se estudiarán las interacciones de los tres factores.

Para este experimento se analizarán los factores con datos nuevos que permitan una mayor realidad en los resultados que se obtengan, por ello es que en esta ocasión el factor de riego, anteriormente analizado con dos niveles (para realizar correctamente el diseño factorial 2^k que requiere que los datos sean del mismo número de niveles) se analizará con tres.

6.2.10 Diseño factorial de tres factores

En este diseño de experimentos es necesario identificar aquellos factores que se afecten de forma más significativa la calidad y el desarrollo de los duraznos sembrados en el municipio de San Luis de la Paz que serán nuestra referencia para el proyecto que se desarrollará en Jalpán.

6.2.11 Elección de los factores y sus niveles

Factores	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Observaciones
Cantidad de riego	100 m ³	110 m ³	120 m ³	ABC Agro recomienda un riego entre 10,000 y 12,000 m ³ / ha, que equivale a entre 1 y 1.2 m ³ /mt ² (nuestro invernadero tiene 100 mt ²)
Densidad	0.32 plantas/m ²	0.50 plantas/m ²		Info Jardín recomienda que dependiendo de la poda a utilizar, se determine la demanda, en nuestro caso se compara la poda en vaso italiano (nivel 1) y la poda en palmeta regular (nivel 2)
Suelo	Profundo (<1 m)		Somero (>1m)	El estudio realizado por el INIFAP de la SAGAR, clasifica el suelo en los siguientes niveles: (<1 m y >1m).

Tabla 6.11 Definición de los factores y sus niveles de un diseño de experimentos factorial

Para este diseño experimentan la definición de la variable de respuesta es la misma que para el factorial $K=2$, kilogramos de duraznos recolectados por metro cuadrado en el invernadero y que se encuentren en

buen estado y calidad (se consideran duraznos de buena calidad aquellos frutos que tengan una firmeza de pulpa menor de 6 – 8 libras de presión, medidas en la zona lateral del fruto).

$$y = \frac{kg}{m^2}$$

Se procede a realizar el diseño experimental de tres factores con niveles mayores a dos para determinar cuál es o cuáles son los factores con más significancia en el experimento y de esta manera obtener una producción de alto rendimiento de duraznos basados en la densidad de plantas por metro cuadrado.

		B = Densidad (plantas/m2)			
		0.32		0.5	
		C = Tipo de suelo		C = Tipo de suelo	
A) Cantidad de riego (m3)		profundo	Somero	profundo	somero
100		4.6	15.4	7	18.1
		6.2	15.1	6.6	16.3
		6.3	15.6	5.2	17.5
110		6.1	15.6	7.8	17.9
		6.4	16.5	8.2	19.2
		6.7	16.1	8.6	19.9
120		7.3	17.3	9.4	19
		9.4	17	9.9	18.6
		7.6	18.5	8.5	20

Tabla 6.12 Matriz de trabajo inicial

6.2.12 Hipótesis definidas y explicadas

Hipótesis Uno: La media de producción de duraznos con 100 m ³ de riego es igual a la media de 110 m ³ y es igual a la media de 120 m ³ .	$H_1 : \mu_{100} = \mu_{110} = \mu_{120}$
Hipótesis Dos: La media de producción de duraznos con una densidad de .32 plantas/m ² es igual a la media de .50 plantas/m ² .	$H_2 : \mu_{.32} = \mu_{.50}$
Hipótesis Tres: La media de producción de duraznos con suelo profundo es igual a la media de somero.	$H_3 : \mu_{\text{profundo}} = \mu_{\text{somero}}$
Hipótesis Cuatro: Existe interacción entre el riego y la densidad.	$H_4 : \mu_{100-.32} = \mu_{100-.5} = \mu_{110-.32} = \mu_{110-.5} = \mu_{120-.32} = \mu_{120-.5}$
Hipótesis Cinco: Existe interacción entre el riego y el tipo de suelo.	$H_5 : \mu_{100\text{-profundo}} = \mu_{100\text{-somero}} = \mu_{110\text{-profundo}} = \mu_{110\text{-somero}} = \mu_{120\text{-profundo}} = \mu_{120\text{-somero}}$
Hipótesis Seis: Existe interacción entre la densidad y el tipo de suelo.	$H_6 : \mu_{.32\text{-profundo}} = \mu_{.32\text{-somero}} = \mu_{.5\text{-profundo}} = \mu_{.5\text{-somero}}$
Hipótesis Seis: Existe interacción entre el riego, la densidad y el tipo de suelo.	$H_7 : \mu_{100-.32\text{-profundo}} = \mu_{100-.32\text{-somero}} = \mu_{100-.5\text{-profundo}} = \mu_{100-.5\text{-somero}} = \mu_{110-.32\text{-profundo}} = \mu_{110-.32\text{-somero}} = \mu_{110-.5\text{-profundo}} = \mu_{110-.5\text{-somero}} = \mu_{120-.32\text{-profundo}} = \mu_{120-.32\text{-somero}} = \mu_{120-.5\text{-profundo}} = \mu_{120-.5\text{-somero}}$

Tabla 6.13 Hipótesis definidas y explicadas

6.2.13 Análisis del diseño experimental.

Después de realizar el diseño factorial de tres factores Anexo C, se observa que todos ellos, los factores presentan una variabilidad significativa para el experimento, siendo el factor A: cantidad de riego dada a la cosecha de duraznos el más cercano a la línea de aceptación, mientras que el factor C: tipo de suelo tiene una variabilidad bastante tan elevada que lógicamente queda muy fuera del área de aceptación por más del 35000 %.

6.2.14 Conclusiones y Recomendaciones

Después de la realización de ambos experimentos, nos podemos dar cuenta que el tipo de suelo afecta de forma considerable en el municipio de San Luis de la Paz a la calidad de duraznos recolectados. En el caso del invernadero en Querétaro, los factores que se pueden controlar e intentar mejorar es la cantidad de riego que se le proporcione a la cosecha y la densidad. Por otro lado, el tipo de suelo no es factible ser cambiado pero si modificado con las técnicas de uso de invernadero y fertilizantes.

La generación de calor requiere una regulación de temperatura, el invernadero puede generar demasiado calor en determinadas circunstancias dependiendo de la estación y mes del año, por lo que se plantea la necesidad de tener sensores de temperatura que activen la ventilación necesaria para mantener el micro clima ideal.

6.2.15 Técnicas de control estadístico a utilizar

Para encontrar las variables que más pueden incidir en el diseño experimental se hace uso de las técnicas de control estadístico de calidad, en este caso se propone el uso de un diagrama causa efecto o también llamado diagrama de Ishikawa el cual muestra un abanico de causas que inciden en el problema, en este caso en la variable de calidad del proceso y están divididas por material usado, por la medición, la máquina, la mano de obra y el medio ambiente. En la figura 6.9 se aprecia dicho diagrama con los causales críticos que inciden en solucionar el problema de replicar las condiciones del municipio de San Luis de la Paz al invernadero de Chaco Blanco en Querétaro.

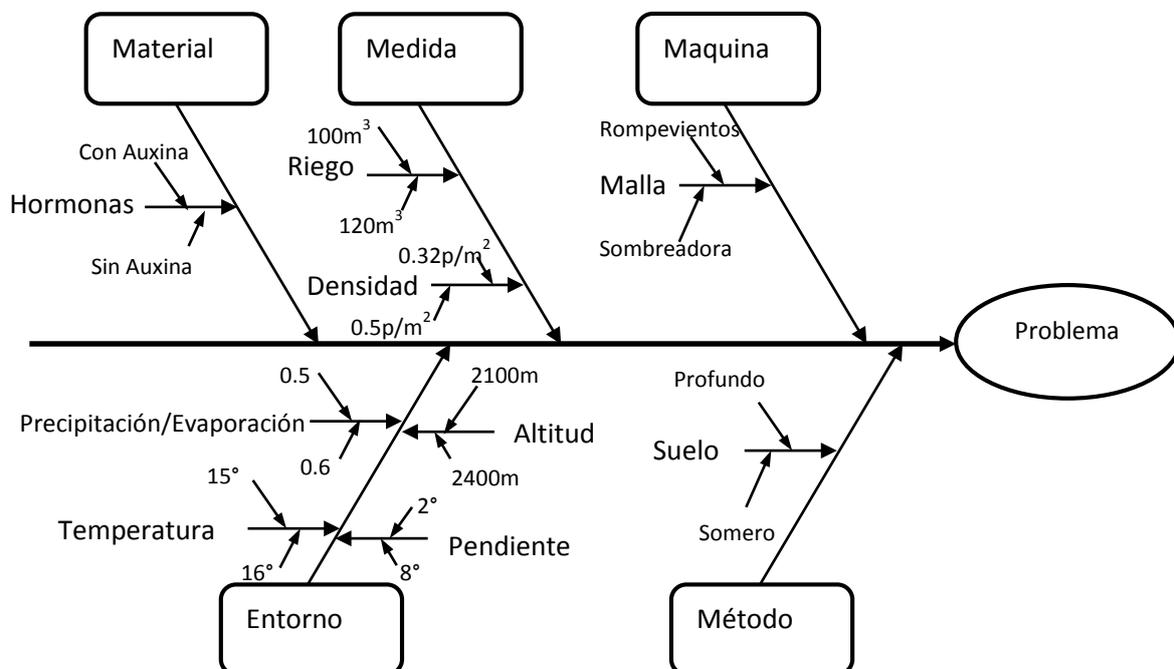


Figura 6.9 Diagrama de causa y efecto que muestra los factores que afectan el experimento. Fuente propia.

6.2.16 Mejora obtenida gracias al diseño de experimentos

Después de realizar el análisis, se observa que hay factores que podrán ser tomados en cuenta con mayor énfasis que otros, gracias al experimento se sabe que una vez que construido el invernadero, se deberá poner especial atención en la cantidad de riego que se utilice para la siembra y en la correcta densidad de frutos en el terreno, con esto garantizaremos mayor calidad en los duraznos que sean recolectados. Por otro lado también se observó que casualmente el factor que mayor variabilidad presenta, el tipo de suelo es precisamente un factor que no se puede modificar. Siguiendo éstas recomendaciones arrojadas por el análisis se prevé que al comenzar la cosecha, el número de kilogramos de duraznos de buena calidad serán suficientes para que el negocio en el mercado de abastos sea rentable.

6.2.17 Planteamiento de la base de datos o fuente de la información para el análisis estadístico

La obtención de los datos que se utilizaron fueron obtenidos de diferentes terrenos de cultivo de durazno presentes en el municipio de San Luis de la Paz, cada uno con diferentes características, esto fue para garantizar un estudio general y no de una zona en particular.

6.3 Caso: Platos desechables ecológicos a base de bagazo de caña.

6.3.1 Objetivo.

Este experimento es muy singular, debido a que se trata de generar consumibles como son platos a través de desperdicio. En México el consumo percapita de vasos y platos desechables es altísimo, en el 2011 el consumo de platos desechables era de 5.3 toneladas anuales, para finalizar el 2015 se proyectan 8.5 toneladas, lo cual es un incremento sustancioso. La mayoría de estos productos son hechos de unicel, el ciclo de vida es muy corto, un solo uso y en temporadas de mayor uso como es Diciembre es gran porcentaje de la basura recolectada, tardando su degradación periodos largos de tiempo. Una de las bondades de la agroindustria es que se puede utilizar el desperdicio para otros fines, como son abonos, alimentos para animales, otros alimentos y, en este caso, la posibilidad de crear consumibles (platos desechables). Este proyecto de beneficio social se generó a través de una sesión muy interesante de fase creativa, y en donde el uso de las bases de datos en los que nos apoyamos con el Triz adecuado para la agroindustria arrojó la posibilidad de crear el consumible a partir del bagazo de azúcar que proviene de la caña.

El reto de este proyecto era a través del diseño experimental determinar la factibilidad de poder fabricar este producto, para que se convirtiera en un proyecto de desarrollo social que podría ubicarse en la parte alta de la Sierra Gorda que comunica al estado de San Luis Potosí y Tamaulipas por estar cerca del ingenio ubicado en ciudad Valles.

El balance de materia que se debía obtener en este proyecto permitiría determinar las toneladas necesarias para generar una producción atractiva, así como determinar la maquinaria y equipo para el proceso. Este proyecto daría la pauta para a través del mismo modelo generar investigación y desarrollo en otras áreas agroindustriales y generar un modelo o metodología replicable. Durante la materia de Diseño de Plantas Industriales del cual el que redacta la tesis fue cotitular se dirigió este proyecto implementando la metodología propuesta para validar los postulados y, corregir procesos. Los alumnos que estuvieron trabajando durante un año en este proyecto son Paola Yong, Sandra Rangel, Cinthya Molyna, Bicri Mateos y Stefani Galicia, todas ellas estudiantes de Ingeniería en Industrias Alimentarias, los profesores que estuvieron a cargo de la dirección del proyecto son Sandra Teresita Martín del Campo, Jorge Nieto Barrera y quien suscribe la presente tesis.

En este experimento se está interesado en el efecto que tiene la humedad del bagazo (A) como materia prima, la cantidad de almidón (B) de la mezcla y el tiempo de secado (C) del producto ya moldeado sobre la rigidez, resistencia a diferentes temperaturas, así como absorción y filtración de agua del envase desechable como producto final. Para la solución de este problema se ha planteado un modelo estadístico 2^k (dos a la k) en el cual se eligen 2 niveles de los factores ya mencionados resultando un diseño 2^3 con tres réplicas para asegurar los resultados.

Del mismo modo se han elegido los niveles de cada factor mostrados en la siguiente tabla:

Factor	Variable	Nivel Bajo	Nivel alto
A	Humedad del bagazo	45 %	50 %
B	Tiempo de secado	2 hrs	4 hrs
C	Cantidad Almidón	20 %	30 %

Tabla 6.14 Niveles de factor 2k

Al no encontrar bibliografía específica sobre experiencias haciendo un producto similar al propuesto se realizó la formulación de la mezcla basado en diferentes productos biodegradables para obtener los parámetros iniciales de proceso. Un factor importante en la elaboración de los envases desechables es el contenido de agua en la materia prima (bagazo de caña de azúcar) lo que influye en el proceso tanto en la interacción con el almidón, que causa la gelatinización del mismo, como en el secado [Meneses 2007]; por ello se ha decidido realizar diferentes experimentos en dos niveles de humedad del bagazo de caña de azúcar para poder encontrar la mejor combinación que influya en las variables de respuesta.

Estudios realizados a productos similares recomiendan el uso de agua como un buen plastificante, esta no debe encontrarse en proporciones altas con relación al almidón, debido a que para extraerla de la mezcla es necesario elevar la temperatura hasta la ebullición del agua, lo que puede degradar la estructura del almidón [Meneses 2007].

De acuerdo a Wayman el bagazo tiene una humedad del 50 % [Wayman, 1977], y en referencia a los análisis que se le han hecho al bagazo proveniente del Ingenio Plan de San Luis, S. A. de C. V., lugar de donde se obtiene la materia prima, los porcentajes de humedad varían entre el 50 % y 52 % de humedad en donde constatamos que los análisis se están realizando de manera correcta.

El porcentaje de almidón que se usa en la mezcla es considerado como factor del experimento debido a sus diferentes propiedades como lo es la gelatinización que se da en presencia de agua y calor. En condiciones de alta concentración de almidón, como suele suceder cuando se pretende obtener un almidón termoplástico, mientras más rigidez exista en el almidón se da una mayor resistencia del producto, debido al choque entre los gránulos de almidón hinchados, lo que a su vez genera una alta viscosidad [Meneses 2007]. Bajo estas condiciones, cuanto más calor se adiciona, el agua retenida desintegra la estructura ordenada de los gránulos del almidón y la amilosa comienza a difundirse formando un gel que finalmente soporta los gránulos compuestos ante todo por amilopectina. Posteriormente durante el enfriamiento se da el fenómeno de retrogradación donde la viscosidad crece de nuevo, decrece la solubilidad en agua fría y hay un incremento de la turbiedad.

En el almidón se da la transición vítrea, lo cual se refiere al cambio inducido por el calor sobre las características de un polímero, el cual con el incremento de la temperatura pasa de sólido frágil y quebradizo a flexible, que es la característica crítica a lograr en el producto. Es por esto que las pruebas a realizar

contienen diferentes porcentajes de almidón, siendo 20 % y 30 % para analizar su efecto en las variables de respuesta; estos se eligieron en base a la fabricación de empaques parcialmente biodegradables en los cuales se combina polietileno de baja densidad con un 30% de almidón [Villeda 2007]. El último factor es el tiempo de secado y es crítico debido a que se debe remover la humedad del producto final por lo que en base a experiencias de otros autores se toman como valores de 2 a 4 horas de tiempo de secado [Villeda 2007] debido al contenido inicial de humedad de la materia prima.

6.3.2 Plan experimental aleatorizado.

A través del programa estadístico Minitab versión 17 se obtiene como resultado realizar 24 corridas experimentales con los factores y parámetros antes definidos analizado como variables de respuesta la absorción y filtrado de agua, resistencia a diferentes temperaturas y la rigidez.

6.3.3 Absorción y filtrado de agua

Esta variable es crítica para determinar la capacidad del material para contener líquidos, para ello se realizaron pruebas consistentes en colocar 300 ml de agua en el vaso y dejarlo reposar durante 6 horas en una superficie seca, midiendo el volumen de la misma cada 2 horas y de esta manera saber si existe absorción de la misma o mediante la observación de la superficie saber si existe alguna filtración, una manera sencilla de hacer esta medición es a través de la conversión de pesar el plato al volumen de agua contenida con los 300 ml en el plato en una balanza de precisión y cada dos horas realizar el mismo proceso.

6.3.4 Resistencia a diferentes temperaturas

Para poder observar la reacción del material ante diferentes temperaturas se llevaran a cabo varias pruebas, en la primera se colocara el envase con agua en el microondas durante 1, 2 y 3 minutos realizando la prueba de absorción y filtrado de agua después de cada minuto; en otra se colocará el envase con agua a temperatura de refrigeración (4°C) y otro a temperatura de congelación (0°C) durante una semana, realizando la prueba de absorción y filtrado de agua cada tercer día para comprobar la resistencia del producto.

6.3.5 Rigidez

Para esta variable de respuesta se tomó en cuenta la NMX-EE-039-1979 “Envase y embalaje.- envases y embalajes de cartón.- determinación de la resistencia a la compresión”, para poder medir la rigidez del envase, debido a que no se cuenta con los aparatos indispensables para realizar esta prueba, se adecuará el

procedimiento sosteniendo en envase con dos soportes universales y pinzas para posteriormente colocar 500g de sal y de esta manera poder determinar que muestra es la que tiene una mejor resistencia al peso.

Las mediciones que se realizarán (los respectivos tiempos de cada prueba) se proponen de esta manera para poder darles un valor numérico a las variables de respuesta y así poder analizar los datos usando el software Minitab 17.

6.3.6 Análisis de los resultados estadísticos a la variable de respuesta

6.3.6.1 Velocidad de absorción del agua.

La variable de respuesta de velocidad de absorción se midió al colocar 10 ml de agua en las diferentes muestras y contar el tiempo completo de absorción del líquido, el cual fue medido en minutos y segundos; esta variable es crítica ya que es una característica que influye en la aceptación del consumidor debido a que el producto debe tener la capacidad de contener cualquier tipo de alimento no solo seco sino con cualquier porcentaje de humedad.

Se realizó un experimento para estudiar el efecto de la concentración de la solución de almidón, cantidad de bagazo y tiempo de secado en la velocidad de absorción de agua del producto final, para lo cual se llevaron a cabo 24 muestras cada una con la variación en su formulación, para posteriormente realizar las pruebas pertinentes, registrando los siguientes resultados:

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	OrdenEst	OrdenCorrida	PuntoCentral	Bloques	Bagazo	Almidon	Tiempo	Absorcion	Humedad
1	20	1	1	1	20	0.20	1.5	46	7.93
2	2	2	1	1	20	0.15	1.5	6	8.35
3	7	3	1	1	15	0.20	2.0	41	6.09
4	14	4	1	1	20	0.15	2.0	21	7.02
5	3	5	1	1	15	0.20	1.5	52	7.66
6	15	6	1	1	15	0.20	2.0	44	6.12
7	6	7	1	1	20	0.15	2.0	25	7.02
8	16	8	1	1	20	0.20	2.0	49	5.98
9	19	9	1	1	15	0.20	1.5	48	7.96
10	23	10	1	1	15	0.20	2.0	50	6.02
11	17	11	1	1	15	0.15	1.5	28	9.54
12	18	12	1	1	20	0.15	1.5	30	9.15
13	13	13	1	1	15	0.15	2.0	20	6.52
14	11	14	1	1	15	0.20	1.5	54	7.83
15	9	15	1	1	15	0.15	1.5	29	9.83
16	10	16	1	1	20	0.15	1.5	6	9.30
17	4	17	1	1	20	0.20	1.5	41	9.08
18	12	18	1	1	20	0.20	1.5	35	7.34
19	1	19	1	1	15	0.15	1.5	26	10.83
20	21	20	1	1	15	0.15	2.0	24	6.93
21	8	21	1	1	20	0.20	2.0	55	5.91
22	24	22	1	1	20	0.20	2.0	57	6.11
23	5	23	1	1	15	0.15	2.0	33	6.71
24	22	24	1	1	20	0.15	2.0	29	7.22

Tabla 6.15 Muestras aleatorizadas con los resultados de las pruebas al envase

6.3.7 Definición de las hipótesis experimentales

Ho: La concentración de solución de almidón tiene efecto en la velocidad de absorción de agua del producto final.

H1: La concentración de solución de almidón no tiene efecto en la velocidad de absorción de agua del producto final.

6.3.8 Análisis de resultados.

A través del uso de Minitab versión 17 se han realizado los diseños experimentales, por lo que ahora se tienen que analizar e interpretar los resultados obtenidos a los planteamientos estadísticos diseñados anteriormente.

Ajuste factorial: Absorcion vs. Bagazo, Almidon, Tiempo					
Efectos y coeficientes estimados para Absorcion (unidades codificadas)					
Término	Efecto	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante		35.375	1.316	26.87	0.000
Bagazo	-4.083	-2.042	1.316	-1.55	0.140
Almidon	24.583	12.292	1.316	9.34	0.000
Tiempo	3.917	1.958	1.316	1.49	0.156
Bagazo*Almidon	3.083	1.542	1.316	1.17	0.259
Bagazo*Tiempo	8.083	4.042	1.316	3.07	0.007
Almidon*Tiempo	-0.583	-0.292	1.316	-0.22	0.827
Bagazo*Almidon*Tiempo	1.583	0.792	1.316	0.60	0.556

S = 6.44851	PRESS = 1497		
R-cuad. = 86.56%	R-cuad. (pred.) = 69.76%	R-cuad. (ajustado) = 80.68%	

Figura 6.10 Ajuste Factorial de variable de respuesta de absorción

Analizado la figura 6.10, tenemos las constantes o factores bagazo, almidón, tiempo así como sus interacciones bagazo y almidón, bagazo y tiempo, almidón y tiempo así como la interacción de las tres bagazo, almidón y tiempo. La R^2 es de 86,56%, lo cual indica que el modelo utilizado es aceptable. Igualmente se puede observar que al almidón y tiempo tienen el valor P más alto y superior a .5 con lo que se infiere que es la combinación más sensible, así como la interacción de los tres factores, son variables significativas en el experimento. Con lo anterior se puede inferir que con un nivel de significancia de 0.05 o 95% la hipótesis se acepta y se concluye que la concentración de solución de almidón tiene efecto en la velocidad de absorción de agua del producto final de manera significativa.

En la figura 6.11 la gráfica de Pareto muestra los factores, así como sus interacciones y el efecto que ejercen sobre la velocidad de absorción de agua en el producto final. Como se observa en la gráfica la concentración de solución de almidón, en la formulación es la que influye más en la absorción de agua del producto final, esto se observa ya que esta denotada por B y tiene la concentración más alta, la segunda en importancia pero con una baja significancia es al interacción del bagazo y el tiempo identificada como AC en el gráfico debido a que la cantidad de bagazo y el tiempo de secado influyen en dicha variable de respuesta sin embargo tienen un efecto significativo cuando interaccionan y no de manera individual. En el mismo gráfico se puede analizar que el menor impacto está en la interacción de almidón y tiempo.

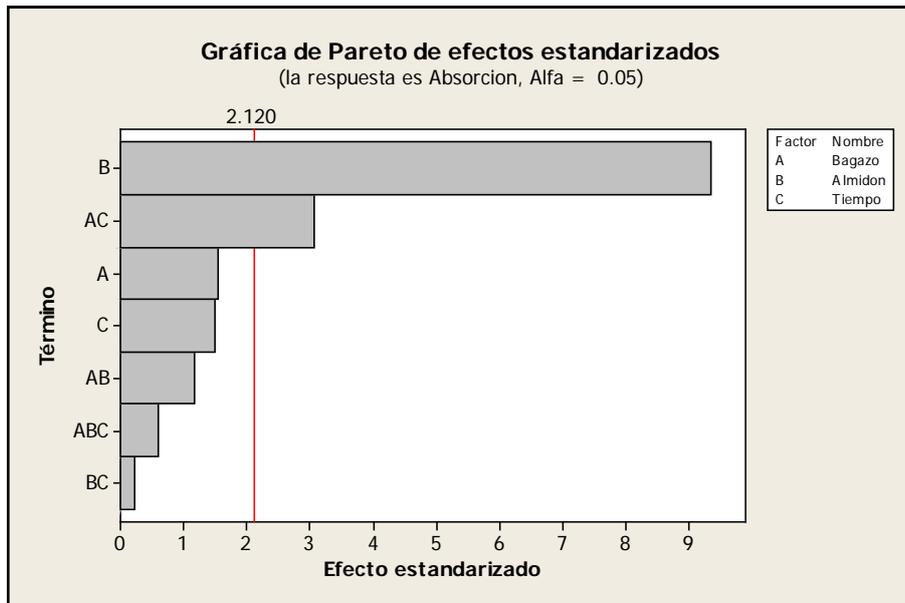


Figura 6.11 Gráfica de Pareto de Efectos Estandarizados. Fuente propia generada en Minitab 17

En la figura 6.12 que es la gráfica de efectos principales para absorción se pueden observar el análisis que se hace por la media de cada corrida para los tres factores, siendo los valores altos para el bagazo los recomendables para el experimento, mientras que los valores bajos de almidón y tiempo son los optimos, con lo que los parámetros para definir el producto bajo estos resultados pueden ser ya determinados. En la figura 6.13 que es la grafica de interacción para la absorción se pueden encontrar resultados similares pero es más notorio en la interacción del bagazo con el tiempo

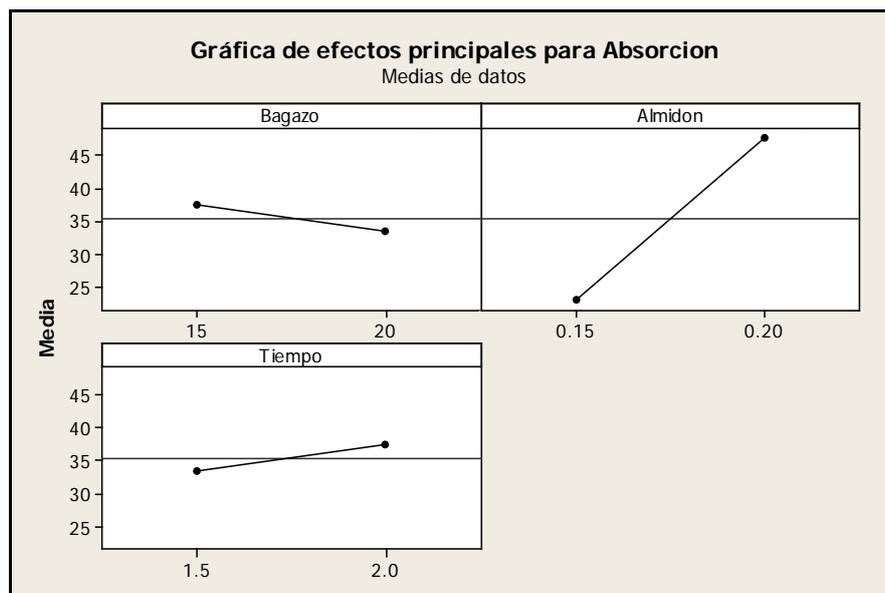


Figura 6.12 Gráfica de efectos principales para absorción. Fuente propia generada en Minitab 17

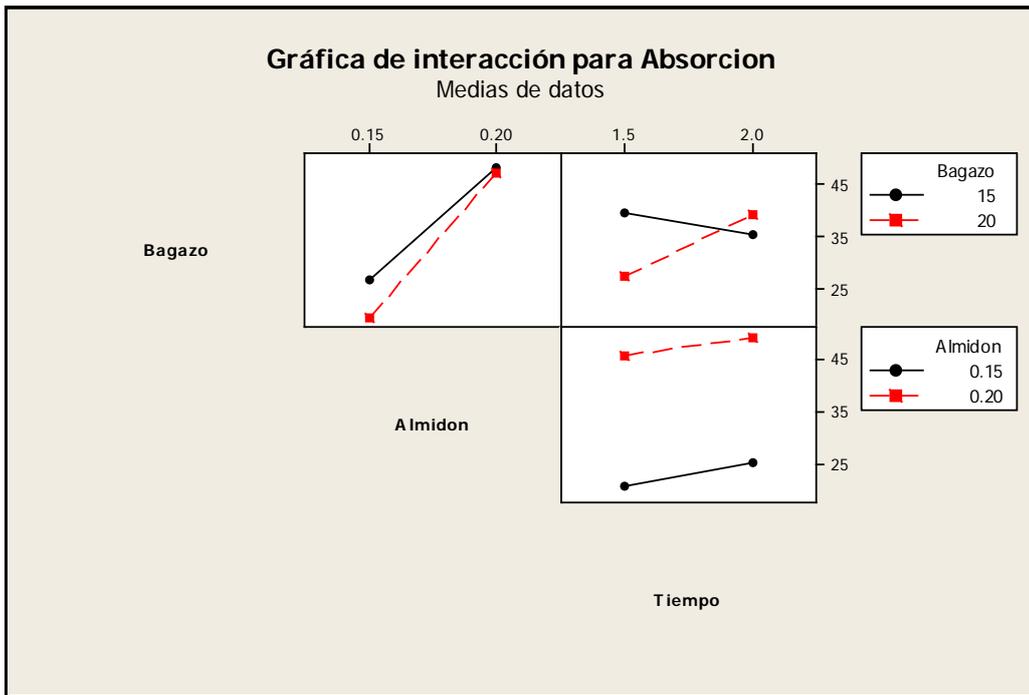


Figura 6.13 Gráfica de interacción para absorción. Fuente propia generada en Minitab 17

Haciendo un análisis de la gráfica de Pareto contra la gráfica de efectos principales se puede observar que la gráfica de almidón presenta una mayor inclinación, lo cual indica que tiene un efecto más significativo. Mientras que en la gráfica de interacciones podemos observar que la interacción entre cantidad de bagazo y tiempo de secado influyen en la variable de respuesta, absorción.

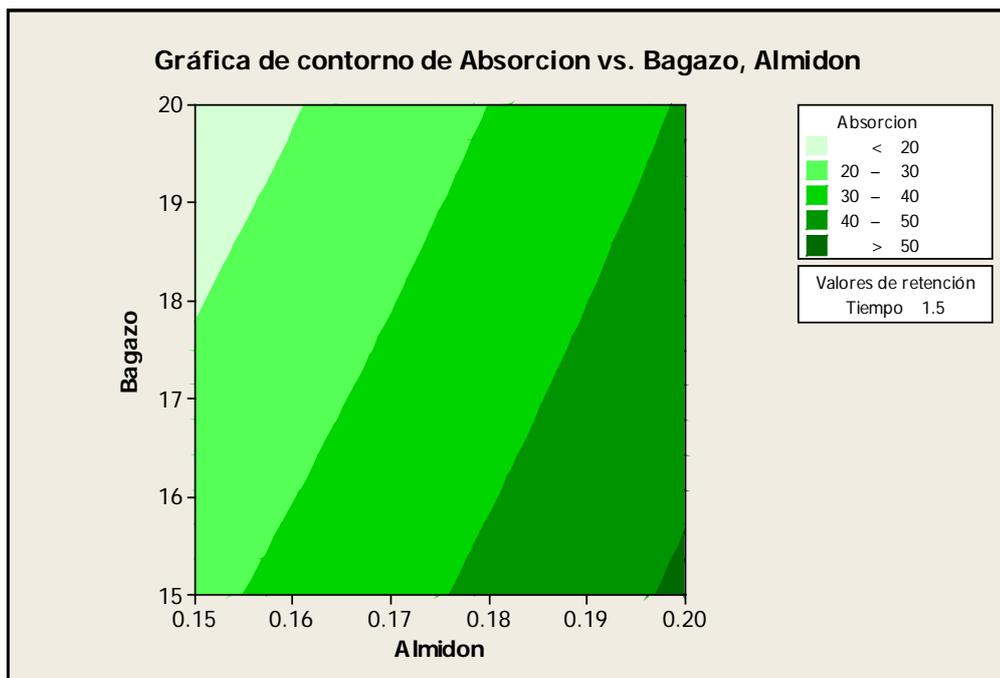


Figura 6.14 Gráfica de contorno de Absorción. Fuente propia generada en Minitab 17

A través del análisis de la figura 6.14 se concluye que para poder obtener un producto final, en este caso un plato desechable que tarde más en absorber el agua (40 a más de 50 minutos) la formulación debe tener una solución con mayor concentración de almidón. Finalmente al realizar esta prueba se observa que las muestras con mayor cantidad de almidón, más bagazo y mayor tiempo de secado fueron las que tardaron más tiempo en absorber el agua, además de que el agua no llegaba a la superficie inferior del plato. Por otra parte es importante mencionar que en ninguna de las muestras existió filtración de agua.

6.3.9 Humedad.

La variable de respuesta de humedad del producto final se midió con una termobalanza electrónica de humedad. Esta prueba es importante para obtener el contenido de humedad de los envases desechables para así evitar que sea un valor que propicie el crecimiento de microorganismos; así como a menor contenido de humedad mejor será la consistencia y apariencia de los envases pues los hace manejables, duros y resistentes.

Definición de hipótesis son como sigue:

Ho: El tiempo de secado tiene un efecto significativo sobre la humedad del producto final.

H1: El tiempo de secado no tiene un efecto significativo sobre la humedad del producto final.

6.3.10 Análisis estadístico de los resultados para humedad

En esta sección se analizarán los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, mediante el análisis del diseño factorial de Minitab 17

Ajuste factorial: Humedad vs. Bagazo, Almidon, Tiempo

Efectos y coeficientes estimados para Humedad (unidades codificadas)

Término	Efecto	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante		7.602	0.09108	83.46	0.000
Bagazo	-0.136	-0.068	0.09108	-0.75	0.467
Almidon	-1.199	-0.600	0.09108	-6.58	0.000
Tiempo	-2.263	-1.131	0.09108	-12.42	0.000
Bagazo*Almidon	0.248	0.124	0.09108	1.36	0.193
Bagazo*Tiempo	0.281	0.140	0.09108	1.54	0.143
Almidon*Tiempo	0.334	0.167	0.09108	1.83	0.085
Bagazo*Almidon*Tiempo	-0.469	-0.235	0.09108	-2.58	0.020

S = 0.446220 PRESS = 7.16805
R-cuad. = 92.99% R-cuad. (pred.) = 84.24% R-cuad. (ajustado) = 89.93%

Figura 6.15 Ajuste Factorial: Humedad vs Bagazo, Almidón, Tiempo

Como se observa en la figura 6.15, la R^2 es de 92,99 %, lo cual indica que el modelo utilizado es aceptable. De igual manera se acepta la hipótesis planteada ya que el valor del tiempo ($P = 0.000 < 0.05$) es un dato significativo por lo que el tiempo de secado sí influye en el contenido de humedad.

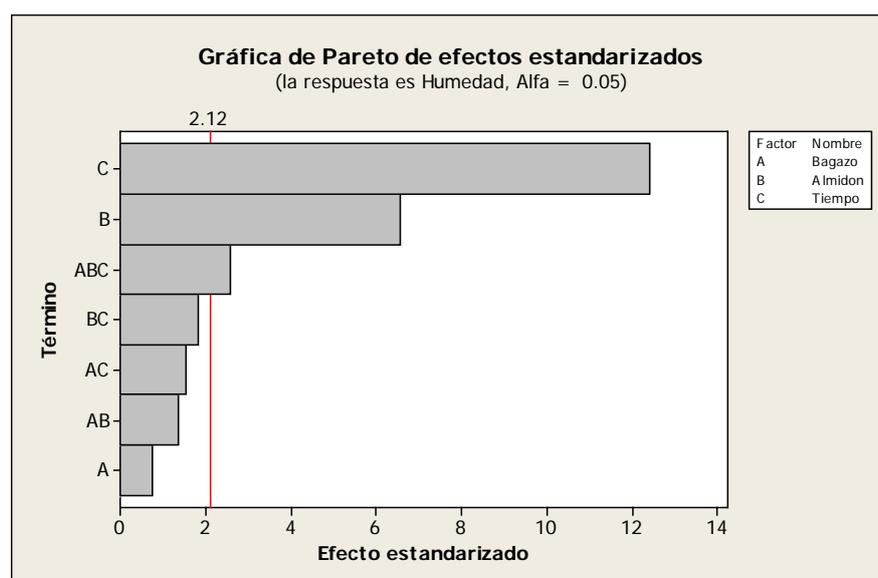


Figura 6.16 Gráfica de Pareto de efectos estandarizados. Fuente propia generada en Minitab 17

Esta gráfica muestra los factores, así como sus interacciones y su forma en la que ejercen un efecto en la variable de respuesta de humedad final del producto. Con esto se puede ver que el tiempo de secado influye de mayor manera; el contenido de almidón también será un factor, aunque menos importante, a considerar en la humedad final.

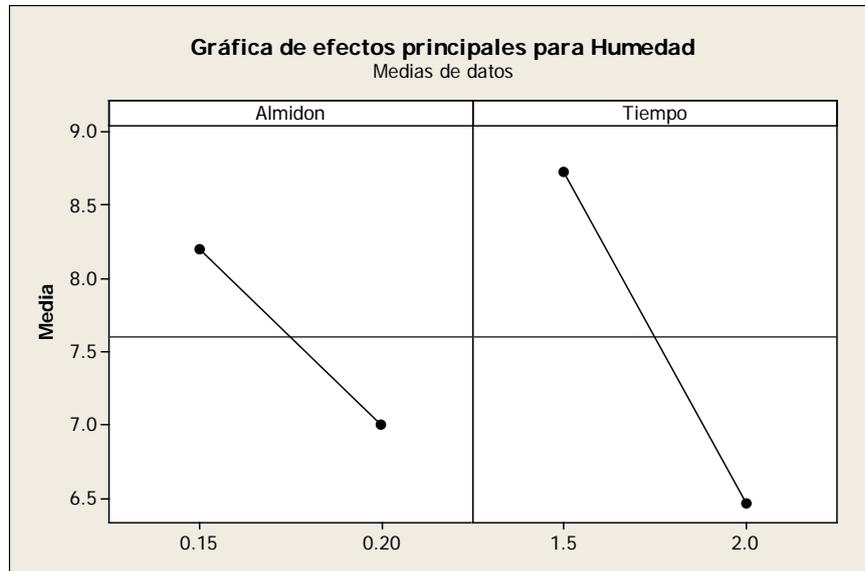


Figura 6.17 Gráfica de efectos principales para Humedad. Fuente propia generada en Minitab 17

Se observa que la variable A, que en este caso es el bagazo tiene la menor significancia mientras que C y B que son el tiempo y almidón son muy significantes, por lo que se observa que el mayor efecto lo genera el tiempo de secado comparado con el contenido de almidón, en la grafica de efectos principales figura 6.17 se aprecia que los valores más grandes son los mejores.

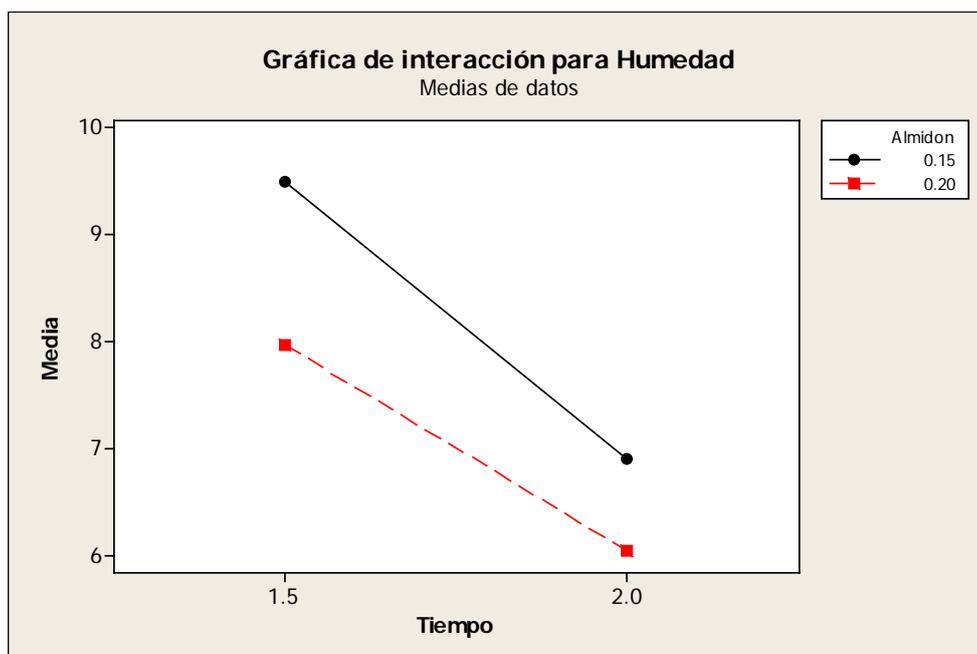


Figura 6.18 Gráfica de interacción para Humedad. Fuente propia generada en Minitab 17

La gráfica de interacción para la humedad, figura 6.18 se puede apreciar que un alto contenido de almidón (20 %) a un tiempo de secado de 2 hr genera una baja humedad que valida la hipótesis planteada y es lo que es la característica principal buscada en el producto.

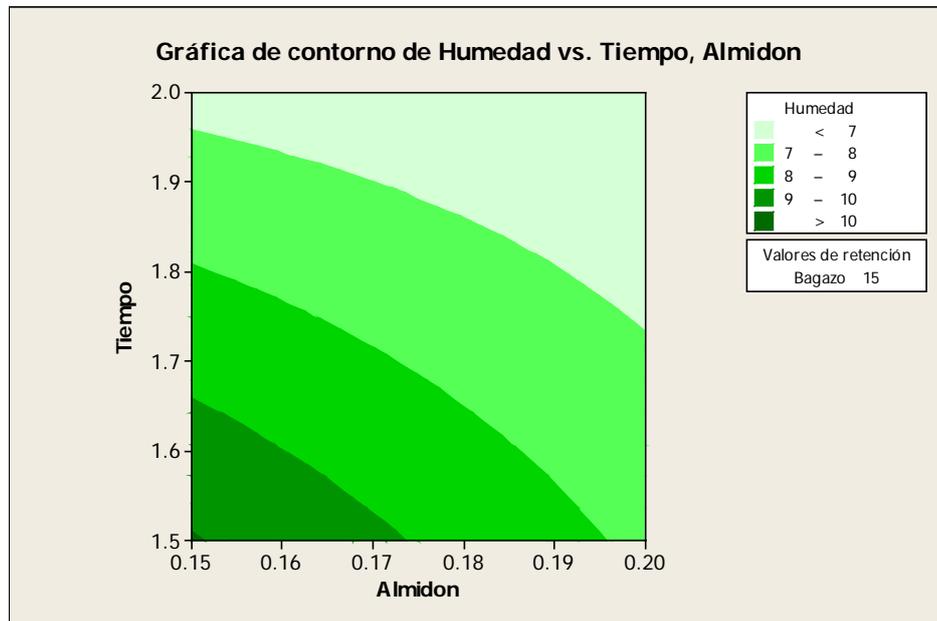


Figura 6.19 Gráfica de contorno de Humedad vs Tiempo y Almidón. Fuente propia generada en Minitab 17

Así pues la última gráfica muestra que para obtener una humedad baja (< 7 %) se debe utilizar un contenido de almidón al 20 % por un tiempo de secado de 2 h, siendo el área más clara lo que ilustra dicha conclusión.

6.3.11 Consideraciones adicionales.

El experimento se realizó con 24 muestras en proporciones más pequeñas, con el objetivo de conocer el comportamiento que tendrían las formulaciones al exponerlas a las condiciones de operación. De cada una de las corridas, se tomaron 25 gramos y con una prensa de tortilla, se le dio forma circular; el diámetro promedio en las 24 muestras fue de 9,9 centímetros, su peso final promedio fue de 5 gramos por corrida, lo que indica una pérdida del 80 % de humedad. Además, el grosor promedio fue de 1,3 milímetros medidos utilizando un vernier. Las pruebas realizadas reflejaron que con el uso de diferente tamaño de partícula del bagazo se obtenía comportamientos muy diferentes incluso con la misma formulación. Esto se debe a que entre más grande el tamaño de la fibra, menor es la adherencia que existe entre ellas, lo que permite más interacción entre el almidón y el agua, una vez que se realizan las pruebas de verificación de calidad.

En la figura 6.19 se muestra físicamente el prototipo terminado.



Ilustración 1. Diferentes tamaño de bagazo. Fuente propia.

El objetivo de manejar diferentes tamaños de partícula, fue el disminuir el color oscuro de las muestras, sin embargo, se observó su variabilidad en la porosidad de la muestra, la adherencia entre las partículas, la rigidez y su apariencia uniforme. Un punto importante a mencionar, es que las muestras ya secas, presentan un olor sutil a almidón. Si bien este parámetro no está siendo medido, representa una gran área de oportunidad para la experimentación y por supuesto para el desarrollo de los productos en cuestión.

De acuerdo a las funciones de un plato desechable se decidió hacer pruebas que se explicaron en la primera parte del experimento, sin embargo, se realizó una prueba adicional, que no es cuantitativa, referente a la rigidez y la resistencia de los productos a diferentes tiempos de exposición en el microondas.

Se decidió realizar esta prueba con el objetivo de conocer el comportamiento de los productos con temperaturas altas en diferentes tiempos de exposición en el microondas, uno de los puntos importantes para decidir esto es que el microondas se ha convertido en uno de los electrodomésticos de uso común.

Al someter a las muestras plato durante 1, 2 y 3 minutos, no hubo cambios significativos en cada uno de las diferentes corridas así como los diferentes tiempos, lo que se puede destacar de manera general es que a mayor tiempo (3 minutos) las muestras perdieron la humedad que aun tenían y se calentaron de sobremanera y tomaron un consistencia más dura y crujiente, por lo que era un más frágil al estar tan seca la muestra.

En cuanto a la prueba de rigidez, como ya se había mencionado para la medición de esta variable se basa en la norma NMX-EE-039-1979 “Envase y embalaje.- envases y embalajes de cartón.- determinación de la resistencia a la compresión”, por lo que para medirla se adecuo el procedimiento sosteniendo en envase con

dos soportes universales y pinzas para posteriormente colocar 200g y 500g de sal para saber la resistencia de cada uno de las muestras, pero al momento de medir cada una de las muestras con los diferentes pesos vimos que cada una de estas fue resistente a cada uno de las pruebas sometidas, por lo que no se pudo obtener como un dato numérico y poder evaluarlo en Minitab, por lo que se decidió mencionar de manera cualitativa que cada muestra a pesar de la corrida fueron resistentes no hubo cambios significativos o algún efecto malo de las muestras ante dicha prueba.

6.4 Caso: Dulce a base de pulpa de mango.

6.4.1 Objetivo.

En la Sierra Gorda de Guanajuato existen diferentes microclimas y uno de ellos es beneficioso para el cultivo de mango, por lo que se planteó a través de la fase creativa diseñar un producto que tuviera a este como materia prima y aprovechar al máximo la fruta, por lo que el resultado final fue un dulce en base a la pulpa y con la semilla producir manteca, con lo que la zona se verá altamente beneficiada. La propuesta de generar un dulce se basaba principalmente en un análisis de restricciones que iban desde analizar la competencia de productos en almibar y envasados donde es muy difícil obtener un porcentaje del mercado por la capacidad de producción y por lo tanto los precios competitivos de las empresas establecidas pero se podía aprovechar la coyuntura que se presentaba en el momento en que el gobierno federal prohibía la venta de dulces con abundantes azúcares y calorías en las escuelas, por lo que un dulce basado en mango, producto que es muy aceptado culturalmente por la niñez en México que fuera elaborado de manera que fuera sano nutricionalmente generaba una alta probabilidad de ser un proyecto factible y fundeable. Los alumnos que estuvieron trabajando en este proyecto son Ana Luisa Lugo García, Laura Janit Chávez Cervantes, Karla Cantorán, Rommy Rodríguez y Néstor Cano, todos ellos alumnos de Ingeniería en Industrias Alimentarias y de la materia de Diseño de Plantas Industriales, este proyecto se realizó en el periodo Enero-Mayo 2009 a Agosto- Diciembre 2010.

6.4.2 Introducción.

Para el proceso de elaboración de la pulpa de mango, la principal materia prima dicha fruta, que en este caso será en variedad ataulfo, además de ciertos aditivos como el ácido cítrico al 0,1 % al 0,3 % [Piñeda, 2002]. Esta variedad es uno de los cultivares con mayor superficie sembrada en México y ha sido catalogado por SAGARPA como uno de los cultivares más importantes por su creciente demanda en el mercado exterior [Esquivel, 2010].

Otro ingrediente importante y considerado como factor es el ácido cítrico ya que es el que estabiliza la acidez de la pulpa hasta alcanzar un determinado pH, con este aditivo se intentará alcanzar una acidez y ajustar un pH para poder añadir los benzoatos y darle estabilidad final al producto.

6.4.3 Características de producto final

El producto debe cumplir con ciertas condiciones generales, es decir:

- Debe tener un color uniforme característico de mango.
- Debe tener un sabor característico sin indicios de fermentación u oxidación.

- No debe presentar material extraño.
- Debe ser un producto 100% natural sin conservantes. (Pulpa Fruit, 2010)

De la misma forma, el producto debe tener las siguientes especificaciones físicas y microbiológicas:

- Color : Varía del color amarillo al típico naranja del mango maduro
- Olor : Característico del mango maduro adecuadamente procesado
- Sabor : Característico
- Textura: Corte totalmente irregular. [OME Industrial, 2010]

Especificaciones microbiológicas:

- Recuento de bacterias aeróbicas mesófilas totales : 100000ucf/g
- Recuento de coliformes totales : 100ufc/g
- Numeración de E. coli : < 10ufc/g
- Recuento de S aureus : < 10ufc/g
- Recuento de de hongos y levaduras : 1000ufc/g
- Salmonella 25g. : Ausencia
- Listeria 25g. : Ausencia [OME Industrial, 2010]

En cuanto a pH y grados Brix, es recomendable que el producto final tenga 13 °Brix y un pH de 3,4 a 3,5.

6.4.4 Diseño de experimentos

El método adecuado para el diseño experimental es el diseño factorial 2^k donde las variables de respuesta son el pH y los grados Brix.

De acuerdo a la definición del diseño de experimentos 2^k , para cada factor k existen dos niveles, uno superior y uno inferior. Esto es lo que se aplicará en el producto. Se seleccionaron estas variables como respuesta porque son dos parámetros que se recomienda tengan ciertos valores en el producto final.

Los factores y los niveles correspondientes que se considerarán, de acuerdo a las recomendaciones para el producto final son:

- Tiempo de pasteurización.
 - Alto: 15 minutos.
 - Bajo: 5 minutos.
- Temperatura de pasteurización.
 - Alto: 100 °C
 - Bajo: 90 °C

- Porcentaje de ácido cítrico.
 - Alto: 0,3 %
 - Bajo: 0,1 %

6.4.5 Aleatorización

Orden Est	Orden Corrida	Pt Central	Bloques	Tiempo pasteurización	Temp.	% ac. Cítrico	pH	Briz	Viscosidad
10	1	0	1	10	95	0,2			
6	2	1	1	15	90	0,1			
11	3	0	1	10	95	0,2			
9	4	0	1	10	95	0,2			
1	5	1	1	5	90	0,3			
7	6	1	1	5	100	0,1			
8	7	1	1	15	100	0,3			
5	8	1	1	5	90	0,3			
2	9	1	1	15	90	0,1			
3	10	1	1	5	200	0,1			
4	11	1	1	15	100	0,3			

Tabla 6.16 Diseño del Experimento del dulce base pulpa de mango.

6.4.6 Consideraciones iniciales para realizar el experimento.

Primero se deben identificar los factores o variables así como sus parámetros que serán sujetos a la experimentación estadística, estos pueden ser materia prima, dispositivos que necesariamente deben tener una medición para ser variable de salida.

6.4.7 Grados Brix

El refractómetro ABBE es el indicado para la medición de grados Brix, el primer paso para la realización de la medición es conectarlo e instalarlo (conectar los focos), después se procede calibrar poniendo una gota de agua destilada y mover la perilla inferior hasta alcanzar una lectura de cero brix y se procede a limpiar el equipo. Posteriormente se coloca una gota de la muestra en la celda y se mueve la perilla hasta que la línea coincida con la cruz que se observa en la pantalla, observar la lectura de grados en la escala que se encuentra abajo. Se debe de tomar la temperatura a la que se mide porque este parámetro es importante.

6.4.8 pH

Se utilizará un medidor de pH de la marca Mettler Toledo para que este funcione se debe de conectar a una corriente el siguiente paso es calibrar con el medidor presionando el botón de “cal” y se procede a hacer tres lecturas en donde deben coincidir tanto la lectura en el calibrador como la lectura en el medidor; la primera debe ser a un pH de 4,7 y 10 sucesivamente y se conecta el electrodo para proceder a hacer la medición.

Se introduce el electrodo en la muestra para conocer su pH y se espera a que se estabilice la medida del medidor de pH, se enjuaga el electrodo para poder hacer la siguiente medición.

6.4.9 Viscosidad

Para la medición de la viscosidad se procederá a usar un viscosímetro Brookfield, el cual es necesario nivelarlo para que las lecturas que dé el sistema sean las correctas, una vez hecho esto, se calibra a cero y ya después se coloca el spindle. El spindle que se usará dependerá de las características que presente la muestra, se harán pruebas para ver cuál es el que sea más estable en las lecturas y la que se acerque a tener un torque de 50%.

Una vez seleccionado el spindle, la muestra se coloca en un vaso de precipitado asegurándose de que la muestra esté completamente en contacto con el spindle, posteriormente se harán las lecturas correspondientes capturando los datos de velocidad (rpm), porcentaje de torque y viscosidad [UCV, 2010]

6.4.10 Color

Se determina empleando el colorímetro de Hunter fabricado por Minolta. Se realiza la evaluación bajo condiciones de luz visible. Para hacer la medición, se colocará la muestra en un recipiente de vidrio y se hará la lectura sobre éste, de manera que no quede en contacto la muestra con el lente del aparato.

Un colorímetro Hunter de Minolta, emite una luz normalizada sobre una superficie y recoge la radiación reflejada por la misma, al absorber esta radiación la relaciona con medidas numéricas mediante patrones preestablecidos. La fuente de luz que utiliza es una lámpara de Xenón pulsada, Se pueden utilizar diversos “sistemas de color”, como el XYZ, $L^*a^*b^*$ y S^*C^*h , las letras son coordenadas, por ejemplo en el sistema CIE $L^*a^*b^*$ cada punto se representa por las coordenadas L^*a^* y b^* . L^* es el eje vertical que representa la luminosidad que va desde negro (valor 0) hasta blanco (valor 100), a^* es la tendencia al rojo (+) o verde (—). Esta coordenada varía entre -120 y 120, b^* es la tendencia a azul (—) o amarillo (+). Esta coordenada varía entre -120 y 120 (UCV, 2010) (Metrolab Internacional).

Después de obtener los valores arrojados por el sistema, se localizarán las coordenadas en la gráfica de colores y así se sabrá en qué rango de color se encuentra nuestro producto.

6.4.11 Néctar de mango

El néctar será realizado con pulpas de una sola fruta la cual se debe de encontrar en un determinado estado de madurez ya que al encontrarse de esta manera los grados Brix ascienden de forma considerable, teóricamente este valor nunca será el mismo por lo que para lograr un producto de alta calidad se debe obtener un producto estándar es decir que tenga los mismos grados Brix, acidez, pH y viscosidad.

Se podrá encontrar diferencias significativas en color, aroma y sabor esto dependerá de la fruta que se utilice, la variedad y si en un futuro se adquiere el mando de otras regiones, donde fue cultivada, por lo que se debe evitar estas diferencias que provocan una variabilidad en el experimento y para asegurar que el producto final sea uniforme.

Las principales diferencias provienen de las frutas y el estado de madurez que esta tenga. Si la fruta es verde es poco dulce, posee sabor ácido pero mediante aumenta el estado de madurez (avanzado sin llegar al sobre-maduro), su sabor mejorará, sucede lo mismo con el dulzor del fruto. Por lo que el néctar preparado con frutas maduras y sanas posee un equilibrio azúcar-ácido agradable. Que normalmente corresponde a 12 °Bx y una acidez de 0,5% de ácido cítrico esto dependerá del mercado al que vaya dirigido. Para la elaboración del néctar, base para la elaboración del dulce, se utilizarán los siguientes ingredientes los cuales aportarán las características deseadas.

Pulpa: Se utiliza en vez de la fruta para estandarizar el proceso ya que esta presenta una cantidad promedio de °Bx y acidez, deberá ser extraído de frutas maduras, secas y frescas, libres de sustancias peligrosas para la salud. El propósito de la utilización de la pulpa es para conferirle el sabor, color y olor característicos de la fruta, además de aportar los grados brix y la acidez de la fruta.

Conservadores: se pueden utilizar o no, debido a la concentración de azúcar no es muy necesario sin embargo se utilizara benzoato de sodio por las características del néctar es decir un bajo pH y es el que mejor funciona bajo estas puntos. El propósito de la adición de un conservador es para alargar la vida de anaquel.

Ácido Cítrico: Ajusta la acidez del néctar hasta alcanzar un determinado pH, con este aditivo se intentará alcanzar una acidez y ajustar un pH para poder añadir los benzoatos y darle estabilidad al producto.

6.4.12 Características del producto final

6.4.12.1 Sensoriales

Color: Característico al jugo y pulpa recién obtenidos del fruto fresco y maduro de la variedad de mango que se haya extraído.

Olor: Característico al del jugo y pulpa recién obtenidos del fruto fresco y maduro.

Sabor: Característico del producto convenientemente elaborado y proveniente de frutas sanas y maduras; no admitiéndose el gusto a cocido o de oxidación ni cualquier otro sabor extraño u objetable.

Apariencia: Densa, sin fragmentos de cáscara y semilla, pudiendo presentar trazas de partículas oscuras.

Especificaciones	Mínimo	Máximo
Sólidos solubles por lectura refractométrica a 293K (20°C) % m/v	14	
Acidez titulable expresada en ácido cítrico anhidro en g/100 cm	0.20	0.50
Sólidos insolubles (en suspensión) % m/v	35	
pH	3.5	4

Tabla 6.17 Características físico-químicas del dulce a base de pulpa de mango.

Especificaciones	Total
Hongos: Máximo de campos positivos por cada 100 campos (método Howard)	10

Tabla 6.18 Características microbiológicas del dulce a base de pulpa de mango.

- Estar exento de microorganismos patógenos y toda sustancia tóxica producida por microorganismos.
- Estar exento de microorganismos que puedan desarrollarse en las condiciones normales de almacenamiento.

6.4.12.2 Materia extraña

El producto objeto de esta Norma debe estar libre de fragmentos, insectos, pelos y excretas de roedores, así como de cualquier otra materia extraña al producto terminado. El néctar no podrá llevar fragmentos macroscópicos de cáscara, semillas u otras sustancias gruesas y duras del mango.

6.4.12.3 Contaminantes químicos

No deberá contener ningún contaminante químico en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud. Los límites máximos para estos contaminantes quedan sujetos a lo que establezca la Secretaría de

Salubridad y Asistencia en su normatividad para el estado mexicano y si en un futuro se exportará cumplir con las normatividades y regulaciones internacionales.

6.4.12.4 Contenido de pulpa

- El producto debe contener como mínimo 40% m/m de pulpa natural de mango, la que debe pasar por un tamiz de 1.33 de abertura de malla como máximo.
- Aditivos alimentarios permitidos por la Secretaría de Salubridad y Asistencia
- Acidificantes: ácido cítrico, ácido málico y ácido fumárico.
- Antioxidantes: ácido ascórbico máximo 150 mg/kg (ppm).
- Llenado
- El Néctar de Mango debe ocupar como mínimo el 90% v/v de la capacidad de la masa de llenado del envase.
- Etiquetado.

6.4.13 Diseño de experimentos

Para la realización del diseño de experimentos, el método estadístico más adecuado a utilizar es un diseño de mezclas con vértices extremos

6.4.13.1 Factores a evaluar:

- Ácido Cítrico
- Porcentaje de Pulpa

Nivel	Pulpa	Agua	Ácido cítrico
1	.68	.315	.002
2	.998	.318	.005
3	.995	0	

Tabla 6.19 Niveles en porcentaje de agua para dulce de pulpa de mango

Variables de respuesta para este experimento será el pH, los grados brix y la acidez.

6.4.13.2 Aleatorización

Orden estadístico	Orden Corrida	Tipo Pt	Bloques	Pulpa	Agua	Ac. Cítrico
5	1	1	1	0,68	0,318	0,002
6	2	1	1	0,68	0,315	0,005
3	3	1	1	0,998	0	0,002
1	4	1	1	0,68	0,318	0,002
4	5	1	1	0,995	0	0,005
2	6	1	1	0,68	0,315	0,005
7	7	1	1	0,998	0	0,002
9	8	1	1	0,995	0	0,005

Tabla 6.20 Tabla de diseño experimental aleatorizados.

6.4.14 Consideraciones al diseño experimental

6.4.14.1 Acidez

Para medir el porcentaje de acidez se hará por medio de una titulación ácido-base y se siguen los siguientes pasos; se pone la bureta en las pinzas y se checa que la escala este visible Se agrega NaOH (0.,N) y se abre la bureta hasta que se llene la punta se ajusta a una lectura para poder determinar la cantidad que se utilizó para neutralizar la sustancia, se añade 5ml de muestra en el matraz y unas gotas de fenofaleina para que se pueda observar la reacción.

Se abre cuidadosamente la bureta y se empieza a dejar caer gota por gota y moviendo el matraz para que se incorpore la gota con la muestra, se cierra la bureta hasta que la muestra empieza a cambiar a color rosa y medimos la cantidad de ml que se requirieron.

Para conocer el % de acidez se utiliza la siguiente formula.

$$\%acidez = \frac{NdelNaOH * mldeNaOH * Equivalentes * 100}{ml.de.muestra}$$

Nota: Se utilizaran los mismos procedimientos que en la pulpa para la medición de pH y Grados Brix.

6.4.15 Manteca de mango

El hueso de mango será la materia prima a usarse para este producto, del cual se obtendrá la manteca.

Hexanos: Se utilizará para la extracción como solvente.

Los lípidos son solubles en éter, cloroformo y otros solventes orgánicos, y que son prácticamente insolubles en agua.

Los triacilgliceroles son muy hidrofóbicos, y son solubles en solventes no polares, por ejemplo, el éter de petróleo y los hexanos. La conveniencia en usar hexanos radica en que es un compuesto económico y muy volátil. Es decir, su punto de ebullición se encuentra entre los 68 y 69°C. El solvente debe de ser purificado y libre de peróxidos. El hexano es el solvente más utilizado en la industria de alimentos por lo que se comercializa como hexano de grado alimenticio. (Bailey)

El tipo de extracción es muy importante para saber cuáles son los resultados que se obtendrán. Una extracción continua proporciona una extracción eficiente y rápida, ya que en extracciones semicontinuas los procesos tardan más de cuatro horas, industrialmente se utiliza un proceso continuo y éste dura alrededor de dos a tres horas.

Este reactivo se usará en cantidades muy grandes dependiendo de la cantidad de almendra de mango que se procese, por lo que es conveniente que de una vez las pruebas se realicen con los materiales o requerimientos necesarios para evitan una mayor desviación en los resultados del experimento, con los que se puedan obtener en la realidad.

6.4.16 Características del producto final:

Características sensoriales de mantecas vegetales según la Norma Mexicana NMX-F-373-1985. Alimentos. Manteca vegetal:

- Color: Blanco característico del producto.
- Olor: Característico del producto exento de olores extraños rancios
- Sabor: Característico del producto exento de sabores extraños o rancios
- Textura: Grasoso característico del producto
- Aspecto: semi-sólido, característico del producto a 297 K (24°C)

Aspectos fisicoquímicos que debe cumplir una manteca vegetal.

	Mínimo	Máximo
Punto de fusión en K (°C)		323 (50,0)
Acidez (como ácido oleico), en %		0,15
Humedad y materia volátil, en %		0,1
*Índice de peróxido, meq/kg		2
Materia insaponificable, en %		1,5
Color (Escala Lovibond)		30,0 a 4,5 R
Estabilidad (horas AOM)	20	
*Reacción de Kreiss (Rancidez)		Negativo
Aceite mineral		Negativo
Antioxidantes, en % (principio activo)		

Tabla 6.21 Aspectos fisicoquímicos que debe cumplir una manteca vegetal.
*Al momento del envasado

6.4.17 Rotulado en el envase

- Cada envase del producto debe llevar una etiqueta o impresión permanente, visible e indeleble con los siguientes datos:
- Nombre o marca comercial registrada, pudiendo aparecer el símbolo del fabricante.
- El "Contenido Neto" de acuerdo con las disposiciones vigentes de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- Señalar los aditivos, porcentaje y su función si es que los contiene.
- Nombre o razón social y domicilio del fabricante.
- La leyenda "Hecho en México".
- Texto de las siglas Reg. S.S.A. No. "A", debiendo figurar en el espacio en blanco el número de registro correspondiente.
- Otros datos que exija el reglamento respectivo o disposiciones de la Secretaría de Salud.

6.4.18 Diseño de experimentos

El diseño que se va a utilizar para la obtención de la manteca de hueso de mango es 2^k, ya que este modelo se adapta bien debido a que lo que se busca es obtener un buen rendimiento. Los factores del modelo son el tiempo de secado, la temperatura de secado y el tamaño del grano después de moler la almendra. La temperatura va a contar con dos niveles, 50°C y 70°C, en cuanto al tiempo de secado se van a manejar 12 horas y 24 horas. En cuanto al tamaño de grano se utilizarán dos mayas diferentes en el molino para obtener el producto con diferente granulometría. Para poder evaluar el efecto de cada uno de los factores anteriores, se estableció como variables de respuesta, el rendimiento, el color y viscosidad. Al tratamiento que haya

tenido el mejor rendimiento y un color más agradable se le realizará un perfil de ácidos grasos por medio de CG-MS. Según la Norma Oficial Mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2002 de Productos y servicios. Cacao, productos y derivados, la adición de grasas vegetales distintas a la manteca de cacao no deberá exceder del 5% del total de las grasas del producto terminado, sin reducir el contenido mínimo de las materias de cacao. Por lo que es necesario comprobar mediante el perfil de ácidos grasos que la composición es similar y que nuestro producto va a funcionar como un sustituto de manteca de cacao.

En la tabla siguiente se observa la aleatorización de las pruebas para la elaboración del experimento.

		Chico		Grande	
		Temperatura			
		50°C	70°C	50°C	70°C
Tiempo de secado	12 h	2	4	6	3
	24h	1	5	7	8

Std Order	Run Order	Center Pt	Blocks	Tiempo de secado (hrs)	Temperatura de secado (°Bx)	Tamaño del grano
6	1	1	1	24	50	chico
5	2	1	1	12	50	chico
3	3	1	1	12	70	grande
7	4	1	1	12	70	chico
8	5	1	1	24	70	chico
1	6	1	1	12	50	grande
2	7	1	1	24	50	grande
4	8	1	1	24	70	grande

Tabla 6.22 de aleatorización de las pruebas para la elaboración del experimento

A continuación se pueden observar de manera más clara las condiciones de proceso con los diferentes factores para cada tratamiento del experimento.

*El tamaño del grano, se define como grande o chico, dependiendo del tamaño de malla que se use en el molino.

6.4.19 Resultados estadísticos

6.4.19.1 Pulpa de mango

Después de realizar a cabo los experimentos para obtener la pulpa de mango, se obtuvieron los siguientes resultados:

Orden Est	Orden Corrida	Tiempo pasteurización	Temperatura pasteurización	% ácido cítrico	pH	°Brix
10	1	10	95	0,2	4,17	23
6	2	15	90	0,1	4,67	22
11	3	10	95	0,2	3,91	22,5
9	4	10	95	0,2	4,46	23,5
1	5	5	90	0,3	4,34	21
7	6	5	100	0,1	5,44	19,5
8	7	15	100	0,3	4,94	22
5	8	5	90	0,3	4,96	20,5
2	9	15	90	0,1	5,08	20
3	10	5	100	0,1	4,93	20,5
4	11	15	100	0,3	4,67	18,3

Tabla 6.23 Resultados estadísticos de las pruebas de pulpa de mango

Haciendo uso del software estadístico Minitab 17, se analizaron los resultados de los experimentos. Se obtuvo el análisis de varianza para conocer los efectos y coeficientes estimados sobre la variable de respuesta pH; continuación se presentan los resultados del análisis:

Término constante	Efecto	Coef	SE Coef	T	P
Constante		4,8788	0,1113	43,85	0
Tiempo pasteurización	-0,0775	-0,0387	0,1113	-0,35	0,74
Temperatura pasteurización	0,2325	0,1163	0,1113	1,04	0,336
% ácido cítrico	-0,3025	-0,1514	0,1113	-1,36	0,223
Pt ctrlal		-0,6987	0,213	-3,28	0,0017

Tabla 6.24 Análisis de varianza de pH para la pulpa de mango

De acuerdo a los resultados obtenidos, ninguno de los factores estudiados tiene un efecto significativo sobre la variable de respuesta pH, dado que ninguno de ellos tiene un Pvalue menor a 0,05. Sin embargo, puede apreciarse que el % de ácido cítrico es el factor que tiene mayor efecto sobre el pH, presentan una interacción negativa lo que significa que a mayor cantidad de pH, se obtiene un valor menor de pH.

El análisis de varianza dio un resultado de R cuadrada igual a 69.73 % por lo que el modelo es suficiente para el experimento realizado.

Al analizar el efecto de los efectos sobre la variable de respuesta °Brix, ninguno de ellos tuvo un valor de P menor a 0,05, por lo que no hay factor significativo sobre la variable de respuesta.

Término constante	Efecto	Coef	SE Coef	T	P
Constante		20,475	0,4558	44,93	0
Tiempo pasteurización	0,2	0,1	0,4558	0,22	0,834
Temperatura pasteurización	-0,8	-0,4	0,4558	-0,88	0,414
% ácido cítrico	-0,05	-0,025	0,4558	-0,05	0,958
Pt ctrlal		2,525	0,8727	2,89	0,028

Tabla 6.25 Análisis de varianza de °Brix

S = 1,28906 PRESS = *

R-cuad. = 60,51 % R-cuad.(pred.) = * % R-cuad.(ajustado) = 34,18 %

El modelo realizado, en esta ocasión no fue el adecuado para estudiar el efecto de las constantes sobre la variable de respuesta °Brix, por que la R2 obtenida es 60.51 y es menor a 70 %. Se procedió a realizar una optimización para obtener los niveles de los factores que arrojaran los valores deseados de °Brix y pH en el producto final. Tras realizar la optimización, se determinó que la mejor combinación de factores es:

Tiempo pasteurización: 10 min, temperatura pasteurización: 95 °C y % de ácido cítrico: 0,2 %. Con las combinaciones de factores presentadas, se obtiene un pH de 4,18 y una concentración de °Brix = 23.

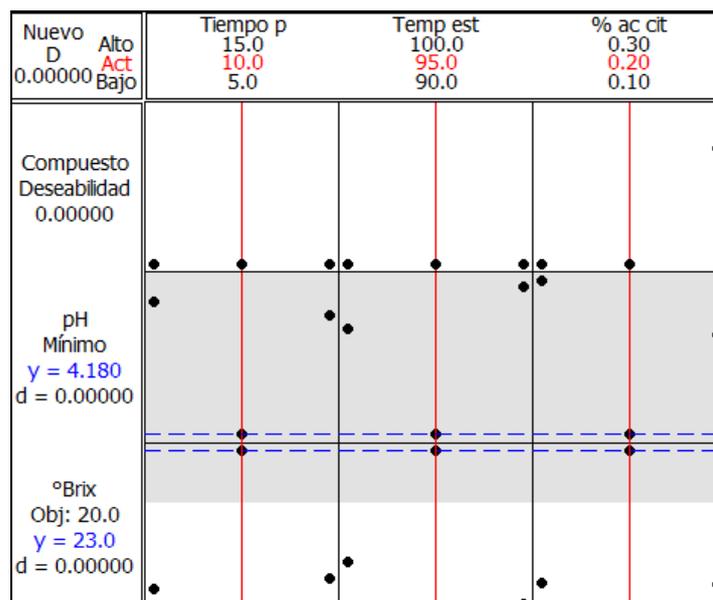


Figura 6.20 Optimización del modelo experimental de pulpa. Fuente propia generada en Minitab 17

Al correr los diseños experimentales en Mintab de acuerdo al diseño de experimentos seleccionado, se obtuvieron los siguientes resultados:

		Peso mango (g)	Cáscara y hueso (g)	peso pulpa final (g)	Peso mango (g)	Cáscara y hueso (g)
1	Mango 1	246.65	61.18	210.45	556.1	143.67
	Mango 2	309.45	82.49		440.84	131.04
2	Mango 3	245.04	88.12	234.05	458.57	106.01
	Mango 4	195.8	42.92		457.12	106.4
3	Mango 5	244.81	56.41	234.15	452.04	120.46
	Mango 6	213.76	49.6		500.59	114.63
4	Mango 7	229.44	54.76	229.14	480.77	107.93
	Mango 8	227.68	51.64		613.04	147.65
5	Mango 9	234.84	66.7	210.11	465.69	124.36
	Mango 10	217.2	53.76		505.09	133.81
6	mango 1	226.74	52.52	321.93	476.04	127.01
	mango 2	273.85	62.11			
7	mango 3	264.18	56.17	294.72		
	mango 4	216.59	51.76			
8	mango 5	292.81	88.83	399.8		
	mango 6	320.23	58.82			
9	mango 7	223.98	62.18	269.79		
	mango 8	241.71	62.18			
10	mango 9	226.2	52.29	335.89		
	mango 10	278.89	81.52			
11	mango 11	223.78	63.07	324.31		
	mango 12	252.26	63.94			
		5405.89	1362.97	3064.34		

Tabla 6.26 Resultados diseño de experimentos para la pulpa de mango

Lo señalado en amarillo es el mejor tratamiento encontrado y con base a estos datos, se procedió a obtener los balances correspondientes que se muestran a continuación:

6.4.20 Balance de materia

$$m_1x_1 = m_2x_2$$

$$\text{peso. mango} = \text{peso. desecho}$$

$$5405,89 \text{ g} = 1362,97 \text{ g}$$

$$5405,89 \text{ g} - 1362,97 \text{ g} = 4042,92 \text{ g}$$

$$4042,92 \text{ g} - 4042,92(0,002) = 4051,0059 \text{ g}$$

$$\text{eficiencia } (\eta) = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100$$

$$\eta = \frac{4051 \text{ g}}{5405 \text{ g}} \times 100 = 74,94\%$$

6.4.21 Balance de energía

Escaldado

$$Cp_{\text{mango}} = 3,765 \text{ KJ/kg } ^\circ\text{C}$$

$$Cp_{\text{agua}} = 4,186 \text{ KJ/kg } ^\circ\text{C}$$

$$PCI_{\text{metano líquido}} = 50050 \text{ KJ/kg}$$

$$Q = mCp\Delta T$$

$$Q_{H_2O} = (10 \text{ kg}) \left(4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right) (75 - 20) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{H_2O} = 2302,3 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{mango}} = (5,40589 \text{ kg}) \left(3,765 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right) (75 - 20) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{mango}} = 1119,447 \text{ kJ}$$

$$Q_{H_2O} + Q_{\text{mango}} = \dot{m}_f(PCI)\eta$$

*suponiendo una eficiencia del 95 %

$$\dot{m}_f = \frac{2302,3 \text{ kJ} + 1119,447 \text{ kJ}}{(50050 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})(0,95)}$$

$$\dot{m}_f = 0,07196 \text{ kg}$$

Pasteurización

$$Q_{H_2O} + Q_{mango} = \dot{m}_f(PCI)\eta$$

$$3,064 \text{ kg} \left(3,765 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right) (95 - 30)^\circ\text{C} + 10 \text{ kg} \left(4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right) (95 - 20)^\circ\text{C} = \dot{m}_f(PCI)\eta$$

$$\dot{m}_f = 0,0817 \text{ kg}$$

$$m_{inicial} = 5,406 \text{ kg}$$

$$m_{final} = 4,051 \text{ kg}$$

$$m_{fuel} = 0,1536 \text{ kg (Escaldado + Pasteurización)}$$

$$(m_{fuel})(\text{kg pulpa}) = 3.7916 \times 10^{-5} \text{ kg}$$

$$\frac{m_{fuel}}{\text{ton}} = 0,0379 \text{ kg}$$

1 kg de pulpa → 1,33 kg de mango

10000 ton de pulpa → 13300 ton de mango

Por lo tanto, para producir 10000 ton de pulpa (producción esperada de 1 año) se necesitan:

13300 ton de mango y 379,166 kg de metano (gas)

6.4.22 Néctar de mango

Los experimentos realizados con la pulpa de mango dieron los siguientes resultados:

OrdenEst	Orden Corrida	% Pulpa	% Agua	% Ac cítrico	°Brix	pH	acidez (g/100 mL)
5	1	0,68	0,318	0,002	12	4,12	1,071
6	2	0,68	0,315	0,005	13,5	4,04	1,26
3	3	0,998	0	0,002	18	4,25	1,26
1	4	0,68	0,318	0,002	13	4,17	1,575
4	5	0,995	0	0,005	18	3,99	2,016
2	6	0,68	0,315	0,005	13,4	4,05	1,575
7	7	0,998	0	0,002	19	4,25	1,512
8	8	0,995	0	0,005	18,5	3,98	2,03

Tabla 6.27 Resultados estadísticos a las pruebas de pulpa de mango.

El análisis estadístico de los factores sobre la variable de la respuesta °Brix, permitió determinar, gracias a los coeficientes obtenidos que la cantidad de ácido cítrico y la relación entre cantidad de pulpa y de ácido cítrico, son los términos que mayor efecto presentan sobre la variable °Brix.

Término	Coef	EE del Coef	T	P	VIF
Pulpa	19	0,68	*	*	9,523
Agua	-3	2,565	*	*	9,33
Ac cítrico	1137	672,978	*	*	185,969
Pulpa*Ac cítrico	-1210	791,669	-1,53	0,201	186,998

Tabla 6.28 Análisis de varianza de °Brix

El modelo empleado para el análisis fue adecuado debido a que se obtuvo una R cuadrada mayor de 70 %.

$$S = 0,531507 \quad \text{PRESS} = 4,52$$

$$R\text{-cuad.} = 98,13 \% \quad R\text{-cuad.}(\text{pred.}) = 92,52 \% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 96,73 \%$$

En el análisis de varianza para pH, nuevamente el % de ácido cítrico y la interacción entre éste y la pulpa son los que presentan un mayor coeficiente, por lo que tienen mayor efecto sobre el pH

Término	Coef	EE del Coef	T	P	VIF
Pulpa	19	0,68	*	*	9,523
Agua	-3	2,565	*	*	9,33
Ac cítrico	1137	672,978	*	*	185,969
Pulpa*Ac cítrico	-1210	791,669	-1,53	0,201	186,998

Tabla 6.29 Análisis de varianza de pH

La R cuadrada de este modelo es también superior a 70 %, por lo que se puede considerar adecuado para el análisis realizado.

$$S = 0,0183712 \quad \text{PRESS} = 0,0054$$

$$R\text{-cuad.} = 98,37 \% \quad R\text{-cuad.}(\text{pred.}) = 93,46 \% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 97,14 \%$$

Finalmente, el análisis de varianza para acidez, muestra que nuevamente la relación entre pulpa y ácido cítrico es la que más efecto tiene sobre la acidez del producto.

Término	Coef	EE del Coef	T	P	VIF
Pulpa	1,000	0,292	*	*	9,523
Agua	1,900	1,102	*	*	9,330
Ac cítrico	-357,400	289,057	*	*	185,969
Pulpa*Ac cítrico	574,700	340,038	1,690	0,166	186,998

Tabla 6.30 Análisis de varianza de acidez

Este modelo, es también adecuado para el experimento, dado que la R^2 es de 75,38 %

S = 0.228293 PRESS = 0.833882

R-cuad. = 75.38% R-cuad.(pred.) = 1.50% R-cuad.(ajustado) = 56.91%

Dado que los análisis de varianza no permitieron determinar los factores significativos, sino únicamente la relación que mayor efecto tenía (pulpa/ácido cítrico); se procedió a optimizar el diseño con la finalidad de conocer las concentraciones de pulpa, agua y ácido cítrico que permitirían obtener un producto de las características deseadas: 14 °Brix mínimo y pH de 4.

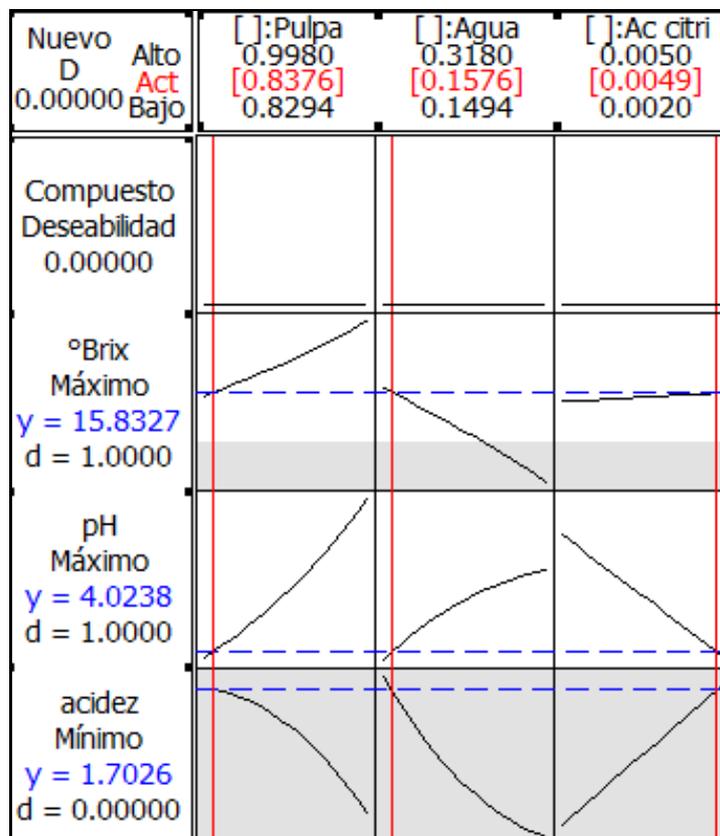


Figura 6.21 Optimización del modelo de néctar de mango. Fuente propia generada en Minitab 17

La optimización del diseño permitió obtener una concentración de sólidos igual a 15,8 y un pH de 4,02. Para alcanzar estos valores en la variable de respuesta, deben de emplearse los siguientes porcentajes:

- Pulpa: 83,76 %
- Agua: 15,76 %
- Ácido cítrico: 0,49 %

6.4.23 Manteca de Mango

Los experimentos realizados para la obtención de manteca de mango arrojaron los siguientes resultados.

Orden Est	Orden Corrida	CenterPt	Blocks	Tiempo de secado	Temperatura de secado	% de Grasa
1	1	1	1	4	50	1.47
2	2	1	1	6	50	0.73
3	3	1	1	4	70	1.28
4	4	1	1	6	70	4.55

Tabla 6.31 Diseño experimental para manteca de mango

Tras realizar el análisis del diseño factorial sobre la variable de respuesta que en este momento interesa, el rendimiento, permitió determinar por medio de los coeficientes y los P valores de cada uno de los factores utilizados que ni la temperatura de secado ni el tiempo de secado son significativos para obtener un mayor o menor rendimiento.

Termino	Effecto	Coef	SE Coef	T	P
Constante		2.0075	1.002	2	0.295
tiempo de secado	1.265	0.6325	1.002	0.63	0.642
Temperatura de secado	1.815	0.9075	1.002	0.91	0.532

Tabla 6.32 Tabla de Anova para manteca de mango.

Al analizar estos datos se concluyó que ninguno de los factores es significativo en el rendimiento de la obtención de manteca además de que el modelo no es el adecuado para el análisis ya que el valor de la R cuadrada de 0% y al momento de hacer las interacciones no permitía hacer un análisis debido a los grados de libertad.

$$S = 2.005 \quad \text{PRESS} = 64.3204$$

$$R\text{-Sq} = 54.90\% \quad R\text{-Sq(pred)} = 0.00\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 0.00\%$$

A pesar de que ninguno de los factores es significativo para la obtención de manteca podemos ver que la temperatura de secado es el factor que más influye en nuestro rendimiento pero no representa una gran diferencia.

Se realizó una optimización para poder conocer los niveles de factor que ayudaran a maximizar nuestro rendimiento en la manteca es decir que darán mayor cantidad de manteca por lo que nuestro diseño óptimo deberá de seguir la siguiente combinación de factores:

Tiempo de secado: 6 horas

Temperatura de secado: 69.75°C

Con las combinaciones de factores presentadas, obtenemos un porcentaje de grasa de 4.5 %

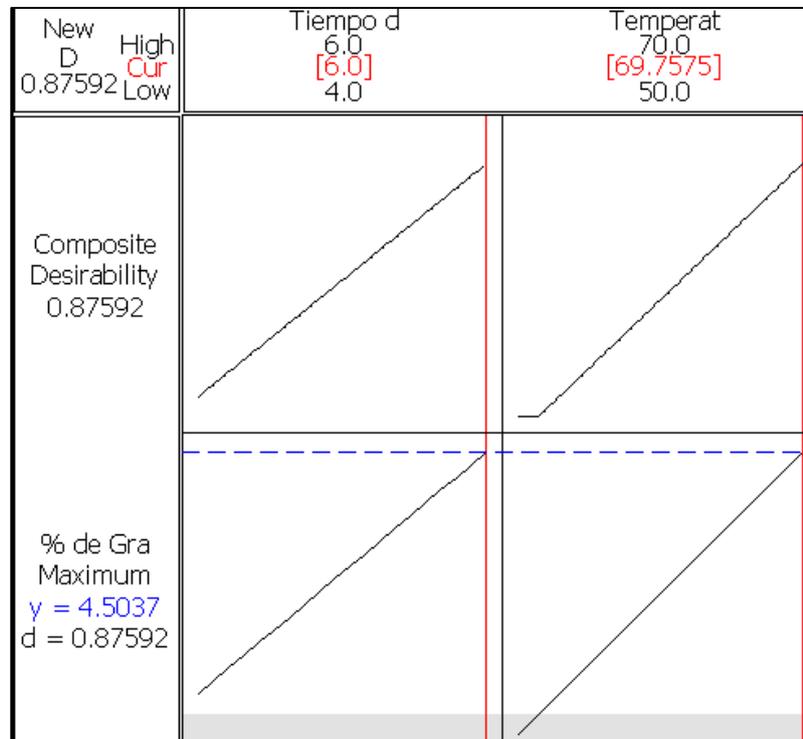


Figura 6.22 Porcentaje de grasa para la manteca de mango. Fuente propia generada en Minitab 17

Observamos con esta optimización que se puede obtener un mayor porcentaje de grasa aumentando la temperatura pero el perfil de ácidos grasos se ve afectado por la temperatura esto lo sabremos después cuando se haga esta evaluación en el cromatografo, pero para efectos académicos lo que interesa en este momento es el rendimiento.

6.5 Caso: Elaboración de jugos con propiedades antioxidantes.

6.5.1 Objetivo.

Debido a la riqueza de microclimas y bondades de las propiedades climatológicas y de tierra, a través del cultivo y uso de invernadero hay una gran probabilidad de cultivar frutos que tienen un alto potencial en otras regiones para darles valor agregado, y en este caso a través del análisis de fase creativa se ha determinado que un producto exitoso sería una variedad de jugos con propiedades antioxidantes.

El objetivo de aplicar el diseño experimental es encontrar las mezclas idóneas para los diferentes tipos de jugos propuestos, esto para determinar si es factible hacer los jugos con las propiedades esperadas así como identificar su balance de materia, esto permitiría en un momento determinado al diseñar el proyecto si es posible abastecerse de la fruta con las especificaciones requeridas así como sus propiedades.

Generar este experimento en un modelo estadístico permitirá tener un buen estudio de prefactibilidad antes de comprometer recursos a un proyecto que tiene excelentes expectativas pero tecnológicamente hay incertidumbre de hacerlo, al concluir el experimento se puede proceder a hacer un estudio de mercado y financiero que permitirá ver la conveniencia de implementarlo.

El proyecto se llevó a cabo por los alumnos Eduardo Alfredo Torres Cruz, Elisa Najera, Rosa Isela Cántora, Gabriela Hernández Borbolla y Regina Campos de la Fuente durante un año terminando en Diciembre del 2010 en la materia de Diseño de Plantas Industriales de la cual el que suscribe la tesis fue cotitular y codirector del proyecto.

6.5.2 Diseño experimental.

Se realizaron 3 diferentes jugos de frutas, el primero es con alto contenido de vitamina C, el segundo con un gran aporte energético y el tercero tiene propiedades antioxidantes.

El primer jugo requiere una mezcla de fruta que tenga el mayor contenido posible de vitamina C. Se investigó el contenido de Vitamina C de diferentes frutas y se seleccionaron aquellas que tuvieran mayor cantidad de la vitamina con el propósito de que el producto final tuviera una cantidad aceptable. Las frutas elegidas para elaborar el jugo fueron naranja, mandarina, guayaba y fresa.

En el programa estadístico “Minitab 17” se utilizó un diseño “simplex lattice” de segundo grado con 4 variables (naranja, mandarina, guayaba y fresa) y 30 puntos de diseño. Fueron 4 las variables de respuesta elegidas con el fin de obtener estadísticamente el mejor prototipo de acuerdo a las características deseadas: Viscosidad, pH, Acidez y contenido de Vitamina C. Una vez analizado el experimento en la ANOVA (Anexo 3), se determinó que los puntos que muestran diferencias significativas en las mezclas son “Naranja*Fresa” con $P=0.000$, “Fresa*Guayaba” con $P=0.000$, “Fresa*Mandarina” con $P=0.000$, “Guayaba*Mandarina” con $P=0.011$. La r y r ajustada son bastante aceptables ($r= 88.85\%$, $r_{aj}=79.79\%$), el valor indica que el diseño se ajustó bastante bien al experimento y explica el comportamiento de las variables con confiabilidad. Esto se puede confirmar en las gráficas residuales mostradas a continuación:

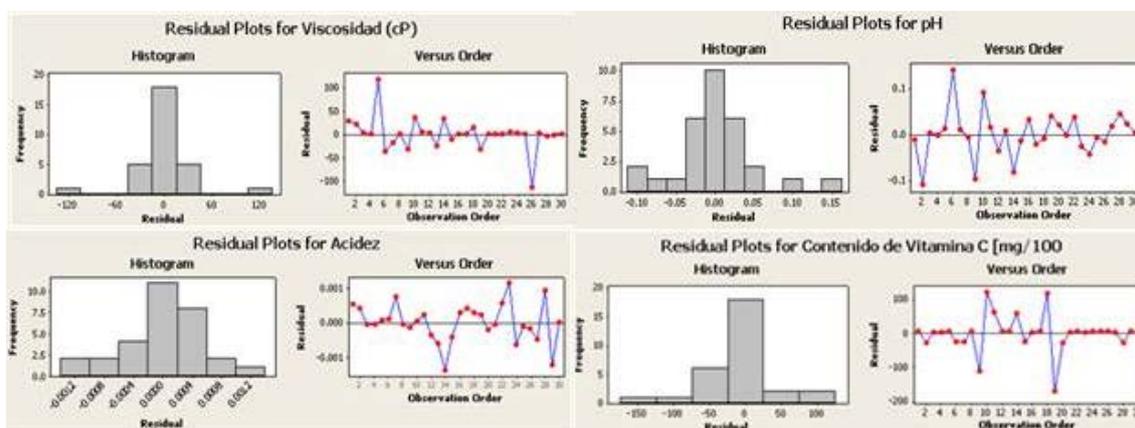


Figura 6.23 Datos residuales para variables de respuesta de jugos antioxidantes. Fuente propia generada en Minitab 17

Los histogramas de las figuras 6.23, muestran una distribución normal de los datos, aunque el de contenido de vitamina C se encuentra ligeramente sesgado a la izquierda al igual que el de pH, también el histograma de acidez se sesga hacia la derecha, pero aún así conservan una distribución aceptablemente normal, lo cual justifica que los diferentes grados de las variables son confiables, esto también es confirmado con los valores de r y r ajustada mencionados previamente.

En cuanto a los gráficos de dispersión lineal, en la figura 6.23 se puede observar que la muestra 5 y su duplicado 26 sobresalen más que las demás, esto indica que la viscosidad de estas muestras está más alejada de la media, esto es lógico ya que ambas muestras contienen gran proporción de guayaba y durante la experimentación se pudo observar que las muestras con más guayaba presentaba un valor de viscosidad considerablemente más alto que las demás muestras.

Se puede observar que las muestras más alejadas de la media son la 2 junto con su duplicado 6 y la muestra 9 junto con su duplicado 10, estas muestras son las que presentan valores de pH más diferentes de su duplicado. En la gráfica 5.23, las muestras más sobresalientes son 14, 28, 23 y su duplicado 29, esto también es comprensible ya que contienen bastante naranja la cual tiene una acidez muy baja.

Por último podemos observar que la grafica para contenido de vitamina C es la más importante porque habla del contenido de vitamina C, se puede observar que en el gráfico de dispersión lineal los puntos sobresalientes son el 9 junto con su duplicado 10 y el 18 junto con su duplicado 19, los 2 primeros se apartan de la media al tener demasiado contenido de vitamina C, por lo que pueden no ser las mejores opciones para usar como producto final.

Para seleccionar los niveles de cada factor y obtener el producto con mayor contenido posible de vitamina C se analiza la gráfica de optimización de variables de respuesta donde a través de Minitab se minimizó la viscosidad hasta llegar a un pH meta, maximizando el contenido de vitamina C y llegando a una acidez ideal, sin embargo, Minitab no pudo obtener una respuesta óptima que satisficiera éstas indicaciones, por lo que sugirió agregar 25 % de naranja, 25 % de mandarina, 25 % de guayaba y 25 % de fresa en la mezcla final. Si se utilizan estos porcentajes el producto final tendrá 228.9 mg de vitamina C por cada 100 ml, lo cual se concluye como aceptable.

Para el segundo tipo de jugo el objetivo era obtener la mezcla de ingredientes que tuviera mayor aporte energético posible. Se utilizaron ingredientes conocidos por su gran aporte calórico como es el caso del amaranto, la avena y miel, además se adicionaron 2 frutas que tuvieran una gran cantidad de azúcar como es la manzana y la naranja. Nuevamente se utilizó el programa Minitab y un diseño simplex lattice pero ahora fue de tercer grado, además solo se utilizaron 3 aditamentos a los juegos, que en el diseño serían las variables (amaranto, miel y avena) ya que el nivel de jugo de naranja y de manzana es fijo, esta vez se tuvieron únicamente 20 puntos de diseño.

Las 4 variables de respuesta elegidas para obtener estadísticamente el mejor prototipo de acuerdo a las características deseadas fueron viscosidad, pH, acidez y contenido energético. Una vez analizado el experimento en la Tabla de anova se determinó que solamente el punto “amaranto*miel” representa una diferencia significativa para la mezcla con $P=0.090$. La r y r ajustada son bastante aceptables ($r= 88.85 \%$, $r_{aj}=78.93 \%$), el valor indica que el diseño se ajustó bastante bien al experimento y explica el comportamiento de las variables con confiabilidad. Esto se puede confirmar en las gráficas residuales mostradas a continuación:

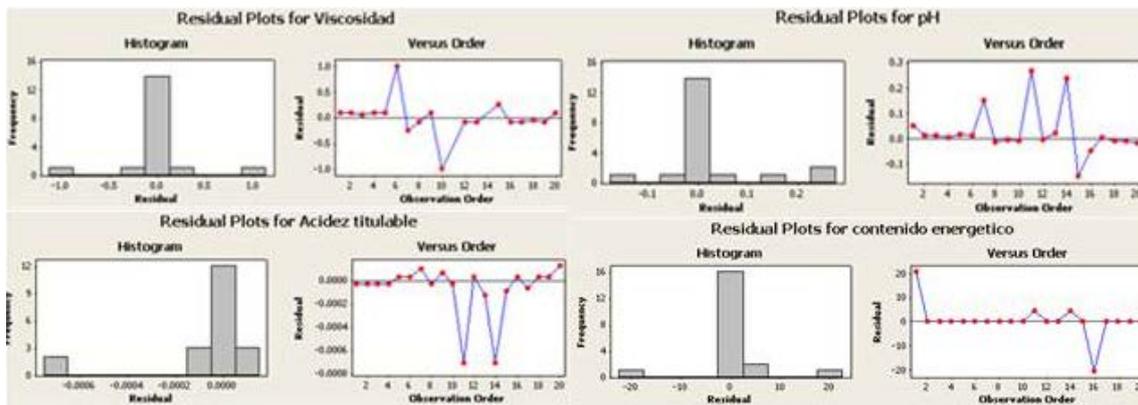


Figura 6.24 Datos residuales para pH promedio de jugos antioxidantes. Fuente propia generada en Minitab 17

Los histogramas de las Figura 6.24, específicamente para la viscosidad y el pH muestran una distribución normal de los datos, sin embargo, para la acidez titulabe muestra un notable sesgo hacia la derecha debido a que la muestra 11 y su duplicado 14 muestran una acidez considerablemente más baja que las demás, estas 2 mezclas presentaron incidencias al realizar las mediciones ya que estaban demasiada espeso. A pesar de que el histograma para el contenido energético se encuentra ligeramente sesgada hacia la derecha por causa de la muestra 1 y su duplicado 16, conserva una distribución aceptablemente normal, lo cual justifica que los diferentes grados de las variables son percibidos confiablemente, esto también es confirmado con los valores de “ r ” y “ r ajustada” mencionados previamente. En cuanto a los gráficos de dispersión lineal, para la viscosidad se puede observar que la muestra 5 y su duplicado 26 sobresalen más que las demás, esto indica que la viscosidad de estas muestras está más alejada de la media, las mediciones de viscosidad fueron especialmente difíciles de realizar debido a que las mezclas estaban muy espesas.

Para el pH se observa que las muestras más alejadas de la media son 7 y su duplicado 15 y 11 con su duplicado 14, nuevamente fue debido a la altísima viscosidad que las mediciones fueron difíciles y seguramente esto interfirió en las mediciones. Para la acidez, las muestras más sobresalientes son 11 y 14, nuevamente se piensa que es debido a su alta viscosidad que los valores se alejaron de la media. Por último la gráfica 4 es la más importante porque habla del contenido energético, se puede observar que en el gráfico de dispersión lineal los puntos sobresalientes son el 1 con su duplicado 16 y el 11 junto con su duplicado 14, al parecer las mezclas con mayor porcentaje de avena (1 y la 16), así como las mezclas con el mismo porcentaje de los 3 componentes (11 y 14) no son las mejores opciones a utilizar como mezclas finales, no sólo por su viscosidad sino porque se obtienen datos muy alejados de las medias.

Para seleccionar los niveles de cada factor y obtener el producto con mayor contenido energético posible utilizamos la gráfica de optimización de variables de respuesta, donde se le indicó al

programa llegar a un pH objetivo, minimizar la viscosidad, obtener una acidez meta y maximizar el contenido energético, sin embargo, el programa no pudo obtener una respuesta óptima que satisficiera éstas indicaciones, por lo que se agregó 50 % más de amaranto y 50 % más de miel, sin agregar avena. Esta decisión es razonable ya que la avena generó complicaciones, tanto en las mediciones como en el envasado y además se gelatinizaba al pasteurizar, obteniendo en lugar de un jugo una mezcla viscosa, esto también podría generar problemas en la maquinaria a utilizar en la elaboración del jugo.

En el tercer tipo de jugo el objetivo era obtener la mezcla de ingredientes que tuviera mayor poder antioxidante. Se utilizaron ingredientes conocidos por su gran contenido de vitamina E y otros antioxidantes, como es el caso de la zanahoria, el pimiento, el germen de trigo y la piña.

Haciendo uno nuevamente de Minitab, y a través de un diseño “simplex lattice” de segundo grado, al igual que el primer jugo, se utilizaron 4 variables (zanahoria, pimiento, germen y piña) obteniendo 30 puntos de diseño.

Las 4 variables de respuesta elegidas para obtener estadísticamente el mejor prototipo de acuerdo a las características deseadas fueron sedimentación, pH, acidez y contenido de vitamina E. Se eligió como variable de respuesta la sedimentación en lugar de viscosidad ya que el germen sedimentaba tan rápido que no era posible mantenerlo incorporado en el jugo para medir la viscosidad. Una vez analizado el experimento en la tabla de Anova, se determinó que solamente el punto “piña*pimiento” representa una diferencia significativa para la mezcla con $P=0.030$. Sin embargo, resultó que la r y r ajustada son poco aceptables ($r= 47.85 \%$, $r_{aj}= 24.39 \%$), esto indica que el diseño no se ajustó muy bien al experimento y por lo tanto la interpretación del comportamiento de las variables no es confiable. Esto se puede confirmar en las gráficas residuales mostradas a continuación:

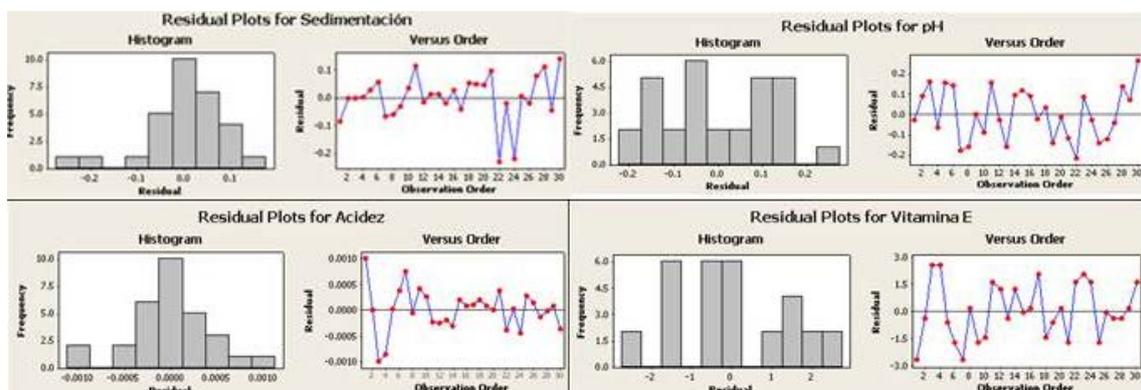


Figura 6.25 Datos residuales para acidez promedio. Fuente propia generada en Minitab 17

Los histogramas de la figura 6.25, específicamente la sedimentación y la acidez muestran una distribución parecida a la normal pero las gráficas del pH y la vitamina E no siguen una

distribución normal, por lo que es difícil justificar la frecuencia con que se perciben los diferentes grados de las variables. En cuando a las gráficas de dispersión lineal, todos los valores parecen estar alejados de la media, como ya se había mencionado el diseño no se ajustó muy bien a la experimentación.

Para seleccionar los niveles de cada factor y obtener el producto con mayor contenido de vitamina E posible utilizamos la gráfica de optimización de variables de respuesta, donde se le indicó al programa llegar a un pH meta, minimizar la sedimentación, llegar a una acidez meta y maximizar el contenido de vitamina E, sin embargo, el programa no pudo obtener una respuesta óptima que satisficiera éstas condiciones, por lo que se agregó unos porcentajes que son aceptables con 42.7 % de piña, 2 % de germen, 42.74 % zanahoria y 1.2 % de pimienta. La decisión para elegir esos nuevos parámetros a que el jugo de piña y zanahoria presenta muy buenas características organolépticas y un buen contenido de vitaminas antioxidantes, además se minimizó lo más posible la cantidad de pimienta ya que el sabor y aroma eran demasiado fuertes y característicos, también minimizamos el contenido de germen porque se sedimenta fácilmente y es difícil conservarlo suspendido en el jugo ya que no se diluye.

6.5.3 Balance de masa y energía

En la tabla 1 se muestran los rendimientos obtenidos en la extracción de jugos de las frutas utilizadas para la experimentación durante la etapa de desarrollo del producto.

Para el cálculo de los rendimientos se utilizó la densidad de los jugos obtenida mediante la medición de dicho parámetro en la experimentación. En las tablas 5.2.4, 5.2.5 y 5.2.6 se muestra el balance de masa para los 3 jugos realizados, sólo se muestran los resultados obtenidos de dicho balance, el cual se escala para la elaboración de 1000 a l de cada jugo. En la tabla 5.3.3 se muestra la energía requerida para el escaldado de las diferentes frutas, como parte del balance de energía.

Fruta	Fruta [kg]	Jugo [l]	Jugo [kg]	Rendimiento
Naranja	2.21	0.95	1.0032	45%
Fresa	1	0.5974576	0.705	71%
Guayaba	2.045	0.88	1.1	54%
Mandarina	1.1	0.48	0.50688	46%
Avena				100%
Miel				100%
Manzana	1.385	0.7	0.735	53%
Naranja				45%
Amaranto				100%
Zanahoria	3.355	1.38	1.4283	43%
Pimiento	1.15	0.5	0.51	44%
Piña	1.48	0.7164179	0.72	49%
Germen				100%

Tabla 6.33 Rendimientos de extracción de jugo en las frutas utilizadas.

Jugo Vitamina C				
Entradas del proceso	Jugo [kg]	Jugo [l]	Fruta [kg]	
Naranja	236.74	250.00	521.53	
Mandarina	236.74	250.00	513.76	
Fresa	211.86	250.00	300.52	Total
Guayaba	200.00	250.00	371.82	1707.63
Salidas (producto)				
Jugo mezcla	885.35			
Desperdicio Naranja	284.79			
Desperdicio Mandarina	277.02			
Desperdicio Fresa	88.65			
Desperdicio Guayaba	171.82			
Total	1707.63			

Tabla 6.34 Balance de masa para el jugo de alto contenido de vitamina C.

Jugo Energético				
Entra				
	Jugo [kg]	Jugo [l]	Fruta [kg]	
Miel			50	
Manzana	285.71429	300	538.38678	
Naranja	662.87879	700	1460.2892	Total
Amaranto			50	2098.676
Sale				
Mezcla	1048.5931			
Desperdicio miel	0			
Desperdicio manzana	252.6725			
Desperdicio naranja	797.41041			
Desperdicio amaranto	0			
Total	2098.676			

Tabla 6.35 Balance de masa para el jugo de alto contenido energético.

Jugo Antioxidante				
Entran				
	Jugo [kg]	Jugo [l]	Fruta [kg]	
Zanahoria	430	415.45894	1010.0469	
Pimiento	120	117.64706	270.58824	
Piña	430	427.8607	883.88889	Total
Germen	30		30	2194.524
Sale				
Mezcla	1010			
Desperdicio zanahoria	580.04691			
Desperdicio Pimiento	150.58824			
Desperdicio Piña	453.88889			
Desperdicio germen	0			
Total	2194.524			

Tabla 6.36 Balance de masa para el jugo antioxidante.

Cálculo de calor necesario para el escaldado de cada fruta					
Q= mCpΔT			T ambiente	23	°C
m=	1	kg	T escaldado	95	°C
Cp=	ver datos en tabla de Cp				
ΔT=	72	°C			
Naranja	280.368	kJ/kg			
Mandarina	274.392	kJ/kg			
Fresa	286.992	kJ/kg			
Guayaba	283.248	kJ/kg			
Manzana	279.648	kJ/kg			
Zanahoria	266.472	kJ/kg			
Pimiento	289.008	kJ/kg			
Piña	283.464	kJ/kg			

Tabla 6.37 Calor de escaldado.

En la tabla 6 se muestran el calor requerido para la pasteurización de los jugos, se tomo un calor específico de un jugo con 90% de humedad y 10% de carbohidratos como una base para los jugos, con la intención de simplificar el análisis. Este calor específico al igual que los de las frutas se obtuvo mediante el modelo de Paul Sigh.

Calores específicos frutas		
Naranja	3.894	kJ/kg °C
Mandarina	3.811	kJ/kg °C
Fresa	3.986	kJ/kg °C
Guayaba	3.934	kJ/kg °C
Manzana	3.884	kJ/kg °C
Zanahoria	3.701	kJ/kg °C
Pimiento	4.014	kJ/kg °C
Piña	3.937	kJ/kg °C

Tabla 6.38 Calores específicos frutas.

6.5.4 Conclusiones.

Despues de haber realizado el diseño experimental, se ha determinado que teóricamente es posible realizar los tres diferentes tipos de jugos con las propiedades antioxidantes especificadas, el siguiente paso sería analizar si las propiedades físicas de las tierras de cultivo así como el clima, hidrografía y orografía ofrecen buenas probabilidades de generar la materia prima (frutas) en la zona para a través de una cadena de suministros y la agroindustria que elaborará el jugo impactar económicamente la comunidad.

6.6 Caso: Tomate Deshidratado.

6.6.1 Objetivo

El objetivo de este proyecto es darle un valor agregado al tomate, que se produce en un invernadero obsoleto propiedad de una casa hogar en una zona marginada del estado de Guanajuato. El proyecto tiene como alcance definir el producto, el proceso de fabricación así como establecer el ecodiseño de la operatividad del invernadero.

La comunidad está establecida en el rancho de Guadalupe, municipio de San Luis de la Paz, Gto., el cual ha sido históricamente un productor importante en la región de tomate, el proyecto beneficiará a 25 familias que se encuentran en la comunidad, y generará utilidades para la manutención de la casa hogar “Ciudad de los niños” que alberga a 250 menores en condición de vulnerabilidad por pobreza y horfandad.

Este proyecto fue diseñado por quien redacta la presente tesis y apoyado por los alumnos Luis García, Tania Alejandra Ojeda, Ricardo Luis Ortíz, Benjamín Grullón, Laura Catalina Mora del curso de Viabilidad de Proyectos que se impartió en el semestre enero mayo del 2015.

6.6.2 Diseño del producto

Usando el método Triz adecuado a la agroindustria, se realizó una investigación sobre los productos que se pueden obtener basado en el tomate y que tienen demanda en el mercado. Se ha realizado a través de una lluvia de ideas propuestas de estos productos con la finalidad de elegir cuál es el que más conviene llevar a una producción en gran volumen y que tiene una mayor área de oportunidad en el mercado obteniendo 2 propuestas:

- Tomate deshidratado
- Pasta de tomate

Sustentado en la producción del tomate en invernadero y con el objetivo de diseñar un producto derivado de éste, se plantea la producción de tomate deshidratado sustentado en la innovación ya que de ser comercializado en su forma natural su venta se ve limitada a su tiempo de vida, existe variedad en la comercialización en los productos derivados del tomate siendo los más conocidos el tomate fresco, salsas, pastas, enlatados, y actualmente la introducción del tomate deshidratado en el mercado internacional.

México es el segundo proveedor de tomates enteros en EE.UU, y el quinto de tomates en polvo, información que permite plantear el escenario de la introducción al mercado americano del

producto o bien posicionarse como proveedor de materia prima de las industrias existentes que se basan en el tomate en polvo o deshidratado.

A través de la técnica de mapas mentales, se definen todos los pasos necesarios para definir el producto, así como los vínculos entre estas, la calidad de información e identificar quienes son los responsables de cada una de las actividades. Posteriormente se analiza a través de la ingeniería del pensamiento la factibilidad de darle un valor agregado al tomate y que con estos el proyecto tenga rentabilidad.

Tomate deshidratado: Un producto de origen natural, procesado bajo estrictos estándares de higiene y calidad, diseñado para disfrutar el tomate de forma práctica en cualquier época del año.

Presentaciones: Rodajas y en polvo.

6.6.2.1 Ventajas

- Aumenta la vida del alimento hasta en 1 año.
- Se puede comercializar directamente.
- Es materia prima de otros productos.
- Desarrollo de nuevos productos
- Proceso sencillo
- Valor agregado
- Proceso rentable por el uso de fuentes de energía renovable.

6.6.2.2 Desventajas

- Secado al sol es muy tardado.
- Uso de transformadores de energía.
- En caso de uso de procesos al aire libre riesgo en incumplimiento de normas sanitarias.
- Dependencia de la luz solar, o bien uso de calentadores para el secado.
- Especificaciones técnicas generales del tomate deshidratado

Secado al aire libre	Descripción
Temperatura del aire	La temperatura de secado de tomate ideal está entre 45 y 55 °C. Esto permite al producto retener sus nutrientes.
Humedad relativa del aire	Del 20 al 40% .
Velocidad del aire	El deshidratado de tomate se ha realizado con velocidades de aire de 1.5 y 2.0 m/s.

Tabla 6.39 Especificaciones de deshidratado del tomate al aire libre

Empleo de sulfito de sodio como aditivo para inhibir el oscurecimiento enzimático y no enzimático, prevenir el deterioro causado por oxido, inhibir algunas enzimas como las proteasas, oxidasas y peroxidasas, inhibir el oscurecimiento de bacterias y hongos.

Secado en charolas	Descripción
Temperatura de operación	Entre 20 °C y 60 °C.
Velocidad del aire	Entre 0 y 1.2 m/s
Rotación de charolas	Velocidad angular única de 20 rpm

Tabla 6.40 Especificaciones de deshidratado del tomate en charolas giratorias

6.6.2.3 Especificaciones sensoriales

Color: Característico de la composición del producto.

Olor: Característico de los ingredientes empleados en el producto, libre de olores extraños y desagradables.

Sabor: Característico del producto, libre de sabores extraños

PRODUCTO	LIMITE MAXIMO							
	FISICAS Y QUIMICAS			INHIBIDORES				
				Fisicoquímicos				Micro- biológicos
	Prueba de fosfatasa residual UF/ml	Materia extraña	Humedad %	Derivados Clorados	Sales cuaternarias de amonio	Oxidantes	Formaldehido	Pruebas Microbiológicas
Pasteurizados	4	Ausencia	N.A.	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Ultrapasteurizados	N.A.	Ausencia	N.A.	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Esterilizados	N.A.	Ausencia	N.A.	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Deshidratados	N.A.	Ausencia	4	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

N.A. = No aplica

Figura 6.26. Especificaciones fisico-químicas tomate deshidratado

PRODUCTO	LIMITE MAXIMO			
	METALES PESADOS O METALOIDES			AFLATOXINA M1
	Arsénico (As) mg/kg	Mercurio (Hg) mg/kg	Plomo (Pb) mg/kg	g/L
Pasteurizados	0,2	0,05	0,1	0,5
Ultrapasteurizados	0,2	0,05	0,1	0,5
Esterilizados	0,2	0,05	0,1	0,5
Deshidratados	0,2	0,05	0,1	0,5

ESPECIFICACIONES	LIMITE MAXIMO
Coliformes totales	< 10 UFC/g
<i>Salmonella spp</i>	Ausente en 25 g
<i>Escherichia coli</i> 1	< 3 NMP/g
Enterotoxina estafilocócica	Negativa

Figura 6.27. Límites máximos permitidos para especificaciones sensoriales del tomate deshidratado

6.6.2.4 Sanidad e Higiene

Para lo que es control de higiene y sanidad se deben tener altos estándares, porque aunque es parte crítica del proceso, es un requerimiento en las normas tanto nacionales como para los países a los que se planea exportar, esto repercute en la imagen del producto y se genera confianza en los consumidores. La metodología sugiere que el proyecto este enmarcado en un marco teórico basada entre otros puntos la normatividad, por lo cual se generan los siguientes planes para cumplirla:

- Control de aguas.
- Limpieza y desinfección.
- Mantenimiento de equipo.
- Control de desperdicios.

Para abordar el estudio del agua en una industria alimentaria se considerarán los siguientes aspectos:

- Origen
- Tratamientos
- Usos
- Podrá utilizarse agua no potable para los siguientes usos:
- Lucha contra incendios
- Refrigeración de equipos frigoríficos
- Producción de vapor.

El agua es un recurso indispensable al cual se le debe dedicar gran importancia debido a que todo el producto se limpiara y desinfectara con el mismo. En la comunidad se cuenta con un problema en el agua, ya que contiene arsénico, la solución basada en técnicas de ecosideño es a través de la centrifugación hacer la separación del metal pesado. Las muestras que se han llevado a laboratorios de agua han sido aceptables, pero se requiere un monitoreo constante para evitar contaminar el producto.

6.6.3 Requerimientos del proceso de producción

A través de la técnica del mapa mental, y basados en la metodología se identifican las actividades principales que se deben llevar a cabo para el diseño del proceso de producción, respetando el marco conceptual del diseño del producto, es decir que las actividades se basen en un pensamiento sistémico, concurrente, en el ecodiseño y con una estructura de administración de proyectos. En la figura 6.28 se muestra el diagrama de flujo del proceso de producción de manera general.

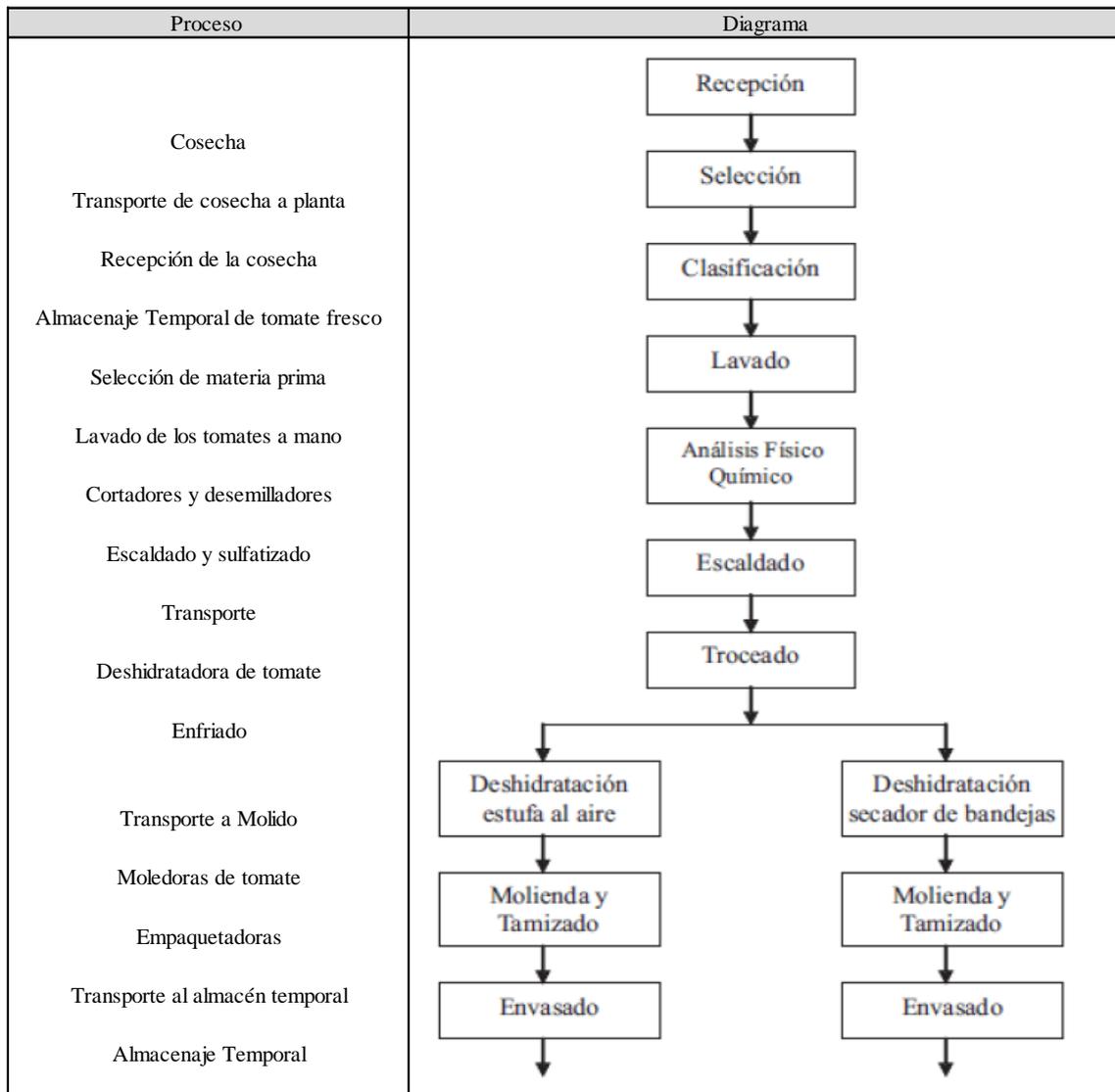


Figura 6.28. Diagrama de flujo del proceso de producción del tomate deshidratado

Para cada una de estas actividades se desarrolla un análisis para de lo general hacerlas particular, cada actividad debe tener un vínculo, que será la información o requerimiento que se necesita para cumplir la siguiente actividad, es probable que la mayoría de las actividades tengan más de un vínculo, por lo que se detalla las características que debe cumplir la información para ser aceptada. Esto se generó a través del mapa mental y la cruz maltesa, en donde se hace la relación entre cada vinculo, tipo de información, formato, se identifica quién la genera, quien la recibe y como se procesa. En la figura 6.29 se muestran estos conceptos.

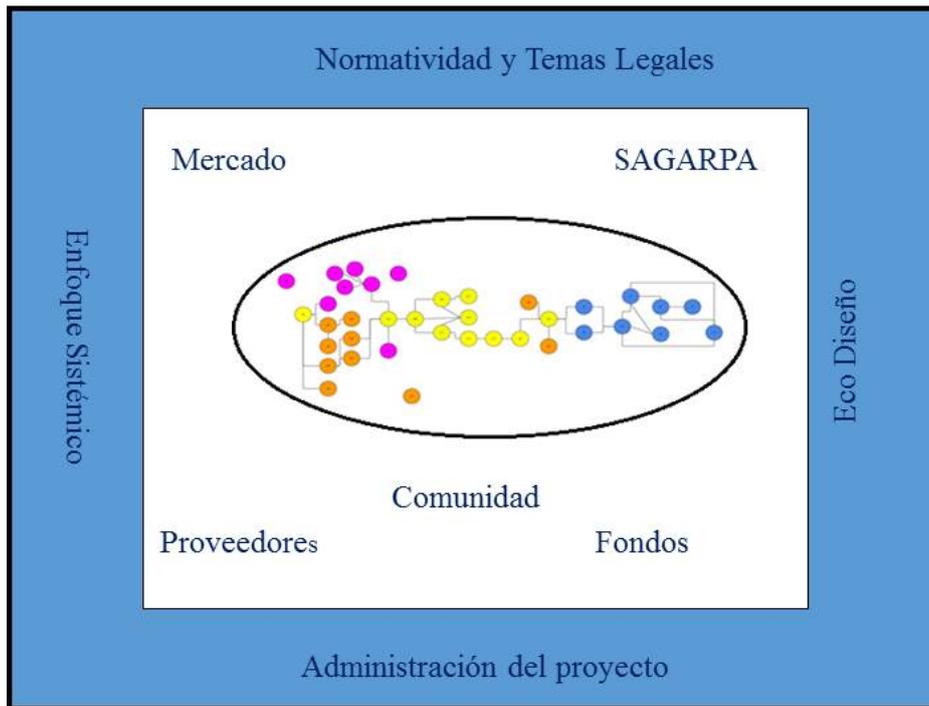


Figura 6.29. Modelo conceptual del proyecto de tomate deshidratado.

Para darle presentación al producto y evitar desperdicios de materia prima, en este caso el tomate para el proceso de corte de tomate en rebanadas iguales se ha diseñado una máquina cortadora, la cual fue desarrollada por los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Tecnológico de Monterrey Campus Querétaro. La máquina es capaz de procesar los tomates y cortarlos en rebanadas precisas y del mismo grosor y puede operar tanto con energía convencional como mecánicamente impulsada por energía eólica.

La cortadora de tomates posee las siguientes características:

- 0.9 m de Ancho
- 1.5 m de largo
- 1.65 m de alto

Además de eso la cortadora tiene la capacidad de procesar un aproximado de 240 tomates por minuto. Dependiendo del tamaño y la calidad con la que provengan nuestros tomates esta cifra puede incrementarse o disminuirse.

Las capacidades y medidas del deshidratador solar deben ser las siguientes:

- 2x1.05m (Base Horizontal) *Esta puede expandirse para un secado más rápido de los tomates
- 1.25x0.3m (Base de charolas)

- 1x0.3m (Charolas colocadas a 15 cm de altura entre cada una)
- Para una inclinación de 5cm (Patas del frente 35cm, base 40cm)

El objetivo principal es lograr la deshidratación de la materia prima por medio de paneles solares para una utilización de un recurso infinito como lo es el sol. Dicha estructura puede realizarse de madera o metal en forma de L (de preferencia metal por los volúmenes de producto que estaremos manejando). La parte baja horizontal se utiliza para recolectar la energía solar y se forja de un plástico negro para una mayor absorción de calor. En la parte vertical se colocan charolas con malla de mosquitero para colocar los alimentos, para evitar algún tipo de plaga y el mejor aprovechamiento de aire caliente se forra la estructura de plástico transparente.

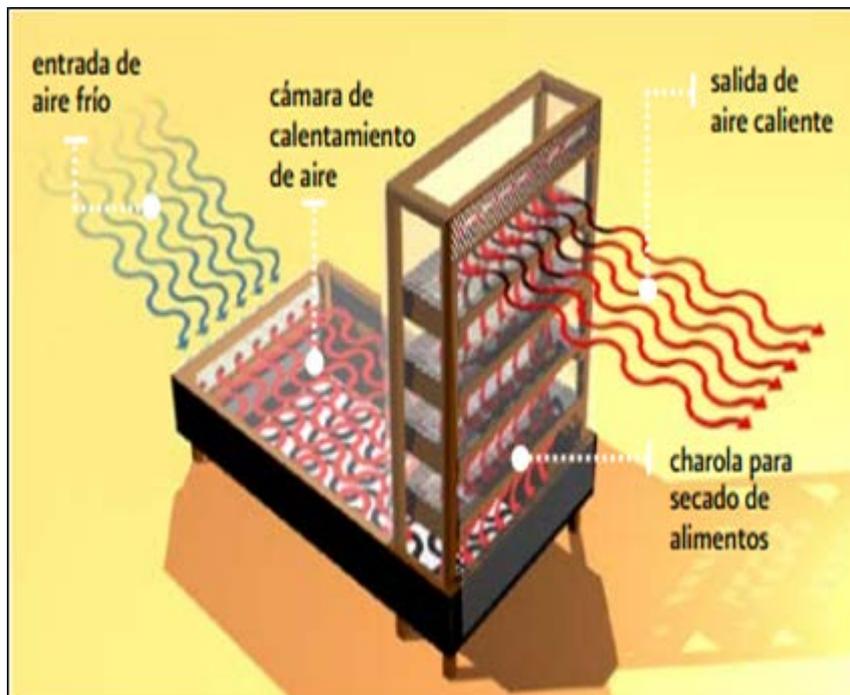


Figura 6.30. Funcionamiento deshidratador solar

6.6.4 Capacidad de producción

Una planta produce de 2 a 3 kg de frutos, según las variedades, por lo que se puede esperar un rendimiento de 6 a 8 kg por m². La recolección es escalonada y larga. La cosecha comenzará a las 10 ó 12 semanas después de la siembra.

Para la industria se precisan frutos completamente maduros, a fin de que el jugo tenga elevado grado de azúcares. Los frutos que no están completamente maduros tienen elevada acidez, mientras que los maduros excesivamente, en los que ya empiezan fenómenos de fermentación, son pobres de azúcares y de sustancia seca.

Maduración: 5 - 6 días a una temperatura de 21° a 23° C.

Conservación: 10 días a una temperatura de 5° C y 95 al 97% y humedad relativa, para que el fruto no pierda peso.

El tamaño del proyecto está basado en la máxima producción que la planta podría emitir en un periodo determinado. Para determinar la capacidad de producción que la planta hará del tomate deshidratado se hará referencia a la producción de tomate local, es decir la producción del invernadero.

6.6.5 Capacidades de producción actuales

Un aproximado de 9 tomates forma 1 kg, así por lo que la cortadora tiene una capacidad de procesamiento máxima diaria de 12800 kg. De acuerdo con el estudio de mercado realizado la demanda promedio para el primer año de producción es aproximadamente de 84 toneladas. Con los pronósticos y en búsqueda de un posible crecimiento en lo que concierne a la demanda en el futuro más cercano se utilizarán dos cortadoras de tomate para la producción de la planta.

Para que siempre se esté aprovechando la energía solar, los deshidratadores deben rotarse 3 veces al día, siguiendo la inclinación del sol. Dependiendo del tamaño del colector el proceso de deshidratación puede llevar alrededor de 12 horas. Se considera que los primeros 6 meses serán para la rampa de aprendizaje del proceso y ajuste de las máquinas, con los pronósticos y la creciente demanda a los próximos 5 años la cantidad de deshidratadores necesarios serán de 20 para la producción.

6.6.6 Fondeo del proyecto

Respecto a la inversión pública, para el desarrollo social y económico, a nivel nacional, se ha invertido \$164,248,572 millones mxn y \$87,423,906 millones mxn, correspondientemente; de los cuales solo para el Estado de Guanajuato, se ha invertido a partir del año 2006, \$4,459,648 millones mxn para el desarrollo social y \$3,434,867 millones mxn, para el desarrollo económico. Mostrados en las figuras 6.31, 6.32, 6.33 y 6.34.

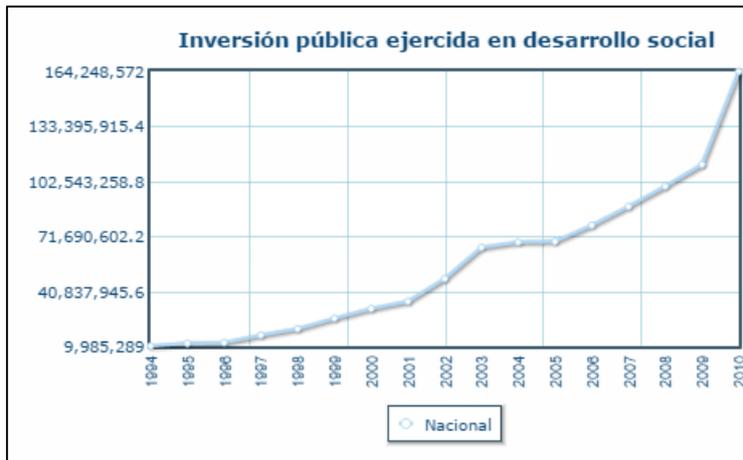


Figura 6.31. Inversión Pública en Desarrollo Social. Estados Unidos Mexicanos 2010. Fuente: INEGI.



Figura 6.32. Inversión Pública en Desarrollo Social. Estado de Guanajuato 2010. Fuente: INEGI.



Figura 6.33. Inversión Pública en Desarrollo Económico. Estados Unidos Mexicanos 2010. Fuente: INEGI.



Figura 6.34. Inversión Pública ejercida en Desarrollo Económico. Estado de Guanajuato 2010. Fuente: INEGI.

Debido a que los proyectos no se sustentan y se construyen adecuadamente, en el municipio de San Luis de la Paz solo se ha invertido en el año 2011, según el INEGI, \$28, 822 MXN para el desarrollo económico, y para el desarrollo social \$134,008 MXN. San Luis de la Paz, según el INEGI, para el año 2010, tenía 115,656 habitantes; lo que significa que aproximadamente a cada habitante, para su desarrollo social y económico le toco una pequeña parte de \$1.40 mxn.

El presente proyecto basado en la metodología que propone la tesis busca fomentar el desarrollo económico de la zona y su sustentabilidad, mejorar la calidad de vida de los miembros de la organización y de la comunidad participante en el proyecto.

A partir de ello, se espera que el proyecto se base completamente en un enfoque sistémico y de ecodiseño, que involucre a la comunidad y que esté direccionado a cumplir con las expectativas del mercado y ser altamente competitivo, además de cumplir con toda la normatividad necesaria para contribuir a decrementar la pobreza extrema en México.

6.6.8 Ecodiseño

Dentro del diseño del proceso de producción se busca que la mayor parte de los procesos y en sí la planta trabaje en base a energía renovable, es decir a través de energía eólica, solar, biomasa y biogás. La energía eólica se utilizará principalmente para bombear el agua del pozo, la solar permitirá generar energía eléctrica para alumbrado y operaciones de bajo consumo de voltaje, la biomasa y biogás para procesos de cocción y de temperatura al invernadero.

6.6.9 Energía eólica

El impacto social del uso de la energía eólica se da gracias a los beneficios ambientales de esta tecnología ya que se reducen la emisión de gases relacionadas a la generación de energía eléctrica. La instalación de industrias eólicas en áreas rurales del país beneficia directamente a las personas dedicadas a la agricultura y ganadería, además de la generación de empleos

México cuenta 10 estados que tienen 31 instalaciones eólicas, los cuales son:

- Baja California
- Baja California Sur
- Nuevo León
- Coahuila
- Jalisco
- Oaxaca
- Tamaulipas
- Chiapas
- Quintana Roo
- Yucatán

Estos parques eólicos producen la energía equivalente al consumo de estados como Colima y Campeche. Basados en esta información se plantea producir energía eléctrica basada en la energía eólica para el autoconsumo de la planta deshidratadora, específicamente para bombear aguas profundas del pozo.

El costo de construcción de un parque de energía eólica US\$2,000/KW, dividido como se muestra a continuación:

- Aerogeneradores: 65%
- Conexión a la Red: 11 %
- Cimentaciones y obra civil:15%
- Desarrollo y gestión de la Construcción: 9 %

La energía eólica es una opción viable para la generación de energía eléctrica pero es completamente dependiente a las corrientes de aire existentes ya que si no son suficientes, el proceso de generación de energía no se dará. Considerando esto, para la deshidratación de los tomates en hornos eléctricos, se requeriría tener las instalaciones de secado en un área donde los vientos fueran constantes y suficientemente fuertes para mantener el proceso sin variaciones o que fueran interrumpidos por falta de energía eléctrica.

Se debe de poner en perspectiva la cantidad de energía eléctrica necesaria para la deshidratación de tomates y considerar el tiempo para este proceso. Si bien la opción de deshidratar el tomate mediante un horno, en el cual se puede establecer un proceso estándar, es más rápida, se deben de considerar los costos contra la duración de secado de los tomates al sol pero sin la necesidad de una inversión en algún tipo de energía.

A continuación se muestra una relación de la velocidad del viento y cuantos KWH al día puede generar:

Velocidad promedio del viento (mph)	Descripción	Estimado en KWH/mes	Estimado en KWH/día
8	Brisa suave intermitente	60	2.0
9	Brisa suave y constante	90	3.0
10	Brisa moderada intermitente	125	4.2
11	Brisa moderada constante	160	5.3
12	Brisa moderada a fuerte intermitente	190	6.3
13	Brisa moderada a fuerte constante	215	7.2
14	Brisa fuerte	265	8.8

Figura 6.35. Matriz de referencia de velocidad del viento y generación de KWH

El consumo promedio de un horno eléctrico es de aproximadamente 1.2 KWH por lo que se requeriría que la generación de energía fuera alta para dar sustento a la utilización de hornos para la deshidratación de tomates cuando se optó por este proceso y no por el deshidratado por energía solar.

6.6.10 Energía Solar

Captación solar eléctrica: compuesta en su presentación básicamente de un panel solar (compuesto de celdas fotovoltaicas,) generador y acumuladores, este tipo de tecnología tiene la capacidad de producir hasta 2500 kWh al año dependiendo de la cantidad de radiación solar presente de acuerdo a la ubicación geográfica, satisfaciendo las necesidades de una familia latina promedio. Para volver completamente independiente un hogar de servicios públicos se requiere en promedio 25 m2 de celdas fotovoltaicas.

La tecnología solar fotovoltaica consiste en la transformación de la radiación solar en electricidad mediante las denominadas células fotovoltaicas. Utilizando el denominado efecto fotoeléctrico y aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores, estas células generan corriente continua al incidir en ellas la luz, corriente que es posteriormente transformada en alterna para su

utilización. Las células fotovoltaicas empleadas comúnmente son de silicio cristalino, aunque ya se está investigando el uso de nuevos materiales.

Aunque en la actualidad la inversión inicial de aproximadamente \$3,000 por m² de panel fotovoltaico pronósticos de la industria indican que para 2020 la generación de energía mediante la aplicación de esta tecnología se encontrará al nivel de la energía generada mediante combustibles fósiles.

De optar por energía solar para la independencia eléctrica se calcula que para las áreas de ambos invernaderos se requieren alrededor de 22 fuentes de luz de 35W (de acuerdo con recomendaciones del grupo Schröder) colocadas cada 20m longitudinalmente y 10m de manera transversal. Resultando este cálculo en un consumo anual de 2800kW/año.

Captación solar térmica: Un calentador solar de agua es un sistema que calienta el agua utilizando sólo la energía solar y sin consumir gas o electricidad. Los tubos de cristal de silicato absorben el 95% de la radiación solar calentando el agua en su interior, y debido al efecto de sifón térmico el agua más caliente tiende a subir almacenándose en un tanque, lista para ser usada.

Al igual que la generación de energía la inversión inicial de un calentador solar es significativa (aproximadamente \$20,000 para satisfacer las necesidades de 10 adultos) se amortiza mucho más rápido dado que disminuye de forma inmediata el consumo de combustibles fósiles (gas) en el calentamiento del agua para fines de higiene que puede llegar a representar el 80% del consumo de gas en un hogar promedio.

Los calentadores solares son una inversión y se encuentran entre los aditamentos del hogar de más rápida adopción durante la última década ya que sus beneficios directos en la economía de los hogares se han demostrado. Del análisis realizado se recomienda la adopción de este tipo de tecnología en la institución analizada, dado que apoya directamente la asignación de los recursos a actividades productivas y no al pago de servicios.

Uso	Costo	Características	Recomendación	Veredicto
Iluminación invernadero	30000	Con esta inversión se ilumina toda el área de los invernaderos por las noches	Se elimina completamente la dependencia de la CFE; inversión importante y recuperación a largo plazo	Se aprueba de existir el financiamiento: muy restringido
Iluminación invernadero	15000	Con esta inversión se elimina en un 50% la dependencia de iluminación	Se alivia en parte el consumo de energía; inversión más asequible	Se aprueba de existir el financiamiento: medianamente restringido
Calentador solar	20000	Calentador solar para las necesidades diarias de 20 personas	Aunque no se enfoca a la energía eléctrica, libera efectivamente del gasto en gas (recuperación en 3 años)	Se aprueba de existir el financiamiento: restricciones bajas

Figura 6.36. Matriz de dictamen de usos y fuentes de energía para el invernadero.

6.6.11 Biogas

La energía proveniente de la biomasa aporta firmeza y fomenta el desarrollo rural del país, sin embargo está condicionada al acceso del recurso en el largo plazo. Los elevados costos logísticos y la incertidumbre en el acceso al recurso hacen que el potencial actual de generación de energía con biomasa se concentre en industrias productoras de residuos aprovechables (posibilidad de aprovechar residuos agrícolas).

Existe una oportunidad en el aprovechamiento de residuos urbanos, aunque presenta importantes incertidumbres técnicas, financieras y regulatorias. Gran potencial en procesos de co-combustión en carboeléctricas próximas a zonas con residuo aprovechable. Para el proyecto del invernadero se aprovechará el excremento de borrego, así como residuos forestales para generar el biogás.

6.6.12 Conclusiones

La metodología permitió definir un producto con alta probabilidad de éxito en un corto tiempo, ya que la base de datos sugirió productos de alto impacto en el mercado basado en el tomate, el cual es el producto agrícola que se produce en el invernadero. Las técnicas de fase creativa ayudó a definir la idea del producto, el diseño de experimentos permite definir los variables y sus parámetros. Las actividades del proyecto basados en el marco conceptual y el flujo de información son el resultado de aplicar los mapas mentales. El diseño del proceso de producción basado en el ecodiseño permite plantear los dos escenarios que al ser evaluados financieramente se visualiza la rentabilidad del proyecto. Cabe hacer mención que se busca que este proyecto de desarrollo social sea fondeado a través de programas gubernamentales, y la mezcla puede ser por

el beneficio a la comunidad, que una parte sea a fondo perdido, por lo que la rentabilidad del proyecto se eleva.

Para este tipo de proyectos SEDESOL dicta sus normas de operación, por lo que se debe ser meticulozo en generar la información correcta y real, de tal manera que el evaluador del proyecto no encuentre observaciones críticas que rechacen su aprobación.

Se observa que el tiempo de diseño se ha acortado considerablemente, y se ha dotado de una alta probabilidad de éxito al tener un diseño de producto robusto así como un proceso de producción sustentable.

VII Resultados.

Uno de los primeros proyectos elaborados en el que se contrastó la metodología fue el tomate deshidratado cultivado en invernadero, a través de la información de SAGARPA se detectaron zonas de alto potencialidad, pero no estaban actualizadas de acuerdo a fenómenos naturales de erosión y cambio de nutrientes debido a la siembra de otros productos, por lo que hacer el análisis de suelo, mapear el efecto del cambio climático en la calendarización de la temporada de lluvias, así como el efecto a la hidrografía por la construcción de dos grandes presas en la sierra gorda de Guanajuato impedía hacer un estudio de factibilidad en la zona que determinara si en un horizonte de tiempo razonable podría sostenerse a un precio competitivo la siembra del tomate para construir una planta deshidratadora que tuviera una rentabilidad razonable para los habitantes de la región.

Al no contar con información fiable sobre el potencial de cultivos en la zona, se trabajó de la mano con las autoridades para actualizar la existente, generar la de aquellos cultivos que no habían sido considerados y finalmente documentarla, lo que generó un proceso y metodología de trabajo que no incide directamente en el objetivo de la tesis y se describe en el capítulo debido a que sin información confiable todo aquello que se simulara estadísticamente no tendría confianza.

Fue importante crearla para asegurar información dinámica y de calidad. Esto dio nacimiento a una base de datos, que en la tesis se le llamó una modificación al TRIZ en la cual se tenía información sobre los productos agrícolas, las zonas de alta potencialidad, características de suelo, clima, hidrografía, riego e historial de otros cultivos. La segunda fase de la construcción de esta base de datos fue analizar por cada producto agrícola sus compuestos químicos, es decir, las sustancias activas que contenían todos los productos y función de esto pasamos a la tercera fase, investigar que industria basaba sus productos en estos componentes activos.

De esta manera el TRIZ modificado sugería a través de un producto agrícola el diseño de un nuevo producto o su innovación, o simplemente extraerlo para venderlo como materia prima a otra industria. En este momento con la sugerencia de producto se podía trabajar con las otras tres técnicas que se seleccionaron de fase creativa para generar una idea de producto.

A través de la práctica docente de quien realiza este trabajo de investigación se introdujo la metodología con los estudiantes de las materias de análisis y diseño de experimentos, diseño de plantas industriales, viabilidad de proyectos, diseño mecatrónico y control estadístico de calidad en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey campus Querétaro, para validar si la hipótesis que a través de las técnicas de fase creativa se reducía el tiempo de diseño.

En la práctica docente, mediante la aplicación de una encuesta con los profesores titulares de materias en el área de ingeniería y que piden un proyecto final al final del curso, se buscó determinar la calidad de los proyectos en cuanto a su calidad y funcionabilidad así como el estrés al que se ve sometido el alumno para terminarlo, que se midió a través de un rubrica a cada proyecto, este trabajo se documentó en el artículo presentado durante la International Conference on Engineering and Product Design Education en la ciudad de Dublin, Irlanda el día 6 de septiembre del 2013 bajo el título de mechatronica design por students, model based on industrial engineering techniques en el que se reflejaba las experiencias de aplicar la metodología de técnicas de creatividad de esta tesis y los resultados obtenidos en la reducción de tiempos de investigación y desarrollo. Los resultados en los proyectos evaluados con la metodología versus proyectos en las mismas materias en otros campus del sistema Tecnológico de Monterrey que colaboraron como población de contraste se muestra en la tabla 7.1

Año	Proyectos	Proyectos con metodología			Proyectos	Proyectos sin metodología		
		Nivel de Calidad	En tiempo	Nivel de estrés		Nivel de Calidad	En tiempo	Nivel de estrés
2008	17	85%	88%	Alto	41	63%	87%	Alto
2009	23	89%	90%	Alto	37	67%	81%	Alto
2010	45	94%	97%	Medio	61	72%	84%	Alto
2011	31	100%	100%	Bajo	78	81%	88%	Alto
2012	26	98%	100%	Bajo	84	78%	91%	Alto
2013	9	100%	100%	Bajo	19	75%	89%	Alto

Tabla 7.1 Comparación de proyectos con o sin metodología de fase creativa para el diseño.

Estos resultados se explican porque en los planes de estudio de profesional para ingenierías se basaba en la premisa que los estudiantes llegaban a estudiar su carrera con una habilidad de creatividad, la academia de Ingeniería Industrial, ahora escuela de Mecánica e Industrial del campus Querétaro del Tecnológico de Monterrey logró establecer que en los primeros semestres de su carrera se enseñara técnicas de fase creativa para obtener mejores resultados tanto en sus proyectos como en la vida profesional y a nivel sistema, ahora se imparte la materia de solución de problemas a casi todas las carreras profesionales en donde las técnicas de creatividad tienen una gran importancia. Para medir si estas técnicas ayudaban a los egresados de ingeniería en la vida profesional, se aplicó otra encuesta en Febrero del 2015 a una población de 171 egresados que aprendieron estas técnicas de fase creativa y diseño de experimentos y el resultado ha sido muy

alentador, 89% de ellos han aplicado las técnicas de fase creativa y han obtenido ventajas profesional contra sus compañeros de trabajo.

Se pudo probar con éxito que una metodología para el diseño basada en técnicas de fase creativa que propone este trabajo de investigación reduce el tiempo de entrega al asegurar en las primeras etapas un proyecto robusto y un pensamiento concurrente, sistémico y en prospectiva de las actividades lo que permite trabajar organizadamente y lograr los objetivos en tiempo y forma.

Paralelo a mejora continua de estas técnicas a nivel académico entre el 2010 y 2015 se implementó las mismas técnicas a través de SEDESOL en la creación de proyectos productivos en el estado de Guanajuato y Querétaro, quienes presentaron sus proyectos productivos a través de esta técnica el 87% logro los apoyos económicos y de ese 87% el 92% ha logrado mantener su proyecto productivo trabajando.

La segunda parte de la metodología que propone este trabajo de investigación, es usar la fase creativa en la definición del problema y el diseño experimental para poder usar la simulación matemática. En la parte del diseño del producto, el encontrar los parámetros correctos en un producto agroindustrial es sumamente importante, hacer esta simulación de manera matemática contribuyó en una reducción significativa al tiempo de investigación y desarrollo del nuevo producto así como en el uso de recursos tales como laboratorios y horas hombre. Una tendencia en la practica docente es buscar el aprendizaje práctico del alumno materias como son la ingeniería estadística, el diseño experimental y el control estadístico de calidad.

Anteriormente los estudiantes egresaban con buenas calificaciones de sus materias donde se aplicaba la estadística como es simulación, diseño de plantas industriales, viabilidad de proyectos, control estadístico de calidad, ingeniería estadística y análisis y diseño de experimentos, ya que resolvían con eficiencia los problemas del libro, pero no eran capaces de plantear un modelo y por consecuencia un diseño experimental, tenían una gran habilidad para resolver problemas tipo, pero no aplicando la estadística en un ambiente real.

En los cursos de análisis y diseño de experimentos, control estadístico de calidad, diseño de plantas industriales y viabilidad de proyectos se trabajó en aplicar las técnicas de fase creativa y diseño de experimentos de manera conjunta aplicadas en problemas reales con excelentes resultados. Al detectarse que la mayor debilidad era el planteamiento de problemas, el uso de las técnicas de fase creativa ayudo a eliminarla, contribuyendo al desarrollo de esta habilidad para el ámbito profesional de los egresados, al tener ya el problema diseñado, la aplicación de la técnica fue muy sencillo, el siguiente aprendizaje fue dirigir a los alumnos a interpretar los resultados estadísticos y traducirlo en decisiones a través de las conclusiones a los experimentos.

Trabajando de manera concurrente como se hizo en las técnicas de fase creativa se aplicó esta metodología modificada a un lenguaje sencillo con los dueños de los proyectos productivos. Aquí se tuvo un circunstancia difícil de superare en función del nivel académico de los habitantes de las zonas marginadas donde se trabajó con los proyectos, al principio fue un temor a los números, por lo que se reescribió constantemente el método hasta encontrar el lenguaje adecuado, los elementos de la creatividad que se buscó desarrollar en el equipo de trabajo como son el entusiasmo, la innovación, perder miedo al cambio ayudaron significativamente para que todo el equipo lo asimilará.

En el ámbito académico probar que el diseño de experimentos reduce el tiempo de desarrollo de nuevos productos fue sencillo ya que se cuenta con licencias y software suficientes para eficientizar el proceso, convencer a SAGARPA, SEDESOL, CONACYT y otras entidades gubernamentales que a través de esta técnica se mejoraba el proyecto productivo al tener un producto de diseño robusto fue una larga labor de convencimiento que aún no termina. Al día de hoy 31 proyectos productivos en los estados de Guanajuato y Querétaro que adoptaron esta metodología 29 siguen vigentes y son rentables, están impactando a una población de 5341 personas que se benefician directa e indirectamente de estas empresas para mejorar su condición de vida.

La metodología completa se probó en 423 proyectos, de los cuáles 334 fueron académicos y 89 de desarrollo social, de estos últimos se presentaron 31 proyectos productivos a instancias gubernamentales para crear micro empresas. Se probó su eficacia para reducir los tiempos de diseño, en el presente documento se hacen referencia a 5 proyectos donde se muestran el proceso de diseño experimental, la obtención de los parámetros para elaborar los productos pilotos y ser probados en ambiente de laboratorio antes de ser liberados a producción masiva.

- Ungüento a base de chilcuague
- Beneficiaria de durazno
- Envase usando como materia prima el bagazo de caña
- Dulce a base de pulpa de mango
- Manteca de mango
- Jugos anti oxidantes
- Tomate deshidratado

En el proyecto del tomate deshidratado a través de la metodología se encontró el diseño de un producto robusto que sería procesado y producido a través de energía renovable. La metodología ayudo a diseñar la maquinaria y equipo, así como los parámetros adecuados de operación del invernadero, como son temperatura, irrigación, y fertilización de la tierra.

Para el proyecto de ungüento a base de chilcuague se logró la constitución de pequeños productores de la raíz, que estaba considerada endémica y solo en determinadas condiciones y zonas de la sierra gorda se producía en tres variedades, a través del diseño experimental se probó que era posible obtener las mismas propiedades del chilcuague silvestre en el cultivado, y más aún, a través de invernadero, lo que logró satisfacer la demanda que comenzó a crecer de la raíz para diferentes usos, de un costo de \$10.00 pesos el manojo se ha logrado posesionar a \$60.00 al día de hoy, al usarlo en diferentes presentaciones como materia prima se ha reducido el costo de producción y por lo tanto, incrementar las utilidades. De igual manera, se logró identificar la variedad de chilcuague con menor toxicidad y evitar así un problema de salud.

En el proyecto de dulce a base de mango y manteca de mango, a través de la norma mexicana y el decreto presidencial de prohibir la venta de dulces en las escuelas, se diseñó un dulce a base de mango que cumpliera la norma mexicana referente al endulzamiento de golosinas y tuviera aportación nutricional. Este proyecto aprovechó el desperdicio de la semilla de mango para procesarla en manteca, con lo cual se hace un aprovechamiento casi total de esta fruta. También se elaboraron diseños experimentales para determinar los factores de congelación y mantener el abasto de la fruta todo el año. Este proyecto beneficiaba la parte baja de la sierra gorda en cuyo micro clima tropical crecen frutas como papaya y mango, siendo su valor de venta muy reducido pero a través de darle valor agregado como dulce y manteca el proyecto se vuelve muy rentable.

A través de los proyectos productivos señalados anteriormente así como los académicos se validó que la metodología, producto de esta tesis doctoral en su aplicación disminuía el tiempo de diseño con el ahorro de tiempo, recursos económicos, uso de laboratorios. El diseño robusto y bien direccionado en la fase creativa complementado con el diseño experimental para producir un prototipo funcional permitió que la validación en el laboratorio fuese sencilla y rápida, con solo ajustes menores hasta tener el producto listo para ser fabricado masivamente.

El diseño de maquinaria y equipo, así como el proceso de fabricación tuvo un impacto positivo al usar la tesis, en esta parte del ciclo de vida del producto, el uso del diseño de experimentos fue mayor en porcentaje que el de fase creativa, debido a que se buscó más determinar los parámetros basados en leyes físicas, químicas y de mecánica que permitieron construir prototipos de maquinaria y equipo funcionales y que podían ser replicados con facilidad. Validamos la tesis en este punto con el diseño de plantas industriales (maquinaria, equipo, diseño de proceso), el ejemplo más exitoso fue la reestructuración de un invernadero en el que su operación estaba basada en energía renovable y para lo cual se tuvo que reconvertir maquinaria y equipo, así como diseñar líneas de producción basadas en elementos mecánicos por gravedad para ahorrar energía.

Para el proceso de selección de proveedores el diseño de experimentos combinado con el control estadístico de proceso permitió primero, determinar los parámetros de calidad necesarios de la materia prima, y segundo coadyuvo a los proveedores, que en el mayor porcentaje en todos los proyectos productivos estaba basada en una cadena de abastecimiento de los habitantes de la región que a su vez creaban sus pequeñas empresas. De esta manera se aseguró la calidad del producto y se redujo el tiempo de selección de materias primas y de proveedores.

Los tiempos de pruebas de producto así como los costos de laboratorio y certificaciones se redujo notablemente al tener productos previamente simulados estadísticamente, por lo que llegaron a pruebas finales con los parámetros casi perfectos, solo se realizaban los ajustes normales atribuidos al error estadístico de los grados de libertad de las medias de las variables experimentales así como los grados de confianza establecidos.

La base de un buen proyecto productivo es el diseño de un producto que tenga aceptación en el mercado, fácil de producir y al menor costo, la tesis contribuyó a que los proyectos productivos tuvieran robustez y por ende, una probabilidad de éxito y permanencia en el mercado mayor que sin aplicar la metodología. ¿Cuál es la importancia de ensamblar ahora el proyecto productivo como base de reducción de la pobreza con el espíritu de la tesis? La respuesta es que la pobreza no se puede erradicar en México a través de programas asistencialistas, puesto que por las reglas de operación de dichos programas orillan a los beneficiarios a no trabajar. En cambio a través de proyectos productivos que generen beneficio económico para la región activan micro economías que permiten eliminar su condición de manera integral rápidamente. En agosto del 2015 se presentaron los datos estadísticos de la pobreza en México, en donde la condición extrema disminuyó 0.2% mientras que la pobreza general creció un 12%, lo que significa que los programas asistencialistas de SEDESOL no redujeron la pobreza, sino que al contrario, se incrementó por lo que es necesario cambiar estas políticas públicas.

Los 31 proyectos productivos que se encuentran trabajando en la región han tenido un buen éxito y han impactado positivamente la economía de la sierra gorda tanto en las partes que corresponden a Querétaro y Guanajuato, algunos municipios como San Luis de la Paz en donde se asientan 3 proyectos productivos ha dejado la categoría de zona de pobreza extrema, no se señala que esto se deba a los proyectos productivos generados por esta tesis doctoral, sino que coadyuvaron a este logro, que fue uno de los postulados iniciales de este trabajo de investigación.

VIII Conclusiones y Aportaciones.

El trabajo de investigación de la presente tesis se realizó en 8 años, de los cuáles los primeros dos se emplearon en diseñar la metodología que conjuntaba la fase creativa y diseño de experimentos para la reducción del tiempo de diseño de nuevos productos o su innovación, para probarla se decidió implementarla en un ambiente que ofreciera un alto grado de dificultad, con variables y procesos bajo los cuales se tuviera poco control, si esta metodología pasaba exitosamente la prueba, podría replicarse en cualquier otro ámbito de negocios y tipo de industria en donde se diseñara nuevos productos o se hiciera una innovación.

El primer enfoque fue a través del uso de técnicas de fase creativa reducir las actividades redundantes o, evitar entrar en un proceso circular, al que se le llamo el síndrome del hámster por generar un proceso circular sin alcanzar objetivos, solo desperdiciando, entre otros, dos recursos importantes, tiempo y horas hombre. En cuanto a las herramientas estadísticas se enfocó a establecer un lenguaje de uso más sencillo de tal manera que cualquier persona con nociones básicas de matemáticas pudiera modelar un diseño experimental.

Al momento de probarla la metodología un ambiente real, se hizo a través del diseño de proyectos productivos y salió a relucir un problema de naturaleza humana que incidía directamente en el trabajo de tesis, y este era las condiciones educativas y sociales generadas por situación de pobreza. Al principio la comunidad rechazaba cualquier injerencia en sus usos y costumbres, el nivel de desconfianza al menos en la zona de estudio es muy grande contra cualquier persona ajena y con ideas diferentes. A través de los meses que transcurrieron muy rápido y se volvieron años, con la convivencia constante se logró derrumbar esos muros de desconfianza se comprendió que no era posible llegar con una metodología técnicamente excelente para diseñar proyectos productivos cuándo la gente se preocupa por qué va a comer ese día, ellos necesitaban soluciones inmediatas y no al mediano y largo plazo, convencerlos que a través de proyectos productivos tendrían un incremento integral y permanente en su nivel de vida fue dándole otra forma a la metodología.

Una de las preguntas de investigación establecía ¿Una metodología para el diseño de productos agroindustriales coadyuvara a reducir la pobreza en zonas marginadas? La respuesta es sí, ya que el diseñar un buen producto, con las características idóneas por consecuencia es una condición de éxito para un proyecto productivo, pero se requieren más variables para que se pueda afirmar que la metodología soluciona el problema de pobreza, pero si puede establecerse que el trabajo de investigación colabora en la elaboración de proyectos productivos que tienen más probabilidades de éxito. Quizas en un escenario teórico si podríamos afirmar que la metodología coaduva a la disminución de pobreza, pero no explica todos los factores que están involucrados

en este fenómeno, como son la falta de leyes , medición asertiva de la pobreza, inventario de riqueza natural (bosques, fauna), estudio de calidad de suelo, estadísticas fiables respecto a nivel educativo de los habitantes, actualización de información de clima, hidrografía y orografía. Se encontró y validó que este un factor de por el cual los proyectos fracasan debido a la tendencia de importar proyectos exitosos de otros estados o países pero que no pueden ser replicados debido a la incidencia de los factores de naturaleza humana antes descritos.

Otra de las preguntas de investigación que causaban mucha controversia conforme avanzaba la tesis era ¿Será sencillo implementar las técnicas de diseño de experimentos y fase creativa en la practicidad?. Al final la respuesta es sí, y esta es la razón de diagnosticar la situación de pobreza en la zona de estudio, así como su contexto. No serviría de nada una metodología perfectamente documentada si esta no fuera usada por la gente de las zonas marginadas y fuera práctica y amigable.

Existía un gran temor de que el diseño experimental no pudiera ser asimilado y resultara un tremendo fracaso. El grupo de control que se capacito para la implementación de la metodología si presento una resistencia y rechazo, pero a través de la fase creativa, que son prácticas que ancestralmente ellos usaban fue más sencillo definir sus experimentos. La ciencia, entro otras cosas debe servir para solucionar problemas humanos, por lo que establecerla en términos sencillos para su asimilación es una de las grandes aportaciones y satisfacciones de la tesis.

Sin embargo, el proceso de transferencia será lento por lo que el trabajo colegiado entre organismos gubernamentales, universidades y comunidad se debe plantear y establecer para que todos los actores se beneficien de instalaciones como son laboratorios, centro de computo e investigación de SAGARPA, por citar algunos.

La hipótesis uno establecía que el tiempo que se emplea en el ciclo de vida de un producto puede ser reducido a través del uso sistemático de técnicas de diseño de experimentos y fase creativa. A través de la metodología se pudo constatar que se reduce considerablemente debido a que se usan diferentes técnicas y filosofías de manera sistemática y concurrente que repercuten en la reducción del tiempo de diseño.

La hipótesis planteaba que el uso de una metodología de diseño de experimentos y fase creativa incrementa la robustez del diseño de un producto afectando positivamente los índices de productividad en la fase de producción masiva reduciendo el tiempo que tarda el proceso de selección de materias primas y de proveedores. En los casos a los cuáles se aplicó la metodología la simulación estadística nos permitió definir aquellos factores y variables que tenían una incidencia crítica en el producto, para posteriormente definir sus parámetros o, en definir el rango en el cual se pueden tomar parámetros correctos. La práctica normal es de prueba y error, si

hablamos de productos agrícolas se debe tomar en cuenta que hasta que se tenga la cosecha se pueden obtener resultados, si estos no son exitosos se deben redefinir parámetros y volver a esperar otro ciclo, esto sin tomar en cuenta que cuando se tiene un experimento multifactorial se debe aguardar al resultado de todos los factores, esta iteración se hace interminable, se pierde tiempo y exactitud. La aplicación de la metodología probó que se puede obtener un producto robusto el cual estadísticamente se puede simular los parámetros por lo que al hacer las pruebas solo se requieren ajustes mínimos y de una manera más rápida se establecen las variables y parámetros correctos para la producción masiva, este mismo proceso se aplica a la selección de materia prima y selección de proveedores.

La tercera hipótesis era que el tiempo invertido en la estabilización del producto y el diseño final tiende a reducirse significativamente. La fase más difícil después de tener el producto diseñado es la transferencia de laboratorio a fabricación, en donde la metodología juega un rol de suma importancia para que la rampa de aprendizaje sea rápida y se tenga el menor número de problemas de diseño al fabricar masivamente y esto se logra en la primera etapa con un diseño robusto generado por la metodología.

En cuanto a los objetivos, se logró fusionar las técnicas de fase creativa con el diseño experimental lo que, como se comentó anteriormente, redujo el tiempo de diseño y por consecuencia, se logró el diseño de un producto robusto. En cuanto a los objetivos generales se puede comentar lo siguiente:

1.- Adecuar las técnicas de fase creativa como herramientas para definir un problema y plantear modelos a través de la inferencia de información obtenida tanto de las propiedades de productos agrícolas como de las tierras de cultivo. A través de la metodología se amalgamaron diferentes técnicas y metodologías que permitía definir exactamente el problema al cuál se le sometería el diseño de experimentos, se observó que algunos investigadores si bien usaban el diseño de experimentos, adolecía en la veracidad del planteamiento del problema, la fase creativa solucionó esta situación.

2.- Adecuar las técnicas de fase creativa como herramientas para definir un problema y plantear modelos estadísticos basados en propiedades físico químicas de un producto agrícola. La presente investigación establece un proceso para aplicar los modelos estadísticos de manera correcta e interpretar los resultados, a través de los casos que se presentan se observa como la aplicación de estos procesos permiten aplicar correctamente el diseño de experimentos e interpretar los resultados que se traducen en diseños robustos.

4.- Generar procesos y metodologías para la interpretación de resultados para la toma de decisiones. La metodología em sí plantea el como interpretar los resultados estadísticos para la toma de deiciones basado en la estadística y se detalla en el capítulo IV-

Finalmente se puede concluir que la metodología propuesta coadyuva a definir un producto en un tiempo menor al que se estaba haciendo de la manera tradicional, pero no se puede afirmar que por si sola coadyuvara a los esfuerzos de reducir la pobreza en México, de manera indirecta si a través de la implementación de proyectos productivos que pueden ser presentados a organismos gubernamentales para obtener recursos para su implementación, existe una probabilidad muy buena de ser exitosos debido a que se basan en diseño robusto de producto derivados de la implementación de la metodología. Pero el éxito es un modelo multifactorial por lo que la correlación que existe entre la metodología y el diseño de un buen producto es alta, no lo es tanto en la reducción de la pobreza

Bibliografía y Referencias.

“A study to Support Poverty Reduction Projects [en línea]: Agroindustry and Rural Enterprise Development”. (2000), pp. 129-150. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.people.fas.harvard.edu/~ces/people/pdf/Support_Poverty_Reduction_Projects_China.pdf> ADB/ TA 3150-PRC

Alimentacion-sana.org. "La Manzana propiedades y características." (2010). Propiedades nutritivas- en relación con la salud. [Consulta: 23 Agosto 2010] <<http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/manzana.htm#>>.

Amarantum. Asociación Mexicana del Amaranto A. C. (AMA). "Centro de Información al Consumidor de Amaranto." (2003). “Preguntas Frecuentes”. [Consulta: 22 Agosto 2010] <<http://www.amaranto.com.mx/menucorp/somos/somos.htm>>.

Almaguer González, J. A. “Manejo y Aprovechamiento de *Heliopsis Longipes Compositae* (Chilcuague) por Comunidades Campesinas del Municipio de Xichú” (2002), Guanajuato. México D. F. [en línea]. Desarrollo Rural de Guanajuato AC. México, D.F. [Consulta: 16 Febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfU029.pdf>>. SNIB-CONABIO proyecto No. U029

Alvarez Merino, J. C. “Gestión de Empresas en la Sociedad del Conocimiento” [en línea]. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://blog.pucp.edu.pe/media/93/20080925-Gesti%F3n%20de%20empresas.pdf>>

Alvarez, M. D. and Canet, W. “Rheological properties of mashed potatoes made from dehydrated flakes: effect of ingredients and freezing. *European Food Research and Technology*”. (1999-09-12). Springer Berlin/Heidelberg. 209: 335-342. [Obtenido en: Agosto 12, 2010] de <<http://www.springerlink.com/content/hna95ylc5p3cdu2e/>>

Anderson, M. J. y Kraber, S. L. “Keys to Successful Designed Experiments” [en línea]. Stat-Ease, Inc. Minneapolis, E.U.A. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.statease.com/pubs/doe-keys.pdf>>

Argenta, Catherine. “1001 zumos y batidos: una guía completa de la que disfrutará tanto su paladar como su salud” (2008). Barcelona, España: Ediciones Robinbook.

Asociación-Tucumana-del-Citrus. (2010). [Consulta: 21 Agosto 2010], <http://www.atcitrus.com/bondades_citrus.htm>.

B. da Silva, C. A.; Fernandes, “A. R. Achieving Success in Rural Development: Toward Implementation of an Integral Approach. Linking Research and Rural Innovation to Sustainable Development” (2003) [en línea]. University of Carolina at Berkeley. Senegal. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.fao.org/docs/eims/upload/207586/GFAR2003-04-05a.en.pdf>>.

Bailey, A. “Aceites y grasas industriales” (1984). España: Reverté.

Batson, R. G. y Elam, M. E. “Robust Design: An Experiment-based Approach to Design for Reliability” [en línea]. The University of Alabama. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/similar?doi=10.1.1.131.4144&type=ab>>

Badui, Salvador. (2006). “Química de alimentos”. Pearson Educación: Edo. de México. 102 p.

Bediaga Escudero, A. “Innovación Abierta. Más Allá de la Innovación Tradicional” (2008) [en línea]. Facultad de Ciencias Empresariales de Mondragón Inibersitatea, España. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.pasionporinnovar.com/wp-content/uploads/2009/02/proyectomba_v1.pdf>

Bedoya Arturo, O. L.; Alvarez Venegas, L. M. “La Experimentación Empresarial Dentro del Proceso de Formación de Empresarios” [en línea]. Universidad Icesi. Colombia. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.stanford.edu/group/ree/archives/archive06/latinamerica/presentations/REELA2006_9_OlgaLuciaBedoyaPaper.pdf>

Bellon, M.R. “Métodos de Investigación Participativa para Evaluar Tecnologías: Manual para Científicos que Trabajan con Agricultores”. (2002) México, D.F. CIMMYT. ISBN: 970-648-097-8.

Bhasin, S. y Burcher, P. “Lean Viewed as a Philosophy. Journal of Manufacturing Technology Management” (2006) [en línea]. vol. 17, 56-72. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://eprints.aston.ac.uk/2408/>>

Bramardi, S.; Reeb, P. “Modelos Multivariados y Diseño de Experimentos” (Primer cuatrimestre 2006), [PDF]. Universidad Nacional del Comahue.

Canet, W., Dolores Alvarez, M., Fernández, C. and Estrella Tortosa, M. “The effect of sample temperature on instrumental and sensory properties of mashed potato products”, (2005), International Journal of Food Science & Technology, 40: 481–493. doi: 10.1111/j.1365-2621.2004.00945.x

Casals, E. Sant Hilari Sacalm Acogerá el Primer Centro Catalán Dedicado a la Biomasa. “La Vanguardia” [PDF], (2007), num. 86.

Cázares Dávalos, I. Z. y Chávez Oviedo, I. “Raíz de Oro” [en línea]. Colegio Francés Hidalgo. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria15/deoro.pdf>>

CEPAL. “Panorama de la Inserción Internacional de América Latina y el Caribe” (2006), [en línea]: Capítulo VI. La Innovación y el Desarrollo Exportador en las Economías Emergentes. Tendencias 2007. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/6/29526/Capitulo_VI_bn.pdf>

Cox, A. The Art of the Possible: Relationship Management in Power Regimes and Supply Chains. “Supply Management: An International Journal” (2004), [en línea]. Vol. 9, iss 5, pp. 346-356. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=858344>> DOI: 10.1108/13598540410560739

Desrosier, N.W. “Conservación de alimentos”, (1964). México: CECSA.

Dilman, J. “Calidad de la papa para usos industriales”, (2000). Santafe de Bogotá, Colombia.

Earle, R. L. “Unit Operations in Food Processing”, (1983). Oxford: Pergamon.

Esclapés Jover, F.J. “Ingeniería Industrial Creativa, como Herramienta Competitiva”, (2006), Universidad de Alicante. Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía. Barcelona: INGEGRAF. XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica : diseño e innovación : actas del congreso : Sitges 31 de Mayo, 1 y 2 de Junio de 2006. ISBN 84-689-8593-7

FAO. “Building on Gender, Agrobiodiversity and Local Knowledge: A Training Manual”, (2005) [en línea]. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: < <http://web.idrc.ca/uploads/user-S/11172152801LinKSManual.pdf>>

Fernández, C., Dolores Alvarez, M. and Canet, W. “The effect of low-temperature blanching on the quality of fresh and frozen/thawed mashed potatoes”, (2006). International Journal of Food Science & Technology, 41: 577–595. doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.01119.x

Fonnegra, Ramiro. “Plantas medicinales aprobadas en Colombia”, (2007), Universidad de Antioquia.

García Zamora, R. “Migración Internacional de Proyectos Agroindustriales en el Sur de Zacatecas, México” [en línea]. Red Internacional de Migración y Desarrollo. [Consulta: 16

febrero 2014]. Disponible en: http://meme.phpwebhosting.com/~migracion/rimd/documentos_miembros/1205832.pdf

Gleixner, S.H. [et al.]. "Teaching Design of Experiments and Statistical Analysis of Data Through Laboratory Experiments". Ed. 32 ASEE/IEEE 2002 Frontiers in Education Conference T2D. 2002.

Grunenfelder, L.A. et al. "Journal of Agriculture and Food Chemistry", (2006), 55: 5847.

Harrington, W. Olson, R., Weston, W., Belote, Mary. "Effect of processing variables on potato granule production. American Journal of Potato Research". 1959-07-01. Springer New York. 1099-209X. Life Sciences. 236: 41 – 254. [Obtenido en Agosto 27, 2010] de <http://dx.doi.org/10.1007/BF02851565>

Hines, P. Holweg, M. y Rich, N. "Learning to Evolve: A Review of Contemporary and Production Management". (2004). [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://orca.cf.ac.uk/2876/>

Ho, M., [et. al.] "Which energy?" (2006), [en línea]. ISIS. Institute of Science in Society Energy Report. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: http://www.isis.org.uk/ISIS_energy_review_exec_sum.pdf

Hochmuth, R., Meerkamm, H. y Schweiger, W. "An Approach to a General View on Tolerances in Mechanical Engineering". Alemania. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: http://adcats.et.byu.edu/GuestPapers/beitrag_ipd_byu2.pdf

Hutto, G. T. y Higdon, J. M. "Survey of Design of Experiments (DOE) Projects In Developmental Test CY07-08", (2009). Nuevo Mexico. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <https://acc.dau.mil/adl/en-US/321401/file/46821/SurveyDOEin%20DT2007%20Final.pdf>

"Introducción al Diseño de Experimentos" [en línea]. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Disenno/IntroDE.pdf>

Janvry, A. y Sadoulet, E. "Achieving Success in Rural Development: Toward implementation of an integral approach", (2003), [PDF]. 2nd Triennial GFAR Conference.

Jin-Hai, L., Anderson, A. R. y Harrison, R. T. "The Evolution of Agile Manufacturing" (2003), [en línea]. MCB UP Ltd. Vol. 9. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.deepdyve.com/lp/emerald-publishing/the-evolution-of-agile-manufacturing-ut3WWhewrP> ISSN: 1463-7154. DOI: 10.1108/14637150310468380.

Kanchira, N. [et al.]. "Design and Experiments of Advanced Leg Module (HRP-2L) for Humanoid Robot (HRP-2) Development", (2002), [en línea]. Intl. Conference on Intelligent

Robots and Systems. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://0-ieeeexplore.ieee.org/millennium.itesm.mx/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1041636>> DOI: 10.1109/IRDS.2002.1041636

Kantor, S. “Intercropping” [PDF]. Revisado por: Gliessman, S., Granastein, D., y Miles, C. Washington State University.

Kenny, F. J. Design of Experiments Techniques Solve Difficult Production Problem. Math/Statistics Focus [en línea]. “Design of experiments objectives addressed critical performance specifications and profitability considerations”. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.smatrix.com/pdf/scajul97.pdf>>

Korerentsky, M. [et al.]. “Experimental Learning of Design of Experiments Using a Virtual CVD Reactor”, (2006). [En línea]. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.connellybarnes.com/work/publications/2006_asee_vcvd_paper.pdf>

León-Rovira, N. [et al.]. “Impacto de métodos activos de enseñanza y creatividad en estudiantes de ingeniería”, (2004). [en línea]. División de Ingeniería y Arquitectura, ITESM-Zona Metropolitana de Monterrey. México, [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.mty.itesm.mx/rectoria/dda/rieee/pdf-II/s2/37DIANoelLeonFinal.pdf>>

Lencki, R. W. “Course Notes Food Processing I. Department of Food Science University of Guelph”, (2009).

Lloveras, J. “Creatividad en el diseño conceptual de Ingeniería de producto. Creatividad y Sociedad”, (2007), [en línea]. Núm. 10. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.jpacd.org/downloads/Vol2/8_CPUNFAO.pdf>

Lopes, M. [et al.]. An Anthropomorphic Robot Torso for Imitation: Design and Experiments [en línea]. “International Conference on Intelligent Robots and Systems”, (2004), Japan. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=01389428>>

López González, J.J.; Fuentes Rodríguez, J.M.; Rodríguez Gámez, A. “Industrialización de la Tuna Cardona (*Opuntia streptacantha*) Prickly Pear Fruit Industrialization (*Opuntia streptacantha*)” [en línea]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.creatividadysociedad.com/articulos/14/Creatividad%20y%20Sociedad.%20Creatividad%20en%20el%20diseño%20conceptual%20de%20ingeniería%20de%20producto.pdf>>

Luna Esquivel, Gregorio, Ma. de Lourdes Arévalo and Socorro Anaya. "Calidad de mango 'Ataulfo' sometido a tratamiento hidrotérmico", (2006), Revista Fitotecnia Mexicana. <<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61009821.pdf>>.

Martínez Ramírez, M. "Universidad de las Américas Puebla". (2008). [Consulta: 15 de agosto de 2010]. Disponible en: <http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/martinez_r_mj/resumen.html>.

Mendez Gallegos, S. de J.; García Herrera, J. "La tuna: Producción y Diversidad. Biodiversitas", (2006) [en línea]. CONABIO, núm. 68, pp. 2-15. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv68art1.pdf> >. ISSN: 2870-1760>

"Metrolab Internacional". (2010). [Consulta: 18 de julio de 2010]. <http://www.mli.com.mx/pdf/CR-400_410_manual.pdf>.

Milacátl Hernández, V. "Univeridad de las Américas Puebla". (2003). [Consulta: 30 de julio de 2010]. <http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/milacatl_h_v/capitulo_1.html>.

Millán, Elizabeth, Luz Patricia Restrepo and Juan Carlos Narváez. "Efecto del escaldado, de la velocidad de congelación y de descongelación sobre la calidad de la pulpa congelada de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaught)", (2007), Archivos Latinoamericanos de Nutrición.

Muñoz, Miriam, José A. Ledesma and et.Al. "Tablas de valor nutritivo de alimentos", (2002). México, McGraw Hill Interamericana.

Naturaleza-Educativa. Portal educativo de ciencias naturales y aplicadas. Asociación española para la cultura, el arte y la educación, "Plantas medicinales: Especies y Propiedades" (2010). [Consulta: 21 Agosto 2010]. <http://www.natureduca.com/med_espec_zanahoria.php>.

NMX-F-057-S-1980: "NÉCTAR DE MANGO". (27 de Junio de 1980) <<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-057-S-1980.PDF>>.

Nonaka, W. "The textural quality of cooked potatoes. I. The relationship of cooking time to the separation and rupture of potato cells". American Journal of Potato Research. (1980-04-01). Springer New York. 57: 141-149. [Consulta: Agosto 12, 2010]. de <<http://www.springerlink.com/content/v0408165m017j1k5/>>

Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCFI-1993, Productos preenvasados-contenido neto tolerancias y métodos de verificación. [Consulta: Agosto 25, 2010].

Norma Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias. [Consulta: Agosto 24, 2010].

Norma Oficial Mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Cacao, productos y derivados. I Cacao. II Chocolate. III Derivados. Especificaciones sanitarias. Denominación comercial. Disponible en: <<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/186ssa12.html>>.

Novaflex Technologies, Inc. "Evaluation of Cleaning Spiral Wound Membrane Elements with the Two-Phase Flow Process", (2003), New Jersey, E.U.A. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<https://www.usbr.gov/research/AWT/reportpdfs/report101.pdf>>.

NMX-F-373-1985. Alimentos. Manteca vegetal. Normas mexicanas. Dirección general de normas. Disponible en: <<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-373-1985.PDF>>.

OECD. "Manual de Oslo Guía para la Recogida e Interpretación de Datos sobre Innovación, 3a edición: Guía para la Recogida e Interpretación de Datos sobre Innovación", (2007). Statistical Office of the European Communities. 3ª ed. Luxemburgo: OECD Publishing, ISBN: 9264065652, 9789264065659.

OME Industrial. 2010. [Consulta: 10 de julio de 2010], disponible en: <<http://www.omeindustrial.com/pdf/mango.pdf>>.

ONUDI. Manual de Producción más Limpia [en línea]: "Innovación y creatividad en la búsqueda de opciones, análisis de viabilidad, fuentes de información". [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_spanish/PR-Volume_05/5-Textbook.pdf>.

Organización Altex. "Tendencias de la producción de guayaba en México". (6 noviembre 2002). [Consulta: 1 septiembre 2010] <[http://www.orgaltex.com/AltexSitio.nsf/\(\\$NotXWeb\)/4CE83D5AC6A607F506256C69005EADEE?OpenDocument](http://www.orgaltex.com/AltexSitio.nsf/($NotXWeb)/4CE83D5AC6A607F506256C69005EADEE?OpenDocument)>.

Pamplona Roger, Jorge . "Alimentos que curan", (1995). Madrid, España: SAFELIZ.

Pérez-Aparicio, Jesús, et al. "Almacenamiento de naranjas cv. Salustiana y cv. Valencia y su influencia en la calidad del fruto". (2007), Redalyc: Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha.

Piñeda, Ricardo. "Procesamiento de mango", (2002). IDEA Boletín Técnico: 1-4.

Pulpa Fruit. (2010). [Consulta: 25 de julio de 2010] <http://www.pulpafruit.com.co/productos_mango.html>.

PROLINNOVA. "Promoviendo la Innovación Local en la Agricultura Ecológica y el Manejo de Recursos Naturales", (2008), [en línea]. Bolivia. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.prolinnova.net/sites/default/files/documents/resources/working_paper/73237_working_paper_19_dpi_en_espanol_final_260508.pdf> 73237 DPI

Raimondi, A. [et. al.]. "Energy and Environment Protection related policies in the Emilia-Romagna Region", (2008). BIOM-ADRIA PROJECT [PDF].

Ramírez Chávez, E. [et al.]. Actividad fungicida de la Afinina y del Extracto Crudo de Raíces de *Heliopsis Longipes* en Dos especies de *Sclerotium*. "Agrociencia", (2000). [en línea]. Vol. 34, núm. 002, pp. 207-215. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30234210>>. ISSN: 1405-3195

Raviraj, H. "A Glimpse of TRIZ Methodology" [en línea]. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://trizsite.tk/trizsite/articles/jul2006/A%20glimpse%20of%20TRIZ%20methodology.pdf>>

Rivera, Juan. "Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana", (2008). Salud Públicas de México: 173-195.

Ruiz Valenzuela, Cecilia Eugenia. "Elaboración de una Barra Nutracéutica y Diseño de Proceso para su Producción a Pequeña Escala", (enero 2008). Biblioteca USAC. [Consulta: 1 septiembre 2010] <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_8334.pdf>.

Rutherford, F. J., y Ahlgren, A. Chapter 2: "The Nature of Mathematics. Science for All Americans". (1990). [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap2.htm>>

SAGARPA. "Superficies Potenciales para Agave de Temporal", (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. "Superficies Potenciales para Ajos Blancos", (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. "Superficies Potenciales para Ajos Morados", (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Alfalfa de Riego”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Cártamo de Riego”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Cebada de Riego”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Cebada de Temporal”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Cebolla de Temporal”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Encino”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Forrajes: Avena, Cebada y Trigo”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Fresa de Riego”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Frijol de Otoño-Invierno”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Frijol de Primavera-Verano”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Frijol de Temporal”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Jícama de Riego”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Jícama de Temporal”, (1998), 1 [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Maíz de Punta de Riego”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Maíz de Riego”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Maíz de Temporal”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Papa de Riego en Invierno”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Pino Piñonero”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Sorgo de Riego”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Sorgo de Temporal”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Trigo de Riego”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Trigo de Temporal”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

SAGARPA. “Superficies Potenciales para Zacate Buffel de Temporal”, (1998), [PDF]. Centro de Investigación de Roque. Guanajuato, México.

Sanz, R. A. Estadística y Agricultura. “Estadística Española” [en línea]. (1990), vol. 32, num. 125, pp. 477-503. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.ine.es/ss/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadernamel=Content-Disposition&blobheadervalue1=attachment%3B+filename%3D1002%2F240%2F125_1.pdf&blobkey=urldata&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1002%2F240%2F125_1.pdf&ssbinary=true>

Singh, Paul R. “Explore Food Engineering”, (2010). [Consulta: Agosto 31, 2010] de <<http://rpaulsingh.com/problems/problemsbyname.htm>>.

Silva Moreno, Arturo, Consuelo de Jesús Cortés Penagos and Berenice Yahuaca Juárez. "Evolución de indicadores de calidad de guayaba almacenada en frigorífico ." (2010), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Schneider, G. "Process Analysis with design of experiments". Suiza. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.queng.ch/resources/process_analysis.pdf>

Smith, A. "GlaxoSmithKline Shortens R&D Cycle with JMP's Design of Experiments", (2002), [en línea]. Scientific Computing & Instrumentation. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <http://www.jmp.com/software/success/pdf/jmpsuccess_gsk.pdf>.

Sportlife.es. "Nutrición- alimentación de la A a la Z.", "Guayaba, vitaminas exóticas", (2010), [Consulta: 22 Agosto 2010] <<http://www.sportlife.es/front/nutricion/alimento/2c90b48b12715728011295f2b1a3022c>>.

Stigler, S. M. How Roland Fisher became a Mathematical Statistician. "Mathematics and Social Science" [en línea]. (2006), num. 176, pp. 23-30. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://msh.revues.org/3631?file=1>>

"Universidad Nacional de Colombia". (2010). [Consulta: 20 de julio de 2010] <<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obnecfru/p3.htm>>.

Ugalde Albístegui, M.; Zurbano Bolinaga, V. "Creatividad e Innovación: Nuevas Ideas, Viejos Principios" [en línea]. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.euskalit.net/nueva/images/stories/documentos/innovacion/creat09.pdf>>

Valderrama, José. "Información Tecnológica", (2000). Chile: Editorial del Norte.

Varnam, Alan and Jane Sutherland. "Bebidas", (1994). Zaragoza: Acribia.

"Viscosidad, consistencia y textura en los alimentos". (2010). Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela. [Consulta: 18 de julio de 2010] <<http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/mmedina/archivos/Practica4.pdf>>.

Veracruz, Gobierno del Estado de. "Potencial Agroindustrial de Fresa en Chihuahua", (2002).

"Viscosidad, consistencia y textura en los alimentos." (2010). Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela. [Consulta: 18 julio 2010] <<http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/mmedina/archivos/Practica4.pdf>>.

vivir-sano. "vivir-sano.net." (2009). Germen de Trigo: Gran poder Antioxidante. [Consulta: 24 Agosto 2010] <<http://www.vivir-sano.net/diccionario-de-la-salud/germen-de-trigo-gran-poder-antioxidante/>>.

Walter R. C. Diseño de Ensayos a Campo y Análisis de Datos: Herramientas para la Toma de Decisión Bajo Incertidumbre en la Empresa Agropecuaria. “5to. Curso de Agricultura de Precisión. Hacia una Agricultura Sustentable”, (2004). [PDF]. INTA.

Wheatley, C. “Adding Value to Root and Tuber Crops: A Manual on Product Development. No. 247”, (1995). CIAT. ISBN: 958-9439-14-4.

Zhan, H. F. [et al.]. A Web-based Collaborative Product Design Platform for Dispersed Network Manufacturing. “ELSEVIER Journal of Materials Processing Technology”, (2003). [en línea]. Vol. 138, Issues 1-3, pp. 600-604. [Consulta: 16 febrero 2014]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013603001560>>

Glosario

Adherencia	Unión física de las cosas.
Afinina	Sustancia responsable de los efectos biológicos del chilcuague.
Agrotronica	Disciplina que fusiona la agronomía y la mecatrónica.
Amilopeptina	Carbohidrato a base de amilopeptina de almidón modificado por lo que aporta una efectiva carga de energía muscular (glucógeno) de una biodisponibilidad poco común.
Amilosa	Polisacárido constituyente del almidón, formado por moléculas de glucosa.
Análisis sensorial	El análisis sensorial es una disciplina usada para conocer las propiedades organolépticas de los alimentos, así como de productos de la industria farmacéutica, cosméticos, etc, por medio de los sentidos.
Alcamida	Se considera un metabolito secundario que está presente en raíces como el chilcuague.
Bagazo	Residuo de una materia de la que se ha extraído el jugo.
Chilcuague	Conocido como chilcuan, es un arbusto silvestre mexicano también conocido como pelitre o chilcuague que proviene del náhuatl " <i>Chilmecatl</i> " que significa hilo debido a los delgado de las raíces de la planta.
Cacao	Polvo que se obtiene moliendo los granos del árbol de cacao, chocolate.
Canasta básica	Conjunto de bienes y servicios indispensables para que una familia pueda satisfacer sus necesidades básicas.
Colorimetro	Herramienta que identifica el color y matiz para una medida más objetiva del color.
Endemico	Planta cuya área de distribución queda restringida a una determinada región del país.
Exógeno	Variable externa.
Grados Brix	Miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido.
Heterogéneo	Compuesto de partes de diversa naturaleza.
Hongos	Grupo de seres vivos diferentes a las plantas y a los animales.
Manteca	Aceite vegetal solidificado tras ser sometido a un proceso de hidrogenación.
Matematización	Convertir a lenguaje matemático cualquier proposición.
Organoléptica	Dicho de una propiedad de un cuerpo que se puede percibir por los sentidos.
pH	Es la medida de acidez o alcalinidad de una solución.
Poka Yoque	A prueba de errores
Refactómetro	Dispositivo que permite obtener una medición del índice de refracción de un líquido depositándolo sobre una superficie de vidrio.
Sesgada	Término usado en estadística para indicar la dirección de la distribución
Sedimento	Materia que, habiendo estado suspensa en un líquido, se posa en el fondo por su mayor gravedad.
Tecnificación	Proceso de tecnificar en el contexto de la tesis, el campo.
Varianza	Variabilidad de una población respecto a la media.
Viscosidad	Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.

Listado de abreviaturas y símbolos.

ANOVA	Acrónimo en inglés para análisis de varianza
ASOCREA	Asociación de creatividad
CAD	Centro de Apoyo al Desarrollo
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
DOE	Acrónimo en inglés para diseño de experimentos
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, geografía e
Ha	Hectáreas
LGDS	Ley General de Derechos Sociales
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SAGARPA	Secretaría de Ganadería, Agricultura y Recursos Pecuarios
SCE	Suma de cuadrados del error.
SCT	Suma de cuadrados del total
SCTrat	Suma de cuadrados del tratamiento.
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
Ton	Toneladas
TRIZ	Acrónimo ruso para teoría de resolución de problemas de inventiva.
F	Función de probabilidad estadística de Fisher
t	Función de probabilidad estadística de t de student.

ANEXO 1

La encuesta “Uso de la Estadística y Diseño de Experimentos en tu trabajo” está diseñada para Ingenieros y mandos medios en la industria preferentemente alimentaria y agroindustrial, pero abarca empresas del ramo de la electrónica, aeronáutica y automotriz en donde se plantean preguntas directas sobre el uso de la estadística en el trabajo y la aplicación del diseño de experimentos para resolver problemas de ingeniería, preferentemente de diseño o calidad y también detectar el uso que se le da en las fases de investigación y desarrollo.

Se realizaron dos encuestas con las mismas preguntas, en los años 2008 para detectar la problemática y posteriormente en las mismas empresas pero con diferentes empleados que hubieran sido impactados directa o indirectamente por los planteamientos de esta tesis o por haber tomado un curso impartido por quien redacta la tesis en donde uno de los temas del curso estuviera la estadística y/o el diseño de experimentos.

Las preguntas realizadas se hicieron a través de correo electrónico en el año 2008 y en el 2015 a través de la plataforma SurveyMonkey, se presentan el formato así como los resultados.

Encuestas realizadas

1. ¿Utilizas la estadística en tu trabajo / práctica profesional?

Si
No

2. ¿Cómo aprendiste estadística?

Resolviendo problemas
Aplicando estadística en casos reales
Como receta de cocina

3. ¿Qué porcentaje de importancia le das al uso de la estadística en tu trabajo?

Entre un 10 y 30%
Entre un 31 y 60%
Entre un 61 y 80%
Entre un 81 y 100%

4. En la Universidad ¿Cursaste Análisis y Diseño de Experimentos?

Si
No

5. Si cursaste Análisis y Diseño de Experimentos, ¿Cómo lo aprendiste?

Resolviendo a mano problemas del libro,
Con casos y usando software estadístico y hojas de calculo
Como un capítulo más del curso de estadística.

6.- ¿Has usado Análisis y Diseño de Experimentos en tu trabajo para resolver un problema?

Si, de manera frecuente
A menudo
Nunca

7.- ¿Has usado Análisis y Diseño de Experimentos para el diseño de nuevos productos?

Si
No

8.- ¿Cómo te has sentido al usar la Estadística / Diseño de Experimentos en tu trabajo?

Es más cómodo resolver problemas del libro.

Me siento un ignorante y necesito repasar apuntes.

Tuve que tomar un curso de capacitación para aplicar la estadística.

No me siento capaz de modelar problemas y aplicar la estadística.

Sé resolver problemas pero no sé plantearlos.

Es una pérdida de tiempo.

9.- En general ¿Cómo me siento al usar la Estadística / Diseño de Experimentos en mi trabajo?

Es una pérdida de tiempo

Confío más en mi experiencia

Me siento incomodo

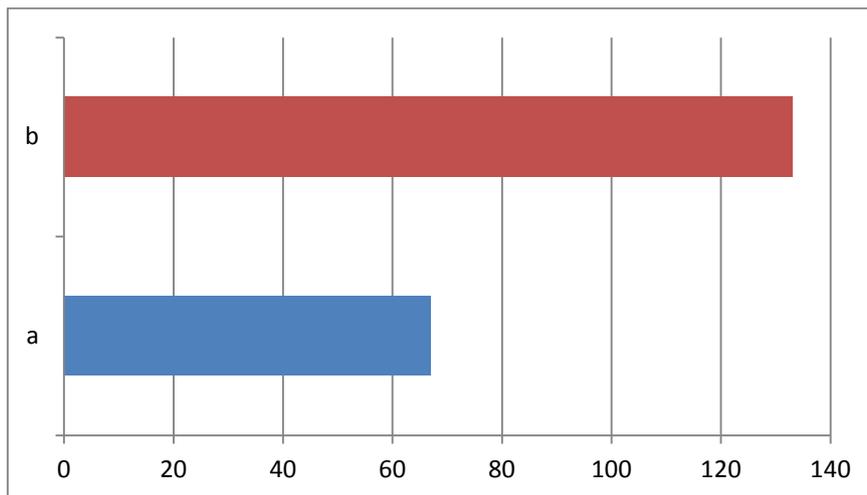
Se usar el software / hojas de cálculo pero no se que significa

Me siento muy preparado y confiado usándola.

10. Por favor describa como cree que debe preparar un profesor a sus alumnos en el aprendizaje de estadística y diseño de experimentos.

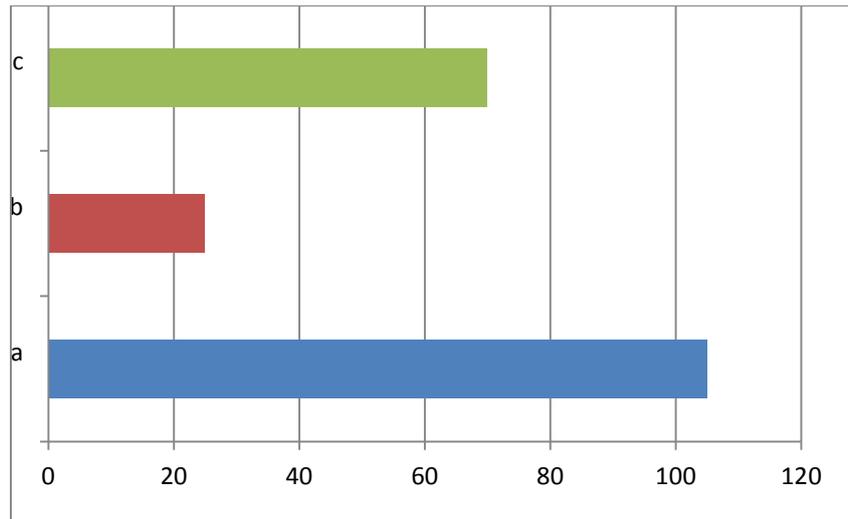
1. ¿Utilizas la estadística en tu trabajo / práctica profesional?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Si	67	33.50%
b. No	133	66.50%
Total	200	100.00 %



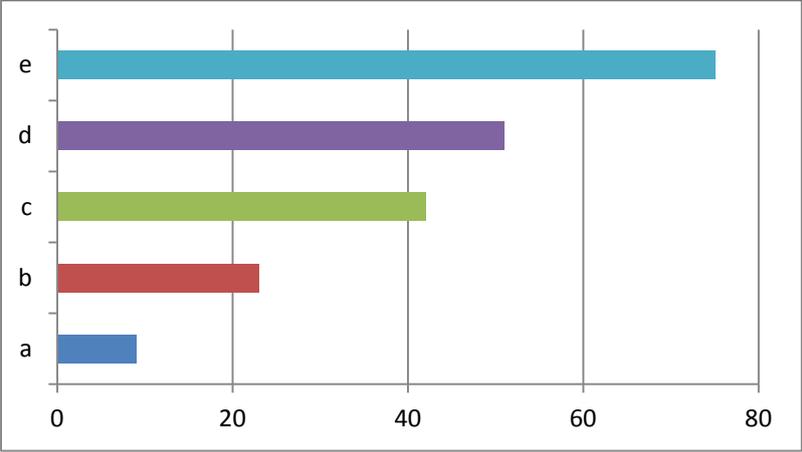
2. ¿Cómo aprendiste estadística?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Resolviendo problemas	105	52.50%
b. Aplicando estadística en casos reales	25	12.50%
c. Como receta de cocina	70	35.00%
Total	200	100.00%



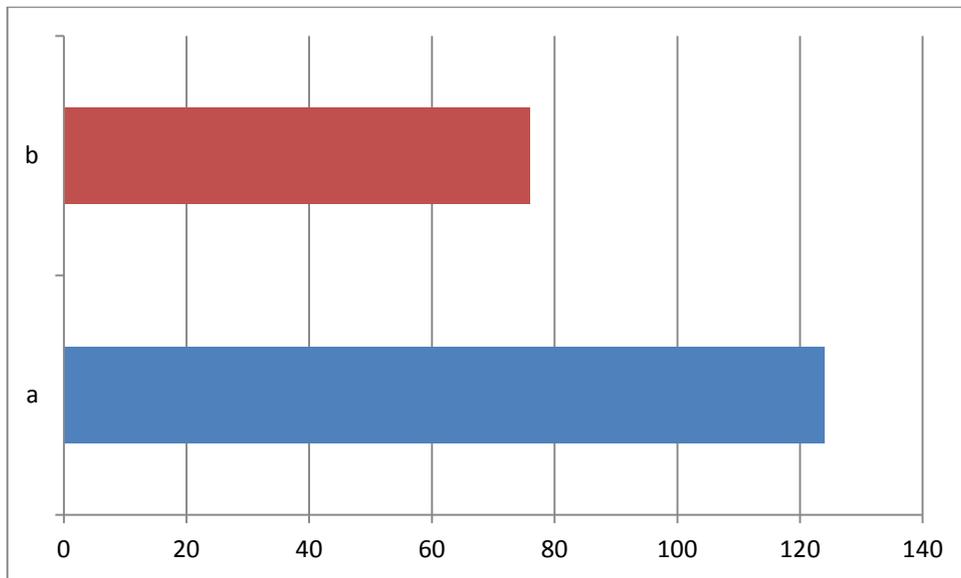
3. ¿Qué porcentaje de importancia le das al uso de la estadística en tu trabajo?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Ninguna	9	4.50%
b. Entre un 10 y 30%	23	11.50%
c. Entre un 31 y 60%	42	21.00%
d. Entre un 61 y 80%	51	25.50%
e. Entre un 81 y 100%	75	37.50%
Total	200	100.00%



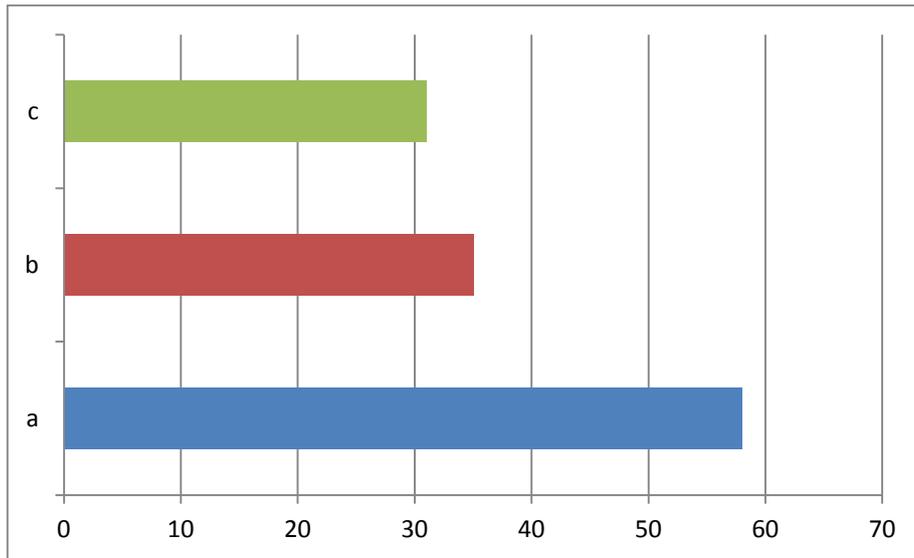
4. En la Universidad ¿Cursaste Análisis y Diseño de Experimentos?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Si	124	62.00%
b. No	76	38.00%
Total	200	100%



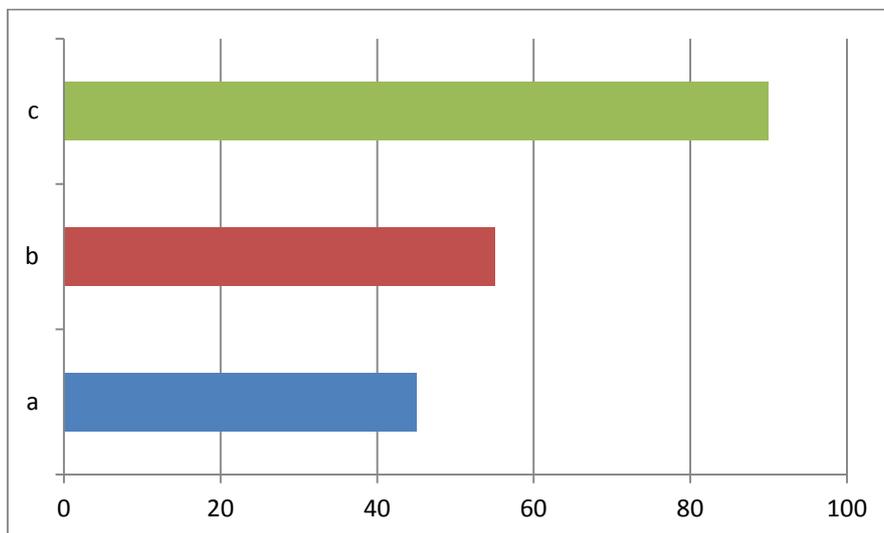
5. Si cursaste Análisis y Diseño de Experimentos, ¿Cómo lo aprendiste?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Resolviendo a mano problemas del libro,	58	46.77%
b. Con casos y usando software estadístico y hojas de calculo	35	28.23%
c. Como un capítulo más del curso de estadística.	31	25.00%
Total	124	100%



6.- ¿Has usado Análisis y Diseño de Experimentos en tu trabajo para resolver un problema?

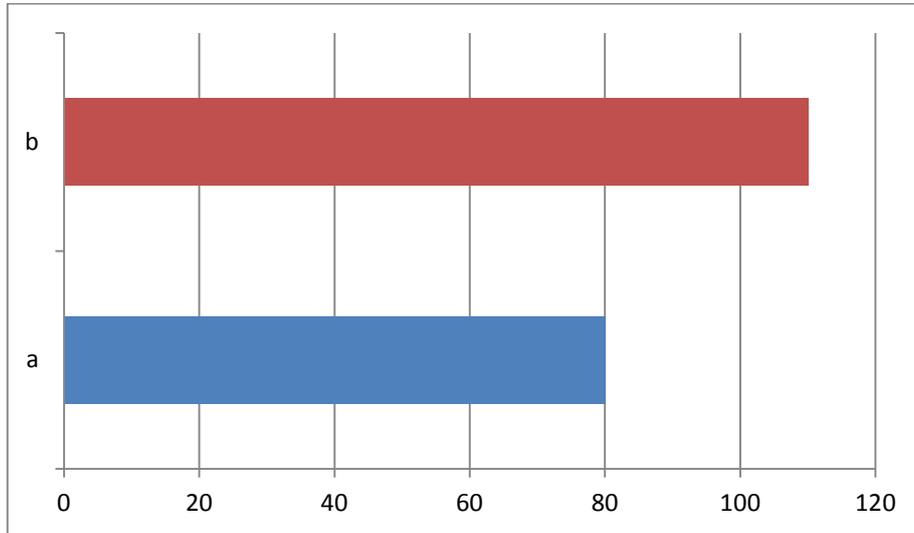
Opciones de respuesta	Respuestas	Porcentaje
a. Si, de manera frecuente	45	23.68%
b. A menudo	55	28.95%
c. Nunca	90	47.37%
Total	190	100.00%



7.- ¿Has usado Análisis y Diseño de Experimentos para el diseño de nuevos productos?

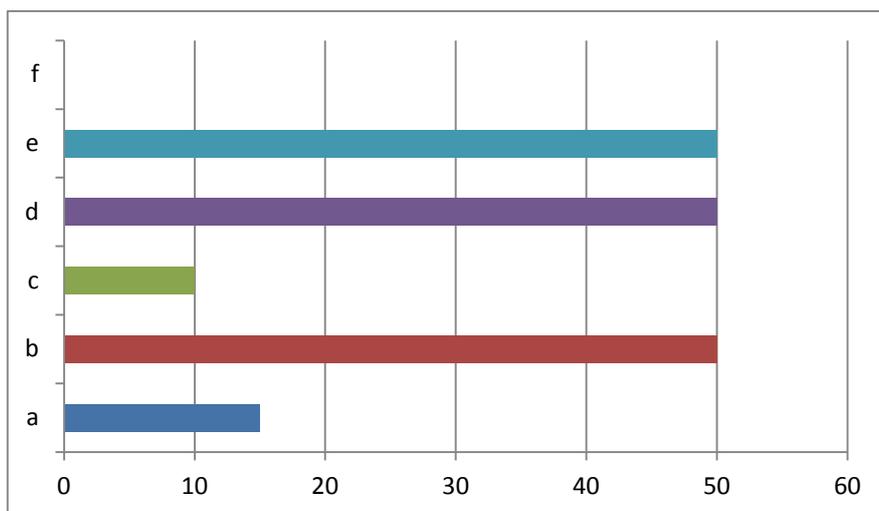
Opciones de respuesta	Respuestas	Porcentaje
a. Si	80	42.11%
b. No	110	57.89%

Total	190	100.00 %
-------	-----	-------------



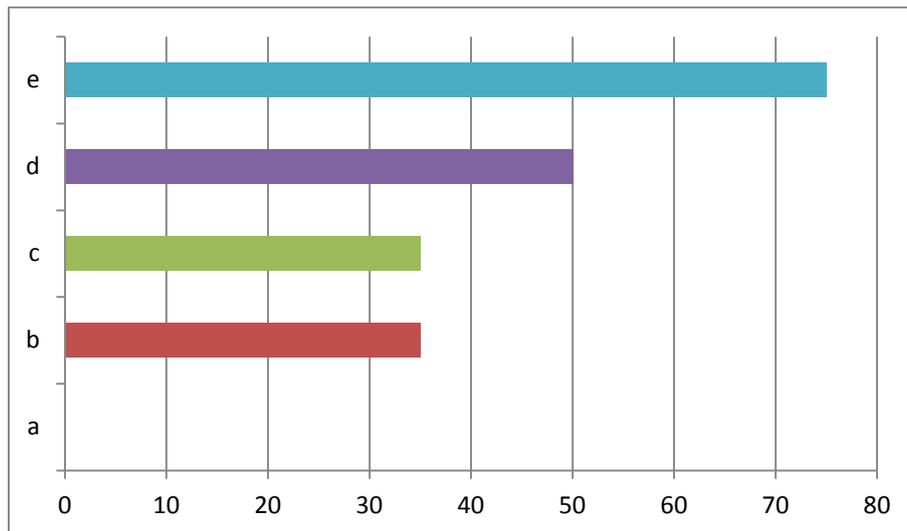
8.- ¿Cómo te has sentido al usar la Estadística / Diseño de Experimentos en tu trabajo?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Es más cómodo resolver problemas del libro.	15	8.57%
b. Me siento un ignorante y necesito repasar apuntes.	50	28.57%
c. Tuve que tomar un curso de capacitación para aplicar la estadística.	10	5.71%
d. No me siento capaz de modelar problemas y aplicar la estadística.	50	28.57%
e. Sé resolver problemas pero no sé plantearlos.	50	28.57%
f. Es una pérdida de tiempo.	0	0.00%
Total	175	100.00%



9.- En general ¿Cómo me siento al usar la Estadística / Diseño de Experimentos en mi trabajo?

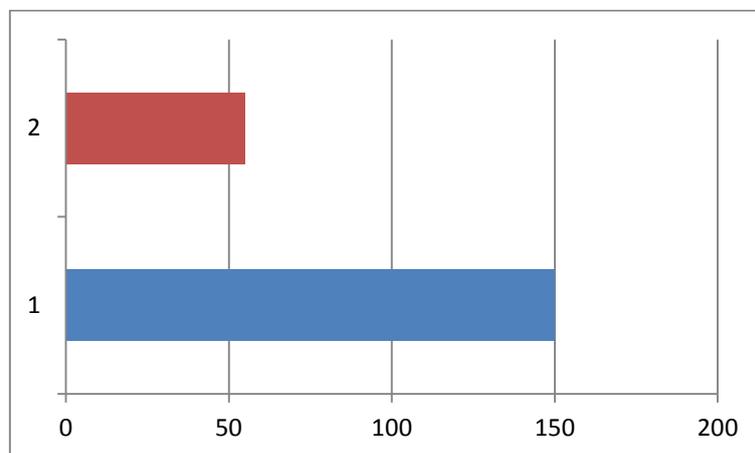
Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Es una pérdida de tiempo	0	0.00%
b. Confío más en mi experiencia	35	17.95%
c. Me siento incomodo	35	17.95%
d. Se usar el software / hojas de cálculo pero no se que significa	50	25.64%
e. Me siento muy preparado y confiado usándola.	75	38.46%
Total	195	100.00%



10. Por favor describa como cree que debe preparar un profesor a sus alumnos en el aprendizaje de estadística y diseño de experimentos.

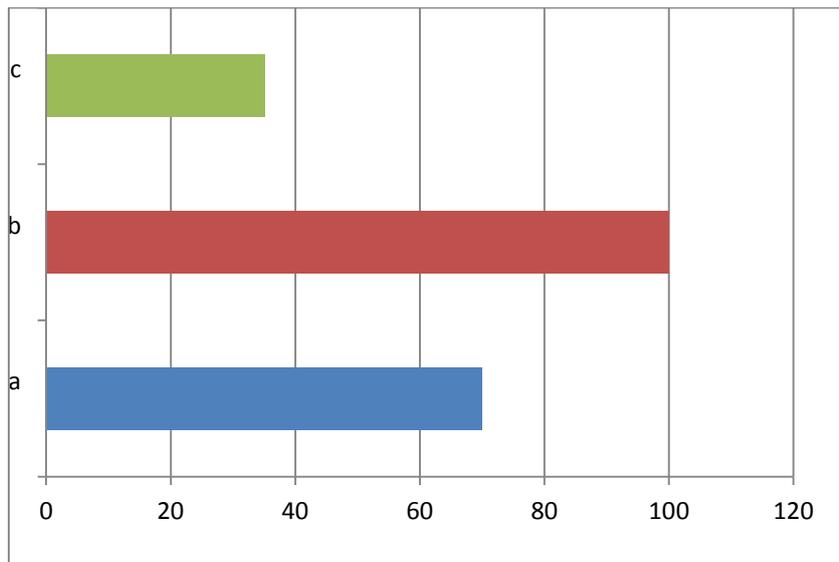
1. ¿Utilizas la estadística en tu trabajo / práctica profesional?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Si	150	73.17%
b. No	55	26.83%
Total	205	100.00%



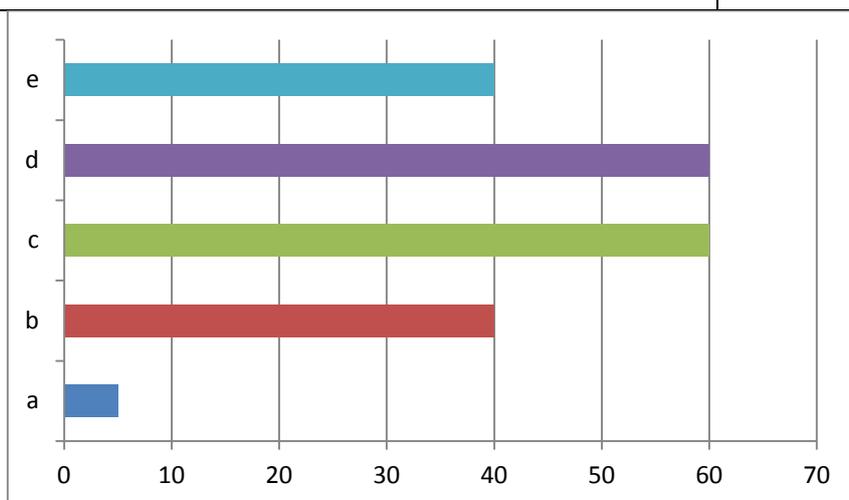
2. ¿Cómo aprendiste estadística?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Resolviendo problemas	70	34.15%
b. Aplicando estadística en casos reales	100	48.78%
c. Como receta de cocina	35	17.07%
	205	100.00%



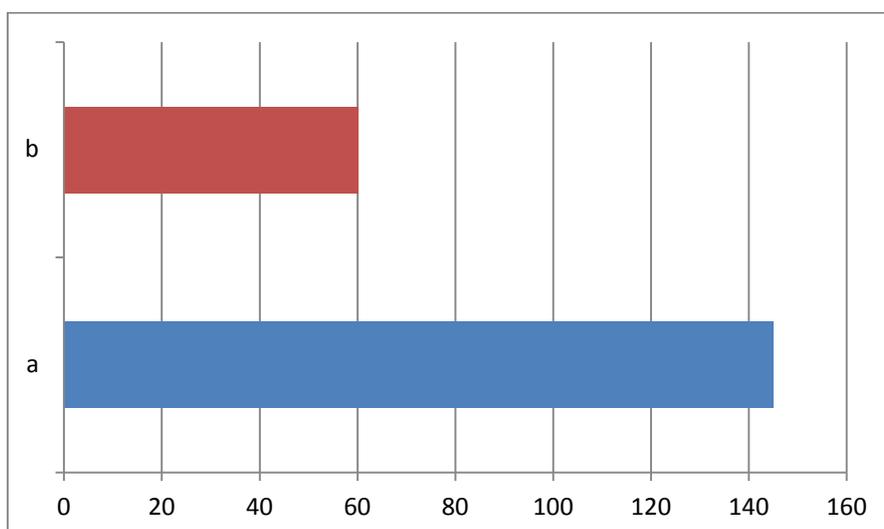
3. ¿Qué porcentaje de importancia le das al uso de la estadística en tu trabajo?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Ninguna	5	2.44%
b. Entre un 10 y 30%	40	19.51%
c. Entre un 31 y 60%	60	29.27%
d. Entre un 61 y 80%	60	29.27%
e. Entre un 81 y 100%	40	19.51%
Total	205	100.00%



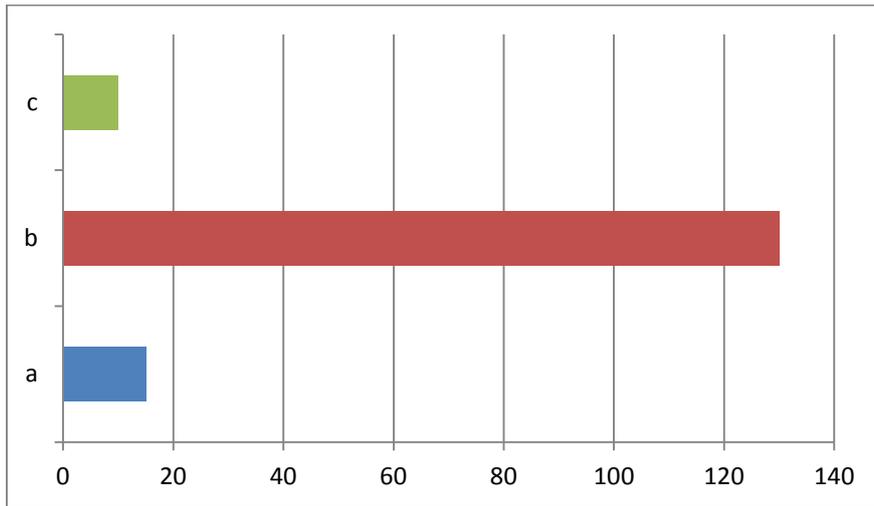
4. En la Universidad ¿Cursaste Análisis y Diseño de Experimentos?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Si	145	70.73%
b. No	60	29.27%
Total	205	100%



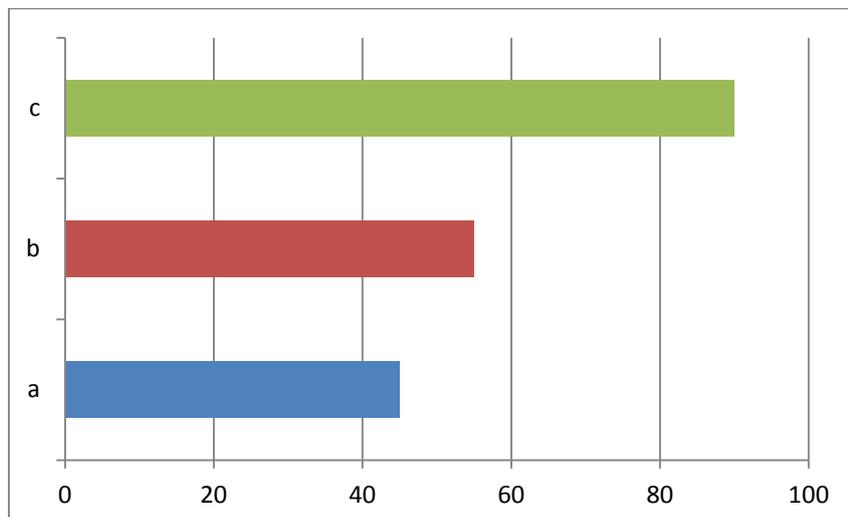
5. Si cursaste Análisis y Diseño de Experimentos, ¿Cómo lo aprendiste?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Resolviendo a mano problemas del libro,	15	9.68%
b. Con casos y usando software estadístico y hojas de calculo	130	83.87%
c. Como un capítulo más del curso de estadística.	10	6.45%
Total	155	100%



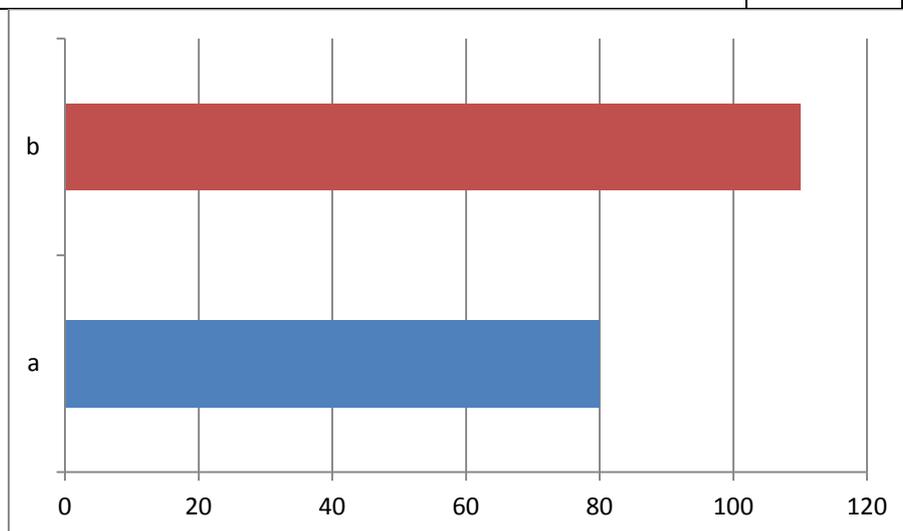
6.- ¿Has usado Análisis y Diseño de Experimentos en tu trabajo para resolver un problema?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Si, de manera frecuente	45	23.68%
b. A menudo	55	28.95%
c. Nunca	90	47.37%
Total	190	100.00%



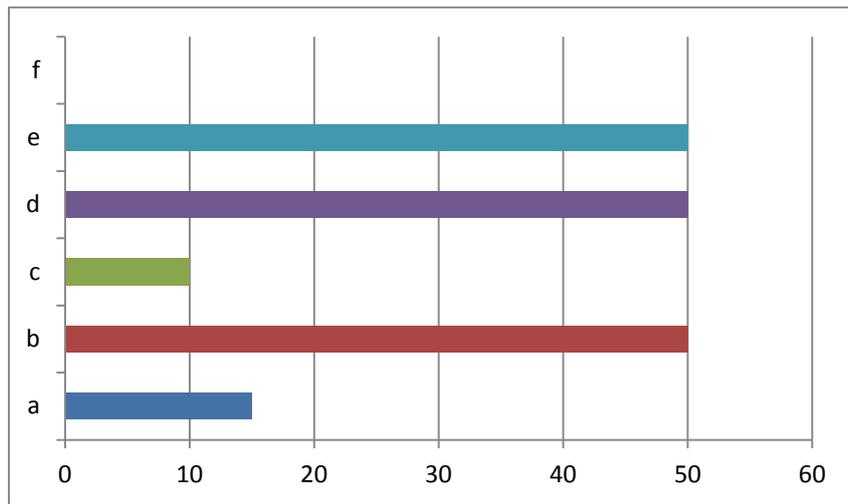
7.- ¿Has usado Análisis y Diseño de Experimentos para el diseño de nuevos productos?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Si	80	42.11%
b. No	110	57.89%
Total	190	100.00%



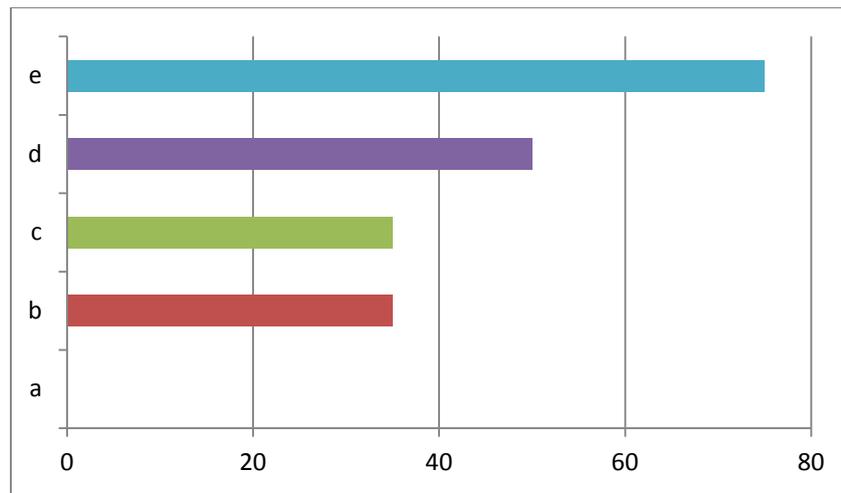
8.- ¿Cómo te has sentido al usar la Estadística / Diseño de Experimentos en tu trabajo?

Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Es más cómodo resolver problemas del libro.	15	8.57%
b. Me siento un ignorante y necesito repasar apuntes.	50	28.57%
c. Tuve que tomar un curso de capacitación para aplicar la estadística.	10	5.71%
d. No me siento capaz de modelar problemas y aplicar la estadística.	50	28.57%
e. Sé resolver problemas pero no sé plantearlos.	50	28.57%
f. Es una pérdida de tiempo.	0	0.00%
Total	175	100.00%



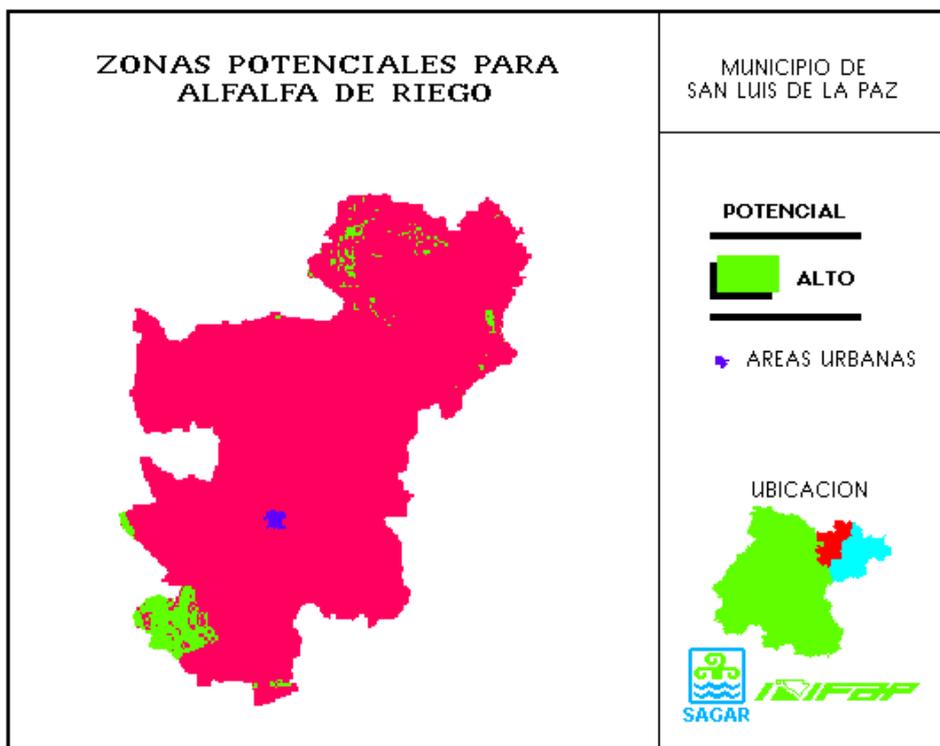
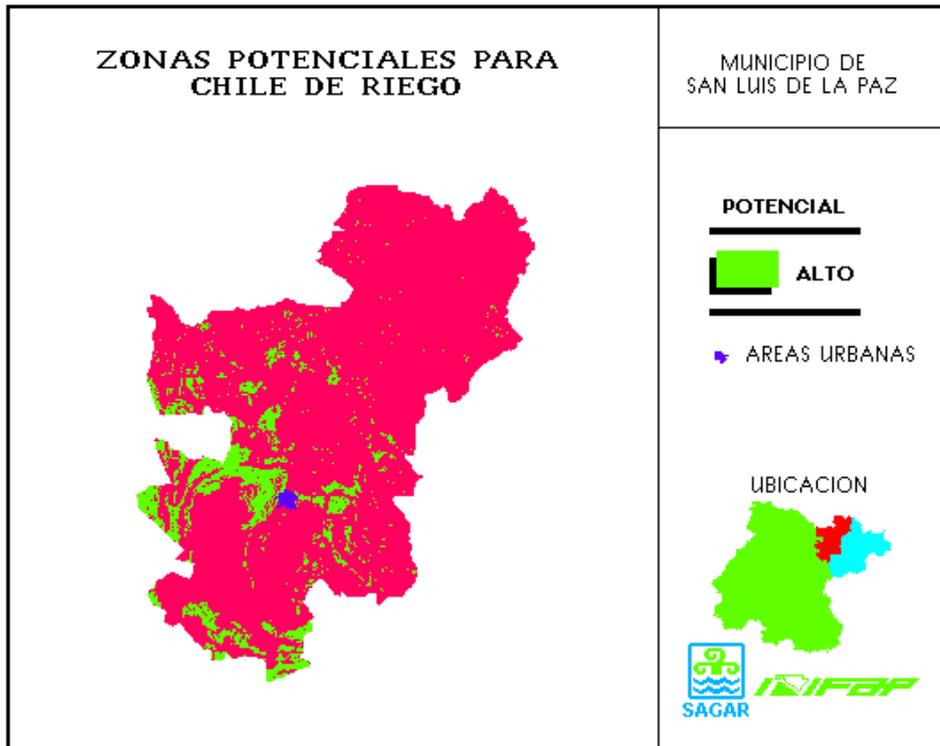
9.- En general ¿Cómo me siento al usar la Estadística / Diseño de Experimentos en mi trabajo?

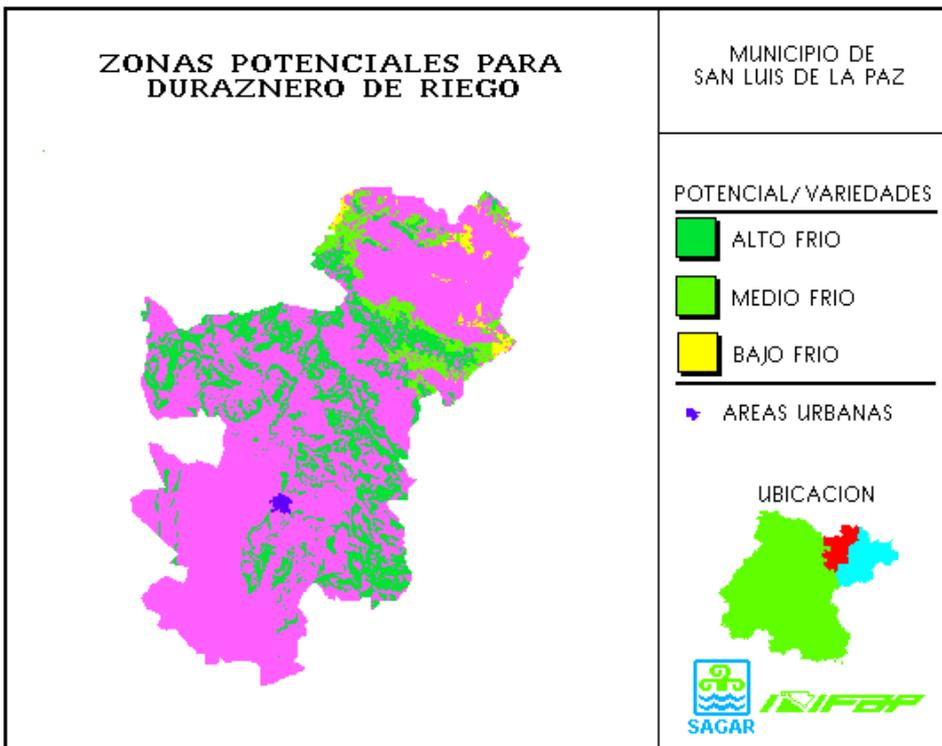
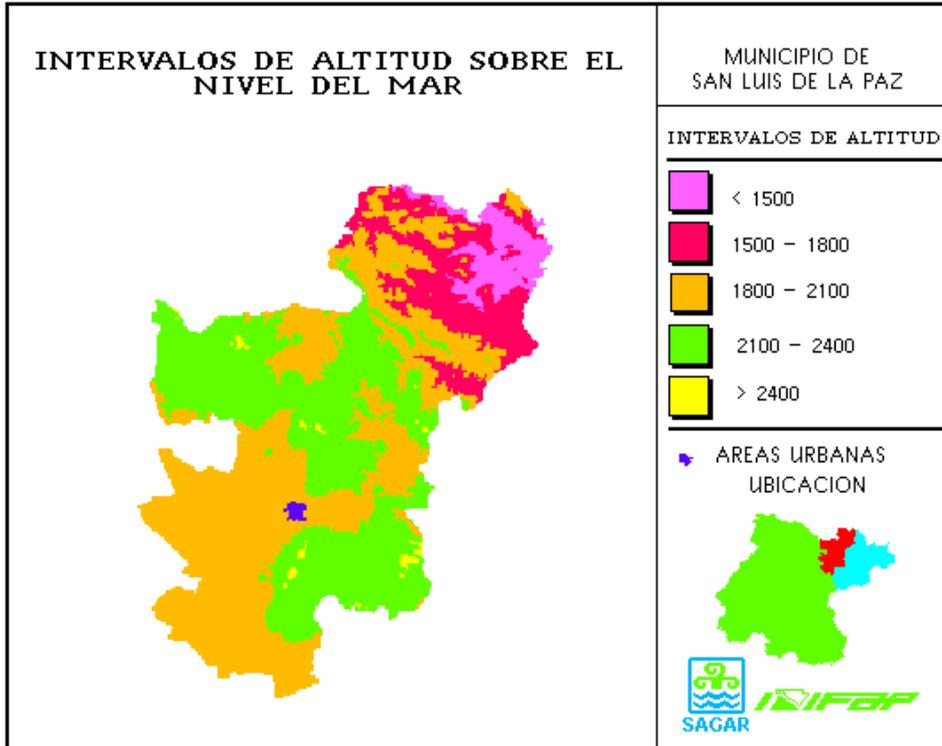
Opciones de respuesta	Respuestas	
a. Es una pérdida de tiempo	0	0.00%
b. Confío más en mi experiencia	35	17.95%
c. Me siento incomodo	35	17.95%
d. Se usar el software / hojas de cálculo pero no se que significa	50	25.64%
e. Me siento muy preparado y confiado usándola.	75	38.46%
Total	195	100.00%

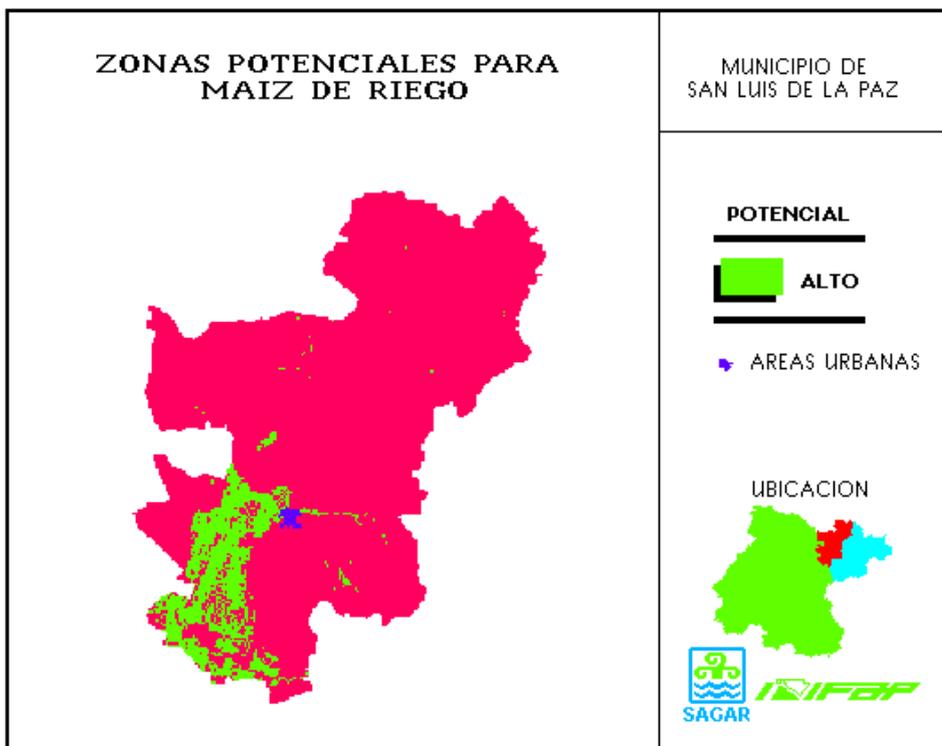
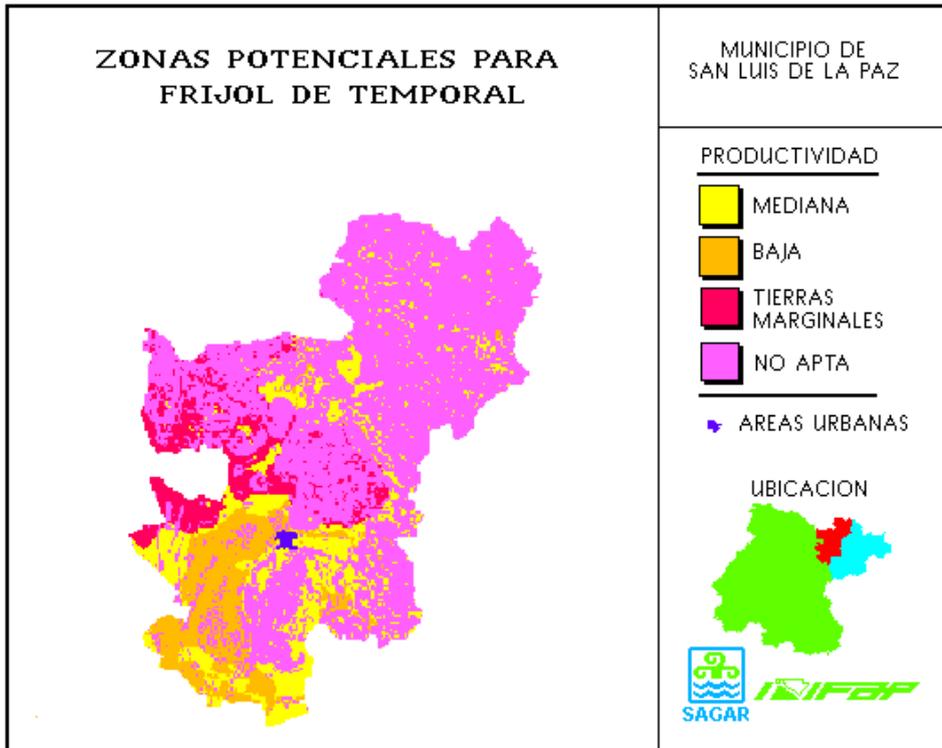


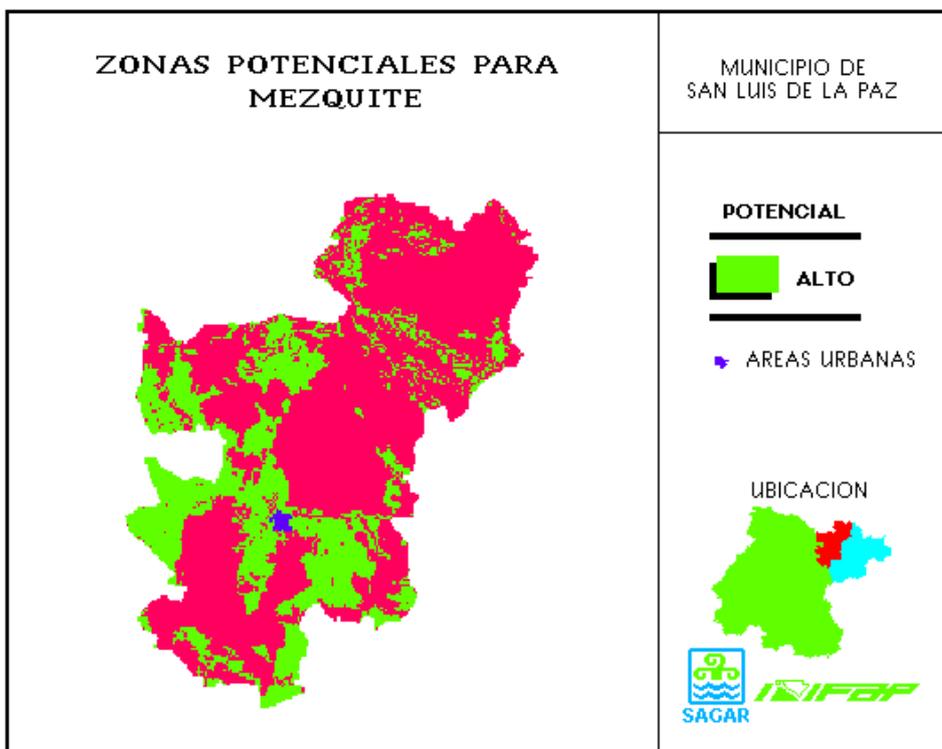
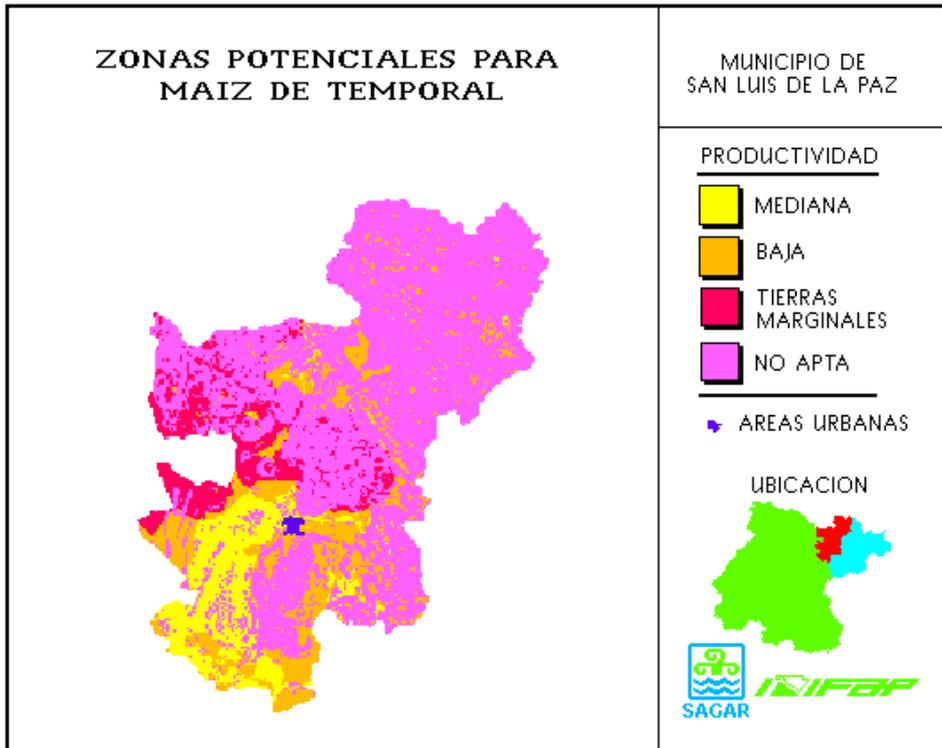
ANEXO 2

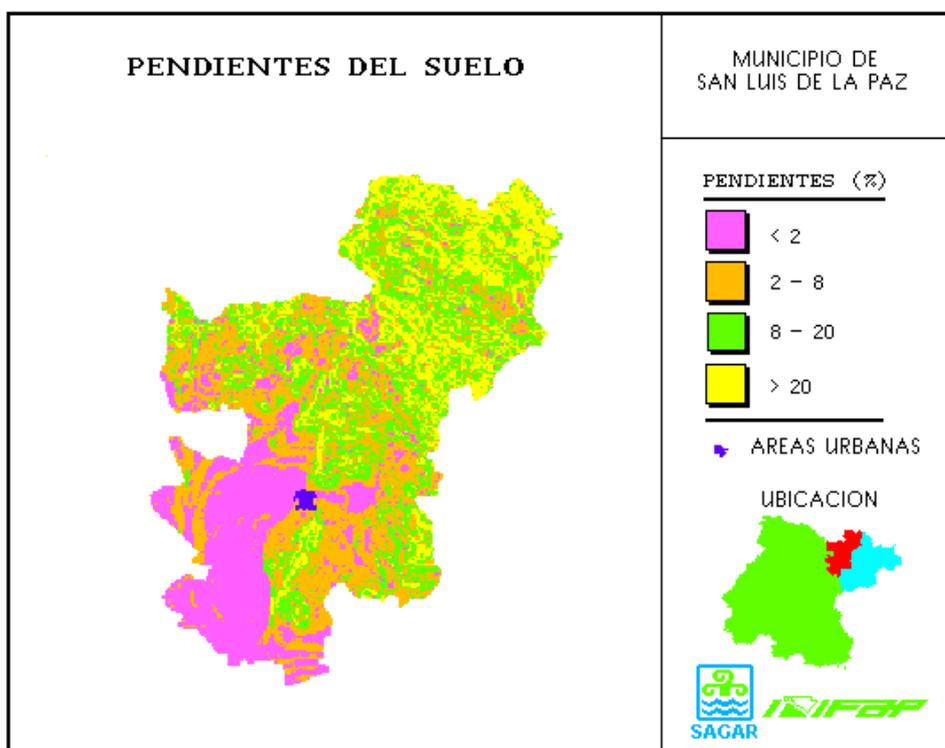
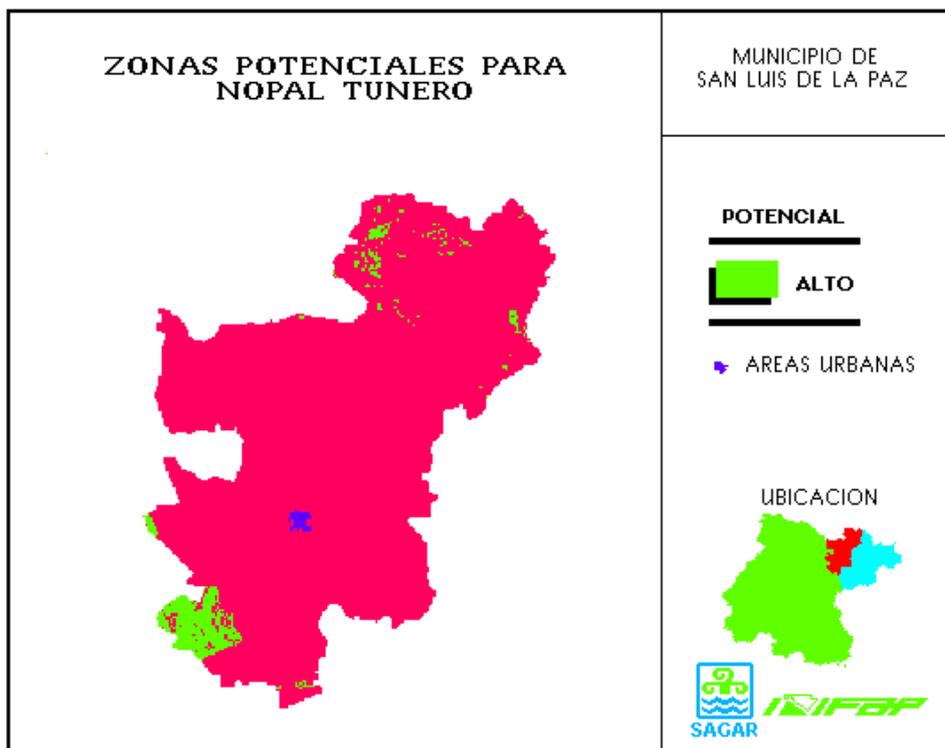
Cultivos de alto potencial Municipio San Luis de la Paz, Gto.

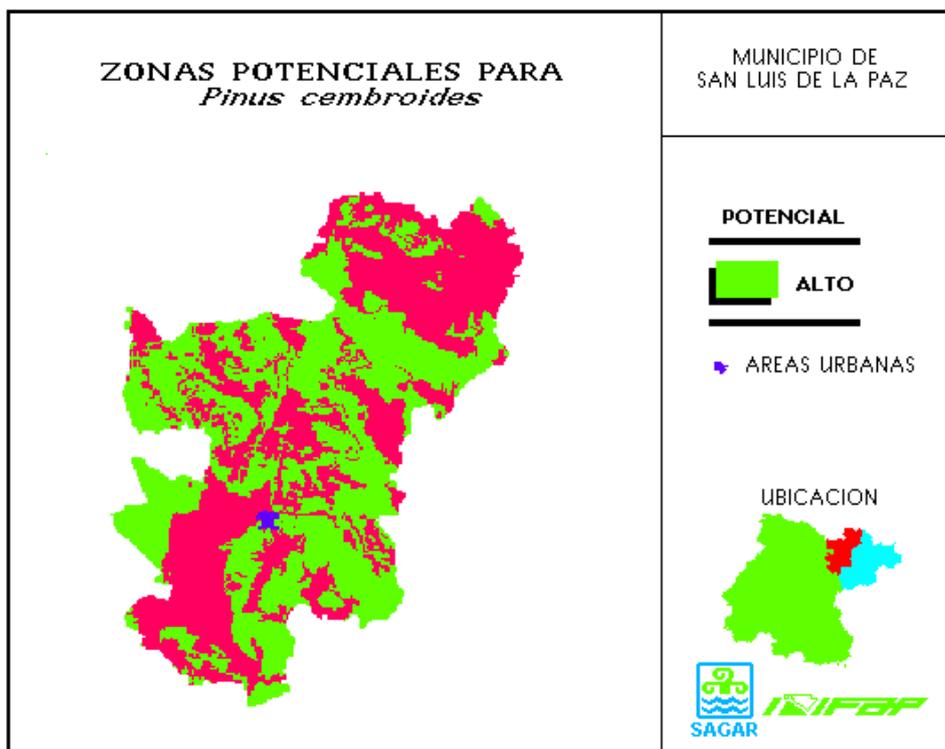
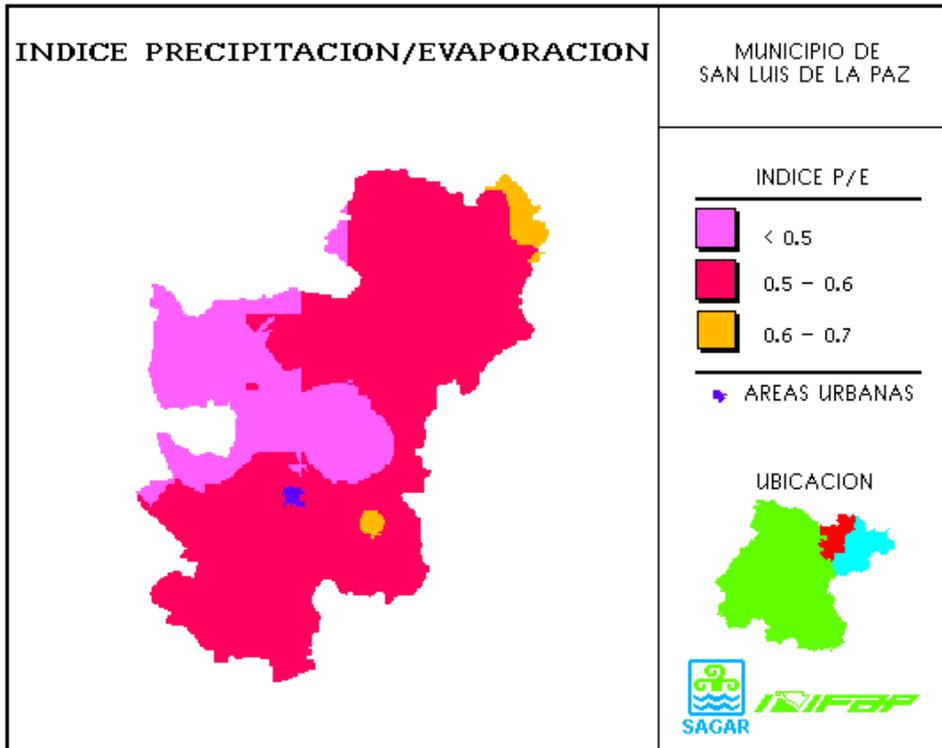


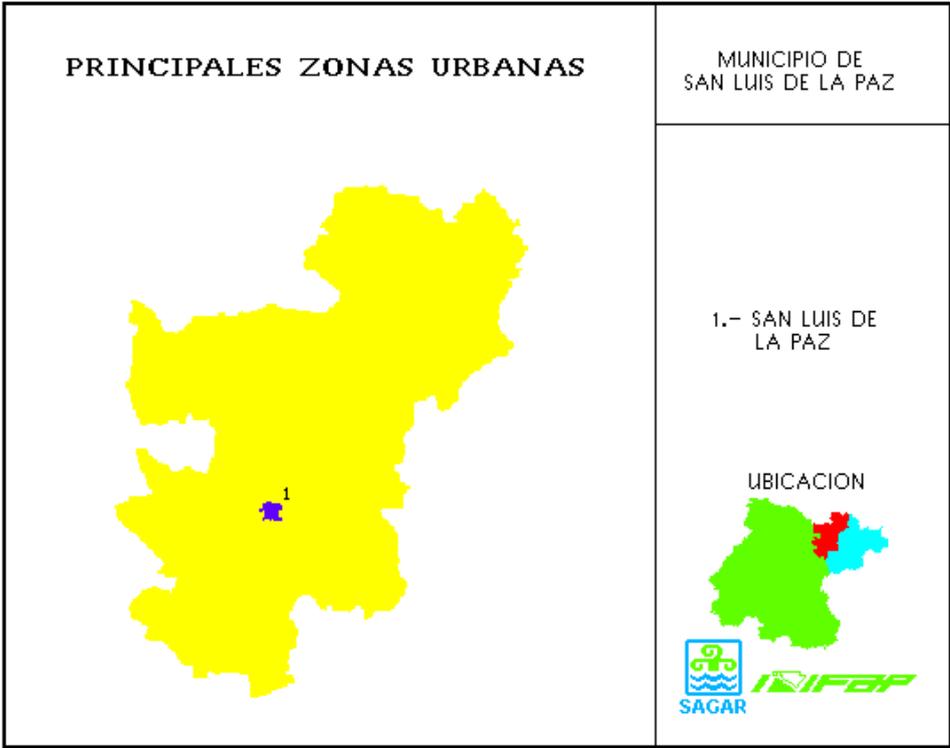
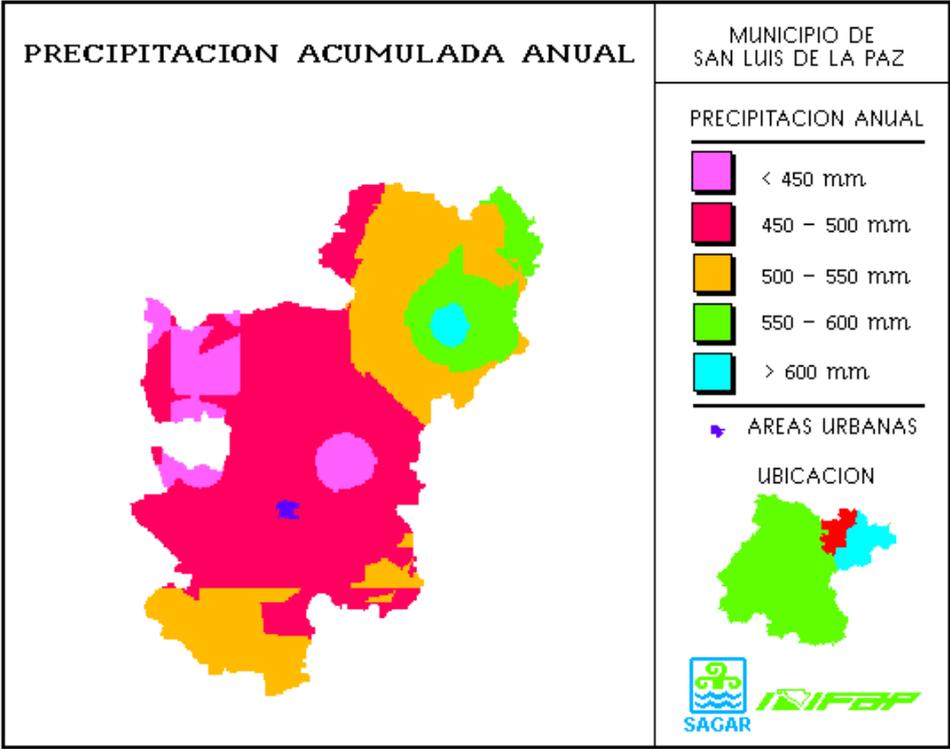


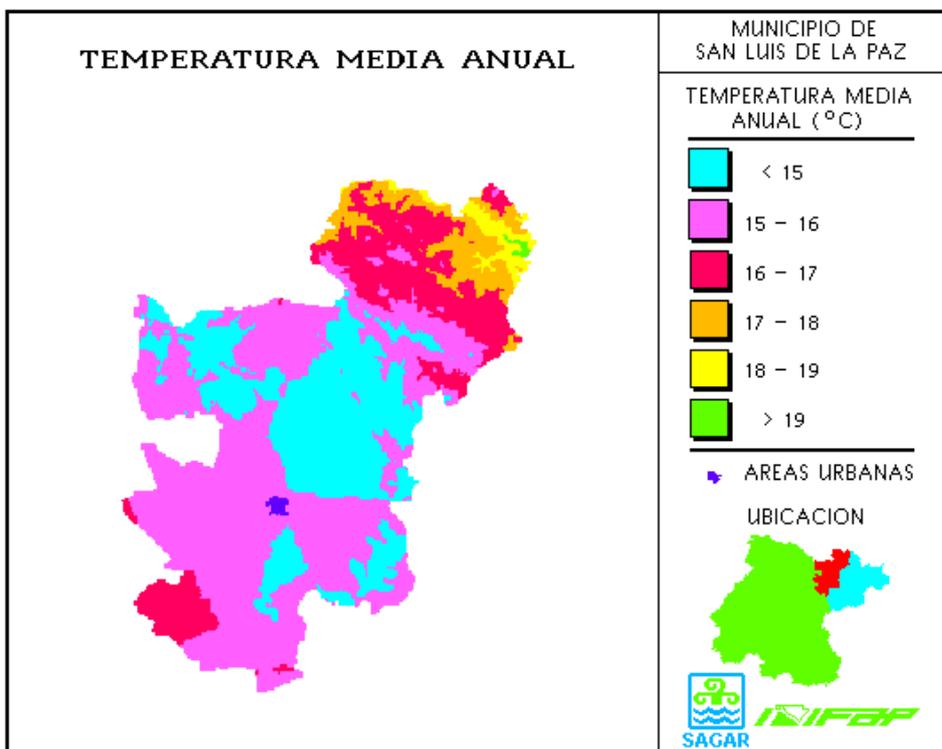
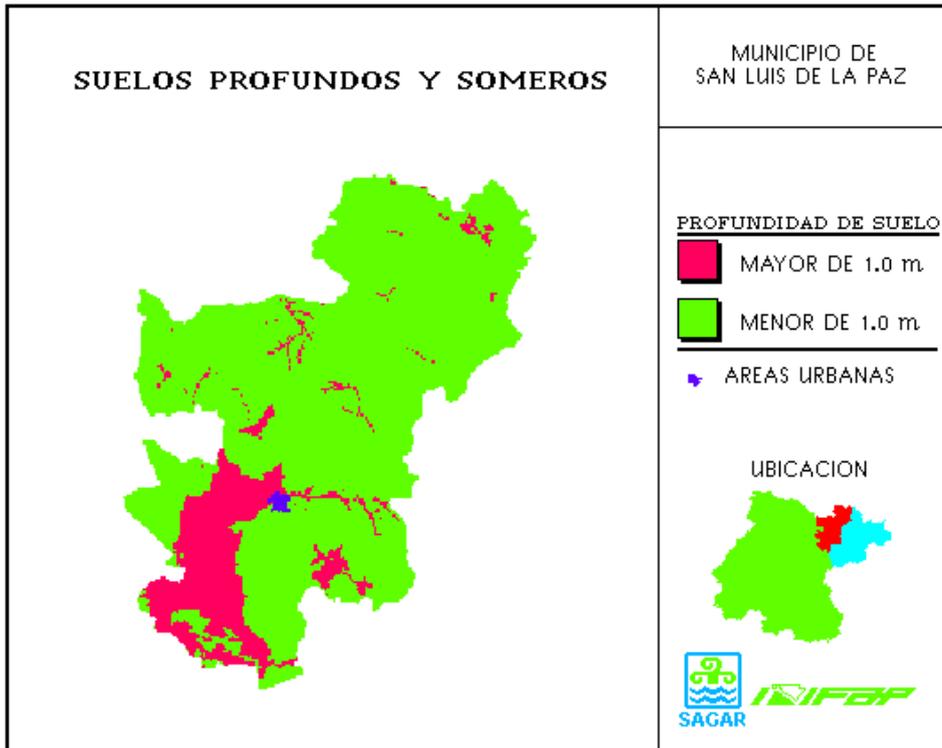






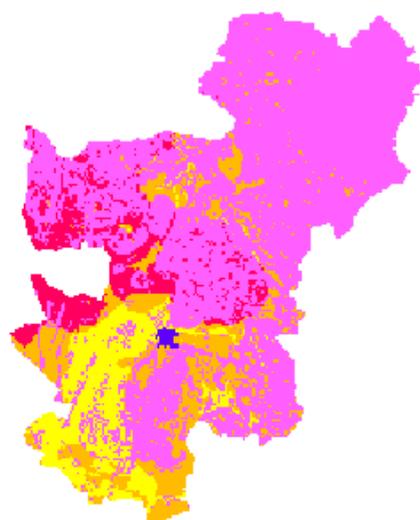






ZONAS POTENCIALES PARA TRIGO DE TEMPORAL

MUNICIPIO DE SAN LUIS DE LA PAZ



PRODUCTIVIDAD

-  MEDIANA
-  BAJA
-  TIERRAS MARGINALES
-  NO APTA

 AREAS URBANAS

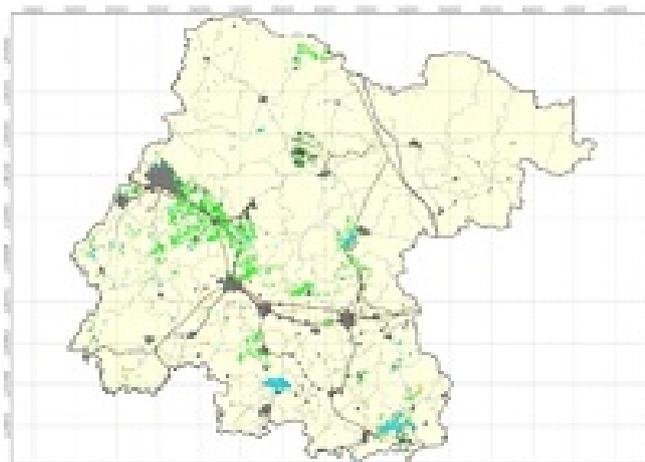
UBICACION



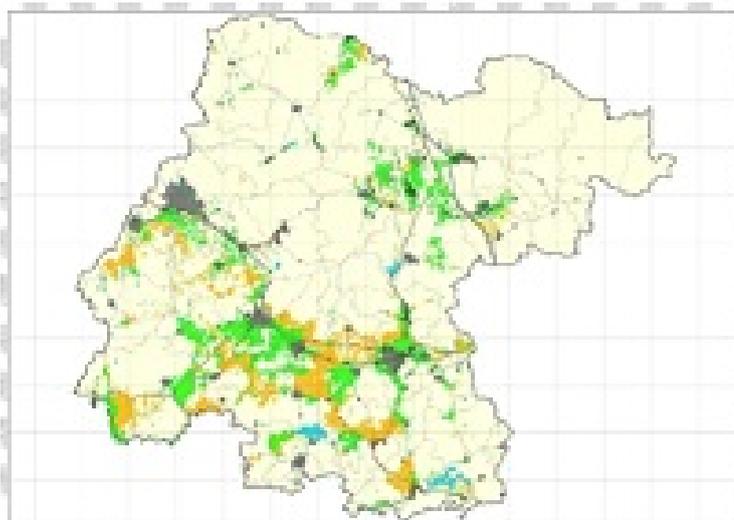
ANEXO 3

Cultivos de alto potencial zona norte del Estado de Guanajuato.

AGAVE DE TEMPORAL			
CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)			
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	7687.59	5499.01	0.00
DDR2	69.73	166.27	0.00
DDR3	3,150.20	32,954.90	326.51
DDR4	1,203.83	7,304.08	568.778
DDR5	2,829.27	14,003.98	1,292.96
TOTAL	14,940.62	59,928.26	2,188.25



AJOS BLANCOS DE RIEGO			
CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)			
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	14432.97	27172.21	8778.97
DDR2	5,924.73	10,158.20	3567.171
DDR3	777.85	17,798.55	26,062.86
DDR4	5,092.66	19,453.80	20971.827
DDR5	1,264.03	88,326.20	104,776.72
TOTAL	27,492.23	162,908.96	164,157.55



inipap
Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria

Mapa de Productividad para Ajos Blancos de Riego, Guanajuato FONDA - INIPAP 2008

LEGENDA

PRODUCTIVIDAD

- Buena
- Media
- Baja

OTROS

- Área Irrigada 2008
- Carretera Federal

OTROS ESTABLECIMIENTOS

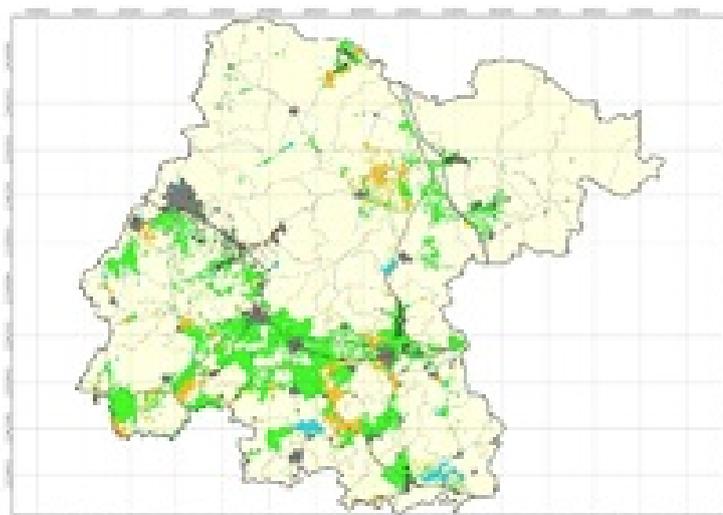
- Establecimiento de agua de consumo humano de calidad
- Establecimiento de agua de consumo humano de calidad
- Establecimiento de agua de consumo humano de calidad
- Establecimiento de agua de consumo humano de calidad
- Establecimiento de agua de consumo humano de calidad

LOCALIZACIÓN

0 0 30
Kilómetros

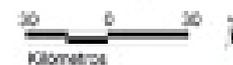
Mapa de Productividad para Ajos Blancos de Riego
Escala 1:100,000

AJOS MORADOS DE RIEGO			
CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)			
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	3825.94	24065.01	18548.32
DDR2	4,421.66	14,724.02	456.052
DDR3	9,012.14	31,197.55	5,172.97
DDR4	4,397.03	32,427.75	8481.02
DDR5	3,878.13	157,479.53	38,711.09
TOTAL	25,534.89	259,893.86	71,369.45



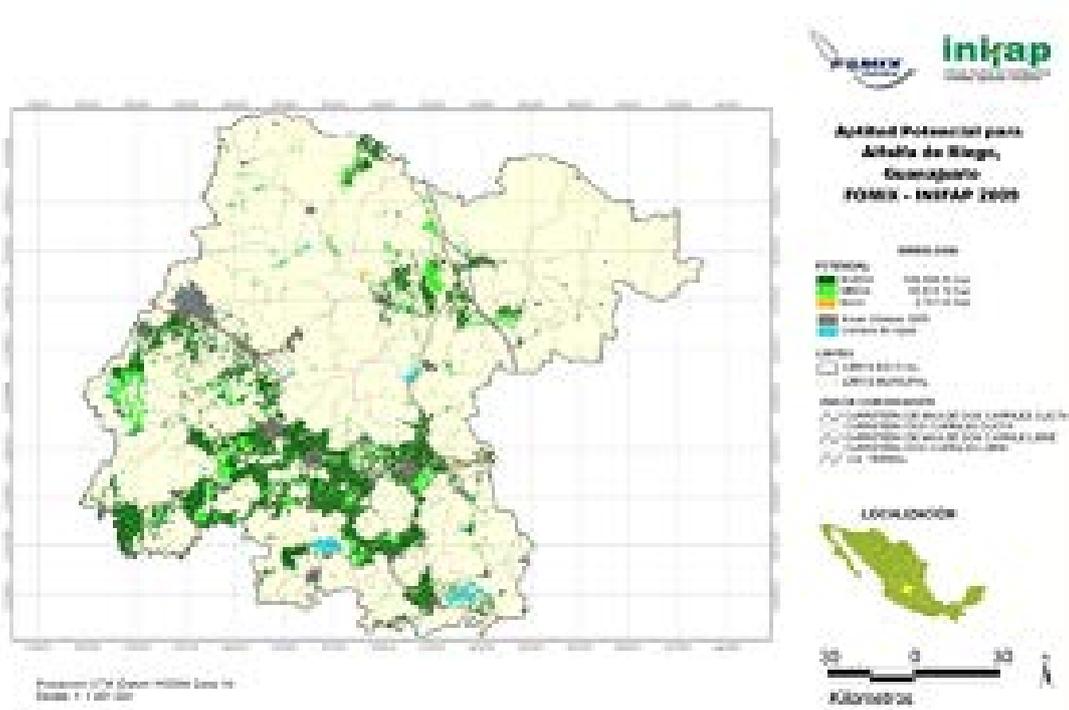
Aplicación Potencial para Ajos Morados de Riego, Coahuila de Zaragoza - FOROEX - INIFAP 2008

- POTENCIAL**
- Buena
 - Media
 - Baja
- USOS DEL SUELO**
- Uso Agrícola
 - Uso Forestal
 - Uso Urbano
 - Uso Industrial
 - Uso Recreativo
- USOS DEL AGUA**
- Uso Agrícola
 - Uso Industrial
 - Uso Urbano
 - Uso Recreativo
- USOS DEL AGUA**
- Uso Agrícola
 - Uso Industrial
 - Uso Urbano
 - Uso Recreativo

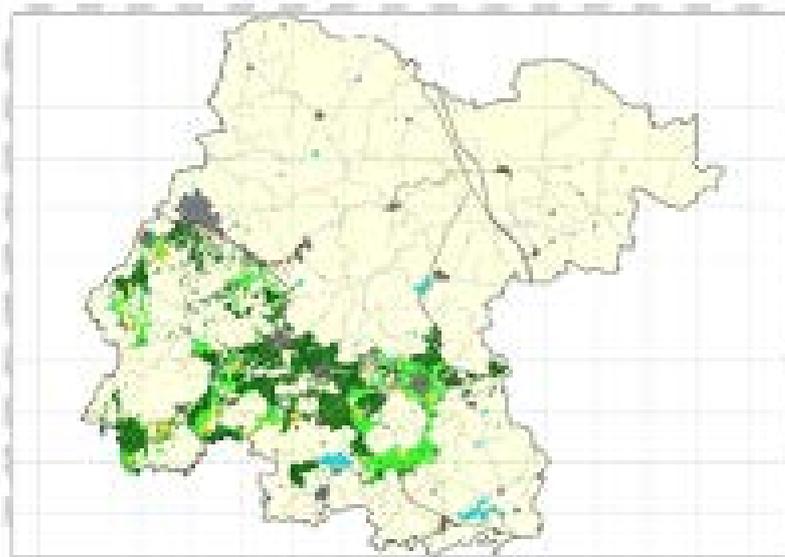


Escala 1:50,000
Fecha: 11/08/08

ALFALFA DE RIEGO			
CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)			
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	28983.69	17005.09	2471.83
DDR2	12,594.01	2,723.78	11.666
DDR3	40,212.57	14,280.66	29.74
DDR4	40,281.06	6,338.41	229.409
DDR5	186,384.24	25,485.79	24.39
TOTAL	308,455.57	65,833.72	2,767.03



CÁRTAMO DE RIEGO			
CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)			
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	0.00	0.00	0.00
DDR2	0.00	24.03	0
DDR3	30,848.65	16,160.29	4,502.97
DDR4	20,307.48	19,944.68	1529.137
DDR5	136,205.66	48,251.02	13,507.63
TOTAL	187,361.79	84,380.02	19,539.74



Elaboración: INIAP - Cuicuilco, México, 2008
Escala: 1:100,000

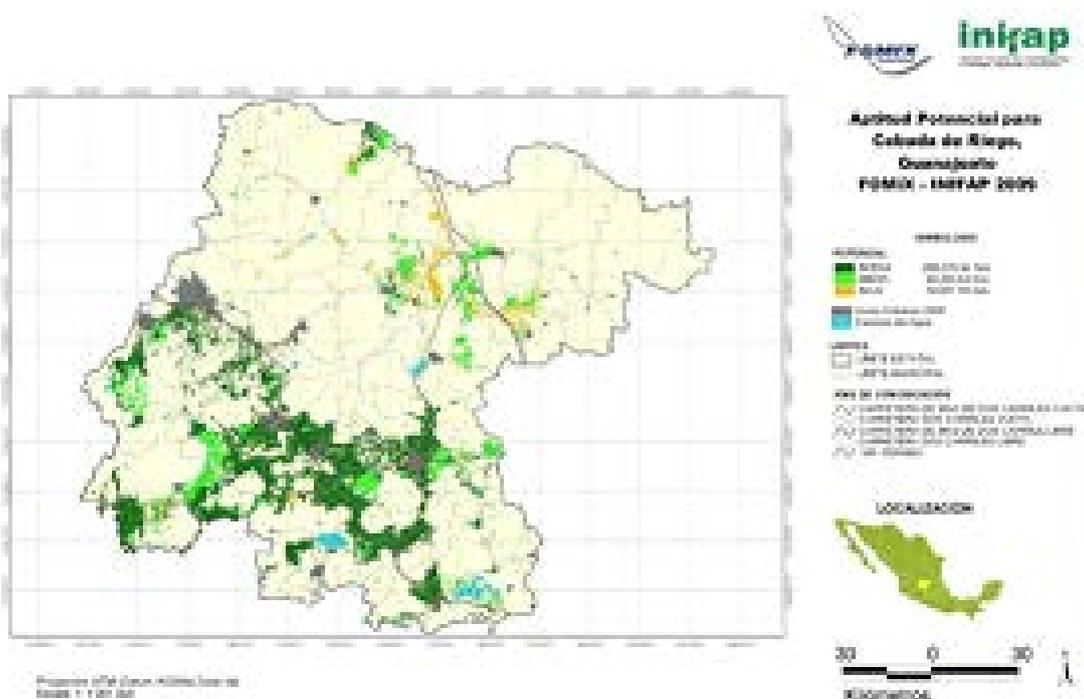


**Agencia Potencial para
Cártamo de Riego,
Cuicuilco
POMEX - INIAP 2008**

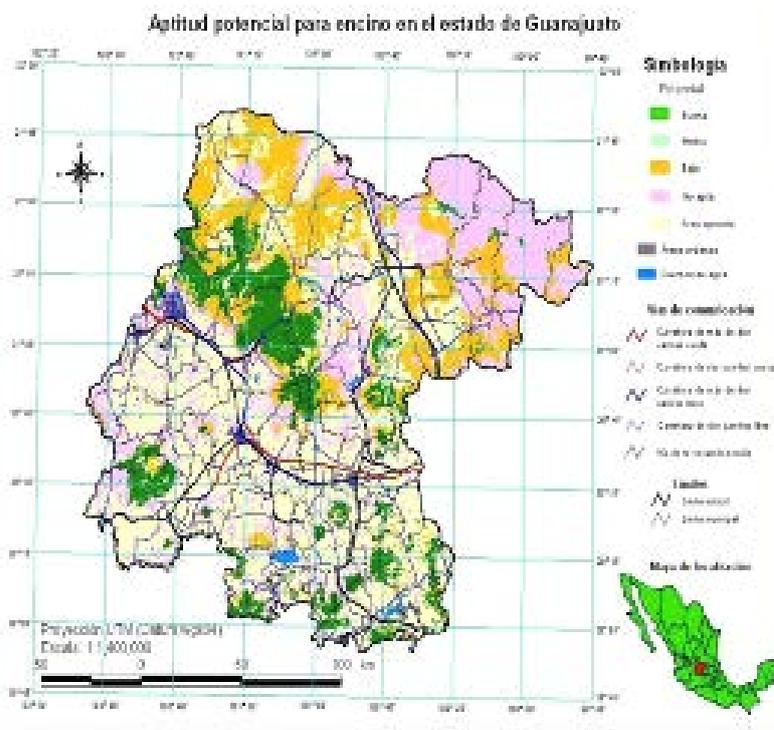
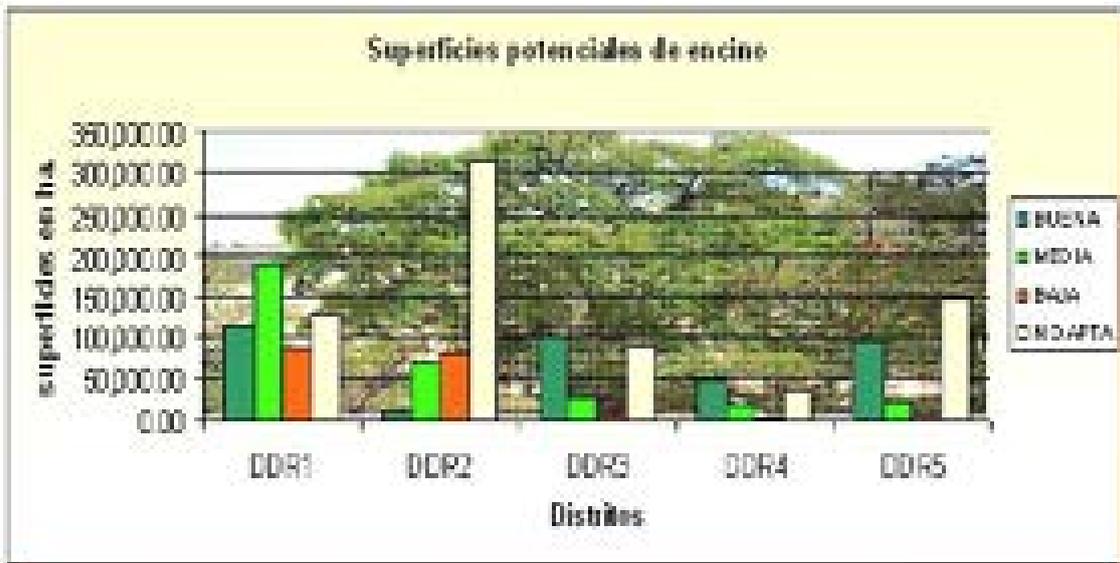
- LEGENDA**
- PRODUCTIVIDAD**
- Buena: 100,000 ha
 - Media: 50,000 ha
 - Baja: 10,000 ha
- OTROS**
- Límite municipal
 - Límite de riego
- OTROS SÍMBOLOS**
- Localidad de más de 100 habitantes
 - Localidad de 100 a 1,000 habitantes
 - Localidad de 10 a 100 habitantes
 - Localidad de menos de 10 habitantes
 - No tiene



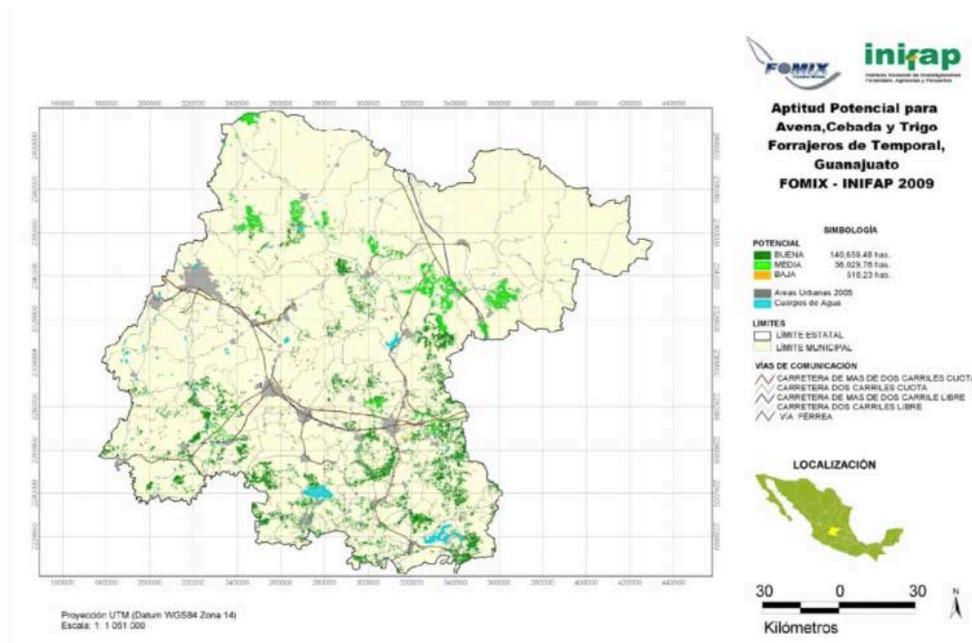
CEBADA DE RIEGO			
CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)			
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	8959.33	16445.57	20585.52
DDR2	1,240.55	10,966.81	7574.693
DDR3	44,423.84	9,449.00	529.53
DDR4	36,678.77	11,156.26	952.075
DDR5	174,848.17	34,234.32	5,285.77
TOTAL	266,150.66	82,251.95	34,927.58



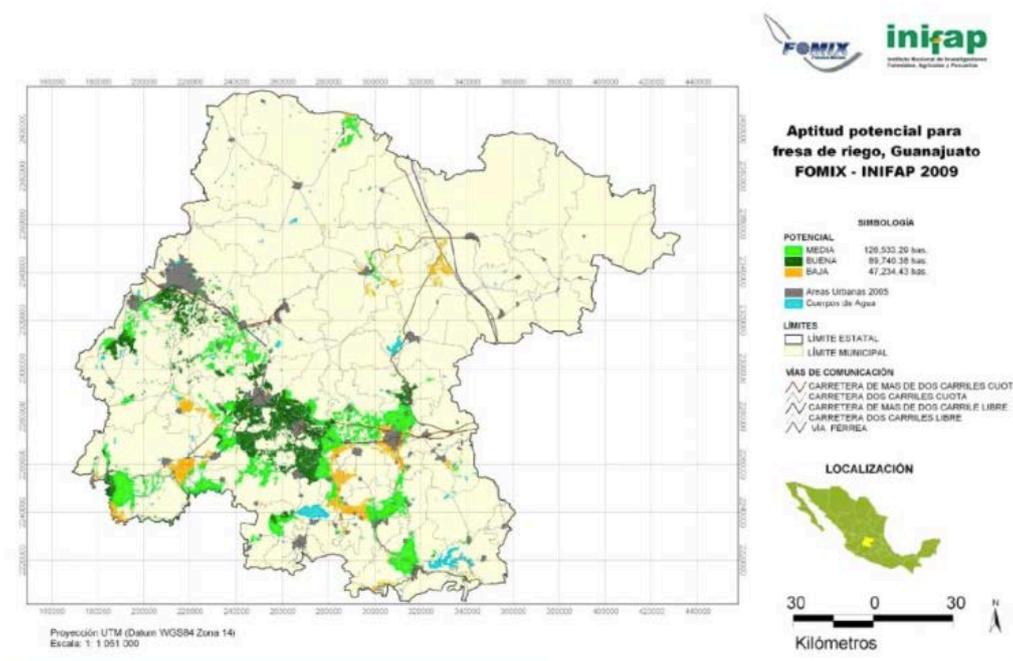
ENCINO				
CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)				
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA	NO APTA
DDR1	113,768.63	188,747.33	86,856.40	128,208.25
DDR2	8,508.58	68,391.32	80,985.08	315,759.20
DDR3	97,915.41	28,950.99	4,798.99	89,048.10
DDR4	47,632.14	18,218.56	2,158.64	34,924.72
DDR5	93,286.31	21,213.23	4,650.10	148,862.17
TOTAL	361,111.07	325,521.43	179,449.21	716,802.44



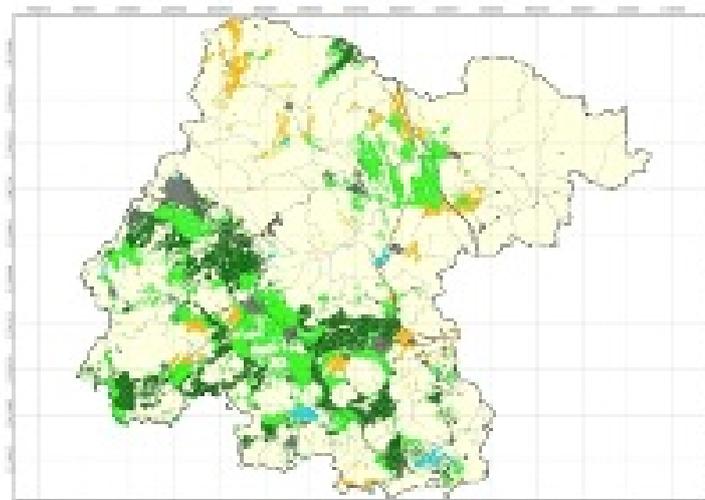
FORRAJES DE TEMPORAL			
	CLASES DE PRODUCTIVIDAD PONTENCIAL (ha)		
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	24478.3	29247.19	0.00
DDR2	0.00	15,775.95	0
DDR3	4,798.57	134.58	0.00
DDR4	42,414.55	6,415.01	506.831
DDR5	68,965.28	4,441.33	11.4
TOTAL	140,656.89	56,014.06	618.23



FRESA DE RIEGO			
DISTRITO	CLASES DE PRODUCTIVIDAD PONTENCIAL (ha)		
	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	370.92	5100.60	4943.90
DDR2	0.00	0.00	4463.119
DDR3	21,409.94	20402.30	145.41
DDR4	3,595.68	23,528.58	6875.855
DDR5	64,398.65	77,501.81	30697.49
TOTAL	89,723.28	126,633.28	47125.78



FRIJO OTONO - INVIERNO			
DISTRITO	CLASES DE PRODUCTIVIDAD PONTENCIAL (ha)		
	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	12682.82	43973.31	47702.99
DDR2	0.00	23,857.71	9839.531
DDR3	65,656.10	39,475.41	658.78
DDR4	39,421.24	17,774.85	8459.112
DDR5	110,822.66	127,493.17	20,328.92
TOTAL	228,583.02	252,604.46	87,019.33



Procesado por el SIGA (SIGA/INIA/INIA) en el mes de mayo del 2018



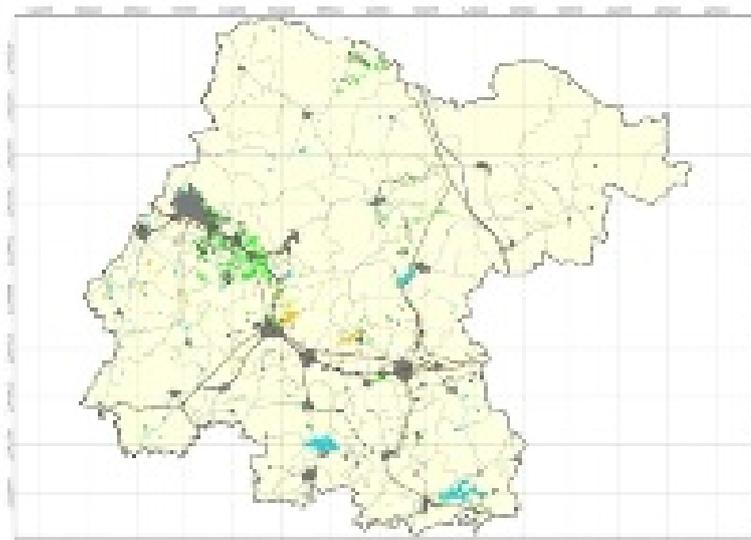
Agencia Potencial para Frijol Otoño - Invierno, Guanoqueño FOMEX - INIAP 2018

- LEYENDA**
- Productividad:**
 - Buena: 400 000 ha
 - Media: 200 000 ha
 - Baja: 100 000 ha
 - Áreas Protegidas:**
 - Área Protegida (AP)
 - Reserva Natural
 - Carreteras:**
 - Carretera Nacional
 - Carretera Regional
 - Red de Irrigación:**
 - Red de Irrigación (RI)
 - Red de Irrigación (RI) - Área de Protección
 - Red de Irrigación (RI) - Área de Protección
 - Red de Irrigación (RI) - Área de Protección
 - Red de Irrigación (RI) - Área de Protección

LOCALIZACIÓN



JICAMA TEMPORAL			
DISTRITO	CLASES DE PRODUCTIVIDAD PONTENCIAL (ha)		
	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	4438.7	3419.92	0.00
DDR2	0.00	2.19	0
DDR3	10,389.57	11,733.63	2011.79
DDR4	1,836.79	695.59	1576.296
DDR5	827.06	3,530.33	3,832.78
TOTAL	17,492.12	19,381.65	7,420.87



Elaboración: TI (Instituto de Geografía y Estadística)
 Escala: 1:100,000

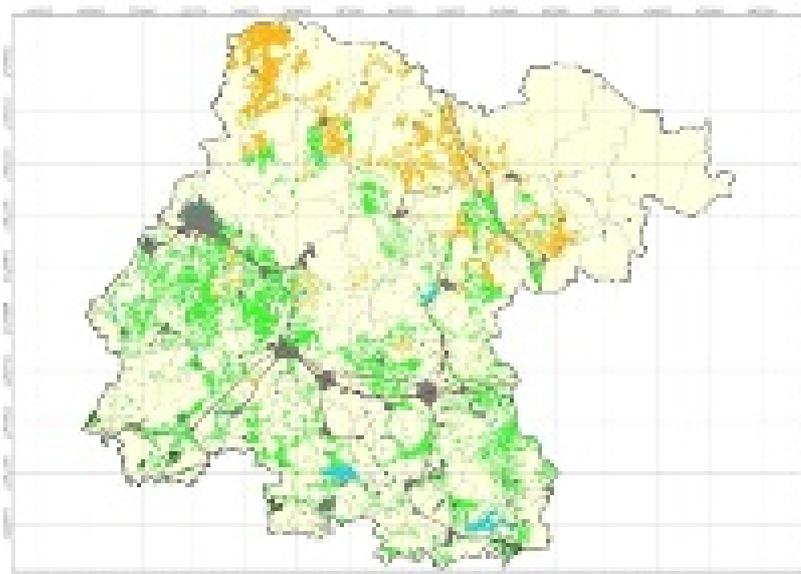


Aplicación de Información para
 Jicama de Temporal,
 Geografía
 FONAR - INIAP 2009

- LEGENDA**
- CLASIFICACIÓN**
- Buena: 10,000 ha
 - Media: 10,000 ha
 - Baja: 10,000 ha
 - Superficie de agua
- OTROS**
- ÁREA DE AGUA
 - ÁREA DE AGUA
- OTROS**
- ÁREA DE AGUA
 - ÁREA DE AGUA
 - ÁREA DE AGUA
 - ÁREA DE AGUA



MAÍZ DE TEMPORAL			
	CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)		
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	248.33	39,129.95	117,624.16
DDR2	0.00	12,756.61	29,530.083
DDR3	3,070.53	71,311.17	7,083.50
DDR4	3,316.53	54,449.04	2,266.536
DDR5	14,873.25	90,547.02	950.82
TOTAL	21,509.05	268,193.79	157,455.09



Generado por el Sistema de Información Geográfica SIG
Fecha: 11/03/2014



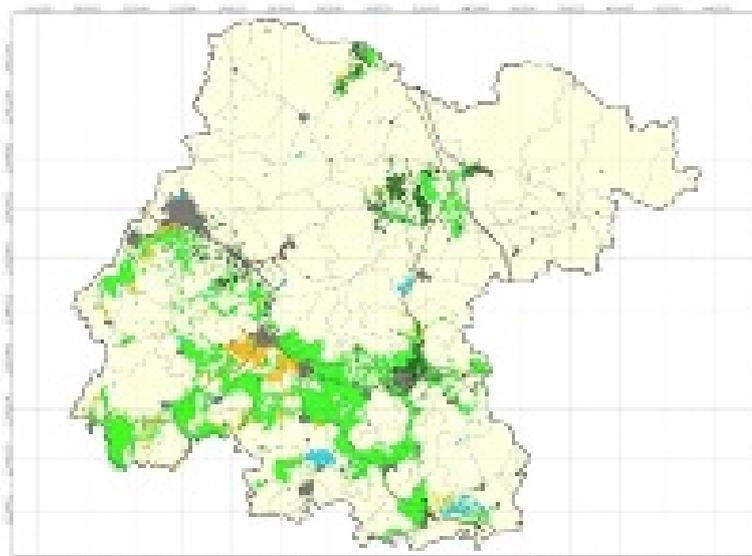
**Mapa del Potencial para
Maíz de Temporal,
Quintana Roo
FOMEX - INIAP 2014**

- LEYENDA**
- POTENCIAL**
- Buena (248.33 ha)
 - Media (274,878.77 ha)
 - Baja (1,176,241.66 ha)
- OTROS**
- Ríos
 - Cercos
 - Carreteras
- USO DE SUELO**
- Usos agrícolas
 - Usos forestales
 - Usos urbanos
 - Usos industriales
 - Usos recreativos



0 20 40
Kilómetros

PAPA DE RIEGO			
	CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)		
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	23,404.30	13,429.62	2,366.01
DDR2	2,598.67	7,125.55	2,978
DDR3	10,022.84	30,914.37	6,783.06
DDR4	9,575.05	34,755.94	2,016.435
DDR5	3,712.04	176,158.90	33,575.85
TOTAL	49,312.90	262,384.37	44,744.33



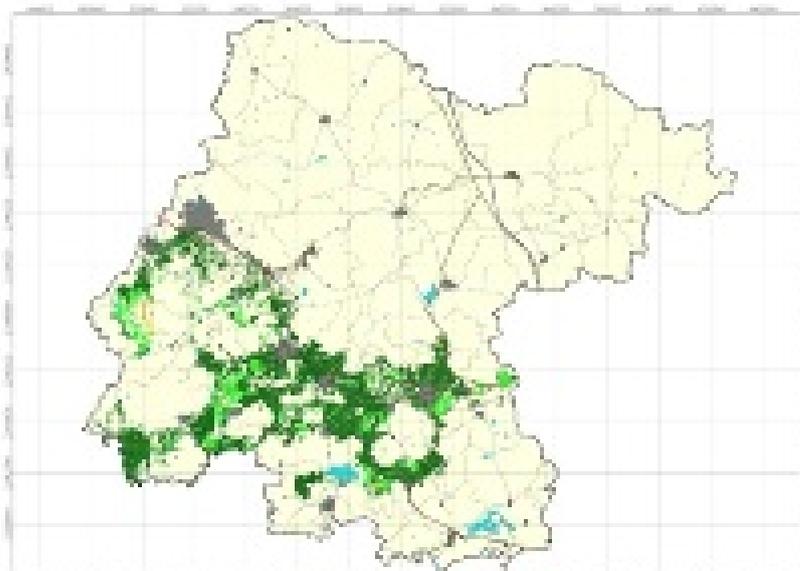
Aptitud potencial para papa de riego, Cuzco, Perú
 POMIC - INIAP 2009

- LEGENDA**
- PRODUCTIVIDAD**
- Buena: 10000 a 20000
 - Media: 20000 a 50000
 - Baja: 50000 a 100000
- OTROS**
- Red de comunicación
 - Ruta de acceso
- OTROS**
- Carretera asfaltada
 - Carretera no asfaltada
 - Carretera de tierra
 - Carretera de piedra
 - Carretera de cemento
 - Carretera de adoquín
 - Carretera de ladrillo
 - Carretera de concreto
 - Carretera de otros



Proyecto POMIC (Papa de Riego) - INIAP 2009

SORGO DE TEMPORAL			
CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)			
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	0	0.00	0.00
DDR2	0	0.00	0.00
DDR3	361.30	34,966.53	22579.737
DDR4	0.00	6,748.39	8,361.80
DDR5	9,508.42	49,862.63	6,244.26
TOTAL	9,869.71	91,577.55	37,185.79



Preparado por el equipo técnico de la
 INIAP - 15/07/2009

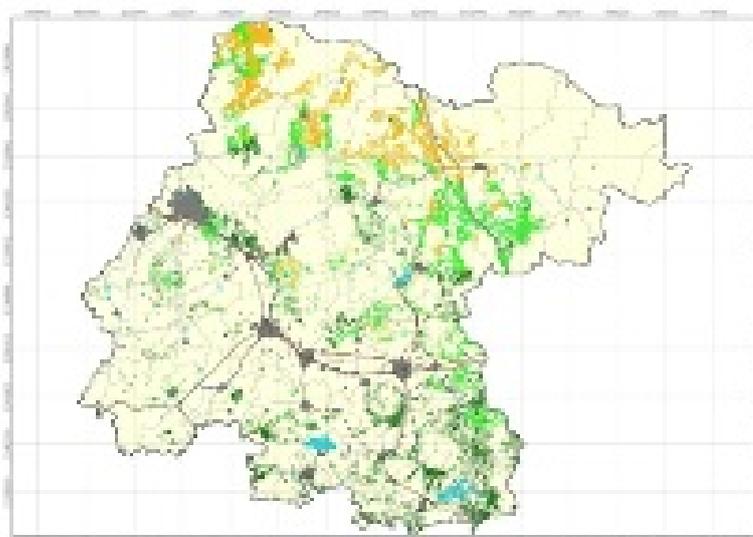


**Potencial Potencial para
 Sorgo de Riego,
 Guaymas
 POMX - INIAP 2009**

- LEGENDA**
- PRODUCTIVIDAD**
 - Buena
 - Media
 - Baja
 - USOS DEL SUELO**
 - Área de riego
 - Área no riego
 - LINEAS**
 - límite de distrito
 - límite municipal
 - OTROS ELEMENTOS**
 - Carretera federal
 - Carretera estatal
 - Carretera municipal
 - Carretera de acceso
 - Carretera de servicio
 - Carretera de acceso
 - Carretera de servicio



TRIGO DE TEMPORAL			
CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)			
DISTRITO	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	21,208.634	53,668.61	90,168.11
DDR2	0	30,686.00	14,188.70
DDR3	15,665.66	10,323.24	3,459.972
DDR4	37,579.10	22,781.27	1,549.96
DDR5	48,705.45	6,382.18	149.02
TOTAL	123,158.83	123,841.30	109,515.76



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA LA
ESTRATEGIA 1 (2013-2014)

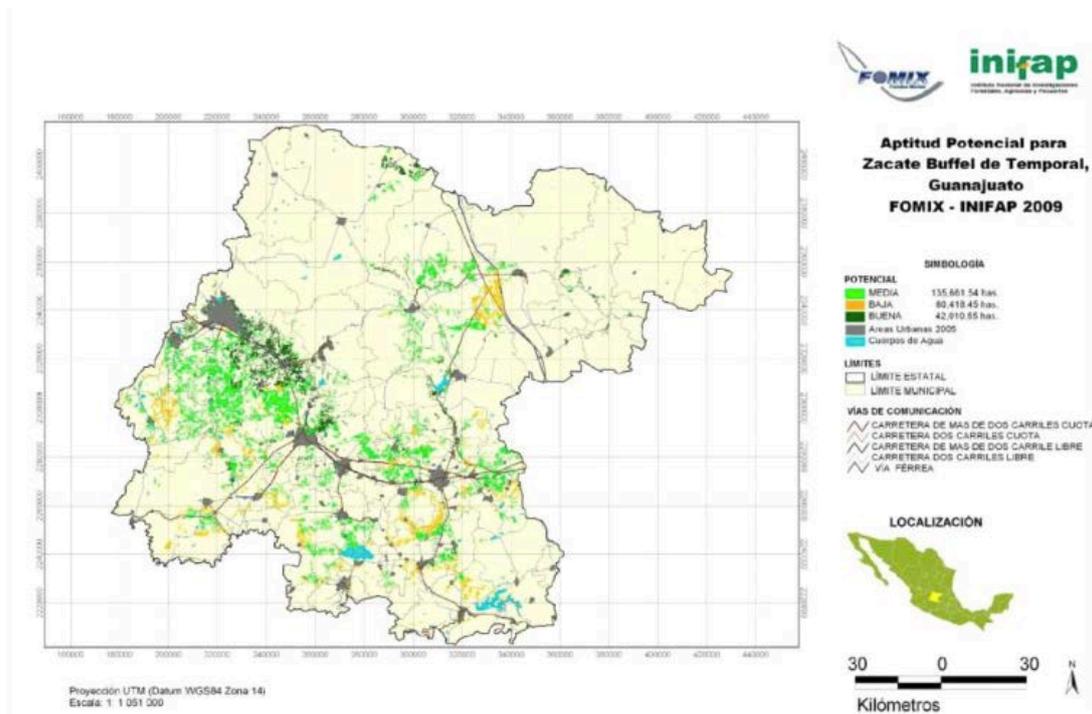


**Aplicación Potencial para
Trigo de Temporal,
Caceres de
PORES - INIAP 2008**

- LEGENDA**
- PRODUCTIVIDAD**
- Buena 0.000 - 0.000
 - Media 0.000 - 0.000
 - Baja 0.000 - 0.000
- ADMINISTRACIÓN**
- Municipalidad
 - Municipio
- USO DE SUELO**
- Cultivos de Temporales
 - Cultivos de Temporales



ZACATE BUFFEL DE TEMPORAL			
DISTRITO	CLASES DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL (ha)		
	BUENA	MEDIA	BAJA
DDR1	5368.623	18901.02	1637.53
DDR2	1872.381	3595.60	7855.52
DDR3	26,035.71	46,555.14	9222.559
DDR4	2,028.99	22,011.86	11,704.91
DDR5	6,697.05	44,587.85	29,979.06
TOTAL	42,002.75	135,651.48	60,399.58



ANEXO 4. Diseños Experimentales a los casos planteados.

Resultados y corridas de Minitab para diseño experimental de Chilguague en Minitab 17

12/09/2015 08:04:42 p.m.

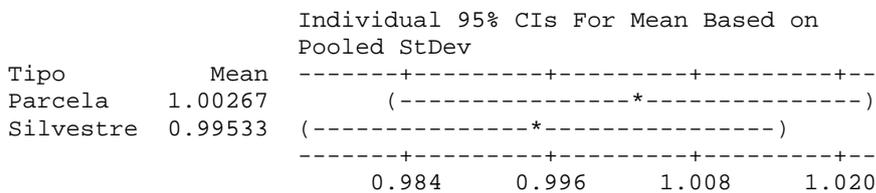
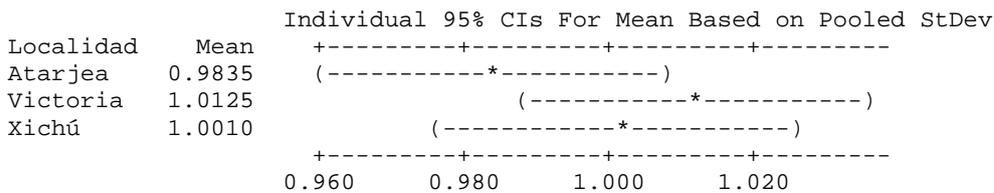
Welcome to Minitab, press F1 for help.
 Executing from file: C:\Program Files (x86)\Minitab\Minitab
 16\English\Macros\Startup.mac

This Software was purchased for academic use only.
 Commercial use of the Software is prohibited.

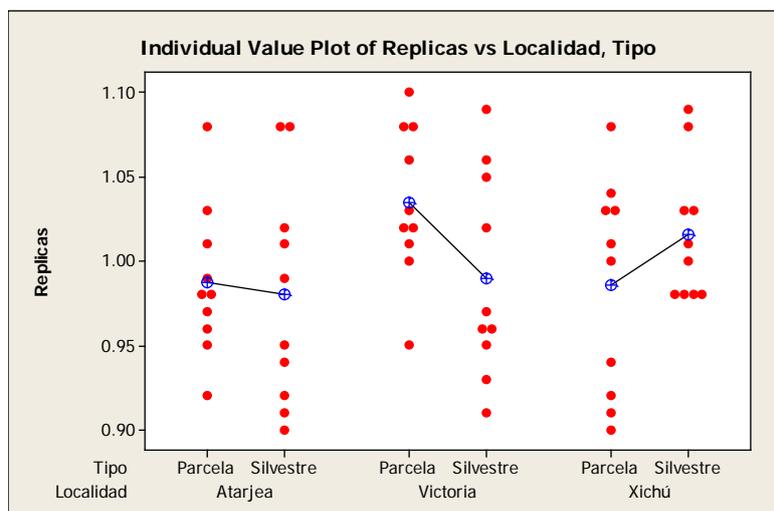
Two-way ANOVA: Replicas versus Localidad, Tipo

Source	DF	SS	MS	F	P
Localidad	2	0.008530	0.0042650	1.43	0.248
Tipo	1	0.000807	0.0008067	0.27	0.605
Interaction	2	0.014063	0.0070317	2.36	0.104
Error	54	0.161140	0.0029841		
Total	59	0.184540			

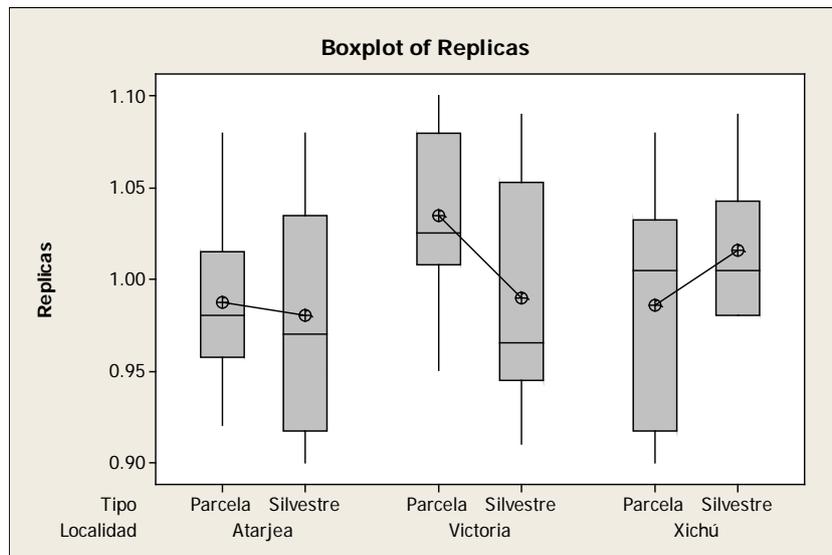
S = 0.05463 R-Sq = 12.68% R-Sq(adj) = 4.60%



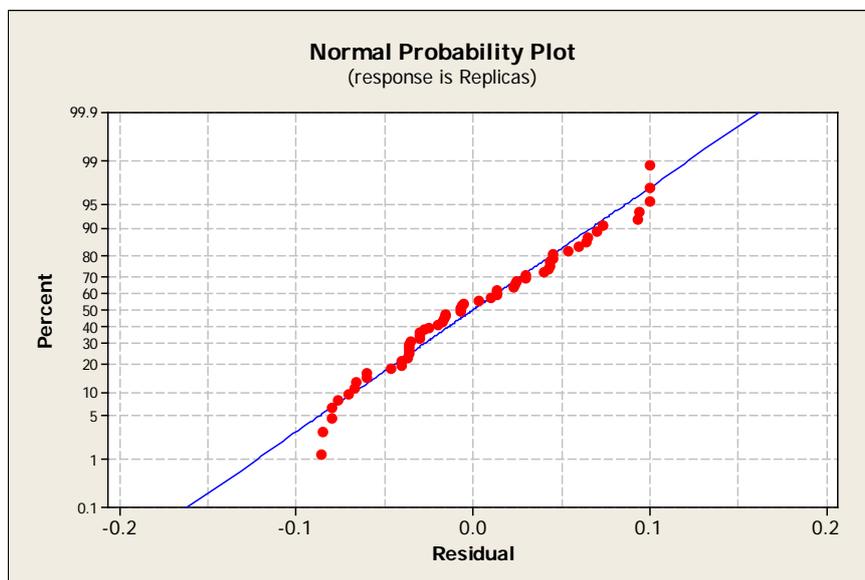
Individual Value Plot of Replicas vs Localidad, Tipo



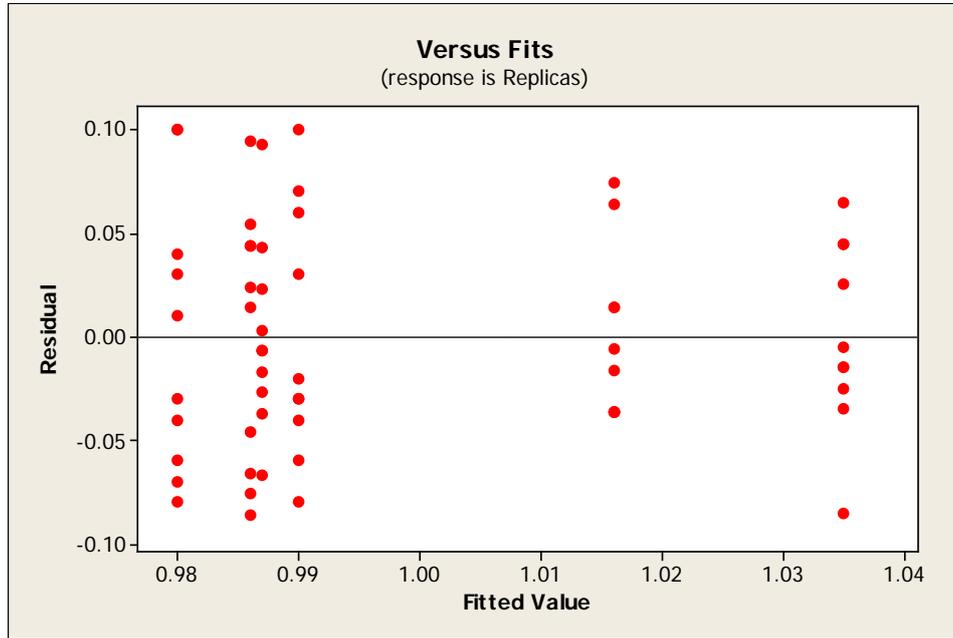
Boxplot of Replicas



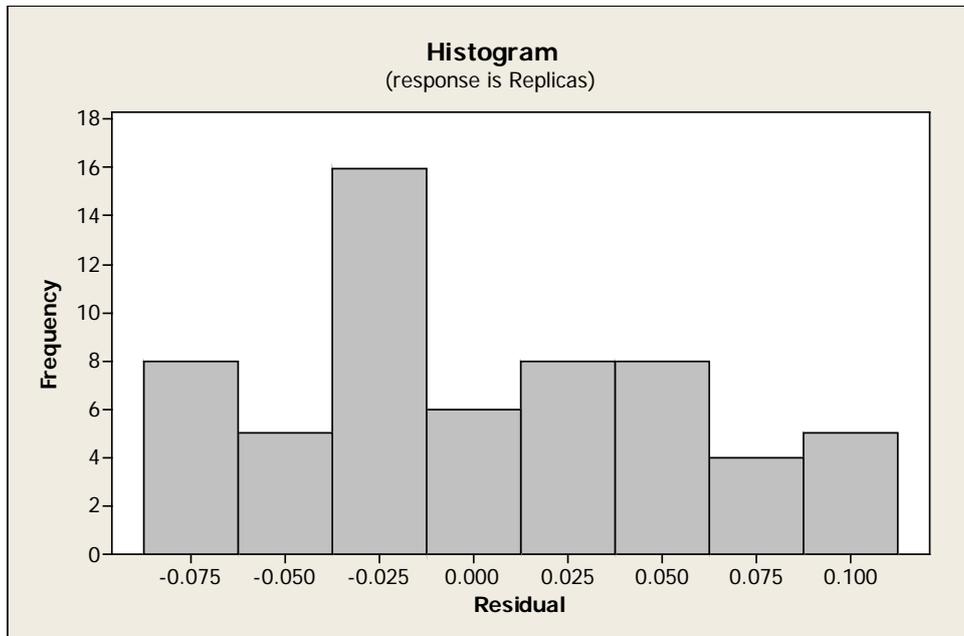
Normplot of Residuals for Replicas



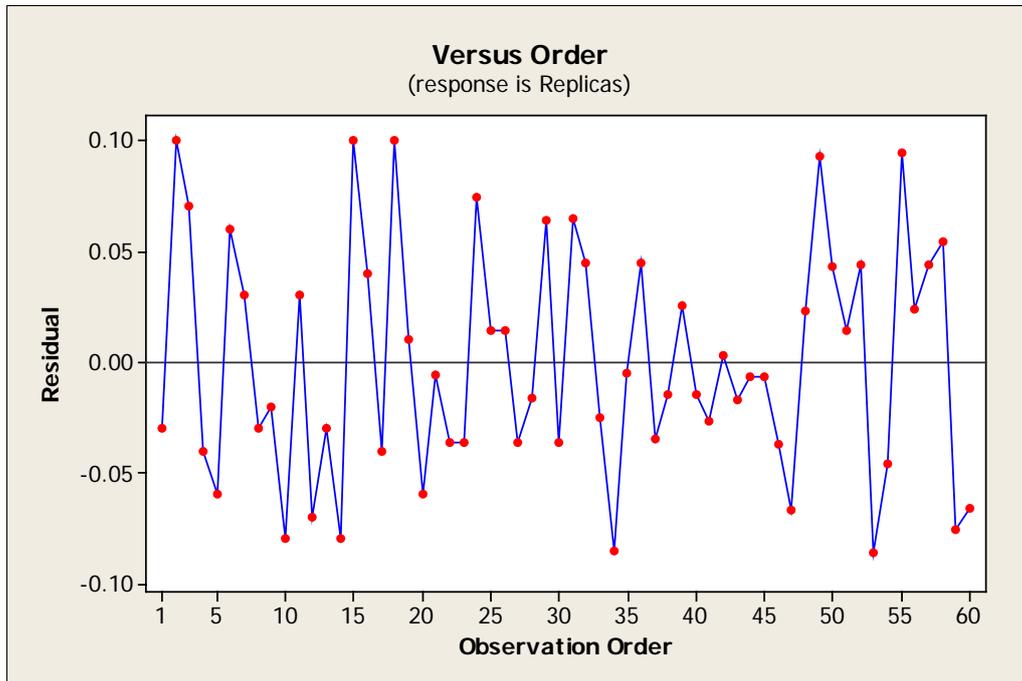
Residuals vs Fits for Replicas



Residual Histogram for Replicas



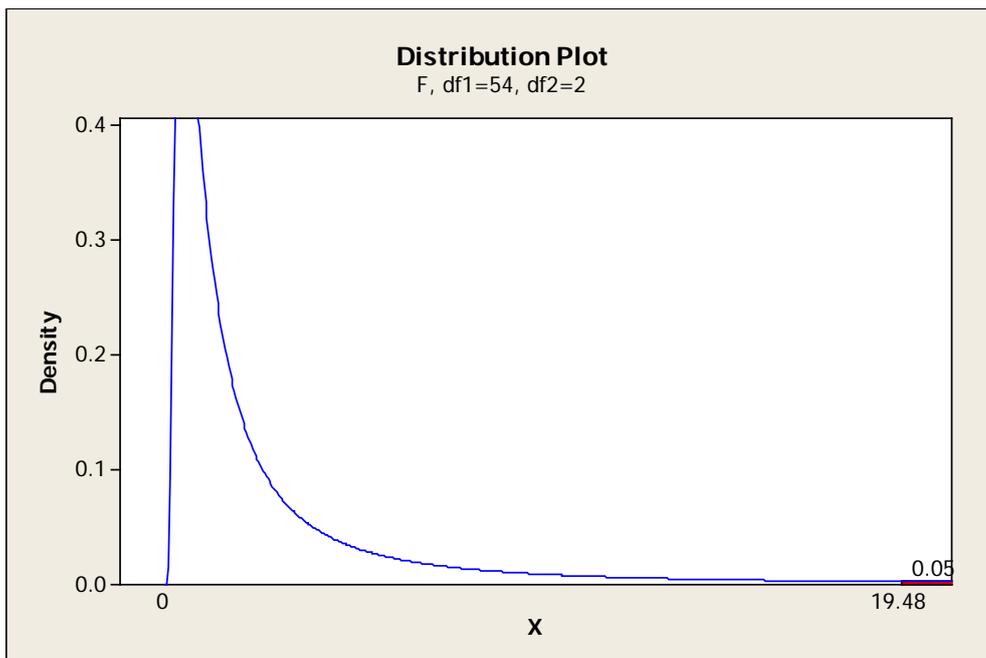
Residuals vs Order for Replicas



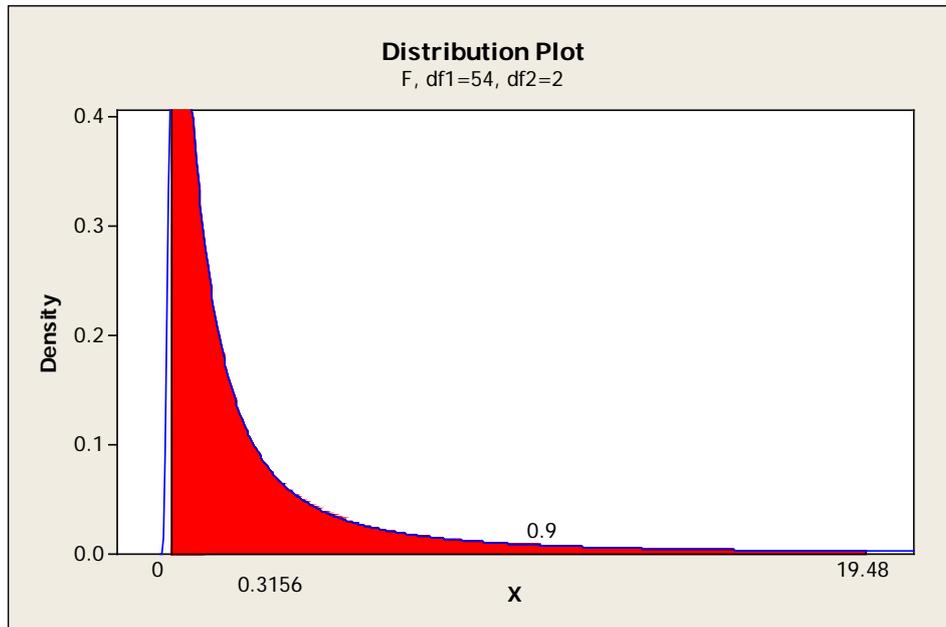
27/09/2015 08:27:50 p.m.

Welcome to Minitab, press F1 for help.
Retrieving project from file: 'C:\USERS\CARLOS ALBERTO
GLEZ\DOCUMENTS\CHILCUAGUE PARCELAS.MPJ'

Distribution Plot



Distribution Plot



01/10/2015 07:05:11 p.m.

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Full Factorial Design

Factors: 2 Base Design: 2, 4
Runs: 4 Replicates: 1
Blocks: 1 Center pts (total): 0

All terms are free from aliasing.

Factorial Fit: Media, Desv estándar

Factorial Fit: Media versus Chilcuague, Aceite

Estimated Effects and Coefficients for Media (coded units)

Term	Effect	Coef
Constant		32.500
Chilcuague	-5.000	-2.500
Aceite	9.667	4.833
Chilcuague*Aceite	2.333	1.167

S = * PRESS = *

Analysis of Variance for Media (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	118.444	118.444	59.222	*	*
Chilcuague	1	25.000	25.000	25.000	*	*
Aceite	1	93.444	93.444	93.444	*	*

2-Way Interactions	1	5.444	5.444	5.444	*	*
Chilcuague*Aceite	1	5.444	5.444	5.444	*	*
Residual Error	0	*	*	*		
Total	3	123.88				

Least Squares Means for Media

	Mean
Chilcuague	
-1	35.00
1	30.00
Aceite	
-1	27.67
1	37.33
Chilcuague*Aceite	
-1 -1	31.33
1 -1	24.00
-1 1	38.67
1 1	36.00

Factorial Fit: Desv estándar versus Chilcuague, Aceite

Estimated Effects and Coefficients for Desv estándar (coded units)

Term	Effect	Coef
Constant		1.9023
Chilcuague	0.1954	0.0977
Aceite	-0.2771	-0.1385
Chilcuague*Aceite	0.2771	0.1385

S = * PRESS = *

Analysis of Variance for Desv estándar (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	0.11495	0.11495	0.05748	*	*
Chilcuague	1	0.03818	0.03818	0.03818	*	*
Aceite	1	0.07677	0.07677	0.07677	*	*
2-Way Interactions	1	0.07677	0.07677	0.07677	*	*
Chilcuague*Aceite	1	0.07677	0.07677	0.07677	*	*
Residual Error	0	*	*	*		
Total	3	0.19172				

Least Squares Means for Desv estándar

	Mean
Chilcuague	
-1	1.805
1	2.000
Aceite	
-1	2.041
1	1.764
Chilcuague*Aceite	
-1 -1	2.082
1 -1	2.000
-1 1	1.528
1 1	2.000

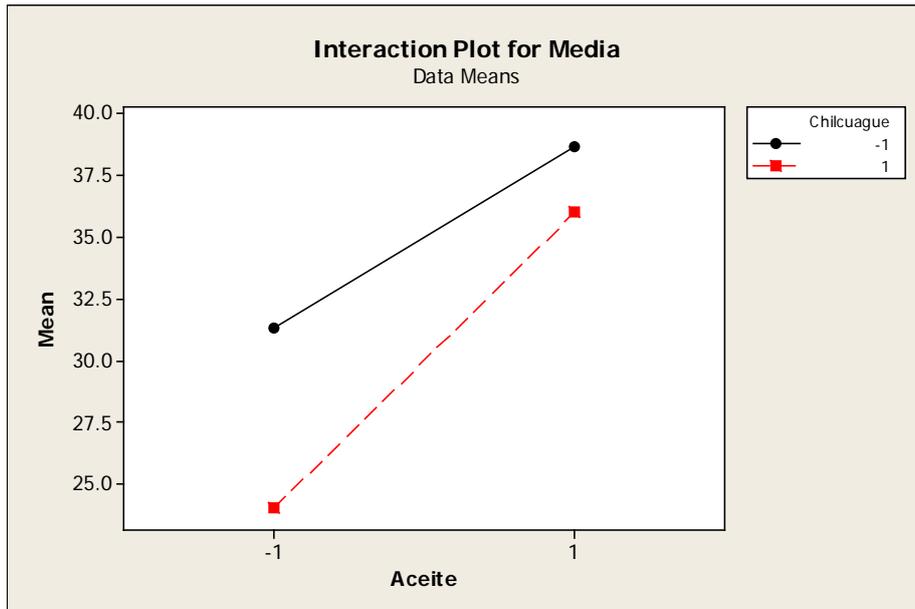
Alias Structure

I
Chilcuague
Aceite

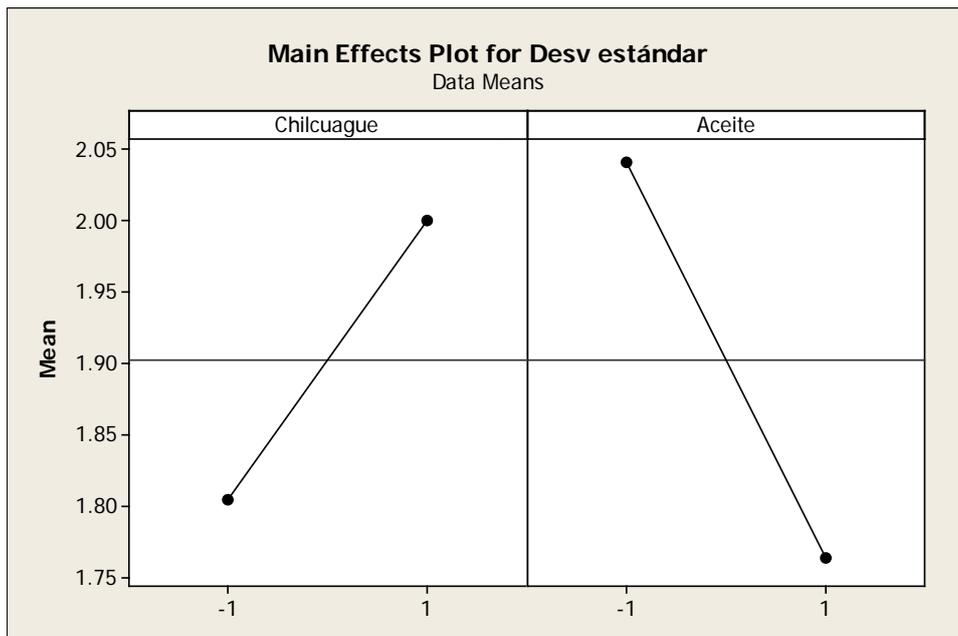
01/10/2015 07:36:20 p.m.

Welcome to Minitab, press F1 for help.
Retrieving project from file: 'C:\Users\Carlos Alberto Glez\Documents\unguento chilcuague.MPJ'

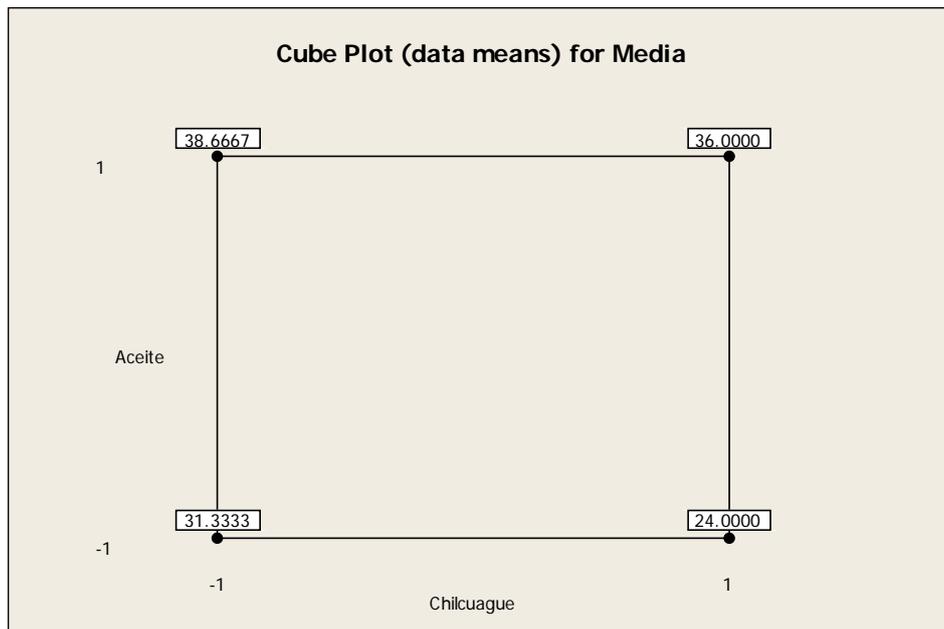
Main Effects Plot for Media



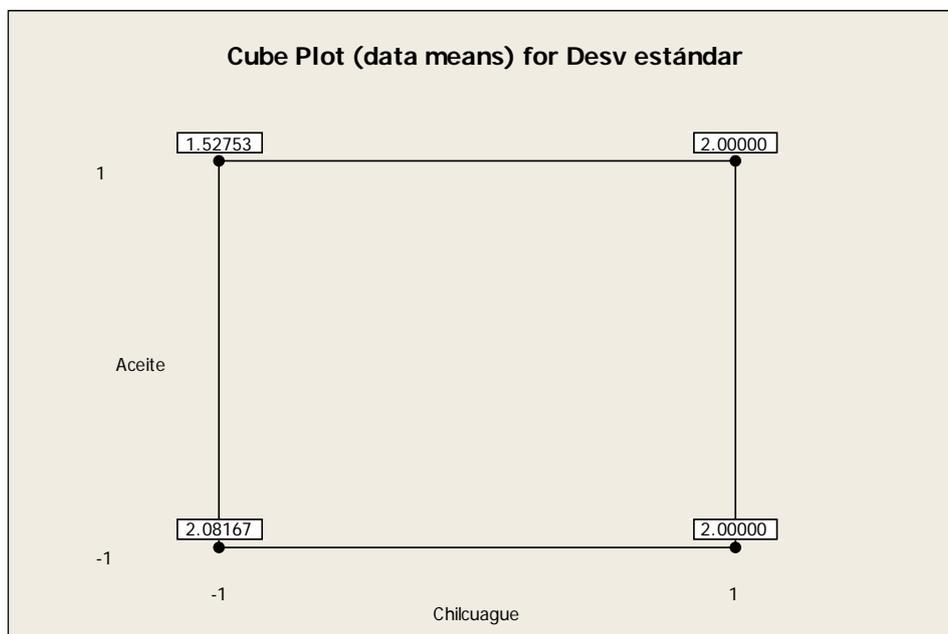
Main Effects Plot for Desv estándar



Cube Plot (data means) for Media



Cube Plot (data means) for Desv estándar



Diseño experimental para beneficiaria de durazno.

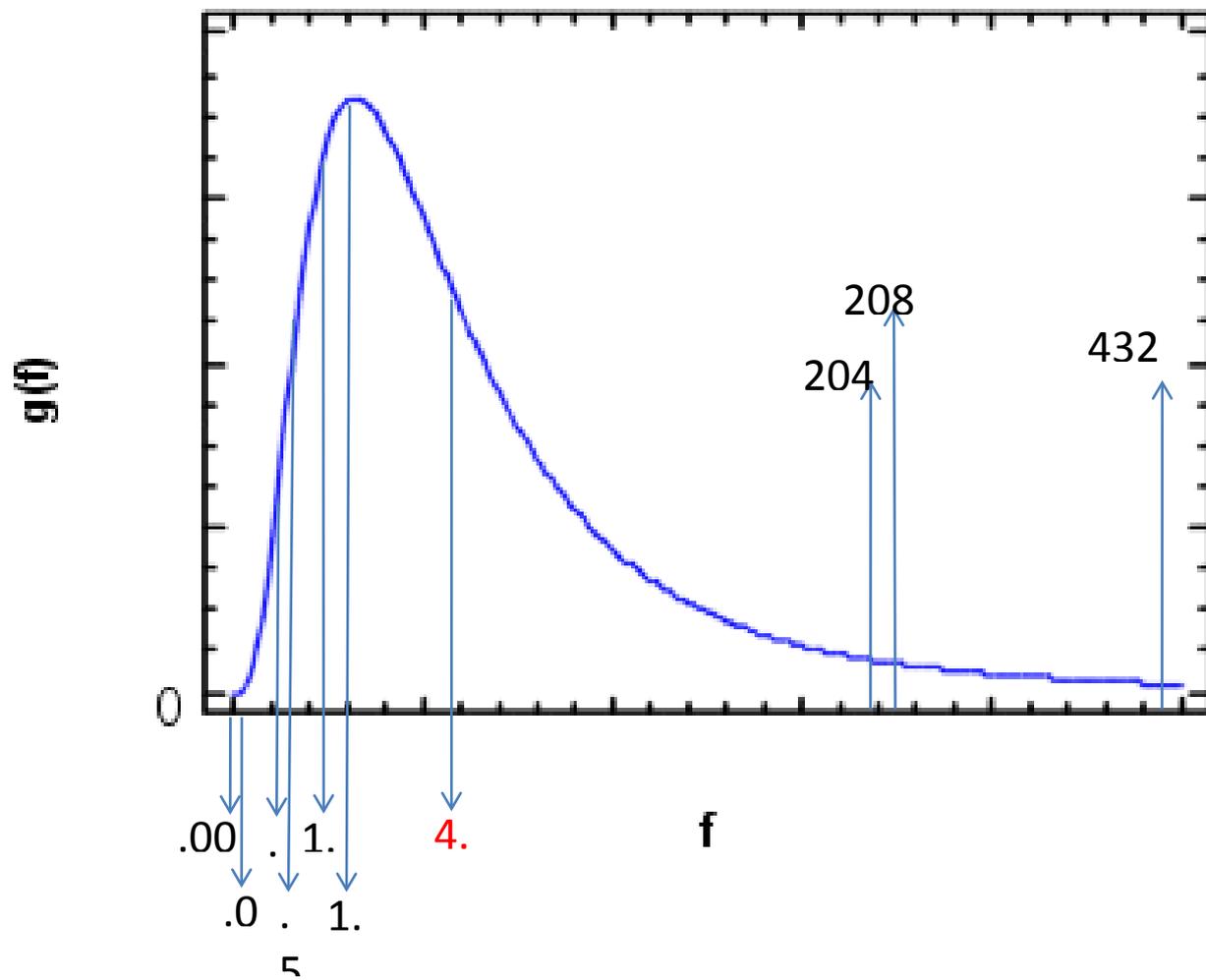
No. De Experimento	Tipo de malla	Cantidad de riego (m3)	Densidad (planta/m2)	Hormonas (auxina)	Nivel de precipitación	Temperatura (°C)	Tipo de suelo	Altitud (m)	Pendiente (°)	y1 (kg/m2)	y2 (kg/m2)	Total
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	3.5	1.2	4.7
2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	2.3	3	5.3
3	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	6.3	8.1	14.4
4	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	6.2	7.9	14.1
5	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	17	18.7	35.7
6	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	17.9	16.2	34.1
7	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	12.5	14.6	27.1
8	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	13	13.6	26.6
9	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	12.5	12.8	25.3
10	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	12.6	13.4	26
11	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	9	7.5	16.5
12	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	9.5	9.6	19.1
13	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	6.5	7.1	13.6
14	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	6.7	6.2	12.9
15	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	10.4	11.4	21.8
16	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	11.2	12.1	23.3

Total 321

	1.44	Datos elevados al cuadrado	
5.29	9	Suma de datos elevados al cuadrado:	3843.1
39.69	65.61	Media del experimento:	3210.0
38.44	62.41	Suma de cuadrados del total	633.1
289	349.7		
320.4	262.4		
156.3	213.2		
169	185		
156.3	163.8		
158.8	179.6		
81	56.25		
90.25	92.16		
42.25	50.41		
44.89	38.44		
108.2	130		
125.4	146.4		

	Tipo de malla	Cantidad de riego	Densidad	Hormonas	Nivel de precipitación	Temperatura	Tipo de suelo	Altitud	Pendiente	Error	Total
Total Nivel 1	162.0	125.4	110.1	157.6	160.5	160.1	125.8	159.1	163.2		
Total Nivel 2	158.5	195.1	210.4	162.9	160.0	160.4	194.7	161.4	157.3		
Suma de Cuadrados	0.4	151.8	314.4	0.9	0.01	0.003	148.4	0.2	1.1	16.0	633.1
Grados de libertad	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	22.0	31.0
Varianza	0.4	151.8	314.4	0.9	0.01	0.003	148.4	0.2	1.1	0.7	
F real	0.5	208.8	432.4	1.2	0.01	0.004	204.1	0.2	1.5		
F teórica	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3		
Afecta el experimento	no	si	si	no	no	no	si	no	no		

Distribución de Fisher que muestra los resultados arrojados por el experimento



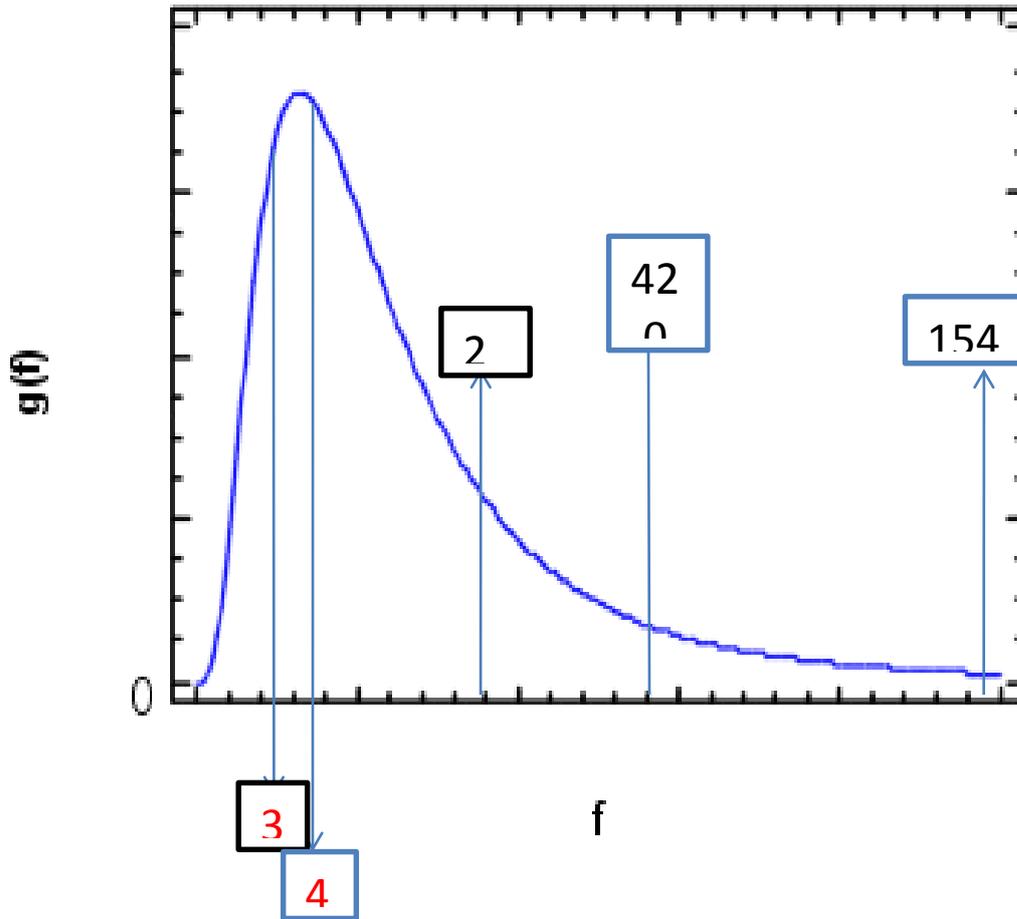
Realización del experimento

		B = Densidad (plantas/m2)								3 a		
		0.32		0.5						2 c		
		C = tipo de suelo		C = tipo de suelo						3 n		
A) Cantidad de riesgo (m3)	profundo	somero	profundo	somero	TA	TA^2	ΣTA^2			36 N		
100	4.5	15.4	7	18.1	133.9	17929.21	66536.46					
	6.2	15.1	6.6	16.3								
	6.3	15.6	5.2	17.5								
110	6.1	15.6	7.8	17.9	149	22201						
	6.4	15.5	8.2	19.2								
	6.7	15.1	8.6	19.9								
120	7.3	17.3	9.4	19	162.5	26406.25			TC	131.8	313.6	
	9.4	17	9.9	18.6					TC^2	17371.24	98344.96	
	7.6	18.5	8.5	20					ΣTC^2	115716.2		
TB	207.7		237.7		445.4	T						
TB ^ 2	43139.29		56501.29									
Σ TB ^ 2	99640.58											
	63.2	70.7	TAB^2	3994.24	4998.49	TABC	17.1	46.1	18.8	51.9		
TAB	67.4	81.6		4542.76	6658.56		19.2	48.2	24.6	57		
	77.1	85.4		5944.41	7293.16		24.3	52.8	27.8	57.6		
			Σ TAB ^ 2	33431.62								
	35.9	98	TAC ^ 2	1288.81	9604	TABC^2	292.41	2125.21	353.44	2693.61		
TAC	43.8	105.2		1918.44	11067.04		368.64	2323.24	605.16	3249		
	52.1	110.4		2714.41	12188.16		590.49	2787.84	772.84	3317.76		
			Σ TAC ^ 2	38780.86			ΣTABC^2	19479.64				
	60.6	147.1	TBC ^ 2	3672.36	21638.41							
TBC	71.2	166.5		5069.44	27722.25							
			Σ TBC ^ 2	58102.46								

ΣY^

Y^2	21.16	37.16	49	327.61	6507.48	2
	38.44	228.01	43.56	265.69		
	39.69	243.36	27.04	306.25		
	37.21	243.36	60.84	320.41		
	40.96	272.25	67.24	368.64		
	44.89	259.21	73.96	396.01		
	53.29	299.29	88.36	361		
	88.36	289	98.01	345.96		
	57.76	342.25	72.25	400		

TABLA ANOVA						
Fte de var	\$\$	df	MS	F real	F teoría	
SSA=30161/12-299^2/36=						Si afecta
SSA=	34.1172222	2	17.0586111	28.696729	3.40282611	
SSB=45245/18-229^2/36=						Si afecta
SSB=	25	1	25	42.0560748	4.25967721	
SSC=45385/18-229^2/36=						Si afecta
SSC=	918.09	1	918.09	1544.4547	4.25967721	
SSAB=15269/6-299^2/36-SSA-SSB=						No afecta
SSAB=	2.23166667	2	1.11583333	1.8771028	3.40282611	
SSAC=15311/6-299^2/36-SSA-SSC=						No afecta
SSAC=	0.68166667	2	0.34083333	0.57336449	3.40282611	
SSBC=22967/9-299^2/36-SSB-SSC=						No afecta
SSBC=	2.15111111	1	2.15111111	3.61869159	4.25967721	
SSABC=7757/3-299^2/36-SSA-SSB-SSC- SSAB-AABC-SSAC=						No afecta
SSABC=	0.35388889	2	0.17694444	0.29766355	3.40282611	
SSError=SST-SSA-SSB-SSAB=						
SSError=	14.2666667	24	0.59444444			
SST=20308100-27030^2/36=						
SST=	996.892222	35				



Gráfica de Fisher que muestra los resultados obtenidos por el experimento

18/10/2015 12:19:20 p.m.

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Fractional Factorial Design

Factors: 9 Base Design: 9, 16 Resolution: III
 Runs: 16 Replicates: 1 Fraction: 1/32
 Blocks: 1 Center pts (total): 0

* NOTE * Some main effects are confounded with two-way interactions.

Design Generators: E = ABC, F = BCD, G = ACD, H = ABD, J = ABCD

Alias Structure (up to order 4)

I + AFJ + BGJ + CHJ + DEJ + ABCE + ABDH + ABFG + ACDG + ACFH + ADEF + AEGH +
 BCDF + BCGH + BDEG + BEFH + CDEH + CEFH + DFGH

A + FJ + BCE + BDH + BFG + CDG + CFH + DEF + EGH + ABGJ + ACHJ + ADEJ + BCDJ +
 BEHJ + CEGJ + DGHJ

B + GJ + ACE + ADH + AFG + CDF + CGH + DEG + EFH + ABFJ + ACDJ + AEHJ + BCHJ +
 BDEJ + CEFJ + DFHJ

C + HJ + ABE + ADG + AFH + BDF + BGH + DEH + EFG + ABDJ + ACFJ + AEGJ + BCGJ +
 BEFJ + CDEJ + DFGJ

D + EJ + ABH + ACG + AEF + BCF + BEG + CEH + FGH + ABCJ + ADFJ + AGHJ + BDGJ +

BFHJ + CDHJ + CFGJ
 E + DJ + ABC + ADF + AGH + BDG + BFH + CDH + CFG + ABHJ + ACGJ + AEFJ + BCFJ +
 BEGJ + CEHJ + FGHJ
 F + AJ + ABG + ACH + ADE + BCD + BEH + CEG + DGH + BCEJ + BDHJ + BFGJ + CDGJ +
 CFHJ + DEFJ + EGHJ
 G + BJ + ABF + ACD + AEH + BCH + BDE + CEF + DFH + ACEJ + ADHJ + AFGJ + CDFJ +
 CGHJ + DEGJ + EFHJ
 H + CJ + ABD + ACF + AEG + BCG + BEF + CDE + DFG + ABEJ + ADGJ + AFHJ + BDFJ +
 BGHJ + DEHJ + EFGJ
 J + AF + BG + CH + DE + ABCD + ABEH + ACEG + ADGH + BCEF + BDFH + CDFG + EFGH
 AB + CE + DH + FG + AGJ + BFJ + CDJ + EHJ + ACDF + ACGH + ADEG + AEFH + BCDG +
 BCFH + BDEF + BEGH
 AC + BE + DG + FH + AHJ + BDJ + CFJ + EGJ + ABDF + ABGH + ADEH + ACFG + BCDH +
 BCFG + CDEF + CEGH
 AD + BH + CG + EF + AEJ + BCJ + DFJ + GHJ + ABCF + ABEG + ACEH + AFGH + BCDE +
 BDFG + CDFH + DEGH
 AE + BC + DF + GH + ADJ + BHJ + CGJ + EFJ + ABDG + ABFH + ACDH + ACFG + BDEH +
 BEFG + CDEG + CEFH
 AG + BF + CD + EH + ABJ + CEJ + DHJ + FGJ + ABCH + ABDE + ACEF + ADFH + BCEG +
 BDGH + CFGH + DEFG
 AH + BD + CF + EG + ACJ + BEJ + DGJ + FHJ + ABCG + ABEF + ACDE + ADFG + BCEH +
 BFGH + CDGH + DEFH

Factorial Fit: Media versus A, B, C, D, E, F, G, H, J

Estimated Effects and Coefficients for Media (coded units)

Term	Effect	Coef
Constant		10.016
A	-5.244	-2.622
B	2.131	1.066
C	-0.069	-0.034
D	1.469	0.734
E	-1.269	-0.634
F	1.844	0.922
G	0.219	0.109
H	-3.831	-1.916
J	3.694	1.847
A*B	-1.469	-0.734
A*C	-2.144	-1.072
A*D	0.444	0.222
A*E	-1.069	-0.534
A*G	0.594	0.297
A*H	1.169	0.584

S = * PRESS = *

Analysis of Variance for Media (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	9	270.321	270.321	30.036	*	*
A	1	109.988	109.988	109.988	*	*
B	1	18.169	18.169	18.169	*	*
C	1	0.019	0.019	0.019	*	*
D	1	8.629	8.629	8.629	*	*
E	1	6.439	6.439	6.439	*	*
F	1	13.598	13.598	13.598	*	*
G	1	0.191	0.191	0.191	*	*
H	1	58.714	58.714	58.714	*	*
J	1	54.575	54.575	54.575	*	*
2-Way Interactions	6	39.242	39.242	6.540	*	*
A*B	1	8.629	8.629	8.629	*	*

A*C	1	18.383	18.383	18.383	*	*
A*D	1	0.788	0.788	0.788	*	*
A*E	1	4.569	4.569	4.569	*	*
A*G	1	1.410	1.410	1.410	*	*
A*H	1	5.464	5.464	5.464	*	*
Residual Error	0	*	*	*		
Total	15	309.564				

Alias Structure (up to order 3)

I + A*F*J + B*G*J + C*H*J + D*E*J
A + F*J + B*C*E + B*D*H + B*F*G + C*D*G + C*F*H + D*E*F + E*G*H
B + G*J + A*C*E + A*D*H + A*F*G + C*D*F + C*G*H + D*E*G + E*F*H
C + H*J + A*B*E + A*D*G + A*F*H + B*D*F + B*G*H + D*E*H + E*F*G
D + E*J + A*B*H + A*C*G + A*E*F + B*C*F + B*E*G + C*E*H + F*G*H
E + D*J + A*B*C + A*D*F + A*G*H + B*D*G + B*F*H + C*D*H + C*F*G
F + A*J + A*B*G + A*C*H + A*D*E + B*C*D + B*E*H + C*E*G + D*G*H
G + B*J + A*B*F + A*C*D + A*E*H + B*C*H + B*D*E + C*E*F + D*F*H
H + C*J + A*B*D + A*C*F + A*E*G + B*C*G + B*E*F + C*D*E + D*F*G
J + A*F + B*G + C*H + D*E
A*B + C*E + D*H + F*G + A*G*J + B*F*J + C*D*J + E*H*J
A*C + B*E + D*G + F*H + A*H*J + B*D*J + C*F*J + E*G*J
A*D + B*H + C*G + E*F + A*E*J + B*C*J + D*F*J + G*H*J
A*E + B*C + D*F + G*H + A*D*J + B*H*J + C*G*J + E*F*J
A*G + B*F + C*D + E*H + A*B*J + C*E*J + D*H*J + F*G*J
A*H + B*D + C*F + E*G + A*C*J + B*E*J + D*G*J + F*H*J

Factorial Fit: Dv Stan versus A, B, C, D, E, F, G, H, J

Estimated Effects and Coefficients for Dv Stan (coded units)

Term	Effect	Coef
Constant		0.8088
A	0.4154	0.2077
B	-0.0442	-0.0221
C	0.0265	0.0133
D	0.0795	0.0398
E	-0.1149	-0.0575
F	-0.0265	-0.0133
G	0.2917	0.1458
H	-0.1326	-0.0663
J	0.2210	0.1105
A*B	-0.2917	-0.1458
A*C	-0.0442	-0.0221
A*D	-0.4861	-0.2431
A*E	-0.0088	-0.0044
A*G	0.3624	0.1812
A*H	0.2563	0.1282

S = * PRESS = *

Analysis of Variance for Dv Stan (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	9	1.38781	1.38781	0.154201	*	*
A	1	0.69031	0.69031	0.690313	*	*
B	1	0.00781	0.00781	0.007813	*	*
C	1	0.00281	0.00281	0.002813	*	*
D	1	0.02531	0.02531	0.025312	*	*
E	1	0.05281	0.05281	0.052812	*	*
F	1	0.00281	0.00281	0.002812	*	*
G	1	0.34031	0.34031	0.340312	*	*

H	1	0.07031	0.07031	0.070313	*	*
J	1	0.19531	0.19531	0.195313	*	*
2-Way Interactions	6	2.08187	2.08187	0.346979	*	*
A*B	1	0.34031	0.34031	0.340312	*	*
A*C	1	0.00781	0.00781	0.007813	*	*
A*D	1	0.94531	0.94531	0.945312	*	*
A*E	1	0.00031	0.00031	0.000312	*	*
A*G	1	0.52531	0.52531	0.525312	*	*
A*H	1	0.26281	0.26281	0.262812	*	*
Residual Error	0	*	*	*		
Total	15	3.46969				

Least Squares Means for Dv Stan

	Mean
A	
-1	0.6010
1	1.0165
B	
-1	0.8309
1	0.7867
C	
-1	0.7955
1	0.8220
D	
-1	0.7690
1	0.8485
E	
-1	0.8662
1	0.7513
F	
-1	0.8220
1	0.7955
G	
-1	0.6629
1	0.9546
H	
-1	0.8750
1	0.7425
J	
-1	0.6983
1	0.9192
A*B	
-1 -1	0.4773
1 -1	1.1844
-1 1	0.7248
1 1	0.8485
A*C	
-1 -1	0.5657
1 -1	1.0253
-1 1	0.6364
1 1	1.0076
A*D	
-1 -1	0.3182
1 -1	1.2198
-1 1	0.8839
1 1	0.8132
A*E	
-1 -1	0.6541
1 -1	1.0783
-1 1	0.5480
1 1	0.9546
A*G	
-1 -1	0.6364
1 -1	0.6894
-1 1	0.5657
1 1	1.3435

```

A*H
-1 -1 0.7955
 1 -1 0.9546
-1  1 0.4066
 1  1 1.0783

```

Alias Structure (up to order 3)

```

I + A*F*J + B*G*J + C*H*J + D*E*J
A + F*J + B*C*E + B*D*H + B*F*G + C*D*G + C*F*H + D*E*F + E*G*H
B + G*J + A*C*E + A*D*H + A*F*G + C*D*F + C*G*H + D*E*G + E*F*H
C + H*J + A*B*E + A*D*G + A*F*H + B*D*F + B*G*H + D*E*H + E*F*G
D + E*J + A*B*H + A*C*G + A*E*F + B*C*F + B*E*G + C*E*H + F*G*H
E + D*J + A*B*C + A*D*F + A*G*H + B*D*G + B*F*H + C*D*H + C*F*G
F + A*J + A*B*G + A*C*H + A*D*E + B*C*D + B*E*H + C*E*G + D*G*H
G + B*J + A*B*F + A*C*D + A*E*H + B*C*H + B*D*E + C*E*F + D*F*H
H + C*J + A*B*D + A*C*F + A*E*G + B*C*G + B*E*F + C*D*E + D*F*G
J + A*F + B*G + C*H + D*E
A*B + C*E + D*H + F*G + A*G*J + B*F*J + C*D*J + E*H*J
A*C + B*E + D*G + F*H + A*H*J + B*D*J + C*F*J + E*G*J
A*D + B*H + C*G + E*F + A*E*J + B*C*J + D*F*J + G*H*J
A*E + B*C + D*F + G*H + A*D*J + B*H*J + C*G*J + E*F*J
A*G + B*F + C*D + E*H + A*B*J + C*E*J + D*H*J + F*G*J
A*H + B*D + C*F + E*G + A*C*J + B*E*J + D*G*J + F*H*J

```

Factorial Fit: Media versus A, B, C, D, E, F, G, H, J

Estimated Effects and Coefficients for Media (coded units)

Term	Effect	Coef
Constant		10.016
A	-5.244	-2.622
B	2.131	1.066
C	-0.069	-0.034
D	1.469	0.734
E	-1.269	-0.634
F	1.844	0.922
G	0.219	0.109
H	-3.831	-1.916
J	3.694	1.847
A*B	-1.469	-0.734
A*C	-2.144	-1.072
A*D	0.444	0.222
A*E	-1.069	-0.534
A*G	0.594	0.297
A*H	1.169	0.584

S = * PRESS = *

Analysis of Variance for Media (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	9	270.321	270.321	30.036	*	*
A	1	109.988	109.988	109.988	*	*
B	1	18.169	18.169	18.169	*	*
C	1	0.019	0.019	0.019	*	*
D	1	8.629	8.629	8.629	*	*
E	1	6.439	6.439	6.439	*	*
F	1	13.598	13.598	13.598	*	*
G	1	0.191	0.191	0.191	*	*
H	1	58.714	58.714	58.714	*	*
J	1	54.575	54.575	54.575	*	*

2-Way Interactions	6	39.242	39.242	6.540	*	*
A*B	1	8.629	8.629	8.629	*	*
A*C	1	18.383	18.383	18.383	*	*
A*D	1	0.788	0.788	0.788	*	*
A*E	1	4.569	4.569	4.569	*	*
A*G	1	1.410	1.410	1.410	*	*
A*H	1	5.464	5.464	5.464	*	*
Residual Error	0	*	*	*		
Total	15	309.564				

Least Squares Means for Media

	Mean
A	
-1	12.637
1	7.394
B	
-1	8.950
1	11.081
C	
-1	10.050
1	9.981
D	
-1	9.281
1	10.750
E	
-1	10.650
1	9.381
F	
-1	9.094
1	10.938
G	
-1	9.906
1	10.125
H	
-1	11.931
1	8.100
J	
-1	8.169
1	11.862
A*B	
-1 -1	10.837
1 -1	7.063
-1 1	14.438
1 1	7.725
A*C	
-1 -1	11.600
1 -1	8.500
-1 1	13.675
1 1	6.288
A*D	
-1 -1	12.125
1 -1	6.438
-1 1	13.150
1 1	8.350
A*E	
-1 -1	12.737
1 -1	8.563
-1 1	12.538
1 1	6.225
A*G	
-1 -1	12.825
1 -1	6.988
-1 1	12.450
1 1	7.800
A*H	
-1 -1	15.137

```

1 -1 8.725
-1 1 10.137
1 1 6.062

```

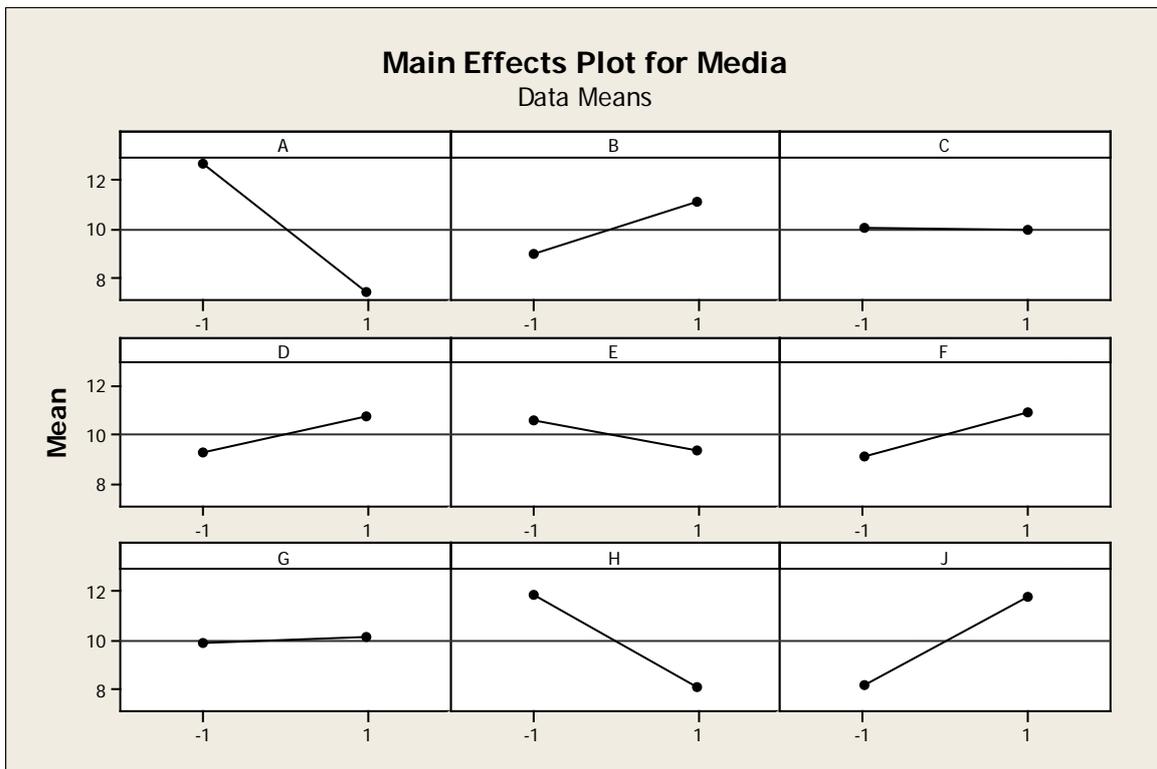
Alias Structure (up to order 3)

```

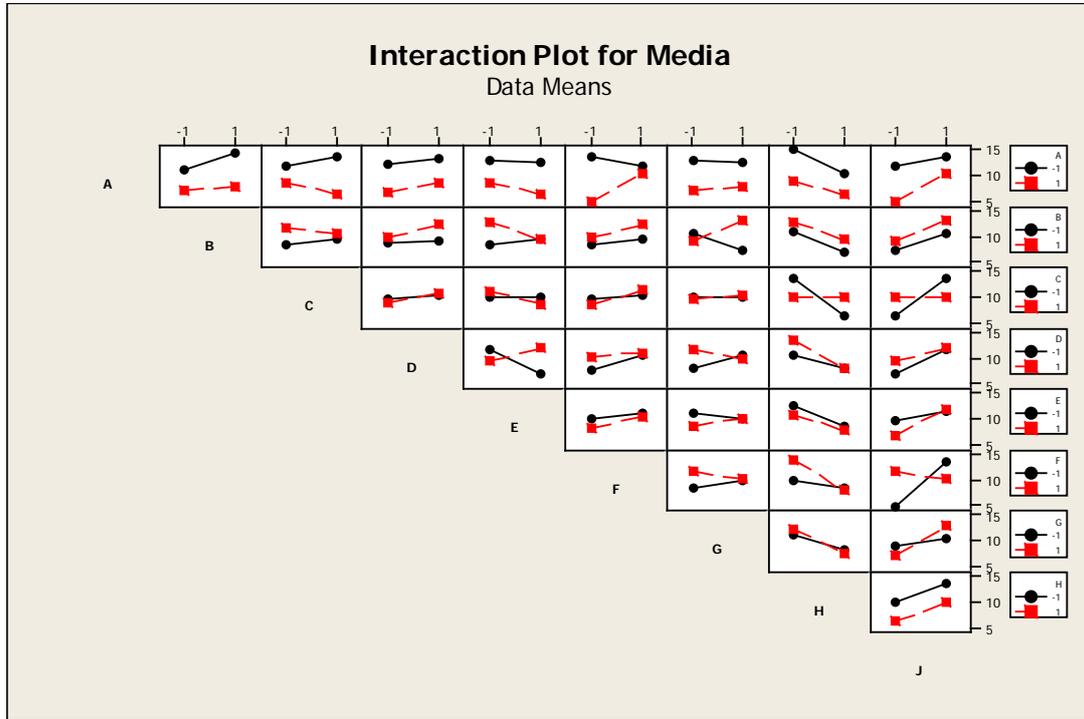
I + A*F*J + B*G*J + C*H*J + D*E*J
A + F*J + B*C*E + B*D*H + B*F*G + C*D*G + C*F*H + D*E*F + E*G*H
B + G*J + A*C*E + A*D*H + A*F*G + C*D*F + C*G*H + D*E*G + E*F*H
C + H*J + A*B*E + A*D*G + A*F*H + B*D*F + B*G*H + D*E*H + E*F*G
D + E*J + A*B*H + A*C*G + A*E*F + B*C*F + B*E*G + C*E*H + F*G*H
E + D*J + A*B*C + A*D*F + A*G*H + B*D*G + B*F*H + C*D*H + C*F*G
F + A*J + A*B*G + A*C*H + A*D*E + B*C*D + B*E*H + C*E*G + D*G*H
G + B*J + A*B*F + A*C*D + A*E*H + B*C*H + B*D*E + C*E*F + D*F*H
H + C*J + A*B*D + A*C*F + A*E*G + B*C*G + B*E*F + C*D*E + D*F*G
J + A*F + B*G + C*H + D*E
A*B + C*E + D*H + F*G + A*G*J + B*F*J + C*D*J + E*H*J
A*C + B*E + D*G + F*H + A*H*J + B*D*J + C*F*J + E*G*J
A*D + B*H + C*G + E*F + A*E*J + B*C*J + D*F*J + G*H*J
A*E + B*C + D*F + G*H + A*D*J + B*H*J + C*G*J + E*F*J
A*G + B*F + C*D + E*H + A*B*J + C*E*J + D*H*J + F*G*J
A*H + B*D + C*F + E*G + A*C*J + B*E*J + D*G*J + F*H*J

```

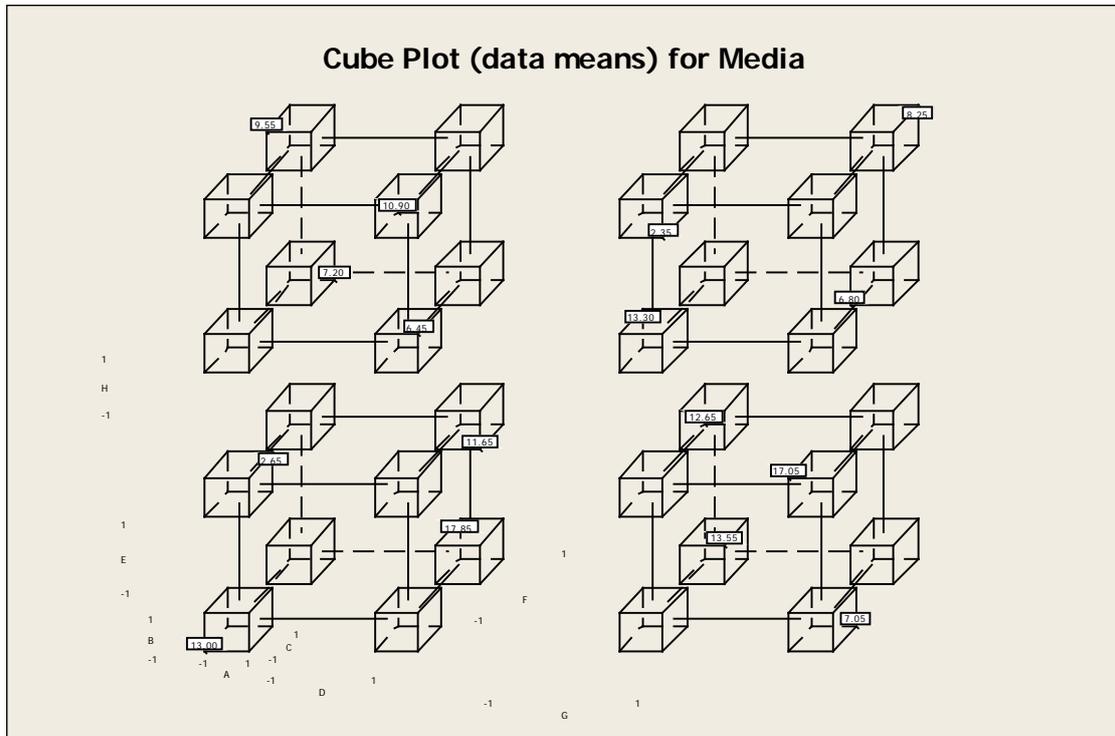
Main Effects Plot for Media



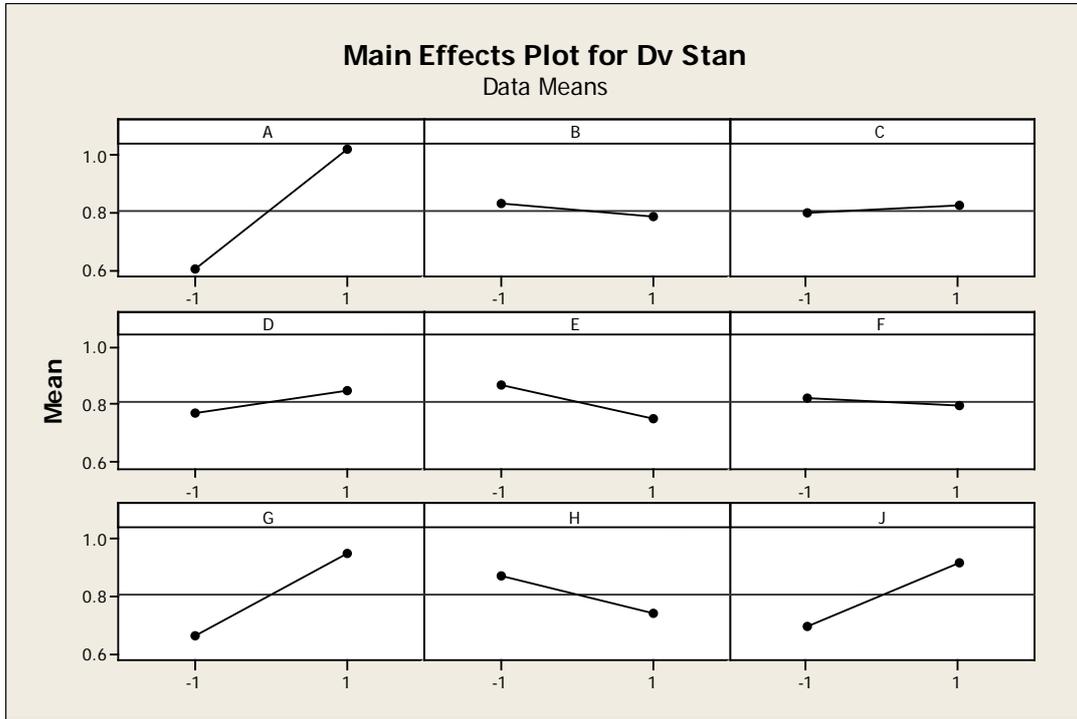
Interaction Plot for Media



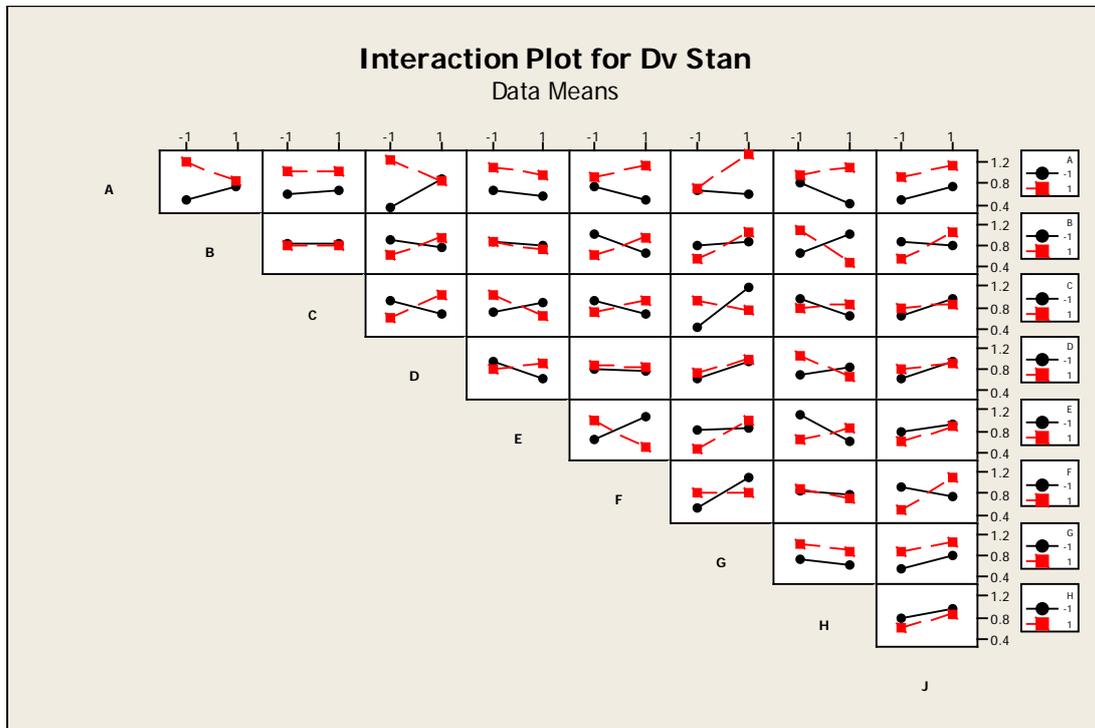
Cube Plot (data means) for Media



Main Effects Plot for Dv Stan



Interaction Plot for Dv Stan



Amount Comp	Proportion		Pseudocomponent			
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
A	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
B	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
C	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
D	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000

22/09 12:39:10

Regression for Mixtures: Viscosidad (cP), pH, Contenido de Vit, Acidez

The following terms cannot be estimated and were removed:

Naranja*Fresa*Fresa*Guayaba

Naranja*Fresa*Fresa*Mandarina

Naranja*Guayaba*Guayaba*Mandarina

Fresa*Guayaba*Guayaba*Mandarina

Naranja*Fresa*Guayaba*Guayaba

Naranja*Fresa*Mandarin*Mandarina

Naranja*Guayaba*Mandarin*Mandarina

Fresa*Guayaba*Mandarin*Mandarina

Regression for Mixtures: Viscosidad (cP) versus Naranja, Fresa, ...

Estimated Regression Coefficients for Viscosidad (cP) (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Naranja	10	33.5	*	*	2.244
Fresa	377	33.5	*	*	2.244
Guayaba	169	33.5	*	*	2.244

Mandarina	7	33.5	*	*	2.244		
Naranja*Fresa	-718	164.3	-4.37	0.000	1.898		
Naranja*Guayaba	-105	164.3	-0.64	0.534	1.898		
Naranja*Mandarina	125	164.3	0.76	0.459	1.898		
Fresa*Guayaba	-1003	164.3	-6.10	0.000	1.898		
Fresa*Mandarina	-727	164.3	-4.43	0.000	1.898		
Guayaba*Mandarina	471	164.3	2.87	0.011	1.898		
Naranja*Naranja*Fresa*Guayaba	18176	33524.6	0.54	0.595	55.485		
Naranja*Naranja*Fresa*Mandarina	-1647	33524.6	-0.05	0.961	55.485		
Naranja*Naranja*Guayaba*Mandarina	-7616	39930.7	-0.19	0.851	78.715		
Fresa*Fresa*Guayaba*Mandarina	-5349	7851.9	-0.68	0.505	3.044		

S = 47.4395 PRESS = 137723

R-Sq = 88.85% R-Sq(pred) = 57.36% R-Sq(adj) = 79.79%

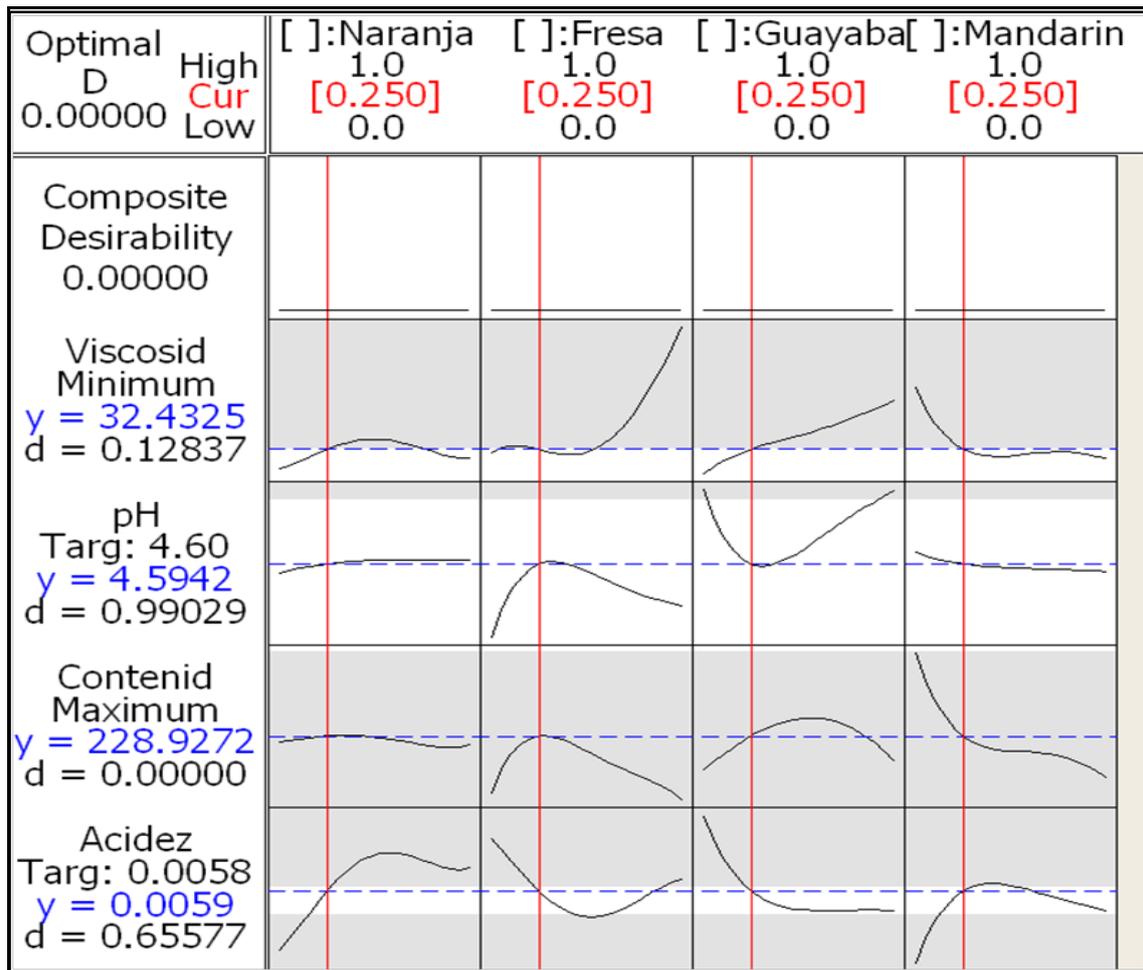
Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Viscosidad	Minimum	15.000	15.00	35.00	1	1
pH	Target	4.000	4.60	5.00	1	1
Contenido de	Maximum	500.000	1500.00	1500.00	1	1
Acidez	Target	0.005	0.01	0.01	1	1

* NOTE * No optimal solution found.

Optimization Plot



Análisis del experimento en Minitab para jugo con alto contenido energético.

14/09 12:19:08

Simplex Lattice Design

Components: 3 Design points: 20

Process variables: 0 Lattice degree: 3

Mixture total: 1.00000

Number of Boundaries for Each Dimension

Point Type 1 2 0

Dimension 0 1 2

Number 3 3 1

Number of Design Points for Each Type

Point Type 1 2 3 0 -1

Distinct 3 6 0 1 3

Replicates 2 2 0 2 2

Total number 6 12 0 2 6

Bounds of Mixture Components

	Amount		Proportion		Pseudocomponent	
Comp	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
A	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
B	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
C	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000

22/09 12:49:03

Regression for Mixtures: pH, Acidez titulable, Viscosidad, contenido energetico

* WARNING * Not all response variables have the same missing value pattern. You would get different univariate results if you ran this command

separately for each of these response variables. See the Help topic
'missing values' for details.

The following terms cannot be estimated and were removed:

Miel*Avena*(-)

Amaranto*Miel*Miel*Avena

Amaranto*Miel*Avena*Avena

Amaranto*Miel*(-)2

Amaranto*Avena*(-)2

Miel*Avena*(-)2

Regression for Mixtures: pH versus Amaranto, Miel, Avena

Estimated Regression Coefficients for pH (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Amaranto	4.020	0.05372	*	*	2.000
Miel	3.660	0.05372	*	*	2.000
Avena	3.975	0.05372	*	*	2.000
Amaranto*Miel	0.500	0.26319	1.90	0.090	2.111
Amaranto*Avena	0.390	0.26319	1.48	0.173	2.111
Miel*Avena	-0.270	0.26319	-1.03	0.332	2.111
Amaranto*Miel*(-)	0.730	0.95801	0.76	0.466	1.963
Amaranto*Avena*(-)	1.600	0.95801	1.67	0.129	1.963
Amaranto*Amaranto*Miel*Avena	-5.940	7.10601	-0.84	0.425	3.000

S = 0.0759751 PRESS = 0.2078

R-Sq = 88.85% R-Sq(pred) = 55.38% R-Sq(adj) = 78.93%

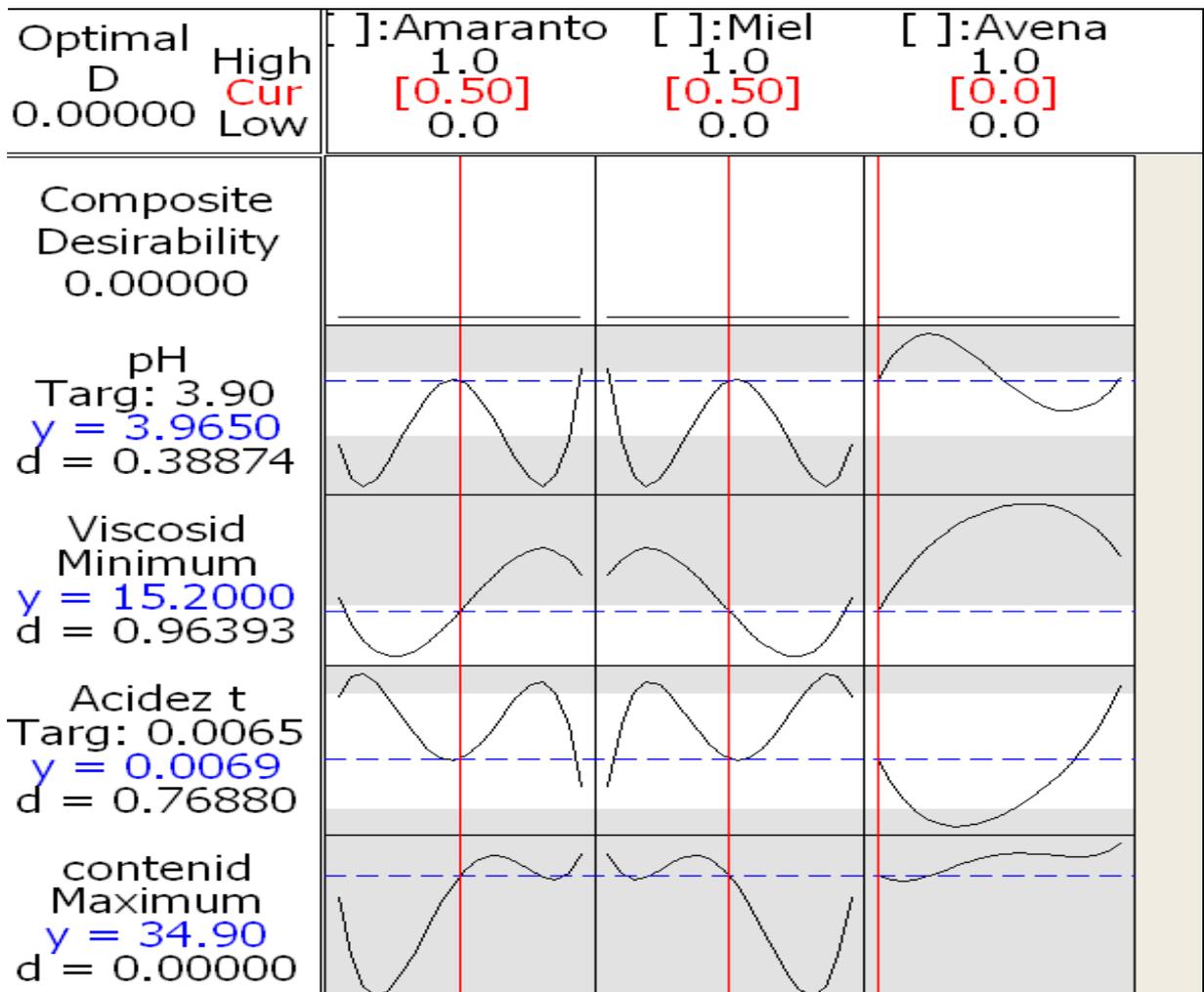
Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
pH	Target	3.700	3.9000	4.000	1	1
Viscosidad	Minimum	15.000	15.0000	30.000	1	1
Acidez titul	Target	0.006	0.0065	0.008	1	1
contenido en	Maximum	75.000	80.0000	80.000	1	1

* NOTE * No optimal solution found.

Optimization Plot



Análisis del experimento en Minitab para jugo con alto contenido energético.

01/09 10:00:43

Simplex Lattice Design

Components: 4 Design points: 30

Process variables: 0 Lattice degree: 2

Mixture total: 1.00000

Number of Boundaries for Each Dimension

Point Type 1 2 3 0

Dimension 0 1 2 3

Number 4 6 4 1

Number of Design Points for Each Type

Point Type 1 2 3 4 0 -1

Distinct 4 6 0 0 1 4

Replicates 2 2 0 0 2 2

Total number 8 12 0 0 2 8

Bounds of Mixture Components

Comp	Amount		Proportion		Pseudocomponent	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
A	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
B	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
C	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
D	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000

24/09 12:47:36

Regression for Mixtures: Acidez, pH, Sedimentación, Vitamina E

Regression for Mixtures: Acidez versus Piña, Gérmen, Zanahoria, Pimiento

Estimated Regression Coefficients for Acidez (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Piña	0.004023	0.000339	*	*	2.137
Gérmen	0.004857	0.000339	*	*	2.137
Zanahoria	0.004222	0.000339	*	*	2.137
Pimiento	0.003321	0.000339	*	*	2.137
Piña*Gérmen	-0.001998	0.001610	-1.24	0.229	1.695
Piña*Zanahoria	-0.000580	0.001610	-0.36	0.723	1.695
Piña*Pimiento	0.003762	0.001610	2.34	0.030	1.695
Gérmen*Zanahoria	-0.000064	0.001610	-0.04	0.969	1.695
Gérmen*Pimiento	0.000566	0.001610	0.35	0.729	1.695
Zanahoria*Pimiento	-0.001216	0.001610	-0.76	0.459	1.695

S = 0.000491843 PRESS = 7.896752E-06

R-Sq = 47.85% R-Sq(pred) = 14.89% R-Sq(adj) = 24.39%

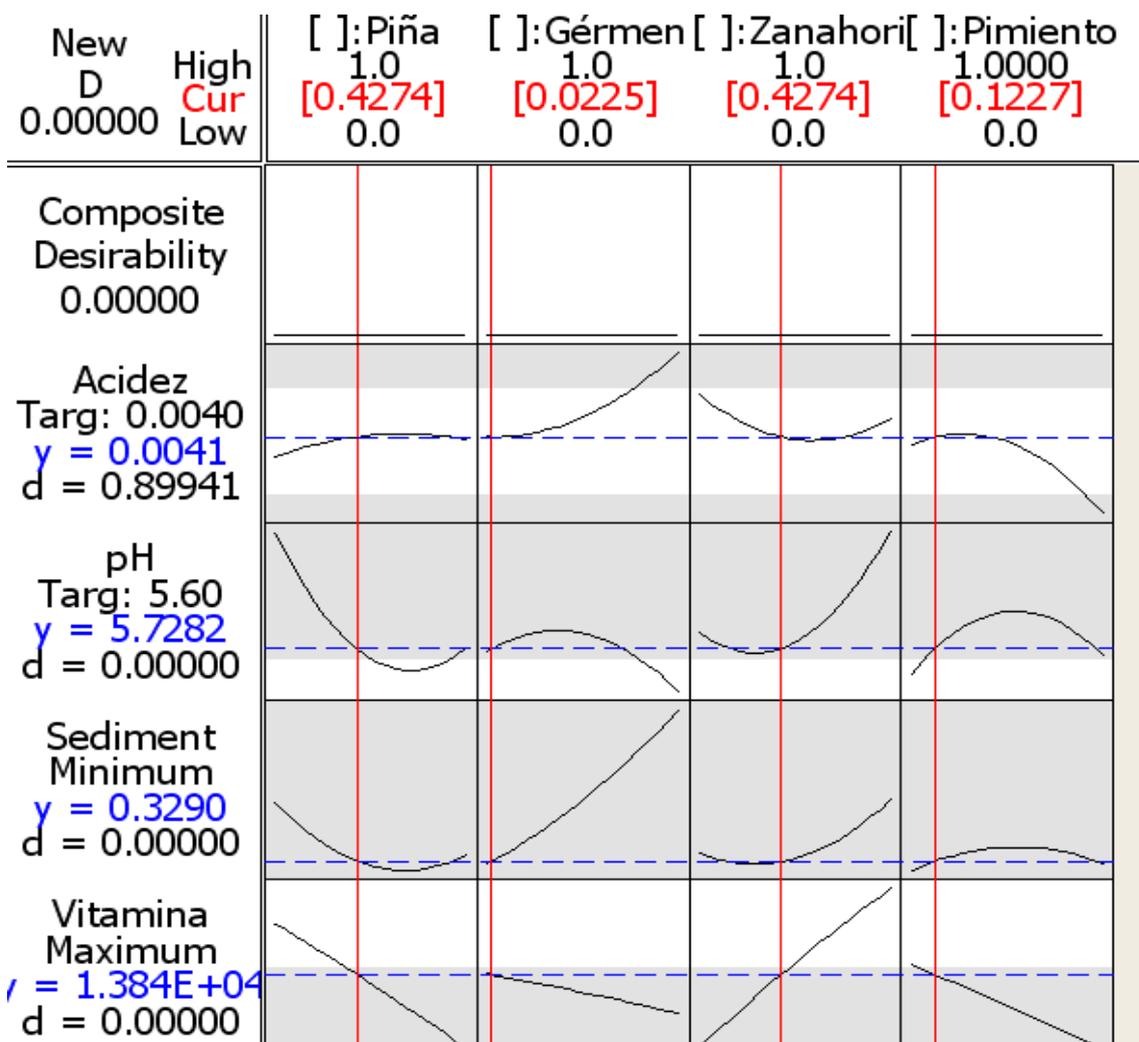
Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Acidez	Target	0.0	0.0	0.0	1	1
pH	Target	5.5	5.6	5.7	1	1
Sedimentació	Minimum	0.2	0.2	0.3	1	1
Vitamina E	Maximum	14000.0	16000.0	16000.0	1	1

* NOTE * No optimal solution found.

Optimization Plot



ANEXO 5

Normas Oficiales de México citadas en los casos.

Todo proyecto de la industria alimentaria debe conocer y cumplir con ciertas normas, legislaciones y/o regulaciones esenciales nacionales (e internacionales en el caso de las que exportan o pretenden hacerlo a otros países) algunas hasta de carácter obligatorio de acuerdo al alimento que se produce. Estas normas y regulaciones especifican y establecen restricciones a los materiales o materias primas y equipos, métodos o procesos y productos, asegurando al consumidor que se llevan a cabo de manera aceptable, certera y sistemática, sin riesgos a la salud y con calidad.

En este anexo se presenta la normatividad mexicana e internacional relevante y aplicable a una planta procesadora de la industria alimentaria en los diseños experimentales que se encuentran en la presente tesis. Para ello se obtuvo información de los catálogos de normas en sitios de internet tales como la Secretaría de Economía, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Salud, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, la comisión del Codex Alimentarius, entre otras.

A continuación se presenta el análisis de algunas de las normas encontradas:

NORMAS MEXICANAS

- NMX-F-377-1986. ALIMENTOS. REGIONALES. SALSA PICANTE ENVASADA FOODS. REGIONAL. CANNED SPICY SAUCE. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. (14)

Para los efectos de esta norma se establece la siguiente definición:

Salsa Picante Envasada.- Es el producto resultante de la mezcla y/o molienda y suspensión de una o más variedades de chiles frescos, secos o conservados, sanos, limpios, adicionados o no de acidulantes, espesantes, especias e ingredientes permitidos por la Secretaría de Salud, que le proporcionen el sabor característico.

Dado que nuestros productos entran en la definición de la norma, deben cumplir con sus especificaciones físicas, químicas, microbiológicas, de materia extraña, sobre los ingredientes básicos y opcionales así como los aditivos. Otras especificaciones que se presentan en la norma son acerca del marcado, etiquetado, envase, embalaje y almacenamiento. Esta norma hace referencia a otras normas en cuanto a los métodos de muestreo y se complementa con otras como la NMX-F-102-S-1978 para la determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas (17), por lo que convendría tener muy en cuenta esta última y las mencionadas dentro de esta norma.

La norma mexicana NMX-F-377-1986 (14) es importante porque a pesar de que no es específicamente para salsas exóticas como las que nuestra planta producirá, nos sirve de referencia y guía dado que es la que más se acerca a lo que son nuestros productos.

Existen otras normas mexicanas que podríamos aplicar a nuestra planta, pero no son de carácter obligatorio, por ello no las mencionaremos.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

SOBRE INFORMACIÓN COMERCIAL: estas normas en su mayoría son vigiladas por la Secretaría del Comercio y Fomento Industrial.

- NOM-002-SCFI-1993, PRODUCTOS PREENVASADOS CONTENIDO NETO TOLERANCIAS Y MÉTODOS DE VERIFICACIÓN. (18)

Esta norma, como su nombre lo indica, establece las tolerancias y los métodos para la verificación de los contenidos netos de productos preenvasados y los planes de muestreo usados en la verificación de productos que declaran su contenido neto en unidades de masa o volumen, además de contener los criterios de aceptación, sanciones, y apéndices.

- NOM-008-SCFI-2002, SISTEMA GENERAL DE UNIDADES DE MEDIDA. (19)

Para nuestros productos esta norma es importante porque nos indica como deberá de escribirse o utilizarse las unidades de medida tanto del sistema Internacional de Medidas como las que acepte la CGPM.

- NOM-030-SCFI-2006, INFORMACIÓN COMERCIAL-DECLARACIÓN DE CANTIDAD EN LA ETIQUETA-ESPECIFICACIONES. (20)

Esta norma es importante porque de acuerdo con la introducción de la misma, para que el consumidor pueda establecer sin dificultad la relación entre la cantidad del producto y el precio, es necesario que en los envases y/o etiquetas de los productos se especifique con toda claridad el dato relativo al contenido, contenido neto y la masa drenada según se requiera. El objetivo de la norma es establecer la ubicación y dimensiones del dato cuantitativo referente a la declaración de cantidad, así como de las unidades de medida que deben emplearse conforme al Sistema General de Unidades de Medida y las leyendas: contenido, contenido neto y masa drenada, según se requiera en los productos preenvasados que se comercializan en territorio nacional al consumidor.

- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-051-SCFI/SSA1-2010, ESPECIFICACIONES GENERALES DE ETIQUETADO PARA ALIMENTOS Y BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS PREENVASADOS - INFORMACIÓN COMERCIAL Y SANITARIA. (15)

Esta norma presenta definiciones elementales que se deben conocer para poder aplicar dicha norma. Asimismo, nos indica la información que deberá de contener nuestro producto así como del formato que deberá de seguir en cuanto: al orden de los ingredientes, fecha de caducidad, información nutrimental e información nutrimental complementaria, declaraciones de propiedades y de todo aquello que sirva o se quiera poner de información del producto.

Esta norma debemos tomarla en cuenta dado que nuestros productos son alimentos preenvasados los cuales deben contener una etiqueta obligatoria que proporcione información útil a los consumidores. Esta norma tiene concordancia parcial con normas del CODEX.

SOBRE INSTALACIONES Y LABORALES: estas normas en su mayoría son vigiladas por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social.

- NOM-007-RECNAT-1997, QUE ESTABLECE LOS PROCEDIMIENTOS, CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES PARA REALIZAR EL APROVECHAMIENTO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE RAMAS, HOJAS O PENCAS, FLORES, FRUTOS Y SEMILLAS. (21)

Esta norma tiene la finalidad de conservar, proteger y restaurar los recursos forestales no maderables y la biodiversidad de los ecosistemas, prevenir la erosión de los suelos y lograr un manejo sostenible de esos recursos, mediante el establecimiento de los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas en poblaciones naturales,

exceptuando las hojas de palma. Las ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas son recursos forestales no maderables, siendo muy amplio el número de especies aprovechadas, cuyos usos van del aprovechamiento alimenticio al medicinal e industrial.

- **NOM-001-STPS-2008, EDIFICIOS, LOCALES, INSTALACIONES Y ÁREAS EN LOS CENTROS DE TRABAJO-CONDICIONES DE SEGURIDAD. (22)**

El objetivo de esta norma es establecer las condiciones de seguridad de los edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo para su adecuado funcionamiento y conservación, con la finalidad de prevenir riesgos a los trabajadores. La norma define como centro de trabajo a todos aquellos lugares tales como edificios, locales, instalaciones y áreas en los que se realicen actividades de producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios, o en los que laboren personas que estén sujetas a una relación de trabajo, por lo que nuestra planta alimentaria entra dentro de esa definición debe sujetarse a las especificaciones y requisitos de seguridad (techos, pisos, paredes, escaleras, etc.) aunque no seamos los encargados de construir el edificio podemos hacer dichas modificaciones acordes a la norma teniendo presente que habrán trabajadores en ella.

- **NOM-004-STPS-1999, SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN LA MAQUINARIA Y EQUIPO QUE SE UTILICE EN LOS CENTROS DE TRABAJO. (23)**

El objetivo de la norma es establecer las condiciones de seguridad y los sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo que genere la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo.

Algunos aspectos importantes que menciona la norma es el estudio de análisis de riesgos de maquinaria que es obligación del patrón, proveer un programa de capacitación a los trabajadores y contar con dispositivos de seguridad y unidades de verificación.

- **NOM-006-STPS-2000, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES-CONDICIONES Y PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD. (24)**

Esta norma presenta también definiciones, obligaciones del patrón y de los trabajadores, procedimientos de seguridad, instrucciones para una variedad de maquinaria que puede llegar a utilizarse en industrias y sus respectivas unidades de verificación y vigilancia.

- **NOM-017-STPS-2008, EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL-SELECCIÓN, USO Y MANEJO EN LOS CENTROS DE TRABAJO. (25)**

El objetivo de esta norma es establecer los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud. Esta norma, al igual que las anteriores, presenta las obligaciones del patrón y también de los trabajadores, indicaciones, instrucciones o procedimientos para el uso, revisión, reposición, limpieza, limitaciones, mantenimiento, resguardo y disposición final del equipo de protección personal, las unidades de verificación, y un procedimiento para la evaluación de la conformidad.

- **NOM-019-STPS-2004, CONSTITUCIÓN, ORGANIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LAS COMISIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO. (26)**

Esta norma presenta los lineamientos, definiciones, obligaciones del patrón y los trabajadores, constitución, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene (como su

nombre lo indica), asuntos no previstos y procedimiento para la evaluación de la conformidad. Además de contar con apéndices sobre datos mínimos que debe contener el acta de constitución de la comisión y que debe contener el acta de verificación.

- NOM-020-STPS-2002, RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN Y CALDERAS - FUNCIONAMIENTO-CONDICIONES DE SEGURIDAD. (27)

La norma establece los requisitos mínimos de seguridad para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión y calderas en los centros de trabajo, para la prevención de riesgos a los trabajadores y daños en las instalaciones. Además de presentar las obligaciones para patrón y trabajadores, muestra las condiciones mínimas de seguridad de los equipos, procedimiento para obtener autorización de funcionamiento, demostraciones de seguridad e inspecciones entre otras. Al llevar a cabo procesos como de cocción en nuestra planta de salsas muy probablemente se haga uso de calderas y recipientes sujetos a presión por lo que la aplicación de esta norma puede llegar a ser indispensable.

- NOM-025-STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO. (28)

Establece los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

- NOM-026-STPS-2008, COLORES Y SEÑALES DE SEGURIDAD E HIGIENE, E IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS POR FLUIDOS CONDUCIDOS EN TUBERÍAS. (29)

Presenta tablas sobre los colores de seguridad, su significado e indicaciones y precisiones, otra sobre la selección de colores contrastantes, otra sobre las formas geométricas para señales de seguridad e higiene y su significado, otra sobre las dimensiones mínimas de las bandas de identificación en relación al diámetro de la tubería, una sobre leyendas para fluidos peligrosos, muestreo y verificación entre otras.

- NOM-029-STPS-2005, MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LOS CENTROS DE TRABAJO-CONDICIONES DE SEGURIDAD. (30)

Establece las condiciones de seguridad para las actividades de mantenimiento en las instalaciones eléctricas de los centros de trabajo, a fin de evitar accidentes al personal responsable de llevar a cabo dichas actividades y a personas ajenas a ellas que se pudieran exponer. Aplica en todos los centros de trabajo del territorio nacional que cuenten con instalaciones eléctricas permanentes y provisionales, y para todas aquellas actividades de mantenimiento que se desarrollan en las líneas eléctricas aéreas y subterráneas.

- NOM-030-STPS-2009, SERVICIOS PREVENTIVOS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO-FUNCIONES Y ACTIVIDADES. (31)

Esta norma establece las funciones y actividades que deberán realizar los servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo para prevenir accidentes y enfermedades de trabajo.

SOBRE ENERGÍA: esta norma es vigilada por la Secretaría de Energía.

- NOM-001-SEDE-2005, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN). (32)

Esta norma establece los principios fundamentales, los cuales no están sujetos a modificaciones en función de desarrollos tecnológicos. El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones

y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- los choques eléctricos,
- los efectos térmicos,
- sobrecorrientes,
- las corrientes de falla y
- sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta norma garantiza el uso de la energía eléctrica en forma segura; asimismo esta norma no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

Esta norma cubre a las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica en propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda, institucionales, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensiones eléctricas de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.

SANITARIAS: estas normas son vigiladas por la Secretaría de Salud.

- NOM-092-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE BACTERIAS AEROBIAS EN PLACA. (33)

Esta norma establece el método para estimar la cantidad de microorganismos viables presentes en un alimento, agua potable y agua purificada, por la cuenta de colonias en un medio sólido, incubado aeróbicamente. Contiene definiciones, símbolos y abreviaturas, así como especificaciones en cuanto a reactivos y materiales, aparatos, instrumentos, procedimiento, expresión de resultados y cómo realizar el informe de dicha prueba. Es importante tomar en cuenta esta norma para asegurarnos de que las bacterias en nuestros productos no exceden el límite permitido.

- NOM-110-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. PREPARACIÓN Y DILUCIÓN DE MUESTRAS DE ALIMENTOS PARA SUS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS. (34)

Esta norma está orientada a proporcionar las guías generales para la preparación de diluciones para el examen microbiológico de alimentos. Está muy relacionada con la norma anterior y las siguientes pues son complementarias. En vista de la gran cantidad de productos en este campo de aplicación, estas guías pueden ser inapropiadas para todos ellos en forma detallada y para otros requerirse otros métodos diferentes. Sin embargo, en todos los casos donde sea posible se recomienda apearse a estas guías y modificarse únicamente cuando sea necesario. La dilución primaria tiene por objeto obtener una distribución lo más uniforme posible de los microorganismos contenidos en la muestra destinada para el análisis.

- NOM-111-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE MOHOS Y LEVADURAS EN ALIMENTOS. (35)

Es de gran importancia cuantificar los mohos y levaduras en los alimentos, puesto que al establecer la cuenta de estos microorganismos, permite su utilización como un indicador de prácticas sanitarias inadecuadas durante la producción y el almacenamiento de los productos, así como el uso de materia prima inadecuada. El método se basa en inocular una cantidad conocida de muestra de prueba en un medio selectivo específico, acidificado a un pH 3,5 e incubado a una

temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, dando como resultado el crecimiento de colonias características para este tipo de microorganismos.

- NOM-113-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE MICROORGANISMOS COLIFORMES TOTALES EN PLACA. (36)

El uso de los coliformes como indicador sanitario puede aplicarse para:

- La detección de prácticas sanitarias deficientes en el manejo y en la fabricación de los alimentos.
 - La evaluación de la calidad microbiológica de un producto, aunque su presencia no necesariamente implica un riesgo sanitario.
 - Evaluación de la eficiencia de prácticas sanitarias e higiénicas del equipo.
 - La calidad sanitaria del agua y hielo utilizados en las diferentes áreas del procesamiento de alimentos.
 - La demostración y la cuenta de microorganismos coliformes, puede realizarse mediante el empleo de medios de cultivos líquidos o sólidos con características selectivas o diferenciales.
- NOM-117-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE CADMIO, ARSÉNICO, PLOMO, ESTAÑO, COBRE, FIERRO, ZINC Y MERCURIO EN ALIMENTOS, AGUA POTABLE Y AGUA PURIFICADA POR ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA. (37)

La presencia de ciertos elementos químicos en alimentos, bebidas, agua potable y agua purificada, constituye un serio problema para la salud del hombre debido a su toxicidad. Esta norma establece los métodos de prueba de espectrometría de absorción atómica para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio presentes en alimentos, bebidas, agua purificada y agua potable.

- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-130-SSA1-1995, BIENES Y SERVICIOS. ALIMENTOS ENVASADOS EN RECIPIENTES DE CIERRE HERMÉTICO Y SOMETIDOS A TRATAMIENTO TÉRMICO. DISPOSICIONES Y ESPECIFICACIONES SANITARIAS. (38)

como en la siguiente norma se describe a los “alimentos envasados en recipientes de cierre hermético como aquellos elaborados con diversos ingredientes tales como frutas, néctares, jugos, salsas, encurtidos, vegetales, productos cárnicos, productos lácteos o mezclas de éstos con o sin medios de cobertura, adicionados de otros ingredientes y aditivos para alimentos, con A_w mayor de 0,85 sometidos a un tratamiento térmico ya sea antes o después de ser colocados en envases sanitarios herméticamente cerrados que garantice su estabilidad biológica”, se debe tener en cuenta para asegurar la estabilidad e inocuidad de nuestras salsas, mediante tratamiento y cierre hermético del envase.

Esta norma nos indica cómo nuestro producto será clasificado, así como las disposiciones y especificaciones sanitarias, éstas últimas son diferentes dependiendo del pH del producto que elaboraremos. Por ejemplo difieren en las especificaciones microbiológicas, los límites de los metales pesados y metaloides.

También esta norma nos indica cuales son los aditivos permitidos con sus concentraciones o límites tolerados. Al igual que los métodos de prueba, etiquetado, envase y embalaje.

- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-251-SSA1-2009, PRACTICAS DE HIGIENE PARA EL PROCESO DE ALIMENTOS, BEBIDAS O SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS. (16)

Esta norma establece las disposiciones o requerimientos a cumplir en relación a: instalaciones y áreas (pisos, paredes, techos, puertas, ventanas, tuberías, cables, vigas, rieles, etc.), equipos y utensilios (instalación de equipos, lavado de utensilios-desinfección, equipos de refrigeración, condiciones del equipo, etc.), servicios (control del agua potable, cisternas, tinacos, agua no potable, control del vapor, drenajes, aguas residuales, servicios de baños, depósitos de basura, aire acondicionado, iluminación, etc.), control de operaciones (control de temperaturas, de contaminaciones cruzadas, de humedad, producto no conforme, etc.), control de materias primas (inspección de materias primas, identificación, control de caducidades, de contaminaciones, de materiales extraños, etc.), control de envasado, del agua en contacto con los alimentos, mantenimiento y limpieza, control de plagas, manejo de residuos (control de residuos, retiro de residuos, identificación de recipientes de residuos, etc.), salud e higiene del personal (control de enfermedades, aseo del personal, limpieza de la ropa y calzado, lavado de manos, uso de solución desinfectante, control del uso de objetos personales, control de comida, etc.), capacitación, transporte (control de las condiciones del transporte, control de contaminaciones cruzadas, manipulación del producto, control de temperaturas, etc.), documentación y registros (registros de recepción de materias primas, fabricación, almacenamientos, distribución, limpiezas, control de plagas, capacitación del personal, retiro de producto, etc.), retiro de producto (planes y control para retirar producto del mercado cuando éste represente un peligro para la salud), información sobre el producto (control de claves de identificación de los lotes del producto, entre otros).

Asimismo, establece un apéndice que marca las directrices para aplicar o implantar un Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP).

Esta norma es importante porque es la que asegura la inocuidad de los productos exigiendo a las industrias alimentarias los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene a aplicar en el proceso de alimentos.

NORMAS DEL CODEX ALIMENTARIUS:

- CODEX STAN 1-1985, REV.1-1991. NORMA GENERAL PARA EL ETIQUETADO DE LOS PRODUCTOS PREENVASADOS. (39)

De acuerdo con los principios generales de la norma, los alimentos preenvasados no deberán describirse ni presentarse con una etiqueta o etiquetado en los que se empleen palabras, ilustraciones u otras representaciones gráficas que se refieran a –o sugieran, directa o indirectamente– cualquier otro producto con el que el producto de que se trate pueda confundirse, ni en una forma tal que pueda inducir al comprador o al consumidor a suponer que el alimento se relaciona en forma alguna con aquel otro producto. Para ello deben seguirse las especificaciones de etiquetado obligatorias presentadas en esta norma. Menciona cómo deben listarse los ingredientes y aditivos, el contenido neto, nombre y dirección, país de origen, identificación del lote, el marcado de la fecha, las instrucciones de uso, y requisitos adicionales obligatorios tales como la declaración cuantitativa de ingredientes, alimentos irradiados, exenciones y forma de presentación de la información.

- CAC/RCP 1-1969. CÓDIGO INTERNACIONAL DE PRÁCTICAS RECOMENDADO- PRINCIPIOS GENERALES DE HIGIENE DE LOS ALIMENTOS. (40)

Esta es una de las normas más importantes y se divide en varias secciones como son: objetivos y principios generales, ámbito de aplicación y definiciones, producción primaria, proyecto y construcción de las instalaciones, control de operaciones, mantenimiento y saneamiento de instalaciones, higiene personal, transporte, información sobre productos y sensibilización de los consumidores, capacitación, determinación de puntos críticos de control, entre otras.

- CAC/GL 1-1979, REV. 1-1991. DIRECTRICES GENERALES SOBRE DECLARACIONES DE PROPIEDADES. (41)

Estas directrices como su nombre lo indican establecen las especificaciones para las declaraciones de propiedades en alimentos. Pueden ser de utilidad para nuestros productos.

- CAC/GL 2-1985, REV. 1-1993. DIRECTRICES SOBRE ETIQUETADO NUTRICIONAL. (42)

Estas directrices explican qué nutrimentos han de declararse y por qué, además de cómo calcularlos y cómo presentar dicha información, y habla también sobre la tolerancia y el cumplimiento. Trata sobre los principios y criterios para la legibilidad del etiquetado y sobre la información nutricional complementaria.

- CAC/GL 17-1993 DIRECTRICES SOBRE PROCEDIMIENTOS BASICOS PARA LA INSPECCION VISUAL DE LOTES DE ALIMENTOS ENVASADOS. (43)

Estas directrices cuentan con un prefacio explicativo enfatizando la importancia de que la inspección de muestreo de lotes de alimentos envasados para detectar la presencia de defectos visibles no sea la única base para juzgar si un producto es apto o no para el consumo humano. Esta norma determina la capacitación y atribuciones que debe tener el inspector y cómo es que debe llevarse a cabo la inspección, así como las medidas que han de tomarse en caso de descubrirse defectos. Contiene también apéndices sobre cómo llevar a cabo el registro de la inspección del lote y sobre los defectos inaceptables.

- CAC/GL 23-1997, REV. 1-2004. DIRECTRICES PARA EL USO DE DECLARACIONES NUTRICIONALES Y SALUDABLES. (44)

Estas directrices van muy relacionadas con las CAC/GL 2-1985, REV. 1-1993. DIRECTRICES SOBRE ETIQUETADO NUTRICIONAL y CAC/GL 1-1979, REV. 1-1991. DIRECTRICES GENERALES SOBRE DECLARACIONES DE PROPIEDADES.

- CAC/GL 20-1995. PRINCIPIOS PARA LA INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE ALIMENTOS. (45)

Estos principios son: adecuación a los fines previstos, evaluación de riesgos, no discriminación, eficacia, armonización, equivalencia, transparencia, trato especial y diferencial, procedimientos de control e inspección, validez de la certificación, y son explicados y presentan con una introducción y definiciones.

- CAC/GL 26-1997 DIRECTRICES PARA LA FORMULACIÓN, APLICACIÓN, EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN DE SISTEMAS DE INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE ALIMENTOS. (46)

Estas directrices proporcionan un marco para el establecimiento de sistemas de inspección y certificación de importaciones y exportaciones que sean coherentes con los *Principios para la Inspección y Certificación de Importaciones y Exportaciones de Alimentos*. Ellas tienen por objeto ayudar a los países en la aplicación de los requisitos y la determinación de equivalencias, protegiendo de esta manera al consumidor y facilitando el comercio internacional de alimentos. Algunas de estas son el análisis de riesgos, garantía de calidad, equivalencia, sistema de inspección y certificación, acreditación oficial, evaluación y verificación, transparencia. Contienen un anexo de principios y directrices para efectuar evaluaciones de sistemas oficiales de inspección y certificación en el extranjero.

- CAC/GL 21-1997 PRINCIPIOS PARA EL ESTABLECIMIENTO Y LA APLICACIÓN DE CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS A LOS ALIMENTOS. (47)

Estos principios se presentan con una introducción, definición de criterio microbiológico, componentes de los criterios, fines y aplicaciones de los criterios, consideraciones generales sobre los principios para el establecimiento y la aplicación de criterios microbiológicos, aspectos, planes de muestreo, métodos, manipulación y presentación de informes.

- CODEX STAN 192-1995 NORMA GENERAL DEL CODEX PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS. (48)

En esta norma se establecen las condiciones en que se pueden utilizar aditivos alimentarios en todos los alimentos, se hayan establecido o no anteriormente normas del Codex para ellos. El objetivo principal de establecer dosis máximas de uso para los aditivos alimentarios en diversos grupos de alimentos es asegurar que la ingestión de un aditivo procedente de todos sus usos no exceda de su Ingestión Diaria Admisible. Los aditivos alimentarios regulados por esta norma y sus dosis de uso máximas se basan en parte en las disposiciones sobre aditivos alimentarios establecidas en anteriores normas del Codex para productos o en peticiones de los gobiernos, tras someter las dosis máximas propuestas a un método apropiado a fin de verificar la compatibilidad de la dosis máxima propuesta con la IDA.

Esta norma presenta definiciones importantes así como principios generales para el uso de aditivos, transferencia de dichos aditivos, menciona un sistema de clasificación de alimentos para asignar usos a los aditivos y directrices para la aplicación de estos.

El conocer estas normas, tener siempre presente y seguir sus estipulaciones nos puede llegar a asegurar un producto de calidad e inocuidad, y por lo tanto, permanencia en el mercado, de ahí su importancia. Las normas del CODEX nos dan un margen que nos permitirá poder exportar más fácilmente nuestros productos al extranjero a largo plazo.

1