

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
Facultad Regional Multidisciplinaria Matagalpa
UNAN-FAREM Matagalpa



MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Estrategias de adaptación ante el cambio climático en granos básicos: maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) en cinco comunidades de San Ramón, Matagalpa 2014.

Autores:

Br. Pedro Martin Gutiérrez Ibarra
Br. Ronald Osbaldo Chavarría Obregón

Tutor

MSc. Francisco Javier Chavarría Arauz

Asesores

Ing. Ramón Guevara
Ing. Guillermo Bendaña



Matagalpa, Julio, 2015



INDICE

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| OPINIÓN DEL TUTOR | iv |
| RESUMEN..... | v |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. ANTECEDENTES..... | 3 |
| III. JUSTIFICACIÓN..... | 7 |
| IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 10 |
| 4.1. Formulación del Problema | 10 |
| 4.2. Preguntas de investigación | 11 |
| 4.2.1. <i>Pregunta General</i> | 11 |
| 4.2.2. <i>Preguntas Específicas</i> | 11 |
| V. OBJETIVOS | 12 |
| 5.1. Objetivo General | 12 |
| 5.2. Objetivos Específicos..... | 12 |
| VI. HIPÓTESIS..... | 13 |
| VII. MARCO TEÓRICO..... | 14 |
| 7.1. Sistemas de Producción Agrícola..... | 14 |
| 7.1.1. <i>Concepto</i> | 14 |
| 7.1.2. <i>Clasificación</i> | 15 |
| 7.2. Cambio Climático | 16 |
| 7.2.1. <i>Conceptos</i> | 17 |
| 7.2.2. <i>Efecto Invernadero en la Agricultura</i> | 18 |
| 7.2.3. <i>Principales amenazas naturales derivadas del cambio climático</i> | 18 |
| 7.2.4. <i>Variaciones del Clima en Nicaragua</i> | 20 |
| 7.3. Cultivo del Frijol..... | 22 |
| 7.3.1. <i>Información General</i> | 22 |
| 7.3.2. <i>Producción Agroecológica</i> | 28 |
| 7.3.3. <i>Manejo del Cultivo</i> | 31 |
| 7.3.4. <i>Cosecha y postcosecha</i> | 42 |
| 7.4. Cultivo del Maíz..... | 48 |
| 7.4.1. <i>Información General</i> | 49 |

| | |
|---|------------|
| 7.4.2. <i>Producción Agroecológica</i> | 54 |
| 7.4.3. <i>Manejo del Cultivo</i> | 57 |
| 7.4.4. <i>Plagas y Enfermedades</i> | 65 |
| 7.4.5. <i>Cosecha y Postcosecha</i> | 69 |
| 7.5. Efectos del Cambio Climático sobre la Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional | 73 |
| 7.6. Adaptación al Cambio Climático en Sistemas de Producción de Granos Básicos .. | 75 |
| 7.6.3. <i>Variedades optimas por zona</i> | 80 |
| VIII. DISEÑO METODOLOGICO | 87 |
| 8.1. Descripción del área de estudio y entorno | 87 |
| 8.2 Tipo de Investigación | 88 |
| 8.3. Población y Muestra | 88 |
| 8.4. Técnicas de la investigación | 89 |
| 8.6. Operacionalización de Variables | 90 |
| IX. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 92 |
| 9.1. Características de los sistemas productivos en cuanto a capital natural y manejo | 92 |
| 9.1.1. <i>Tenencia de la tierra</i> | 92 |
| 9.1.2. <i>Distribución por rubro</i> | 94 |
| 9.1.3. <i>Técnicas de Manejo</i> | 95 |
| 9.2. Principales impactos del cambio climáticos sobre la producción de granos básicos | 96 |
| 9.2.1. <i>Número de productores de maíz y frijol</i> | 96 |
| 9.2.2. <i>Épocas de siembra para el cultivo del maíz y frijol</i> | 98 |
| 9.2.3. <i>Afectaciones del clima por comunidad</i> | 100 |
| 9.2.4. <i>Rendimiento productivo por comunidad</i> | 102 |
| 9.2.5. <i>Análisis de los rendimientos productivos obtenidos según las afectaciones del clima por comunidad</i> | 107 |
| 9.3. Efectos del cambio climático sobre la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional de las familias productoras | 113 |
| 9.4. Estrategias de adaptación ante los efectos del cambio climático en cultivos de granos básicos | 117 |
| X. CONCLUSIONES | 119 |
| XI. RECOMENDACIONES | 120 |
| XII. BIBLIOGRAFÍA | 121 |

ANEXO

DEDICATORIA

Al Padre, al Hijo y al Espíritu Santo que son quienes me han ayudado desde siempre, me han dado las fuerzas y la sabiduría para culminar una de mis metas, sin ellos no soy nada.

A mis padres Ronald Chavarría Martínez y Martha Obregón Reyes por ser quienes han estado siempre conmigo apoyándome y han sido el medio de Dios para proveer lo que he necesitado, honro a mis padres por el sacrificio que han hecho por mí.

A mis hermanos de sangre y amigos que de una u otra manera han sido un apoyo incondicional, mis compañeros del ministerio de alabanza y mis compañeros de universidad.

A una persona especial a quien amo y valoro mucho, mi novia y futura esposa Gabriela Zeledón por ser una compañera, amiga, confidente en todo momento.

A un gran amigo y hermano de luchas, Raúl Murillo, aunque ya él no está en este mundo pero le debo mucho, fue un ejemplo de persistencia y esfuerzo en cualquier situación.

A mis profesores por su paciencia, sus consejos, su enseñanza y por el gran esfuerzo de formar profesionales eficientes.

Br. Ronald Chavarría Obregón

DEDICATORIA

A Dios Padre Celestial, Señor Jesucristo nuestro Redentor y al Santo Espíritu; mi único Dios, quien murió en la cruz para darme la salvación y bendecirme en todas las áreas de mi vida. Gracias Dios por tu amor y misericordia que hoy me concede culminar exitosamente mis estudios. Sin Él nada de esto hubiera ocurrido. *Al que está sentado en el trono, y al Cordero, sea alabanza, honra, y gloria, y potencia, para siempre jamás. Apocalipsis 5:13*

A mi madre, Aleyda del Socorro Ibarra Montoya, quien siempre ha estado pendiente de mí en todo momento, la que siempre ha creído en mí. Gracias madrecita linda por tu esfuerzo, sacrificio y tus oraciones.

A mi padre, Pedro José Gutiérrez Gonzáles quien se propuso en su corazón verme alzar este título de Ingeniero Agrónomo, gracias padre por tus sacrificios, por proveerme económicamente todo lo que necesitaba.

A mis hermanos, Héctor José y Elmer José, porque también fueron parte de todo este esfuerzo, gracias a ellos por ayudarme en cada momento.

A mi pastor, hermanos de la iglesia y amigos del Ministerio de Alabanza. Gracias por sus oraciones. A mis amigos de la universidad haciendo mención de ellos a Santiago Urbina Soto, Leonel Antonio Tórrez y Ronald Osbaldo Chavaría con quien tuve la oportunidad de realizar este trabajo de tesis.

A mis maestros, que desde preescolar me enseñaron las primeras letras del abecedario, mis maestros de primaria, secundaria, en especial a mis maestros de la universidad que han estado instruyéndome, enseñándome y formándome, compartiendo sus conocimientos y sabiduría con toda paciencia y dedicación.

Br. Pedro Martin Gutiérrez Ibarra.

AGRADECIMIENTO

A Dios, nuestro creador y ayudador en todo tiempo, le debemos las fuerzas, la sabiduría y cada bendición que ha dado a nuestras vidas. Gracias por su respaldo en cada área de nuestra vida y principalmente en nuestros estudios permitiendo lograr una de nuestras metas.

A nuestras familias, por ser un apoyo incondicional y el medio que Dios uso para suplir todas nuestras necesidades en cada etapa de nuestra vida. Gracias a ellos por instruirnos en los valores éticos, cristianos y morales.

Al Lic. José Solórzano, Presidente Departamental de la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG) por ser el medio para poder trabajar con un grupo de profesionales. Y a nuestros asesores, Ing. Ramón Guevara e Ing. Guillermo Bendaña, consultores de Bioversity International; quienes fueron de mucha ayuda durante todos estos meses.

A nuestro tutor, MSc. Francisco Javier Chavarría Aráuz por ser una persona clave en este trabajo y en toda nuestra formación como profesionales, gracias por compartir sus conocimientos, experiencias y tiempo para dirigirnos en el proceso de la tesis aun fuera de sus horas laborales.

A nuestros maestros de universidad, que en estos años de estudio estuvieron con nosotros formándonos con paciencia y dedicación. Gracias: MSc. Julio Laguna Gámez, MSc. Evelyn Calvo Reyes, MSc. Virginia López y PhD. Jairo Rojas.

A cada uno de los líderes de las diferentes comunidades estudiadas y a los productores que nos brindaron su tiempo y conocimientos, para poder obtener la información necesaria para nuestra investigación.

Br. Ronald Osbaldo Chavarría Obregón.

Br. Pedro Martin Gutiérrez Ibarra.

OPINIÓN DEL TUTOR

Luego de revisar informe de tesis monográfica presentada por los egresados, Pedro Martin Gutiérrez Ibarra, Número de Carnet 10067463 y Ronald Osbaldo Chavarría Obregón, con Número de Carnet 08066360, bajo el título **“Estrategias de adaptación ante el cambio climático en granos básicos: maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), en cinco comunidades del municipio de San Ramón, Matagalpa, 2014”**. De la cual soy tutor y considerando que el mismo cumple con la coherencia entre su título, planteamiento del problema, sus objetivos, hipótesis, resultados, conclusiones y recomendaciones. Por este medio **Avalo la entrega** del mismo para su debida defensa ante Tribunal Examinador que se designe para ello.

El estudio realizado por los compañeros Gutiérrez y Chavarría, contó con el apoyo financiero y asesoría técnica de Bioversity International, habiéndose realizado en colaboración estrecha con la UNAG Matagalpa. Agradecemos la inestimable colaboración de los Maestros Ramón Guevara, Guillermo Bendaña, ambos de Bioversity International y del Licenciado José Solórzano de la UNAG.

Es meritorio señalar que la presente investigación se constituye en un valioso aporte a los esfuerzos por la adaptación de nuestros sistemas de producción de granos básicos ante los efectos del cambio climático y de esa forma se continúe aportando a la economía del país y sobre todo en la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional.

Éxitos en sus próximas metas.

Francisco Javier Chavarría Aráuz

Tutor

RESUMEN

El estudio fue realizado en cinco comunidades del municipio de San Ramón. Las variables de estudio fueron: Características de sistemas de producción, impacto del cambio climático sobre granos básicos, efectos del cambio climático en seguridad alimentaria y adaptación al cambio climático en sistemas de producción de granos básicos. El objetivo principal de la investigación fue identificar las estrategias de adaptación ante los efectos del cambio climático en granos básicos. Para la recopilación de información se usaron dos técnicas de investigación, en primer lugar con la realización de grupos focales con productores de cada comunidad y posteriormente la aplicación de encuestas en los hogares. Los resultados más relevantes muestran como los pequeños productores de granos básicos que fueron muy influenciados por el Cambio Climático; los principales efectos fueron la disminución de los rendimientos productivos, pérdidas totales de cultivos, daños en las parcelas como pérdidas de suelo por escorrentías, afectación por muchas lluvias, sequía. Esto causó daños económicos a los productores que debieron dedicarse a trabajar en otras fincas para poder suplir las necesidades del hogar. La seguridad alimentaria para las familias campesinas está en riesgo debido a las afectaciones del clima que han ocasionado baja producción y pérdidas totales de los cultivos. Las principales estrategias de adaptación que se están realizando son: implementación de obras de conservación de suelo y agua, reforestación, selección de semillas, adecuación del calendario de siembra, asociación de cultivos, diversificación de las fincas, sistemas agroforestales; los resultados permiten recomendar estrategias para adaptarse ante el cambio climático.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se enfoca en cinco comunidades del Municipio de San Ramón (Las Rosas, La Reyna, San Antonio, Las Delicias y Yúcul), Departamento de Matagalpa, para analizar las principales amenazas que afectan a familias campesinas productoras de granos básicos y fomentar soluciones a problemas de producción, aferrándose a las técnicas de manejo en un plan integrado; y entender estrategias de adaptación que manejan estas familias.

La producción de maíz, frijol y arroz es vital para la seguridad alimentaria y nutricional de la población centroamericana. La mayor parte de su producción, especialmente la de maíz y frijol, está en manos de pequeños productores, la mayoría de los cuales viven en condiciones de pobreza con acceso limitado a servicios sociales y económicos. No obstante, salvaguardan un importante acervo de agro biodiversidad y conservan prácticas de producción relativamente sostenible y adecuada a las condiciones locales (CEPAL, 2013).

El sector agrícola es altamente vulnerable a las variaciones y cambios del clima, incluyendo los cambios en la magnitud y patrones de comportamiento de las temperaturas y precipitación, olas de calor, sequías, inundaciones y otros eventos extremos (Aguilar, 2011).

A causa de la necesidad que apremia, el propósito del estudio consistió en proponer estrategias de adaptación ante el cambio climático en los cultivos de granos básicos, considerando el impacto negativo en los rendimientos productivos y de calidad sobre la agricultura en estos últimos tiempos.

Por tal razón su estudio es muy interesante para tener conocimiento del mismo y mejorar los sistemas de producción y capacidad de adaptación ante las variaciones climáticas, debido a que es la única forma de hacerle frente al cambio climático. Este estudio surge de la intervención institucional de la UNAG proporcionando un vínculo

entre las familias campesinas y Bioversity International con el fin de proporcionar la evidencia científica, las prácticas de gestión y las opciones de política a usar y salvaguardar la biodiversidad agrícola para alcanzar la seguridad alimentaria y la nutrición global sostenible.

La base de la investigación se estableció en los grupos focales realizados por comunidad y está fundamentada en las encuestas a nivel de hogar, tomando en cuenta los valores de producción, egresos e ingresos de las familias campesinas usando un muestreo probabilístico con un intervalo de confianza de 5% y un nivel de confiabilidad del 95% con factores de muestreo por comunidad según el número de familias. Con este estudio, entonces, se busca vislumbrar soluciones ante la crisis de seguridad alimentaria en las familias campesinas por aspectos de baja producción agrícola.

Para cumplir con este propósito, este trabajo se estructura en el capítulo I: Conceptos Climáticos, capítulo II: Cultivos de Granos Básicos (Frijol y Maíz) y capítulo III: Impactos del Cambio Climático en la producción agrícola y seguridad alimentaria. En el primer capítulo, se desarrollan los conceptos generales del cambio climático y principales factores que inciden en la producción agrícola, también se abordan las características climáticas del área de estudio. En el segundo capítulo, se establecerán las bases teóricas de los sistemas de producción en granos básicos (Frijol y Maíz) detallados en el manejo agronómico y agroecológico de cada cultivo. En el tercer capítulo, se describen los impactos negativos de las variaciones climáticas sobre los rendimientos de producción en granos básicos (Frijol y Maíz) y en la seguridad alimentaria de las familias campesinas. Al final de este trabajo se presenta la metodología usada en esta investigación para comprender el procedimiento y ejecución de la misma.

II. ANTECEDENTES

Los granos básicos (maíz, frijol, trigo, arroz y sorgo) revisten una importancia especial en Nicaragua debido a sus implicaciones culturales, socioeconómicas y alimenticias de una gran mayoría de la población. En especial, para la población del área rural que obtiene de estos granos sus requerimientos energéticos y proteicos.

Sin embargo el clima y su variabilidad influyen en la productividad de los cultivos de granos básicos. Un estudio realizado en Guatemala muestra el porcentaje de afectación, es necesario para evaluar y cuantificar los impactos del clima actual y futuro en cantidad y calidad en la producción de los granos. Mediante modelos matemáticos se simuló el comportamiento futuro de los cultivo (crecimiento, desarrollo, evapotranspiración y absorción de nutrientes) con la producción actual (Dary, 2007).

Las simulaciones se llevaron a cabo para 13 temporadas agrícolas (1980-1993), en 7 sitios del país y para los 3 cultivos seleccionados (maíz, frijol y arroz). Las simulaciones realizadas sobre la producción de granos básicos se compararon con las producciones reales (llamadas línea base). En general, se presentaron producciones anuales menores que las consideradas en la línea base; para algunos productos los resultados fueron muy negativos con disminuciones hasta un 66 % respecta de la producción real (Dary, 2007).

Otro estudio elaborado en Centro America muestra reducciones regionales de rendimientos en maiz y frijol. Este estudio se realizo conjuntamente con el Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo y la Secretaria Ejecutiva del Consejo Agropecuario Centroamericano, instancia de los Ministros de Agricultura de Centroamérica y la República Dominicana en el marco del Sistema de Integración Centroamericana (SICA). Utilizando el método de funciones de producción, se estima el efecto de la temperatura y la precipitación sobre los rendimientos de granos básicos en 95 unidades geográficas subnacionales en la década de 2000. Con esta misma función, se estiman los impactos potenciales del cambio climático durante el presente siglo,

utilizando dos escenarios del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), denominados B2 (trayectoria de alza de emisiones menor) y A2 (emisiones crecientes e inacción global). Con el escenario A2 para fines del siglo, las reducciones regionales de rendimientos estimados serían: 35%, 43% y 50% para el maíz, frijol y arroz, respectivamente, en comparación con 17%, 19% y 30% con el escenario B2; por lo cual es importante seguir insistiendo en un esfuerzo global para reducir las emisiones. Al mismo tiempo, los resultados sugieren que habrá condiciones diferentes y medidas apropiadas de adaptación dependiendo del departamento e inclusive dentro de cada uno, requiriendo acciones enfocadas a nivel local (CEPAL & PNUD, 1998).

Como respuesta al mandato de la Cumbre Presidencial Centroamericana sobre Cambio Climático de mayo de 2008 se realizó otro estudio en Nicaragua. Este estudio muestra cómo el cambio climático ocasiona reducciones en la producción, los rendimientos y el valor de la tierra de los agricultores de Nicaragua. Además, se cuantifica el efecto directo de las variaciones en temperatura y precipitación sobre la producción, rendimientos y el valor de la renta de la tierra. En las últimas décadas, la temperatura y precipitación se han modificado como consecuencia del cambio climático, las proyecciones indican que los cambios se acentuarán en los próximos años. Este estudio analiza algunos de los efectos potenciales del cambio climático sobre el sector agropecuario de Nicaragua. En particular, se evalúan las variaciones en la producción y el valor de la tierra, así como sus efectos económicos utilizando dos escenarios climáticos y distintos horizontes temporales. Los resultados para el sector en su conjunto exhiben pérdidas importantes en la producción, asimismo, el examen de impacto sobre algunos de los cultivos más importantes (maíz, frijol y café) muestra disminuciones importantes en sus rendimientos (Ramírez, 2010).

El análisis efectuado en le presente estudio muestra los grandes retos a los que se enfrentara Nicaragua para compensar las pérdidas debidas al cambio climático. Entre ellos la escasa inversión en el sector agropecuario y el bajo nivel de desarrollo del capital humano. De esta manera, el análisis representa una herramienta para la

formulación de políticas agropecuarias y ambientales capaces de enfrentar los retos futuros (Ramírez, 2010)

A todo esto la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambios Climáticos (CMNUCC) diseñó dos estrategias para enfrentar el cambio climático, una de ellas es la mitigación que se hace a través del Protocolo de Kyoto, que consiste en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el aumento de los sumideros de GEI mediante la fijación y el almacenamiento de carbono. La otra estrategia es la adaptación, que se ocupa de disminuir los impactos negativos del cambio climático, a través de ajustes en los sistemas humanos, naturales, sociales y económicos; y aprovechar las posibles oportunidades que de estos cambios surjan (MARENA, 2003).

Actualmente, en cumplimiento de los compromisos adquiridos por Nicaragua ante la CMNUCC, se elaboró una propuesta de Estrategia de Adaptación al Cambio Climático en base a los estudios de vulnerabilidad actual y futura realizados por la Oficina Nacional de Desarrollo Limpio del MARENA. Las medidas propuestas de adaptación al cambio climático, han sido identificadas sobre la base de los planes de desarrollo municipal de cada uno de los municipios que integran la Cuenca No. 64 y tomando en cuenta que estén dentro de los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo Humano, además, se ha priorizado la problemática existente en cada uno de los 10 municipios de la Cuenca No. 64 (MARENA, 2003).

También, se han considerado las proyecciones de los escenarios climáticos y socioeconómicos futuros a diferentes horizontes de tiempo, y en particular, los impactos y consecuencias que traerían estos cambios en los sistemas recursos hídricos y agricultura, así como las particularidades del sector socio-económico. Para implementar la Estrategia de Adaptación ante el Cambio Climático, es fundamental que las autoridades, funcionarios de gobierno, empresarios, productores y la población en general, - conozcan las implicaciones del Cambio Climático, la vulnerabilidad de la cuenca, la relación cambio climático y desarrollo sostenible, y sobre todo cómo considerar la adaptación dentro del desarrollo sostenible (MARENA, 2003).

Al encontrarse en el corredor de los huracanes de la Cuenca No. 3 (Golfo de México, Mar Caribe y Atlántico), Nicaragua se ve constantemente afectada por eventos extremos que, según proyecciones, aumentarán en frecuencia e intensidad debido al cambio climático. En el año 1998, el huracán Mitch causó daños económicos mayores a los US\$500 millones, principalmente en infraestructura y en el sector agropecuario (CEPAL & PNUD, 1998).

III. JUSTIFICACIÓN

El cambio climático ha venido tomando importancia en los últimos años porque se han empezado a notar diferencias en el clima y sus variaciones empiezan a afectar la agricultura. Mediante este estudio se proyecta identificar cuáles han sido las afectaciones del cambio climático y sus impactos en la agricultura en cinco comunidades de San Ramón en Matagalpa y como los productores han implementado estrategias para adaptarse y reducir los daños y pérdidas.

Debido a las variaciones climáticas los cultivos de granos básicos en las comunidades de estudio han sido altamente afectados ocasionando bajos rendimientos productivos y pérdidas totales, en este trabajo de investigación se pretende brindar datos de número de productores dedicados a los granos básicos y sus épocas de siembra por comunidad, aporta datos de rendimientos productivos para así valorar la situación actual a la de años atrás e identificar como en las variaciones del clima han implicado daños.

De acuerdo a los resultados de la investigación se proyecta formular estrategias de adaptación ante el cambio climático, que ayuden a los productores de granos básicos a mitigar los daños en sus parcelas, mejorar los niveles productivos, la economía y la seguridad alimentaria de las familias campesinas.

El cambio climático está empujando rápidamente a muchas comunidades, particularmente las más pobres y marginalizadas, más allá de su capacidad de respuesta. En todo el mundo, los cultivos principales de subsistencia están alcanzando los límites de viabilidad por intervalos de temperatura; las pautas erráticas de las precipitaciones y de las estaciones alteran los ciclos agrícolas y convierten la alimentación de muchas familias en una lucha continua (Pettengell, 2010).

Por otra parte, los granos básicos son la dieta fundamental de la población nicaragüense. El 79% de la producción nacional de granos básicos (arroz, frijol, maíz y

sorgo) se encuentra en manos de los pequeños y medianos productores (PMP). La producción de granos básicos es uno de los principales pilares de la economía nicaragüense, por el incremento de los precios de los alimentos, el alza en los insumos y transporte derivado del aumento de precios de los combustibles, ofrece una oportunidad y demanda inversiones en la producción de alimentos (MAGFOR, 2009).

En la producción de granos básicos participan la casi totalidad de los pequeños productores del país, por lo que se refleja el impacto social que tiene. Además, es un sector que dinamiza la economía local e involucra a infinidad de agentes en las fases tanto agrícola propiamente dicho como en la comercialización. Adicionalmente, el frijol rojo ha venido incursionando en las exportaciones del país, de cara a una demanda creciente de otros países del área centroamericana y fuera de la misma, lo que constituye una buena perspectiva para la producción y comercialización de este rubro, a la vez que se están abriendo otras oportunidades para otras variedades como el frijol negro (Tijerino & Bone, 2008).

La producción de granos básicos debido a las afectaciones del cambio climático y su impacto en los cultivos y la economía, el sector agrícola es altamente vulnerable a las variaciones y cambios del clima, tales como, temperaturas y lluvias variables o extremas. La única salida a esta situación es la adaptación y mitigación para reducir los daños y mantener la actividad agrícola.

Es de suma importancia que los productores encuentren los métodos y estrategias de adaptarse siendo en sus manos donde está la producción y la seguridad alimentaria de nuestro país.

Los productores de las comunidades estudiadas no cuentan con información de estrategias para adaptarse a los cambios que han surgido en el clima, el estudio proyecta resultados que aporten ideas para realizar un mejor método de cultivar y así hacer frente a los impactos de estas variaciones; será útil al sector educativo y profesional con fin de promover más estudios sobre el tema, también a organizaciones

y alcaldía para formular programas nacionales para la mitigación del cambio climático, establecer medidas y acciones de adaptación permitiendo la transferencia tecnológica e investigación científica.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente trabajo pretende responder y aportar estrategias de adaptación ante el cambio climático a la comunidad educativa y campesina en relación a la siguiente pregunta: ¿Cómo afecta el cambio climático en la agricultura, rendimiento productivo de granos básicos y seguridad alimentaria de las familias campesinas? La pregunta de investigación planteada busca la relación entre las siguientes variables: 1) Características de los sistemas de producción, 2) Impactos del cambio climático sobre los granos básicos, 3) Efectos del cambio climático en la SSAN, 4) Adaptación al cambio climático en sistemas de producción de granos básicos. Los antecedentes descritos en los párrafos anteriores y el estudio de la literatura en torno a la evaluación y afectación climática dan sustento al planteamiento del problema de la presente investigación. Sin importar que tan urbana sea nuestra vida, nuestros cuerpos viven de la agricultura.

4.1. Formulación del Problema

El municipio de San Ramón es una zona dedicada a actividades agropecuarias, se caracteriza por la producción de café y granos básicos, la mayoría de medianos y pequeños productores dedican sus actividades agrícolas a la producción de granos básicos para la comercialización y sustento diario. La investigación sobre las afectaciones del cambio climático en los sistemas de producción agrícola contribuirá a que los productores tengan nuevos conocimientos en estrategias de adaptación y así mismo puedan implementarlas en sus actividades agrícolas.

4.2. Preguntas de investigación

4.2.1. Pregunta General

¿Cómo afecta el cambio climático los rendimientos productivos de granos básicos y seguridad alimentaria de las familias campesinas en cinco comunidades de San Ramón?

4.2.2. Preguntas Específicas

¿Cómo son los sistemas de producción de granos básicos, en cuanto al uso del capital natural y manejo?

¿Cuáles son los principales impactos del cambio climático sobre los sistemas productivos de granos básicos en comunidades del municipio de San Ramón?

¿Cuáles han sido los efectos del cambio climático sobre la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional de las familias productoras estudiadas?

¿Cuáles son las principales estrategias de adaptación que los productores de granos básicos han adoptado ante los efectos del cambio climático?

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Identificar las estrategias de adaptación ante los efectos del cambio climático en granos básicos, en cinco comunidades de San Ramón.

5.2. Objetivos Específicos

Caracterizar los sistemas productivos en cuanto a capital natural y manejo.

Identificar los principales impactos del cambio climáticos sobre los sistemas productivos de granos básicos en comunidades del municipio de San Ramón.

Reconocer efectos del cambio climático sobre la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional de las familias productoras estudiadas.

Determinar las principales adaptaciones que los productores de granos básicos han adoptado ante los efectos del cambio climático.

VI. HIPÓTESIS

6.1. Hipótesis General

Hi: Los productores de granos básicos de las comunidades de estudio, están realizando medidas de adaptación ante la problemática del Cambio Climático.

6.2. Hipótesis específicas

Hi: Los productores de cada comunidad bajo estudio hacen buen uso del capital natural con el que cuentan y así mismo realizan buen manejo en cada uno de ellos.

Hi: El cambio climático ha afectado de forma negativa a los sistemas productivos de granos básicos, provocando reducción en los rendimientos y proliferación de plagas y enfermedades.

Hi: El cambio climático ha afectado de forma negativa en la Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional a las familias de las comunidades de estudio.

Hi: Las medidas de adaptación que están realizando los productores de las comunidades de estudio han influido positivamente en el desarrollo de sus sistemas productivos.

VII. MARCO TEÓRICO

7.1. Sistemas de Producción Agrícola.

La expansión de técnicas agro productivas convencionales (el monocultivo, uso de agroquímicos) está provocando una profunda crisis ecológica de escala planetaria, generando que la ciencia y científicos se enfrenten con nuevos retos sin precedentes, como la necesidad de evaluar en términos ecológicos, la eficiencia de los sistemas de producción rural (agrícolas, pecuarios, silvícolas y piscícolas) en un contexto de sostenibilidad (Cotler, Fregoso, & Damián, 2004).

Es indudable que la agricultura moderna se basa, fundamentalmente, en la “artificialización”, lo que, por lo tanto, altera las estructuras del ecosistema y su funcionamiento. Uno de los aspectos más importantes de la “artificialización” es la especialización productiva; es decir, la reducción en el uso de la diversidad natural, para concentrarse en el uso de unas pocas variedades y mayoritariamente en el monocultivo. La especialización y la homogeneización de cultivos tienden a eliminar especies. Ello tiende a alterar la estructura de los suelos, modifica los flujos de nutrientes y de energía y los ciclos biogeoquímicos (Castillo, 2009).

7.1.1. Concepto.

Los sistemas de producción agropecuarios se definen como el conjunto de insumos, técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas y pecuarios (Cotler, Fregoso, & Damián., 2004). Los sistemas agrícolas se definen como conjuntos de explotaciones agrícolas individuales con recursos básicos, pautas empresariales, medios familiares de sustento y limitaciones en general similares, a los cuales corresponderían estrategias de desarrollo e intervenciones parecidas. Según el alcance del análisis, un sistema agrícola puede abarcar unas docenas o a muchos millones de familias (FAO, 2008).

7.1.2. Clasificación.

Según FAO (2008), los tipos de agricultura pueden dividirse según muchos criterios distintos de clasificación:

Según su Dependencia del Agua.

- De secano: es la agricultura producida sin aporte de agua por parte del mismo agricultor, nutriéndose el suelo de la lluvia o aguas subterráneas.
- De regadío: se produce con el aporte de agua por parte del agricultor, mediante el suministro que se capta de cauces superficiales naturales o artificiales, o mediante la extracción de aguas subterráneas de los pozos.

Según la magnitud de la producción y su relación con el mercado.

- Agricultura de subsistencia: Consiste en la producción de la cantidad mínima de comida necesaria para cubrir las necesidades del agricultor y su familia, sin apenas excedentes que comercializar. El nivel técnico es primitivo.
- Agricultura industrial: Se producen grandes cantidades, utilizando costosos medios de producción, para obtener excedentes y comercializarlos. Típica de países industrializados, de los países en vías de desarrollo y del sector internacionalizado de los países más pobres. El nivel técnico es de orden tecnológico. También puede definirse como Agricultura de mercado.

Según se pretenda obtener el máximo rendimiento o la mínima utilización de otros medios de producción, lo que determinará una mayor o menor huella ecológica.

- Agricultura intensiva: busca una producción grande en poco espacio. Conlleva un mayor desgaste del sitio. Propia de los países industrializados.
- Agricultura extensiva: depende de una mayor superficie, es decir, provoca menor presión sobre el lugar y sus relaciones ecológicas, aunque sus beneficios comerciales suelen ser menores.

Según el método y objetivos

- Agricultura tradicional: utiliza los sistemas típicos de un lugar, que han configurado la cultura del mismo, en periodos más o menos prolongados.
- Agricultura industrial: basada sobre todo en sistemas intensivos, está enfocada a producir grandes cantidades de alimentos en menos tiempo y espacio -pero con mayor desgaste ecológico-, dirigida a mover grandes beneficios comerciales.
- Agricultura Orgánica: biológica o ecológica (son sinónimos): crean diversos sistemas de producción que respeten las características ecológicas de los lugares y geobiológicas de los suelos, procurando respetar las estaciones y las distribuciones naturales de las especies vegetales, fomentando la fertilidad del suelo.
- Agricultura natural: se recogen los productos producidos sin la intervención humana y se consumen.

7.2. Cambio Climático

La evidencia científica del cambio climático es indiscutible, esto según lo planteado por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) organización internacional líder sobre el tema del cambio climático. O como lo plantea la EPA (Agencia de Protección del Ambiente de EE.UU.), “El cambio climático está sucediendo” y “la evidencia es clara” (Gallardo, 2014).

Hoy en día podemos apreciar como la tierra se ha ido calentando paulatinamente y se pronostica que esto se irá incrementando, produciendo el deshielo en las montañas y en los casquetes polares y la evaporación del agua de los Océanos, provocando así las graves inundaciones que además de afectar a la ciudad también afecta el sector agrícola.

7.2.1. Conceptos.

Llamamos cambio climático a la modificación del clima que ha tenido lugar respecto de su historial a escala regional y global. En general, se trata de cambios de orden natural, pero actualmente, se los encuentra asociados con el impacto humano sobre el planeta. Se trata de un fenómeno complejo que sólo puede ser observado y analizado mediante simulaciones computacionales (Definición, 2007-2014).

El término, a veces se refiere específicamente al cambio climático causado por la actividad humana, a diferencia de aquellos causados por procesos naturales de la Tierra y el Sistema Solar. En este sentido, especialmente en el contexto de la política ambiental, el término “cambio climático” ha llegado a ser sinónimo de “*calentamiento global antropogénico*“, o sea un aumento de las temperaturas por acción de los humanos.

El cambio climático es definido como un cambio estable y durable en la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. Pudiera ser un cambio en las condiciones climáticas promedio o la distribución de eventos en torno a ese promedio (por ejemplo más o menos eventos climáticos extremos). El cambio climático puede estar limitado a una región específica, como puede abarcar toda la superficie terrestre (Gallardo, 2014).

El cambio climático es una preocupación de las sociedades presentes, por las graves consecuencias que trae para el planeta en el presente y los gravísimos riesgos futuros. Esto es debido a causas naturales y también a la acción del hombre y se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, entre otros factores.

7.2.2. Efecto Invernadero en la Agricultura.

La seguridad alimentaria y la agricultura se enfrentan a grandes desafíos con el cambio climático, en términos de impactos negativos en la productividad e implementación de acciones sectoriales para limitar el calentamiento global.

Las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura continúan aumentando, aunque no tan rápido como las emisiones de otras actividades humanas. Tener mejor información a nivel nacional sobre las emisiones de la agricultura, ganadería, pesca y silvicultura, puede ayudar a los países a identificar oportunidades para reducirlas, al mismo tiempo que se persiguen objetivos de seguridad alimentaria, resiliencia y desarrollo rural y conseguir acceso a la financiación mundial para su implementación (FAO, 2014).

Las nuevas estimaciones de la FAO sobre los gases de efecto invernadero muestran que las emisiones procedentes de la agricultura, la silvicultura y la pesca se han casi duplicado en los últimos cincuenta años, y podrían aumentar en un 30 por ciento adicional para 2050, sin no se lleva a cabo un esfuerzo mayor para reducirlas.

Según Baltodano (2011) el cambio climático es un fenómeno de alteración en el clima, resultado de la acción humana y específicamente, como consecuencia de emisiones desmedidas de gases de efecto invernadero que provienen en parte de la misma agricultura. Hay que decir que la principal responsabilidad es de los países desarrollados e industrializados y las consecuencias las pagan los países más pobres.

7.2.3. Principales amenazas naturales derivadas del cambio climático

7.2.3.1. Sequías

El cambio climático golpea duro a Nicaragua. Una fuerte sequía está ocasionando la pérdida de los cultivos y la reducción de las fuentes de agua para el consumo humano. El responsable de esta crítica situación que afectará con mayor fuerza a los pequeños

agricultores de subsistencia y a los obreros agrícolas, es el fenómeno “El Niño”. Desde el inicio del período lluvioso, las precipitaciones se redujeron un 50% comparado con los acumulados de años anteriores. De acuerdo a datos oficiales, esta es la peor sequía que se presenta en 32 años en éste país centroamericano. Así mismo, se produjo un aumento de entre 6 y 7 grados en la temperatura ambiental (Quezada, 2014).

Sin lluvia suficiente, los plantíos de granos básicos de la siembra de primera (mayo-agosto) rápidamente se deterioraron. Los agricultores vieron cómo sus cultivos de granos básicos, maíz y frijoles morían abrumados por el sol incesante y la falta de lluvia.

La sequía es uno de los fenómenos más drásticos que impacta un hogar. Al ser afectados los cultivos por la falta de lluvia, las familias pierden la oportunidad de recibir ingresos y de contar con reservas de alimentos para el resto del año.

7.2.3.2. Lluvias

El titular del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), compañero Edward Centeno, aseguró que el déficit de lluvias tendrá un impacto en el ciclo agrícola 2014-2015 en lo que se refiere a la producción de arroz, maní y frijol.

Indicó que en el caso del maíz se prevé una pérdida de 1.1 millón de quintales, lo que dejará como resultado una producción de 8.3 millones, un cifra menor a los 9.4 proyectados inicialmente.

En referencia al frijol, aseveró que este año la siembra de primera significó más de 40 mil manzanas en comparación con el ciclo 2013-2014 para totalizar más 100 mil manzanas de dicho rubro y que a pesar de las afectaciones por la falta de lluvias en la zona se espera una producción mayor al ciclo 2013 (Centeno, 2014).

7.2.3.3. Vientos

Los vientos casi siempre soplan de Oeste a Este, pero hay años en que los vientos cambian de dirección, y soplan de Este a Oeste. Este cambio en la dirección de los vientos, es lo que provoca mayor calentamiento de las aguas del océano. El cambio en las temperaturas de las aguas, hace variar el clima y las lluvias (Laguna, 2012).

Los fuertes vientos son capaces de causar un considerable daño mecánico a los brotes de las hojas, por agitación o doblamiento continuo, hasta quebrarlas o constreñirles los tejidos vasculares de los conductos principales y tallos. Esto reduce mucho el transporte de agua en la planta.

Los vientos secos y calientes durante la época de floración también tienen un efecto perjudicial sobre la polinización, sobre todo en los estigmas, porque secan su líquido adherente e impiden la retención de los granos de polen; así como la acción mecánica de agitación sobre las flores y frutos provocan la caída de muchas de ellas (Avilán & Bracho, 2005).

7.2.4. Variaciones del Clima en Nicaragua

En los últimos años, donde parecen haberse acentuado los desastres naturales en Nicaragua, con recurrentes manifestaciones volcánicas, sísmicas, derrumbes, sequías, inundaciones, huracanes y otros fenómenos similares, y no obstante los esfuerzos de varias agencias del Estado para reducir la vulnerabilidad de la población ante estos embates naturales y mitigar sus efectos, la gente parece descartar la posibilidad que algo peor pueda sobrevenir.

Algunos piensan que como Nicaragua no es un país industrializado, el incremento de los gases de efecto invernadero responsables de los cambios climáticos, su mitigación debería concernir únicamente a los países más desarrollados y que, en todo caso, nuestra contribución a la solución del problema es de poca eficacia y menos

compromiso. Si bien estos cambios tienen un alcance mundial, no se pueden desatender, porque como habitantes de un mismo planeta también a Nicaragua envuelve su atmósfera por todos lados, la rodean mares comunes y está ubicada en un solo continente.

Los registros de precipitación de los últimos cincuenta años (1960-2000 del INETER), indican que la precipitación media anual es de 2391 mm correspondiente a Nicaragua. Dicha precipitación es bastante regular con variaciones debidas a eventos extremos ocasionados por la variabilidad climática. A pesar de esta precipitación relativamente estable, se observan variaciones espaciales y temporales en su distribución siendo éstas más marcadas en la región Pacífico y Central de Nicaragua. La mayor incidencia de precipitaciones se da en la vertiente del Atlántico, con registros por arriba de los 2000 mm/año, a diferencia de la vertiente del Pacífico donde se registran precipitaciones entre 1300 y 1850 mm/año (SIAGUA, 2009).

En el país, la variabilidad climática se manifiesta en eventos extremos denominados: El Niño y La Niña, asociados con sequías e inundaciones, respectivamente. Los eventos del Niño o eventos cálidos, ocasionan sequías que impactan directamente a los sectores socioeconómicos del país en especial la agricultura. En cambio, el evento de La Niña, se relaciona con tormentas y huracanes tropicales que incrementan la precipitación. En las últimas cuatro décadas, la Niña ha provocada siete potentes huracanes, inundaciones y serios daños económicos y sociales, tanto en Nicaragua como en países vecinos. Estos huracanes fueron Fifi (1974), Alleta (1982), Joan (1988), César (1996), Mitch (1998), Keith (2000) y Félix (2007) (MARENA, 2008).

7.2.4.1. Características climáticas del Municipio de San Ramón

El municipio se caracteriza por tener un clima de tipo Sabana Tropical. Su temperatura media oscila entre los 20° a 26° C., las precipitaciones pluviales varían entre los 2,000 a 2,400 mm, caracterizándose por una buena distribución durante todo el año (Villareal, 2009).

7.3. Cultivo del Frijol

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es un cultivo importante para la alimentación humana por su alto contenido de proteína y generar empleo e ingresos a las familias rurales.

En el grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es una de las más importantes debido a su distribución en los cinco continentes, por ser complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia. El frijol ha sido un elemento tradicionalmente importante en América latina y en general en una gran cantidad de países en vías de desarrollo en los cuales se cultiva. En Nicaragua el frijol común es después del maíz, el principal alimento básico y constituye la fuente de proteínas más importantes y barata en la dieta humana. El consumo per cápita en Nicaragua es de 26.1 kilogramos por año y es el más alto de Centroamérica, pero varía mucho año con año, dependiendo de la producción, las importaciones, exportaciones, precio y existencias (Fernández, 1986).

7.3.1. Información General

Como fuente alimenticia tiene alto contenido de proteína, (22%) carbohidratos, vitaminas y minerales. El consumo aproximado por persona se estima en 67 libras o 30.45 kg al año (cálculo propio a partir de datos oficiales del MAGFOR) lo que corresponde a 82 g/día.

La producción de frijol se efectúa bajo condiciones de secano, en todas las regiones del país en alturas que varían entre 50 a 800 msnm y bajo condiciones variables de temperaturas y precipitación. La mayor intensidad de siembra se realiza en la época de postrera y apante, por coincidir la cosecha con la época seca.

El 95% de la siembra la realizan pequeños y medianos productores en áreas de 0.5 a 3 manzanas, el 5% restante es explotado por productores grandes, los que poseen

recursos económicos y están ubicados en suelos planos a ondulados que permiten la mecanización (INTA, 2009).

7.3.1.1. Fases Fenológicas

Cada etapa de desarrollo está asociada con cambios en tamaño, morfología, composición química, composición hormonal de la planta, los cuales pueden influir en forma distinta en la respuesta de la misma a los factores ambientales; la reacción de la planta a problemas y prácticas como enfermedades, sequía, fertilización y defoliación entre otros, es distinta según sea la etapa de desarrollo en que ella se encuentre (Fernández, 1986).

Tabla. 1 Etapas de desarrollo de la planta de frijol para las variedades que se cultivan en la zona autorizadas por el MAGFOR. Guía técnica INTA.

| Fase | Etapa | Codigo | DDS |
|---------------------|-------------------------|--------|-------|
| Vegetativa | Germinacion | V0 | 0-5 |
| | Emergencia | V1 | 5-7 |
| | Hojas Primarias | V2 | 7-11 |
| | Primera Hoja Trifoliada | V3 | 11-16 |
| | Tercera Hoja Trifoliada | V4 | 16-23 |
| Reproductiva | Prefloracion | R5 | 23-32 |
| | Floracion | R6 | 32-36 |
| | Formacion de Vainas | R7 | 36-44 |
| | Llenado de Vainas | R8 | 44-62 |
| | Maduracion | R9 | 62-77 |

DDS = Días de Siembra

Las etapas de desarrollo del cultivo son diez, cinco de desarrollo vegetativo y cinco de desarrollo reproductivo, siendo que el número de días para las variedades mejoradas actuales oscilan entre 62 a 77 días a madurez después de la siembra (MAGFOR, 1996).

Etapa de Germinación

El proceso de germinación empieza cuando la semilla que se ha sembrado absorbe agua y se hincha. Por lo tanto, cuando se siembra en suelo seco, el día correspondiente al primer riego es el que se debe considerar como día de siembra. Una vez la semilla dispone de condiciones para germinar (agua), emerge de ella en primer lugar la radícula, la cual se alarga para convertirse en raíz primaria, sobre ella, cerca de la superficie del suelo aparecen luego raíces secundarias y terciarias. Posteriormente se alarga el hipocotíleo y los primeros cotiledones se pueden observar en la superficie del suelo (Paul, 1986).

En esta etapa la semilla absorbe agua para favorecer el proceso de germinación con la aparición de la radícula, la cual se convierte en la raíz primaria. En la parte alta de la radícula se desarrollan entre tres y siete raíces secundarias. Sin embargo, si la semilla es de mala calidad ésta no germina o se pudre en el suelo.

Etapa de Emergencia

Se inicia cuando los cotiledones del 50% de las plántulas del cultivo aparecen al nivel del suelo. Después de la emergencia, el hipocotíleo se endereza y crece hasta alcanzar su tamaño máximo; las hojas primarias, ya formadas en el embrión de la semilla, crecen y se despliegan. Los distintos órganos de la parte aérea se vuelven verdes; en ciertas variedades aparece una pigmentación rosada o morada, especialmente en el hipocotíleo (Paul, 1986).

El hipocotíleo, corresponde a la parte subterránea del tallo principal, comienza a desarrollarse uno a dos días después de la aparición de la radícula y conduce a los cotiledones hacia arriba hasta que son visibles sobre el suelo. Si la semilla es de calidad, emerge uniforme y crece con vigor.

Etapa de Primera Hoja Trifoliada

Esta etapa se inicia al desplegarse la primera hoja trifoliada en el 50% de las plantas del cultivo. En esta etapa, tanto el entrenudo entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada como el peciolo de esta última son todavía cortos; al comienzo de ella, la primera hoja trifoliada se encuentra debajo de las hojas primarias. También se puede observar en esta etapa la segunda hoja trifoliada de tamaño muy reducido todavía; los cotiledones se han secado completamente, y por lo regular se han caído. Al final, se empieza a formar la primera rama, generalmente a partir de la yema de la primera hoja trifoliada (Fernández, 1986).

Al inicio los folíolos todavía unidos aumentan de tamaño, luego se separan, al final se despliegan y extienden en un solo plano, cuando se inicia la etapa V-3 la primera hoja trifoliada se encuentra por debajo de las hojas primarias.

Etapa Tercera Hoja Trifoliada

Se presenta entre los 18 y 22 días después de la siembra, el frijol comienza a producir los brotes laterales que posterior se convierten en ramas principales donde se fijará la producción de vainas. En este momento las plantas demandan mayor cuidado en lo que respecta a las malezas, por ser el período crítico de competencia. Se debe realizar control de malezas mecánico o químico con la aplicación de herbicidas selectivos para que su efecto sea incrementar el rendimiento (INTA, 2009).

Etapa de Prefloración

Esta etapa con la cual comienza la fase reproductiva, se inicia cuando en el 50% de las plantas aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos según sea el hábito de crecimiento (Paul, 1986).

En las variedades de hábito indeterminado el inicio de esta etapa se presenta con la aparición de racimos en los nudos inferiores.

Etapa de Floración

Cuando está abierta la primera flor en el 50% de las plantas del cultivo, se ha iniciado la etapa R6. La primera flor abierta corresponde al primer botón formado; por lo tanto, en las variedades de Tipo I (determinadas) la floración empieza en el último nudo (nudo apical) del tallo principal y continua en forma descendente, mientras que en las variedades de los Tipos II, III y IV (indeterminadas) empieza en la parte baja de la planta y continua en forma ascendente. Las ramas siguen el mismo orden de floración que el tallo principal, es decir, descendente en las variedades de Tipo I y ascendente en las de los Tipos II, III y IV. Dentro de cada racimo, la floración empieza en la primera inserción (inserción basal) y continúa en las siguientes (Paul, 1986).

La floración ocurre entre los 28 y 38 días después de la siembra. Las variedades precoces florecen más rápido mientras que la floración en variedades tardías lo realiza en mayor número de días. Las variedades de color rojo tienen flores de color blanco. Las variedades de color negro tienen flores lilas o moradas. El frijol es una planta autógama, por lo tanto las flores se auto fecundan. La fecundación cruzada se puede presentar entre 2 y 5 por ciento, en condiciones normales de cultivo (INTA, 2009).

Etapa de Formación de las Vainas

Después de la fecundación de la flor, la corola se marchita y la vaina empieza a crecer. Cuando aparece la primera vaina en el 50% de las plantas del cultivo se considera iniciada la Etapa R7; en ese momento la corola puede estar desprendida o puede colgar aun del extremo inferior de las vainas (Fernández, 1986).

La formación de vainas en las variedades comerciales ocurre entre 40 y 60 días después de la siembra.

Etapas de Llenado de las Vainas

Empieza cuando en el 50% de las plantas del cultivo la primera vaina cesa de alargarse y empieza a llenarse debido al crecimiento de las semillas; esto se puede comprobar mirando las vainas por el lado de las suturas; se observan los abultamientos correspondientes a las semillas en crecimiento (Paul, 1986).

Las vainas después de la floración comienzan su desarrollo y el grano comienza a crecer. Las vainas aumentan entre los 15 a 20 días después de la floración. Los granos crecen rápido y alcanzan su peso máximo entre los 30 a 35 días después de la floración.

Etapas de Madurez Fisiológica y Cosecha

Se inicia cuando la primera vaina del 50% de las plantas de un cultivo cambia su color verde por amarillo o pigmentado; las hojas, empezando por las inferiores, adquieren un color amarillo y se caen. Todas las partes de la planta se secan y en particular las semillas, cuyo contenido de agua baja hasta llegar a un 15%; las semillas toman entonces su color final y la planta está lista para la cosecha (Paul, 1986).

Cuando las plantas entran en madurez fisiológica, las hojas comienzan a madurar y se desprenden de la planta, las vainas cambian de color verde a crema o amarillo rojizo de acuerdo con la variedad (INTA, 2009).

Las variedades de color negro pueden tener vainas rojas o verdes que cambian de forma progresiva a rojo oscuro o crema de acuerdo a la variedad. Las variedades de grano color rojo tienen vainas verdes que cuando maduran son cremas.

7.3.2. Producción Agroecológica

7.3.2.1. Preparación del Suelo

El objetivo de la preparación del suelo es garantizar las condiciones para favorecer una mejor germinación de las semillas, mejor desarrollo del sistema radicular y retardar el crecimiento de maleza. En el país, por lo general se utilizan tres métodos de preparación de suelo: Labranza Cero, Labranza Mínima con Bueyes, Labranza Mínima. Mediante una preparación adecuada del suelo se puede mejorar la producción del frijol, y reducir la presencia de plagas y enfermedades (Rosas, 2003).

El terreno tiene que ararse a una profundidad de 20-30 cm, luego se da una cruz para desterronar y mullir bien el terreno, quedando en óptimas condiciones para la traza-do de los surcos, siguiendo la pendiente. Con una buena preparación de terreno estamos eliminando insectos, facilita la germinación, permite un buen desarrollo del cultivo y retiene la humedad por más tiempo (Cabrera, 2012).

En siembras de monocultivo (frijol sólo o unicultivo) se recomiendan las prácticas siguientes:

- Aradura de 20 a 30 centímetros de profundidad con arado de disco o vertedera.
- Uno o dos pases de rastra, con el fin de romper o deshacer los terrones que pudieron haberse formado durante la aradura del suelo.
- Nivelar o emparejar el terreno para evitar el encharcamiento; esta práctica se puede efectuar con un trozo de madera o hierro pesado sujetado al final de la rastra, labor que se puede hacer simultánea al momento de rastrillar el suelo

(Gudie, 2004).

La planta de frijol es muy susceptible a condiciones extremas; exceso o falta de humedad, por tal razón debe sembrarse en suelos de textura ligera y bien drenados.

Según Cabrera (2012), para la preparación del terreno se recomienda:

- Incorporar los rastrojos, si en el cultivo anterior hubo poca o ninguna presencia de enfermedades y plagas.
- Eliminar los rastrojos mediante quema, o rotar cultivos o buscar otro sitio, si en el cultivo anterior se presentaron muchas enfermedades y plagas, las cuales pueden permanecer en el suelo hasta tres años.

7.3.2.2. Requerimientos Edafoclimaticos

Los factores climáticos que más influyen en el desarrollo del cultivo son la temperatura y la luz; tanto los valores promedio como las variaciones diarias y estacionales tienen una influencia importante en la duración de las etapas de desarrollo y en el comportamiento del cultivo (ASOPROL & INTA, 2009).

Los factores climáticos como la temperatura y la luminosidad no son fáciles de modificar, pero es posible manejarlos; se puede recurrir a prácticas culturales, como la siembra en las épocas apropiadas, para que el cultivo tenga condiciones favorables.

El frijol se cultiva en suelos francos o franco arcillosos con buen drenaje y fertilidad de suelo. Es una especie que presenta susceptibilidad a excesos de humedad en el suelo. Los suelos con topografía plana, profundos, buena fertilidad, drenaje superficial e internos apropiados, permiten el desarrollo normal del cultivo y tener buena cosecha (INTA, 2009).

El frijol requiere 3.4 mm de agua por día, desde la siembra hasta la etapa fenológica de prefloración, 6 mm de agua por día, durante la floración y 5 mm de agua por día de la formación de vainas al llenado de grano. Las etapas críticas son 15 días antes de la floración y 18 a 22 días en la fase de maduración de las primeras vainas. Se ha determinado que las necesidades de agua durante el ciclo del cultivo de 60-120 días, varían entre 300-500 mm de agua según el clima (Cabrera, 2012).

El agua es indispensable para el desarrollo del cultivo y para su rendimiento. Hay líneas y variedades que muestran buena tolerancia a deficiencias hídricas, dando rendimientos aceptables en esas condiciones, tolerancia que puede estar basada en la mayor capacidad de extracción de agua de capas profundas del suelo.

Los suelos Óptimos son los de texturas ligeras como los franco-arcillosos y franco-arenosos; en tanto que los suelos pesados de tipo barrial son un poco menos productivos para el cultivo del frijol (Elías, 1991).

El cultivo de frijol requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica; las texturas del suelo más adecuadas son las medias o moderadamente pesadas, con buena aireación y drenaje, ya que es un cultivo que no tolera suelos compactos, la poca aireación y acumulación de agua.

La planta de frijol crece bien en rangos de temperatura promedios de 15 – 27°C temperaturas inferiores tardan la maduración, mientras que altas temperaturas causan aceleración (Paul, 1986).

La planta de frijol se desarrolla bien entre temperaturas promedio de 15 a 27°C, las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1,200 msnm, pero es importante reconocer que existe un gran rango de tolerancia entre diferentes variedades (Cabrera, 2012).

Requerimientos Hídricos del Frijol

El frijol requiere 3.4 mm de agua por día desde la siembra hasta la etapa fenológica de prefloración, 6 mm por día durante la floración y 5 mm por día desde la formación de vainas hasta el llenado de grano. En general entre 200-400 mm de agua durante todo el ciclo. Las etapas críticas son 15 días antes de la floración y 18 a 22 días hasta la maduración de las primeras vainas (INTA, 2009).

7.3.3. Manejo del Cultivo.

7.3.3.1 Siembra y Densidad Poblacional

Selección del Sitio de Siembra o Suelo.

La siembra de frijol en suelos con buenas características fisicoquímicas y microbiológicas, facilita el buen desarrollo de las raíces, lo que incide en una mayor absorción de agua y nutrientes, plantas más vigorosas con mejor competencia a las malezas y tolerancia a las plagas y enfermedades (Rosas, 2003).

Para obtener buenos resultados en la siembra de frijol, se debe identificar el terreno apropiado, la época más adecuada para su cultivo, seguido de una buena preparación del suelo y un buen sistema de siembra de acuerdo a las circunstancias.

El frijol requiere de suelos profundos y fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franco limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas. Crece bien en suelos con pH entre 5,5 y 6,5, de topografía plana y ondulada, con buen drenaje (Arias, 2001).

Épocas de Siembra.

Chiappe (1982), indica que las fechas de siembra están dadas principalmente por las características climáticas de la región, debe tenerse en cuenta además otro factor de importancia fundamental como es el periodo vegetativo de la variedad a cultivarse.

Toledo (1995), señala que las características climáticas prevalecientes en distintas zonas de la costa permiten la siembra de este cultivo durante todo el año; generalmente, los mejores rendimientos se obtienen con las siembras de primavera y durante el invierno, la alta humedad relativa favorece el desarrollo de patógenos en tanto que en verano el control de insectos y otras plagas es difícil y costoso. La

incidencia de temperaturas mayores a 32°C durante la floración causa fallas en la fertilización de los óvulos con la consiguiente disminución en el cuajado de frutos e incremento de vainas mal formadas.

Sistema de Siembra.

Una de las características de los sistemas de producción de la economía campesina es la siembra de varias especies, bien sea en asociación de cultivos o en forma separada en la unidad de producción.

Según CENTA (2004), los sistemas de siembra son los siguientes:

- 1) Frijol solo o monocultivo: Puede hacerse en cualquier época de siembra y consiste en sembrar el frijol solo, con distanciamientos entre surcos de 50 a 60 cm y a 7.5 – 10 cm entre plantas 10 – 13 plantas por metro lineal, más que todo cuando es un suelo preparado con maquinaria agrícola.
- 2) Frijol asociado: El frijol puede sembrarse en asocio con todos aquellos cultivos en los cuales no haya competencia por luz, incluyendo cultivos perennes en sus primeros años de plantación. En El Salvador el asocio más común es con maíz o con caña de azúcar.
- 3) El asocio maíz-frijol: Se recomienda hacerlo al mismo tiempo, pero cuando hay atrasos en alguno de los cultivos, el período de siembra del segundo no debe exceder a los 5 días.
- 4) Frijol intercalado: Es el sistema de siembra más utilizado en el país y consiste en sembrar frijol en un terreno donde hay maíz que ha llegado a su madurez fisiológica, intercalando el frijol entre los surcos de maíz.

- Distancia y Densidad de Siembra.

Para garantizar una población de plantas entre 210 mil a 270 mil plantas ha⁻¹ (150 mil a 190 mil plantas/mz) se recomienda sembrar de 51 kg/ha⁻¹ a 64 kg/ha⁻¹ de semilla certificada (80 a 100 lb/mz), esto se logra con distancias entre hileras de 45 a 60 centímetros y una población entre 12 y 15 semillas por metro lineal y tapar bien la

semilla para evitar daños de insectos como los zompopos y miriápodos como el gusano rosquilla. La germinación de la semilla debe ser superior al 80% (INTA, 2009).

Tabla. 2 Distancias de siembra y densidad poblacional del frijol recomendadas por INTA.

| Produccion | Distancia entre surco | Distancia entre golpe | Granos/golpe | Cantidad semilla/mz | Poblacion Plantas/mz |
|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|---------------------|----------------------|
| Para grano | 16-20 pulgadas | 8-10 pulgadas | 3 | 80 libras | 150 mil |
| Para semilla | 20 pulgadas | 10 pulgadas | 2-3 | 70 libras | 130 mil |

(Mendoza, 2009).

7.3.3.2. Fertilización del Cultivo.

Cuando los suelos son pobres o están “agotados”, una fertilización adecuada proporciona los nutrientes necesarios para el buen crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo (Rosas, 2003).

En el momento de la siembra, ya sea a mano o con máquina, es recomendable fertilizar el suelo de acuerdo a los análisis de suelo y requerimiento del cultivo. En cuanto a principios fertilizantes, los frijoles son muy exigentes en nitrógeno y potasio; en cuanto a Fósforo los necesita en menor cantidad.

CIAT (1981), menciona que la cantidad de nutrientes debe ser suministrada por el suelo, fertilizante como nitrógeno debe considerarse también en el aire, además hay que tener en cuenta la eficiencia del fertilizante en función del suelo; durante el periodo vegetativo del frijol, la planta extrae 110 kg de Nitrógeno 25 kg de Fósforo, 84 kg de potasio por hectáreas. Al mismo tiempo la fijación de Nitrógeno atmosférico es 50 -70kg de Nitrógeno por hectáreas.

El nitrógeno es un elemento que hace que la planta aproveche mejor el fósforo, las aplicaciones de urea hacen que las plantas absorban mejor el fósforo disponible en el

suelo, esto se puede constatar con algunas experiencias de productores al decir que aplicaciones de fertilizante completo al voleo a los ocho días después de germinado el frijol han dado mejores resultados que aplicarlo al fondo del golpe o encima del golpe, considerando esta información el INTA-IICA-RED-SICTA-ASOPROL realizan trabajos de fertilización nitrogenada para dar recomendaciones más específicas a los productores respecto a la fertilización nitrogenada (N) (Mendoza, 2009).

Las recomendaciones para la fertilización química del frijol se basan en el principio que la especie responde a las aplicaciones de fertilizantes preferible con alto contenido de fósforo. Estudios recientes demuestran que existe respuesta diferencial de las variedades a las aplicaciones de fertilizante fosforado que debe ajustarse a las diferentes localidades y características de los productores (INTA, 2009).

Los cultivares criollos responden poco o nada a la fertilización y por consiguiente no deben ser fertilizados porque independiente que se haga o no, los resultados son similares.

7.3.3.3. Protección del Cultivo.

Las malezas reducen el rendimiento de todos los cultivos al competir con ellos en la absorción de luz, humedad y minerales del suelo. También sirven de hospederos de plagas y enfermedades creando competencia interfiriendo en las labores de cosecha y afectando la calidad del grano. El daño causado por las malezas es irreversible. Por eso, la limpieza de las malezas durante los primeros 40 días después del control debe realizarse de manera puntual. Los factores que impiden el crecimiento de las malezas rotación de cultivos, densidad de siembra adecuada, deshierba manual con azadón, machete, químico hasta el inicio de la floración.

Según Cruz (2011), la flora de plantas indeseables predominante en frijol es muy parecida a la que existe en muchos cultivos anuales. Las especies principales de malezas de hoja ancha son: *Amaranthus* spp., *Baltimora recta* L., *Bidens pilosa* L.,

Melampodium divaricatum DC., *Tridax procumbens* L., *Chamaesyce hirta* (L.) Millisp., *Euphorbia heterophylla* L., *Mimosa pudica* L., *Portulaca oleracea* L., *Parthenium hysterophorus* L., *Solanum nigrum* L. entre otras. Las gramíneas y ciperáceas incluyen *Cenchrus* spp., *Digitada* spp., *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Echinochloa colona* (L.) Link, *Setaria* spp., *Ixophorus unisetus* (Presl) Schlecht., *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton, *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Cyperus esculentus* L. y *C. rotundus* L.

Control de Malezas

- Deshierbo

El frijol es afectado por las malas hierbas que compiten por los nutrientes, agua y luz, en los primeros 45 días. Al momento de realizar la labor del deshierbo aporcar las plantas del frijol, cuando el cultivo se encuentra en 1era. Hoja trifoliada (ASOPROL & INTA, 2009).

- Medidas de Control

El control de malezas se debe hacer en las primeras etapas de desarrollo, no dejar que las malezas sobrepasen al cultivo, este puede ser mecánico o químico.

Control mecánico: puede hacerse en forma manual o también puede usarse la tracción animal dependiendo de las características del terreno. El machete es la herramienta más utilizada para este tipo de control de malezas, en este caso se debe evitar el menor daño posible al cultivo, por tanto esta labor requiere de mano de obra especializada (Cabrera, 2012).

Control químico: se utiliza productos químicos como herbicidas se debe tener en cuenta el principio activo y la dosis recomendada para su uso. Algunos herbicidas pueden ser utilizados selectivamente en frijol. La factibilidad de su uso dependerá de la economía del agricultor. Las aplicaciones pre- o post-emergentes a lo largo de las hileras del cultivo, o sea una franja de aspersión de 20 cm de ancho, combinado con labores de

cultivo entre hileras es muchas veces económicamente viable para el pequeño agricultor. Los tratamientos de pre-siembra son menos apropiados para los pequeños agricultores debido a la necesidad de incorporación mecánica al suelo inmediatamente a la aplicación herbicida (Cruz, Ampong-Nyarko, Labrada, & Merayo, 2011).

Tabla. 3 Recomendaciones para el manejo de malezas en plantaciones de frijol en Nicaragua 2009

| Nombre | | Dosis P.C/mz | Momento | Observaciones |
|--------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|
| Comercial | Tecnico | | | |
| Prowl 500 EC | Pendimetalina | 1-2 lt | Pre emergencia | Controla las semillas de malezas y gramíneas. Se aplica en suelo húmedo y se utiliza en siembras con labranza convencional. |
| Fusilade | Fluazifot butil 25 E.C | 0.8-1.0 lt | Post emergencia | Controla gramínea o zacates. Aplicar cuando las malezas tengan de 2 a 4 hojas y el cultivo este en la etapa de tercera hoja trifoliada. Se puede aplicar en combinación con Flex. |
| Flex | Fomesafen 25 E.C | 0.5-0.7 lt | Post emergencia | Controla malezas de hoja ancha. Aplicar cuando las malezas tengan de 4-6 hojas y el frijol este en la tercera hoja trifoliada, no aplicar en presencia de sequía. |
| Round - up | Glifosato 36 E:C | 2-4 lt | Post emergencia | Controla hoja ancha y angosta, aplicar de uno a dos días antes de la siembra, no es efectivo contra malezas leñosas en avanzado desarrollo. |

P.C = Producto Comercial; E.C = Emulsión Concentrada (INTA, 2009).

Utilizar productos prohibidos por la legislación nicaragüense, ponen en riesgo la salud de las personas y contaminan el medio ambiente. La mejor forma de manejar adecuadamente las malezas es aplicar el principio; manejo integrado de malezas, que combina prácticas culturales, control biológico y uso de químicos moderado.

7.3.3.4. Plagas y Enfermedades

Manejo de Insectos Plagas

Los insectos plaga pueden afectar el proceso productivo del frijol hasta ocasionar la pérdida total. El daño puede efectuarse de forma directa al succionar la sabia y consumir el tejido vegetal o de forma indirecta mediante la transmisión de enfermedades.

El manejo de plagas debe estar orientado en el principio de la prevención, es mejor prevenir que lamentar en el control.

El manejo de insectos plagas se inicia con el control cultural, desde la selección del terreno y la limpieza del mismo en donde se eliminan las plantas hospederas de insectos, para evitar que estos alcancen poblaciones capaces de hacer daño al cultivo (Cabrera, 2012).

El número de insectos que afectan el cultivo es alto, sin embargo estos deben evaluarse y definir cuáles de ellos representan peligro para la cosecha (niveles críticos), partiendo del hecho que existen etapas en la planta de frijol que son más susceptibles al daño por determinado tipo de plagas.

Entre algunos insectos plagas con mayor incidencia en los cultivares son los siguientes:

- Araña roja (*Tetranychus urticae*).
- Araña blanca (*Polyphagotarsonemus latus*).
- Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*).
- Mosca de los sembrados (*Phorbia platura*)
- Trips (*Frankliniella occidentalis*)

(Fernández, 1986).

Tabla. 4 Insectos plagas más dañinos que afectan el cultivo del frijol en Nicaragua

| Nombre comun y científico del insecto | Localizacion | Daños | Metodo de muestreo | Nivel crítico | Momento de aplicación | Manejo de plagas | | |
|--|--------------------------------------|---|---|---|--|--|------------------|-----------|
| | | | | | | Nombre tecnico | Nombre comercial | Dosis/mz |
| Coralillo (Elasmopalpus lignosellus) | Suelo y Plantula | Raiz y plantula | Pie2, Conteo plantas dañadas, 10 estaciones de 5 m | 1-2 larvas 5 plántulas dañadas | Al momento de siembra | Foxim | Volaton | 30 lb |
| Gusano Alambre (Aelus spp) | Suelo | Base de tallo y raiz | Pie2, Revisión de macolla | 1 -2 larvas 1 larva/cada dos macolla | Al momento de siembra | | | |
| Falso alambre (Epirragos spp) | Suelo | Base de tallo y raiz | Pie2, Metro lineal | 1 larva | Al momento de siembra | | | |
| Gallina ciega (Phyllophaga spp) | Suelo | Raiz | Pie2, Metro lineal | 2 larvas | Al momento de siembra | | | |
| Cortadores (Agrotis spp) | Suelo | Base del tallo | Revisar por la mañana el daño de plántulas cortadas | | Cuando se encuentran areas afectadas | Cebos a base Diazinon, dirigido a la base de la planta | | |
| Gusano Cuerudo (Feltia subterránea) | Suelo | Base del tallo | Revisar por la mañana el daño de plántulas cortadas | | Cuando se encuentran areas afectadas | | | |
| Babosa y Caracoles (Vaginulus pleveius) | Dia, en el suelo; Noche, en la plana | Toda la planta | Trampas nocturnas | 1 Babosa por trampa/noche | Cuando se encuentran areas afectadas | Metaldehido 5% | Caracolex | 4kg |
| Chicharrita verde (Empoasca kraemeri) | Follaje | Planta adulta, foliolos | 20 hojas trifoliadas por campo, escogidas al azar | 1 – 2 ninfas / hojas trifoliadas | 10–30 días después de siembra | Dimetoato + Cipermetrina | Tigre 25 EC | 0.75-1 lt |
| Mosca blanca (Bemisia tabaci) | Follaje | Foliolos | 20 plantas en 20 sitios del campo | Cuando esta presente | Emergencia hasta floracion | | | |
| Crisomérido varios (Cerotoma sp) (Diabrotica sp) (Systema sp) (Omophoita sp) (Nodonata sp) (Disonycha sp) | Follaje | Foliolos | Conteo directo de los adultos por planta | 2 o mas escarabajos/planta | Desde su emergencia hasta floracion | | | |
| Medidores (Trichoplusia ni) (Pseudoplusia includens) | Follaje | Foliolos, botones, florales, vainas tiernas | Conteo de larvas | 8 larvas por m2 | Antes de floracion, hasta la formacion de vainas | | | |
| Gusano Peludo (Estigmene acrea) | Follaje | Foliolos | Hacer el conteo de larvas | 9 larvas por m2 | Aplicar el producto 1ra hoja trifoliada hasta prefloracion | | | |

(INTA, 2009).

Manejo de Enfermedades

El frijol es afectado por muchos patógenos sujetos a las condiciones ambientales, susceptibilidad del huésped y virulencia del patógeno. Existen enfermedades de mayor importancia que causan daños a la producción del cultivo de frijol, entre las que se encuentran hongos, bacterias y virus.

Las variedades mejoradas tienen resistencia genética a diferentes enfermedades, lo que debe ir acompañado con otras prácticas de manejo que reduce los riesgos de contaminación y diseminación de las enfermedades (CENTA, 2004).

Los bajos rendimientos se deben al uso de semilla contaminada, que favorece la multiplicación de patógenos diseminados por el aire y el suelo, sumado al deficiente control de las malezas y los insectos plagas, por eso se recomienda usar semilla mejorada para evitar pérdidas en el cultivo de frijol (ASOPROL & INTA, 2009).

Según Gudie (2004) las enfermedades que se presentan en el cultivo del frijol son las siguientes:

a. Ceniza u oídio (*Sphaerotheca fuliginea*)

Los síntomas que se observan son manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas (haz y envés) que van cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera, también afecta a tallos y pecíolos e incluso frutos en ataques muy fuertes. Las hojas y tallos atacados se vuelven de color amarillento y se secan.

b. Podredumbre gris (*Botryotinia fuckeliana*)

En hojas y flores se producen lesiones pardas. En frutos se produce una podredumbre blanda (más o menos acuosa, según el tejido), en los que se observa el micelio gris del hongo.

c. Podredumbres de cuello y/o raíces (*Phytophthora* spp. y *Pythium* sp.)

En plántulas provocan en la parte aérea marchitamientos y desecaciones acompañados o no de amarillamientos. La planta se colapsa y cae sobre el sustrato. Al observar el cuello se encuentran estrangulamientos y podredumbres, y en las raíces, podredumbres y pérdidas de éstas.

d. Roya común de la judía (*Uromyces phaseoli*)

Provoca manchas amarillentas en el haz de las hojas que se corresponden en el envés con manchas pardas. El ataque puede afectar también a las vainas.

e. Podredumbre blanda (*Erwinia carotovora*)

Provoca generalmente podredumbres acuosas y blandas que suelen desprender olor nauseabundo. Externamente en el tallo aparecen manchas negruzcas y húmedas.

f. Quema bacteriana de la judía (*Xanthomonas campestris*)

Se manifiesta como pequeñas áreas húmedas y color verde pálido que al crecer adquieren un aspecto pardo quebradizo y rodeado con un halo amarillo.

g. Grasa de la judía (*Pseudomonas syringae*)

En hojas aparece una pequeña lesión angular, húmeda, de aspecto aceitoso, rodeada de un halo verde pálido o amarillento. En tallo se observan lesiones hundidas.

Tabla. 5 Enfermedades que afectan al cultivo de frijol durante las diferentes etapas fenológicas.

| Nombre comun | Agente causal | Distribucion geografica | Periodo critico | Parte de la planta afectada | Medidas de control |
|--|--|---|------------------------------|---------------------------------|---|
| MustiaHilachosa tela de araña, pega pega o requema negra | Thanatephorus cucumeris fase asexual | Todo el pais | V-3, V-4, R-5, R-6, R-7, R-8 | Tallo, follaje, vainas y granos | Buen drenaje, siembras en franjas, control de eficiente y oportuno de malezas, no remocion del suelo. Uso de semilla certificada, uso de labranza minima, eliminacion de focos de infeccion o plantas afectadas. Aplicación foliar con Benomilo en dosis de 8 onzas/mz; Carbendazin en dosis de 500 cc/mz, Sulfato de cobre pentahidratado (Phyton) 0.5-0.75 l/mz, Azoxystrobin (Amistar 50 WG) 140-200 gr/mz |
| Tizon Comun o requema amarilla | (Xanthomonas campestris) p.v. phaseoli | Pacifico sur y norte; Centro sur y norte; Las Segovias | R-6, R-7, R-8 | Follaje, vainas y granos | Incorporación de residuos de siembra anterior, uso de semilla certificada, evitar movimiento de personas y equipos en la plantación al inicio de la floración, eliminación de focos de infección y plantas afectadas. Aplicación de Sulfato de cobre pentahidratado (Phyton), en dosis 0.5-0.75 l/mz |
| Roya | Uromyces phaseoli var. Typica | Las Segovia y Centro Norte | R-6, R-7, R-8 | Follaje y vainas | Eliminación de rastrojos de siembra anterior, variedades tolerantes, aplicación de clorotalonil |
| Antracnosis | Colletotrichum lindemuthianum | Centro Norte y la Segovias | V-4, R-5, R-6, R-7, R-8. | Follaje y vainas | Rotación de cultivo y semilla certificada, Tratamiento de la semilla con benomilo, en dosis 100 g/100 kg de semilla |
| Mancha Angular | Phaeoisariopsis griseola | Pacífico sur, Centro sur, Centro norte y las Segovias | R-5, R-6, R-7, R-8 | Follaje y vainas | Rotación de cultivos, eliminación de residuos de siembra anterior, drenaje, aplicación al follaje con Benomilo en dosis de 4 onzas/mz. Tratamiento de semilla con carboxin + captan (Vitavax 300) en dosis de 75-100 g/100 kg de semilla. Sulfato de cobre pentahidratado (Phyton) 0.75-1 l/ha |
| Mosaico Común (BCMV) | Virus transmitido por áfidos | Las Segovia, Centro Norte Centro Sur, Pacífico Norte y Pacifico Sur | V-4 hasta R-7 | Follaje, vainas y semilla | Todos los cultivares mejorados son resistentes al mosaico común Uso de semilla certificada de variedades mejoradas |
| Mosaico Dorado (BGMV) | Virus transmitido por Mosca Blanca | Las Segovia y zonas bajas del país | V-3 hasta R-7 | Follaje y vainas | Todos los cultivares mejorados son resistentes al mosaico dorado |

(INTA, 2009).

7.3.4. Cosecha y postcosecha

7.3.4.1. Madurez fisiológica

Las plantas de frijol se encuentran en condiciones aptas para ser arrancadas desde el momento en que las vainas comienzan a cambiar su color natural a un color café amarillento. Este momento se conoce con el nombre de madurez fisiológica donde el grano alcanza su máximo tamaño.

En el campo, cuando el frijol llega a madurez fisiológica, se observa según la variedad, un cambio en la coloración de las vainas de verde a amarillo, de verde a rojo o rayas moradas y además el inicio de la decoloración de las hojas. En este estado se detiene su crecimiento y la semilla alcanza su máximo contenido de materia seca, de vigor y germinación, además del color definitivo de la testa o cáscara, y con un contenido de agua entre 30 % a 45 %. El embrión está totalmente maduro, pero en un estado de latencia (Araya, Martínez, López, & Murillo, 2013).

Los síntomas para determinar que una variedad de frijol común llegó a su fase de madurez se manifiesta por el cambio de color del follaje, que pasa de verde a amarillo, iniciándose por los folíolos inferiores; cambio de color de epidermis de las vainas, de verde a rojo, morado o blanco, según la variedad utilizada. El grano experimenta su máximo crecimiento, fijación del color final y pérdida de humedad antes del desgrane (INTA, 2009).

Según Cabrera (2012) la cosecha está directamente relacionada con la madurez fisiológica de la planta. Cuando se observa el inicio del cambio de coloración de verde a verde amarillento en hojas y vainas, la semilla empieza a pigmentarse de color típico de la variedad, alcanza su madurez fisiológica, y su máximo poder germinativo y vigor. Según la variedad, las semillas de frijol alcanzan su peso seco máximo 30-35 días después de la floración. En este momento el contenido de humedad es alto (35-39%). Si se trilla en este estado, puede causar graves daños físicos a la semilla.

Para saber si ha alcanzado la madurez de cosecha en el campo, se debe observar la dehiscencia: Cuando la vaina al ser suavemente presionada se abre está lista para la trilla.

- La cosecha se efectúa en forma manual, semimecanizada o mecanizada.
- Las plantas de fréjol se encuentran en condiciones aptas para ser arrancadas desde el momento en que las vainas comienzan a cambiar su color natural a un color café amarillento.

7.3.4.2. Proceso de cosecha

Luego de que la semilla ha alcanzado su madurez fisiológica, el momento de cosecha dependerá de las condiciones ambientales, las cuales influyen directamente sobre el contenido de humedad de la semilla, factor determinante en todas las operaciones posteriores. Cuando la semilla está lista para la cosecha y las condiciones son húmedas y lluviosas, el secado del grano en la vaina se prolongará. La cosecha se realiza cuando tienen entre un 18 % y un 20 % de humedad (Araya, Martínez, López, & Murillo, 2013).

De ahí para adelante la planta entra en el proceso de secado, durante el cual se produce una pérdida uniforme y natural de la humedad del grano hasta niveles en que se puede considerar seco (Buy My Themes, 2013).

Arrancado y tendido

El frijol se arranca una vez que sus vainas alcancen su madurez fisiológicas y se amontona cuando se han secado totalmente. Una vez amontonado es cubierto con un plástico transparente, este acelera el secado por el sol y protege la cosecha de las lluvias. Se debe dejar un espacio entre el suelo y el plástico que sirva como ventilación. En este cultivo no existe la cosecha mecanizada, por lo que esta actividad se debe realizar en forma manual. Este es un proceso, mediante el cual se arrancan las plantas

de frijol formando manojos no muy densos, luego se ubican en hileras o carriles, con las raíces hacia arriba para favorecer el secado de las plantas (ASOPROL & INTA, 2009).

La arranca del frijol se realiza cuando este llegue a su madurez fisiológica, es decir cuando el 90 % de las vainas han cambiado de color, las hojas se vuelven amarillas por vejez o se han caído en su mayoría. Para arrancar las plantas hay que considerar dos aspectos:

- Que las plantas en el campo obtienen un secado natural del grano al perder humedad poco a poco de manera uniforme.
- No se debe permitir que las vainas se sequen demasiado para reducir pérdidas por abertura de vainas (desgrane) (CIAT, 1981).

7.3.4.3. Proceso de postcosecha

Secado

Una vez que las plantas alcanzan un color pajizo y las vainas comienzan a abrirse se procede a la recolecta para su transporte al lugar donde se efectúa la labor de trilla o aporreo. En las siembras de primera o en zonas muy húmedas una vez culminada la labor de secado de las plantas se puede tapar con plástico grueso o carpas impermeables para evitar que las vainas se vuelvan a humedecer y se pierda la calidad del grano cosechado por pre germinación o por manchado del grano (INTA, 2009).

Si el secado se pretende iniciar en el campo, las plantas no deben permanecer por periodos mayores a una semana. Se sugiere efectuar al trillado lo más pronto posible. Una vez cosechadas, la calidad disminuye con el transcurso del tiempo (Frijoles de Costa Rica, s.f.).

Aporreo

Una vez que las plantas están secas se debe iniciar el aporreo, el cual se puede efectuar de forma manual o mecanizada con una humedad del grano de 15% a 18%. Posterior es necesario continuar el secado del grano para reducir la humedad entre 13 a 15% para su almacenamiento y comercialización (Arias, 2001).

El aporreo consiste en golpear las matas secas con un bastón de madera para que las vainas se abran y liberen el grano, esta actividad se hace en día soleado o nublado en un lugar adecuado del campo, ya que luego es soplado y ensacado el frijol, para esta actividad se usan plásticos, lonas o sacos unidos entre sí.

Grano Seco

Una vez aporreado y soplado el frijol debe ser transportado a la casa del productor, en donde debe ponerse al sol el grano de frijol para bajar la humedad a un 13 %, para esto los productores utilizan carpas de plástico negro. Si el grano se almacena con humedad mayor del 14 % hay un recalentamiento del grano que provoca pérdidas de germinación de la semilla, el grano se arruga, agarra hongos y se desarrollan las plagas de almacenamiento perdiendo así la calidad del grano (Arias, 2001).

El frijol seco, tiene poca posibilidad de calentamiento, se evita el deterioro físico por la proliferación de insectos y hongos.

El secado puede hacerse colocando los granos de frijol sobre un plástico, sobre una superficie de cemento (patio de secado) o bien utilizar secadores con aire caliente, hasta conseguir que la humedad se reduzca entre 15 y 13 por ciento (INTA, 2009).

Almacenamiento

El frijol una vez seco (13% de humedad) se debe ensacar para su comercialización inmediata, si se va a esperar unos días para su venta o consumo los sacos deben estibarse sobre polines de madera y separados de la pared para que exista suficiente aireación para evitar exceso de calor que endurece el grano (Cabrera, 2012).

El frijol una vez sometido a secado y listo para almacenarse, debe ponerse en sacos de polietileno. Los sacos se acomodarán en estibas sobre polines de madera; la bodega debe estar libre de residuos de cosecha anteriores (Buy My Themes, 2013).

El ambiente de la bodega para almacenar debe ofrecer condiciones de buena aireación que evite el aumento de temperatura. El calor excesivo tiene efectos negativos en el frijol almacenado, porque endurece el grano, retrasa la germinación de la semilla y aumenta el tiempo de cocción.

Control de Plagas en Almacenamiento

El frijol almacenado debe protegerse del daño que ocasionan los gorgojos. También se utilizan prácticas alternativas para el control de plagas:

- Secado del frijol al sol.
- Limpiar con frecuencia los locales que se utilizan para almacenar los granos.
- Eliminar todo derrame, residuos y demás sustancias que ofrezcan condiciones favorables para la proliferación de las plagas.
- Almacenar el grano mezclado con la casulla o residuos del aporreo.
- Tratar los granos con aceites vegetales (nim, algodón, soya, maní) en dosis de 10 cc por cada dos libra de frijol.
- Utilizar al mínimo sustancias químicas, ya que su aplicación puede crear resistencia en los insectos y contaminación del medio ambiente.

(INTA, 2009).

Pérdidas Postcosecha

La FAO (2008) Menciona que a partir de la recolección, los granos se someten a una serie de operaciones durante las cuales pueden producirse pérdidas cuantitativas y cualitativas.

La secuencia de estas operaciones y las condiciones en que se realizan pueden originar además fenómenos físicos y bioquímicos de los que se derive la alteración de los granos en fases posteriores del sistema postcosecha.

- Una recolección tardía, por ejemplo, puede dar lugar a pérdidas debidas a ataques por los pájaros y otros animales.
- Un secado insuficiente de los granos puede ocasionar pérdidas debidas al desarrollo de moho y de insectos.
- La trilla puede producir pérdidas por rotura de los granos, favoreciendo el desarrollo ulterior de insectos.
- Unas malas condiciones de almacenamiento pueden acarrear pérdidas debidas a la acción combinada de moho, insectos, roedores y otros animales dañinos.
- Las condiciones de transporte o un embalaje defectuoso de los granos pueden ocasionar pérdidas cuantitativas del producto.

Tabla. 6 Naturaleza y Causas Principales de las Pérdidas de Postcosecha

| Naturaleza y Causas Principales de las Perdidas Postcosecha | | |
|--|--|---|
| Naturaleza | Causas Directas | Causas Indirectas |
| | Recolección Prematura | Por Insuficiencia |
| | Mala maduración | |
| | Mala trilla | |
| En Peso | Secado Insuficiente | |
| | Limpieza Insuficiente | Capital, Profesionalidad, Maquinaria y Equipo, Pesticidas, Embalajes, Transportes, Organización |
| | Ataque de aves | |
| | Ataque de roedores | |
| En Calidad | Ataque de Insectos | |
| | Ataque de microorganismos | Por Condicionamientos |
| | Modificaciones bioquímicas | |
| | Fugas y despilfarro | Sociales, Económicos, Políticos |
| Económicas | Contenido de humedad inadecuado en la fase de almacenamiento | |
| | Técnicas de almacenamiento y de transformación inadecuadas | |

(FAO, 2008).

7.4. Cultivo del Maíz

El cultivo del maíz es uno de los más diversificados en el mundo y ocupado tanto para la alimentación humana como en la alimentación de animales de todo tipo desde aves hasta vacunos de carne o leche se encuentra a nivel mundial después del trigo y el arroz que cobra gran importancia en la alimentación tanto humana como animal. Incluso se ha cultivado desde antiguas culturas centroamericanas es conocido el uso que le dieron los mayas a terrenos boscosos que transformaron en cultivables para sembrar maíz que era su principal fuente de alimentación (Zequeira, 2003).

La producción de maíz en nuestro país la realizamos todos los pequeños y medianos productores y está destinada principalmente al consumo familiar, para el comercio o consumo interno de nuestro país. El maíz es también utilizado como materia prima en la elaboración de productos alimenticios procesados (rosquillas, reposterías, dulces,

bebidas) y para la elaboración de concentrados o alimentos para aves y cerdos (Flores, 2007).

7.4.1. Información General

El maíz (*Zea mays L.*), es un cultivo que se puede sembrar todo el año, en cinco épocas de siembra: primera (mayo-junio), postrerón (julio), postrera (agosto-septiembre), apante (noviembre-febrero) y riego (noviembre-febrero). Es el cereal nutritivo básico en la alimentación humana, debido al aporte en calorías y proteínas. El grano de maíz está constituido: 77% almidón, 2% azúcares, 9% proteínas, 5% aceites, 5% pentosanas y 2% ceniza (INTA, 2010).

El maíz es uno de los cereales más eficientes en la conversión de energía solar, anhídrido carbónico, agua y minerales del suelo, en materia orgánica.

7.4.1.1. Fases fenológicas

Tabla. 7 Estados reproductivos y vegetativos de una planta de maíz.

| Vegetativo | Reproductivo |
|-------------------|------------------------|
| VE emergencia | R1 barbas |
| V1 primera hoja | R2 ampolla |
| V2 segunda hoja | R3 lechoso |
| V3 tercera hoja | R4 pastoreo |
| V(n) n hoja | R5 dentado |
| VT panojamiento | R6 madurez fisiologica |

(Zequeira, 2003).

Tabla. 8 Etapas de Crecimiento del Maíz.

| Etapa | DAS | Características |
|--------------|------------|--|
| VE | 5 | El coleoptilo emerge de la superficie del suelo |
| V1 | 9 | Es visible el cuello de la primera hoja |
| V2 | 12 | Es visible el cuello de la segunda hoja |
| Vn | | Es visible el cuello de la hoja numero (n). Es igual al numero definitivo de hojas que tiene la planta; n generalmente fluctua entre 16 y 22, pero para la floracion se habra perdido las 4 a 5 hojas de mas abajo |
| VT | 55 | Es completamente visible de la ultima rama de la panícula |
| R0 | 57 | Antesis o floracion masculina. El polen se comienza a arrojar. |
| R1 | 59 | Son visibles los estigmas |
| R2 | 71 | Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un liquido claro y se puede ver el embrión. |
| R3 | 80 | Etapa lechosa. Los granos se llenan con un liquido lechoso blanco |
| R4 | 90 | Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano. |
| R5 | 102 | Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una línea de leche cuando se observa el grano desde el costado |
| R6 | 112 | Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%. |

(CIMMYT, s.f.).

En los puntos de germinación, iniciación floral, floración y madurez fisiológica se delinean diferentes fases, la duración de estas fases depende del genotipo y la temperatura (Alvarez, 2008).

Fase Vegetativa

Las semillas germinan y se forman las plántulas; se expande el follaje y se inicia la capacidad fotosintética del cultivo, la cual controla la producción de biomasa y está

correlacionada con el tamaño final de la mazorca, que ocupa el 40% del peso total (tecnicoagricola, 2013).

- Etapa de Germinación y Emergencia

Se entiende por germinación a la serie de procesos que incluyen desde la imbibición o absorción de agua por parte de la semilla, hasta emergencia de la radícula; y por emergencia, a la etapa desde que emerge la radícula hasta la aparición del coleóptilo sobre el suelo (Bewley & Black, 1994).

La semilla de maíz está recubierta por una capa externa que se llama pericarpio. La función de esta capa es proteger a la semilla, limitando o impidiendo la entrada de hongos o bacterias. Si el pericarpio resulta dañado, probablemente la germinación se torne más lenta, pues los patógenos pueden utilizar reservas de las semillas (Rojas & Casas, 1987).

- Estado V3

Aproximadamente a los 8 días posteriores a la emergencia la planta presenta 2 hojas y a los doce días 3 hojas. En V3 el ápice del tallo (punto de crecimiento) aún se encuentra por debajo de la superficie del suelo. En este momento se inician todas las hojas y espigas que la planta podría eventualmente producir. La ocurrencia de granizo, viento o heladas que puedan dañar las hojas expuestas en V3 tiene un efecto pequeño o nulo sobre el punto de crecimiento (subterráneo) o el rendimiento final de grano (Fassio, Carriquiry, Tojo, & Romero, 1998).

- Estado V4

El punto de crecimiento subterráneo durante las etapas vegetativas tempranas es especialmente afectado por la temperatura del suelo. Una baja temperatura incrementará el tiempo entre los estadios vegetativos y el número total de hojas formadas, retrasará el desarrollo de la planta y reducirá la disponibilidad de nutrientes (CIMMYT, s.f.).

El estado de 4 hojas en promedio, comienza a los 16 días posteriores a la emergencia, siendo V5 aproximadamente a los 20 días. Alrededor de V5, la formación de hojas y espigas estará completa y aparece en el extremo superior del tallo una pequeña panoja de tamaño microscópico. El ápice del tallo está justo por debajo de la superficie del suelo y la planta tiene una altura total aproximada de 20 cm (Fassio, Carriquiry, Tojo, & Romero, 1998).

- Estado V6

En el estado V6 (en promedio, 24 días post emergencia) el punto de crecimiento sobresale de la superficie del suelo y el tallo comienza un período de rápida elongación. En este momento las raíces adventicias son el principal sistema funcional; En este estadio, son visibles algunos macollos. Los macollos se forman general mente en nudos por debajo de la superficie del suelo, pero no muestran un crecimiento avanzado. El grado de desarrollo de macollos variará en función del cultivar elegido, la densidad de siembra, la fertilidad y las condiciones ambientales (CIMMYT, s.f.).

- Estado V9

El estadio V9 comienza promedialmente a los 32 días posteriores a la emergencia. Durante dicho estadio, a partir de cada nudo aéreo se desarrolla una espiga potencial (con excepción de los 6 a 8 nudos por debajo de la panoja). Al principio cada una de ellas se desarrolla más rápidamente que la que se origina por encima de ella en el tallo. Sin embargo, el crecimiento de las espigas de la parte inferior del tallo se realiza gradualmente más despacio y sólo la primera o las dos primeras espigas superiores se desarrollarán en espigas productivas. Los cultivares que producen más de una espiga cosechable en el tallo principal se llaman prolíficos (Fassio, Carriquiry, Tojo, & Romero, 1998).

La panoja se desarrolla rápidamente y el tallo continúa una rápida elongación a través de la elongación de sus entrenudos. Cada entrenudo va a comenzar la elongación antes que el que se encuentra por encima de él en el tallo, en forma similar al desarrollo inicial de los primordios de espiga (Ritchie, Hanway, & Bensom, 1986).

- Estado V12

El estadio V12 ocurre promedialmente a los 48 días post emergencia. Aunque las espigas potenciales se forman justo antes de la formación de la panoja (V5), el número de hileras en cada espiga y el tamaño de la espiga se establecen en V12. No obstante, la determinación del número de óvulos (granos potenciales) no se completará hasta una semana antes de la emergencia de barbas o cerca de V17 (Fassio, Carriquiry, Tojo, & Romero, 1998).

Deficiencias de agua o de nutrientes en esta etapa pueden reducir seriamente el número potencial de granos y el tamaño de la espiga cosechada. El potencial para estos dos componentes del rendimiento está también relacionado con la duración del período para su determinación, principalmente la duración desde el estadio V10 hasta el V17. Los cultivares de maduración temprana (ciclo corto) generalmente progresarán a través de estos estadios en un tiempo más corto y tendrán espigas de menor tamaño que los de maduración más tardía (Ritchie, Hanway, & Bensom, 1986).

- Estado V18

Las barbas de los óvulos basales se desarrollan antes que las de los superiores. El desarrollo de los órganos reproductivos toma de 8 a 9 días, esto se produce una semana antes de floración, el desarrollo de la espiga continúa rápidamente. Cualquier deficiencia durante esta etapa retrasa el desarrollo de la espiga femenina y de los óvulos más que el de la panoja. El retraso en el desarrollo de las espigas provocará una desincronización entre el comienzo de la caída del polen y la emergencia de las barbas y por lo tanto problemas de fertilidad (Fassio, Carriquiry, Tojo, & Romero, 1998).

- Estado reproductivo y desarrollo del grano

Los seis estadios reproductivos que se describen a continuación se refieren principalmente al desarrollo del grano y sus partes. La descripción de R2, R3 y R4, si bien, generalmente se aplica a todos los granos de la espiga, se basa en los que se poseionan en el medio de la misma. La descripción de los granos en R5 o R6 corresponde a todos los granos de la espiga. En condiciones de campo, en cada planta

la panoja libera el polen antes de que las barbas hayan emergido de la espiga, pero continúa liberándolo varios días después de que las barbas estén listas para ser polinizadas (en total una semana o más) (CIMMYT, s.f.).

El período va de uno o dos días, entre la emisión de polen y la salida de los estigmas en la floración, ambos aspectos hacen que la polinización y la producción de polen sea sensitiva al estrés ambiental (Ritchie, Hanway, & Bensom, 1986).

Fase llenado de grano comienza después de la polinización y determina el peso final del grano de la mazorca. El peso del grano está relacionado con la duración y la cantidad de radiación interceptada, durante esta fase y es afectada por falta de agua. El llenado tiene tres fases:

- ✓ Fase de arresto que dura de 12 a 20 días, en esta fase el grano se comienza a formar.
- ✓ Fase lineal de acumulación de materia seca, tiene una duración de 35 días.
- ✓ Fase de acumulación lenta, tiene una duración de 7 a 14 días y concluye con la aparición de la capa negra y la madurez fisiológica

(INTA, 2010).

7.4.2. Producción Agroecológica

7.4.2.1. Preparación del Suelo

Es recomendable realizar una evaluación visual de suelo para conocer si reúne las características adecuadas para el cultivo del maíz. Esta evaluación determina si un suelo es bueno o malo basado en calificaciones sobre porosidad, estructura y consistencia, color, compactación, cobertura, profundidad efectiva, número de lombrices y moteado.

La preparación del suelo depende del sistema de producción que tiene cada región. El principal objetivo de la labranza es favorecer aquellos procesos naturales que crean en las tierras las condiciones más favorables para la germinación de semillas y el crecimiento de plantas. El pase de grada depende del tipo de suelo, En suelos de textura franca, lo más recomendable es un pase y en los arcillosos se pueden hacer dos o tres pases (dado las características de sus agregados). Desde el punto de vista de conservación, los suelos se tienen que roturar al mínimo, sin perder el objetivo del cultivo (INTA, 1995).

Según el INTA (2010), es importante mantener la estructura física, química y biológica del suelo, que determinan la fertilidad, erosión, infiltración y almacenamiento de agua, así como el desarrollo y proliferación de las malezas y el crecimiento del sistema radicular de la planta.

La no quema, es una práctica que favorece la recuperación de la fertilidad del suelo y la regeneración natural del bosque. La incorporación de rastrojo sirve para mejorar la estructura del suelo, porque favorece su aireación y permeabilidad siendo eficaz en el abonado de fondo.

La incorporación de rastrojo también incrementa la actividad biológica del suelo al intensificar las poblaciones microbianas, aumenta su biodiversidad y activa los procesos biológicos que ocurren en él por medio de la descomposición del rastrojo (PASOLAC, 2004).

La labranza se puede realizar de forma manual, al espeque, con animales de tiro e implementos sencillos o de forma motorizada, con tractores e implementos más complejos en su construcción y operación (Agrícola, 2011).

La preparación del suelo depende del sistema de producción utilizado por el productor. Esta actividad también se ve influenciada por otros factores como precipitación, tipo de suelo y condición económica del productor. Hay que recordar que para el productor el

recurso más valioso es el suelo, por lo tanto, debe conservarlo. Una adecuada preparación del suelo, ayuda a controlar malezas, enriquecer el suelo incorporando rastrojos. Da permeabilidad, controla algunas plagas y permite una buena germinación de la semilla.

7.4.2.2. Requerimientos Edafoclimáticos del Maíz

El maíz debido a sus tipos ampliamente divergentes crece en un amplio rango de condiciones climáticas, no pudiéndose establecer límites precisos. Es cultivado en áreas tropicales, subtropicales y templadas y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta varios miles de metros sobre el mismo, pero presenta un límite, producto de una combinación de temperaturas bajas con el período libre de heladas (Shaw, 1988).

El maíz es un cultivo de crecimiento rápido, que rinde más con temperaturas moderadas y un suministro abundante de agua. La temperatura ideal es entre 24 °C a 30 °C. La mayoría de los productores piensa o cree que el maíz crece mejor cuando las noches son cálidas. Sin embargo, en las noches cálidas, el maíz utiliza demasiada energía en la respiración celular. Por esta razón, son ideales las noches frescas, los días soleados y las temperaturas moderadas (Rodríguez, 2000).

Aunque el maíz es originario de los Trópicos, el crecimiento óptimo del cultivo ocurre a temperaturas de 24 a 30gC. Temperaturas nocturnas altas no favorecen el crecimiento del cultivo, sino que incrementan las tasas de respiración y de esta forma se reduce el peso seco acumulado durante el día por la fotosíntesis (Fassio, Carriquiry, Tojo, & Romero, 1998).

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas empleando variedades adecuadas y utilizando técnicas de cultivo apropiadas. Los peores suelos para el maíz son los excesivamente pesados (arcillosos) y los muy sueltos (arenosos). Los primeros, por su facilidad para inundarse y los segundos por su propensión a secarse excesivamente (INTA, 2010).

El clima en relación con las características del suelo. Es también fundamental para evaluar las posibilidades de hacer un cultivo rentable. En regiones de clima frío y con fuertes precipitaciones, los suelos relativamente ligeros son preferibles por su facilidad para drenar y alta capacidad para conservar el calor. En lugares de escasas precipitaciones, los suelos de textura relativamente pesada (arcillosos) dotados de alta capacidad relativa para retener el agua, son los más convenientes. En general los suelos más idóneos para el cultivo de maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua.

Requerimientos Hídricos del Maíz

La evapotranspiración total del maíz varía desde los 500 a 550 mm para el ciclo del cultivo. La necesidad de agua en el cultivo del maíz varía desde 2 mm/día durante etapas iniciales hasta 6.5 mm/día en los días antes de maduración. Luego baja hasta 3 mm/día en los días antes de maduración completa (Alonso, 2005)

7.4.3. Manejo del Cultivo

7.4.3.1. Sistema de siembra

La semilla es el componente que más incide en la productividad, se recomienda semilla de calidad. En este cultivo existen tres tipos de cultivares a escoger para la siembra: variedades de polinización libre, híbridos y semillas criollas o acriolladas mejoradas.

El agricultor debe conocer bien el entorno ecológico de su área dedicada al cultivo de maíz. Si se siembra una variedad de polinización libre o variedad criolla, se puede seleccionar semilla al momento de la cosecha para la próxima siembra, siempre y cuando no esté sembrada otra variedad cerca de su lote que la haya polinizado. Los híbridos se siembran una vez y no se puede utilizar el producto que se cosecha porque el resultado es de bajo rendimiento (Sain, 2013).

Tabla. 9 Sistemas de Siembra

| Tipo de Siembra | Distancia entre Surcos (cm) | Distancia entre plantas (cm) | Profundidad (cm) | Plantas/mz |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Maquinaria | 80 | 20 a 25 | 2.5 a 3.5 | 35400 a 44000 |
| Traccion Animal | 75 | 20 a 25 | 2.5 a 3.5 | 37000 a 47000 |
| Sembradora | 80 | 20 a 25 | 2.5 a 3.5 | 35000 a 44000 |
| Manual | 80 | 20 a 25 | 2.5 a 3.5 | 35000 a 44000 |
| Espeque | 90 | 30 a 50 | 2.5 a 3.5 | 15000 a 26000 |

(INTA, 2010).

Densidad de Siembra.

El maíz es un clásico ejemplo de un cultivo en el que el rendimiento en grano es máximo a un nivel de población definido. Es por esto que para el maíz la elección de la densidad de siembra constituye uno de los aspectos de manejo que incide en el rendimiento final; diferenciándose de otros cultivos, como trigo, soja, o girasol que tienen una mayor capacidad de ajuste ante variaciones en la densidad (Vallone, Gudelj, & Galarza, 2011).

La siembra de la semilla debe efectuarse con suficiente humedad en el suelo a una profundidad de 2.5 a 3.5 centímetros. La distancia entre surco varía entre 75 a 90 cm y entre cada planta de 20 hasta 50 cm, depende del tipo de siembra. Así la densidad varía entre 15 mil hasta 47 mil plantas a cosechar por manzanas. Para asegurar esta densidad de plantas hay que poner entre 6 y 7 semillas por metro lineal, para después ralearlo.

El maíz posee un elevado potencial de rendimiento muy sensible al estrés, característica que determina su marcada respuesta al correcto ajuste en el manejo agronómico. Su crecimiento está directamente relacionado con la capacidad del canopeo para capturar la luz solar incidente. Esa captura es función de la estructura del cultivo y depende del tipo de planta, de la cantidad y de su distribución en el terreno. La

fracción del crecimiento que termina alojada en los granos al momento de la cosecha define el rendimiento, el cual se conforma por el número y el peso de los granos cosechados. Mientras el peso del grano es bastante estable en maíz y resulta mayoritariamente del crecimiento del cultivo durante la etapa de llenado, el número de granos presenta escasa estabilidad frente a las disminuciones del crecimiento de la planta durante la floración (Sain, 2013).

La densidad óptima es la menor densidad que posibilita maximizar el rendimiento en grano. Esta puede ser diferente de la que asegura coberturas eficientes en la captura de luz, ya que en maíz se modifica sensiblemente a través de los ambientes, respondiendo a las variaciones en la oferta de recursos para el crecimiento (de clima y de suelo, naturales o agregados). Por lo tanto, el ambiente y el manejo modifican la densidad óptima en maíz (Cirilo, 2012).

7.4.3.2. Fertilización

El maíz, como todo cultivo requiere de suelos con profundidad adecuada y buena fertilidad natural para desarrollarse y producir de acuerdo a su potencial genético. Si queremos conocer la fertilidad natural del suelo se requiere que el productor tome una muestra de suelo de su terreno y la remita a un laboratorio para su respectivo análisis físico-químico.

Para dar una recomendación sobre fertilización en determinada región es necesario basarse en la experiencia de la investigación a nivel de finca, análisis de suelo, pH, tipo de suelo y otros factores ambientales. A continuación se dan algunas recomendaciones que sin ser inflexibles servirán como una guía. Estas recomendaciones podrían variar según la experiencia y conocimiento que sobre las condiciones ambientales y socioeconómicas tengan los consultores individuales y empresas privadas de asistencia técnica, investigadores y productores en cada zona. Estas recomendaciones corresponden a rendimientos óptimos económicos y no a rendimientos máximas agronómicas (Cirilo, 2012).

De acuerdo con los resultados informados por el análisis de suelo deben definirse las dosis a aplicar de los distintos elementos fertilizantes. Estos deben aplicarse a través de una mezcla que debe contener la cantidad requerida de todos los elementos con que se va a fertilizar. En el caso del nitrógeno, un 20 a 30% de la dosis debe estar contenida en la mezcla que se aplicará a la siembra, mientras que el 70 a 80% restante debe aplicarse al estado de siete hojas del maíz. La parcialización del nitrógeno se realiza para reducir las pérdidas que ocurren por lixiviación y volatilización (Donoso, 2011).

- Nitrógeno

Tabla. 10 Dosis de Nitrógeno a Aplicar en Maíz según Rendimiento Esperado

| Rendimiento Esperado (qq/ha) | Nitrogeno total a aplicar por hectarea (kg/ha) | | Fertilizacion Nitrogenada | | | | | |
|------------------------------|--|-----|---------------------------|-----|--|-----|--------------|-----|
| | | | A la Siembra en la Mezcla | | Al Estado de 7 hojas del Maiz (aporca) | | | |
| | | | N (kg/ha) | | N (kg/ha) | | Urea (kg/ha) | |
| 100 | 200 | 240 | 60 | 72 | 140 | 168 | 304 | 365 |
| 110 | 220 | 264 | 66 | 80 | 154 | 185 | 334 | 402 |
| 120 | 240 | 288 | 72 | 88 | 168 | 202 | 364 | 439 |
| 130 | 260 | 312 | 78 | 96 | 182 | 219 | 394 | 476 |
| 140 | 280 | 336 | 84 | 104 | 196 | 236 | 424 | 513 |
| 150 | 300 | 360 | 90 | 112 | 210 | 253 | 454 | 550 |
| 160 | 320 | 384 | 96 | 120 | 224 | 270 | 484 | 587 |
| 170 | 340 | 408 | 102 | 128 | 238 | 287 | 514 | 624 |
| 180 | 360 | 432 | 108 | 136 | 252 | 304 | 544 | 661 |

(Donoso, 2011).

El Nitrógeno interviene en la formación de la clorofila, de las proteínas, de las vitaminas y de las fuentes de energía. Su deficiencia provoca un típico síntoma de secado “en V” de las hojas de nivel inferior a medio de las plantas (CIMMYT, s.f.).

Los kilos totales a aplicar van a depender en gran medida del rendimiento que se espera obtener (considerando que este valor debe ser realista).

- Fósforo

Tabla. 11 Rangos de dosis de P₂O₅ según contenidos informados en el análisis de suelo.

| Análisis de Suelo ppm P (Olsen) | Nivel Relativo | Cantidad a Aplicar | |
|---------------------------------|----------------|--|--------|
| | | (kg P ₂ O ₅ /ha) | |
| | | Maximo | Minimo |
| 0 a 4 | Muy Bajo | 172 | 154 |
| 5 a 10 | Bajo | 153 | 100 |
| 11 a 15 | Medio | 99 | 65 |
| 16 a 20 | Alto | 64 | 51 |
| Mayor de 20 | Muy Alto | 50 | 0 |

(Donoso, 2011).

El fósforo no presenta movilidad en el suelo, por lo que debe realizarse una fertilización localizada con el total de la dosis a la siembra. Para facilitar su absorción por parte de las raíces, el fósforo debe aplicarse ubicándolo a 7 u 8 cm al lado de la hilera de siembra y 1 ó 2 cm por debajo de la semilla. El fósforo es indispensable para el crecimiento aéreo de la planta, el desarrollo de las raíces y el rendimiento en grano. Ante un déficit de fósforo las plantas de maíz muestran hojas de color verde oscuro, pero con bordes y puntas de color rojizo, y un sistema radical reducido (CIMMYT, s.f.).

- Potasio

Tabla. 12 Rango de dosis de K₂O según contenidos informados en el análisis de suelo.

| Análisis de Suelo ppm K | Nivel Relativo | Cantidad a Aplicar | |
|-------------------------|----------------|--------------------------|--------|
| | | (Kg K ₂ O/ha) | |
| | | Maximo | Minimo |
| 0 a 45 | Muy Bajo | 220 | 170 |
| 46 a 90 | Bajo | 169 | 127 |
| 91 a 124 | Medio | 126 | 89 |
| 125 a 150 | Medio Alto | 88 | 60 |
| Mayor a 150 | Alto | 60 | 0 |

(Donoso, 2011).

El potasio es muy importante para el vigor de las cañas y el buen crecimiento de la parte aérea del maíz. Un déficit de potasio se manifiesta en una amarillez de los bordes de las hojas inferiores. Además se produce un debilitamiento de las raíces y una fragilidad en la caña hacia la madurez (CIMMYT, s.f.).

7.4.3.3. Protección del Cultivo

Uno de los factores que afectan los bajos rendimientos del maíz, es la maleza; ésta afecta el cultivo en las siguientes formas:

- Le resta agua, nutrientes y luz solar. Esta competencia es especialmente crítica durante las primeras cinco (5) semanas, lo cual trae como consecuencia una reducción en los rendimientos.
- Dificulta el combate de insectos y enfermedades, así como otras prácticas culturales; lo cual aumenta los costos de producción.
- Obstaculiza y a la vez encarece la recolección de la cosecha, bien sea manual o mecanizada.

Según Tineo (1987), para evitar o reducir al mínimo los inconvenientes ocasionados por las malezas, es necesario utilizar métodos de prevención y control eficaces y económicos, como los siguientes:

Prevención.

Las medidas preventivas descritas a continuación, permiten disminuir la invasión de plantas dañinas:

- Sembrar semillas certificadas libres de malezas.
- Limpiar la maquinaria e implementos, especialmente cuando provienen de otras fincas, para eliminar los residuos de malezas.
- Destrucción temprana de la maleza, antes de que formen semilla tanto dentro de la siembra, como en sus alrededores, así mismo, cuando el terreno permanece en descanso.

Prácticas Culturales.

Esto significa dar las mejores condiciones al cultivo para propiciar un desarrollo más rápido y mejor con una mayor capacidad competitiva.

- Entre las prácticas culturales recomendadas están:
- Buena preparación de tierra.
- Sembrar el cultivar (híbrido o variedad) recomendado para su localidad.
- Abonar al momento de la siembra, al lado y de bajo de la semilla de maíz.

Control Mecánico.

Es la forma tradicional de lucha contra las plantas dañinas, consiste en el empleo de escardilla, machete; rastra y cultivadoras accionadas por el tractor. La limpia a machete y escardilla es muy costosa, por el elevado número de jornales que requiere, la corta duración de su efecto y la dificultad en conseguir obreros para el campo. Las cultivadoras mecánicas accionadas por tractor, además de eliminar maleza, dejan suelto el suelo para mejor aprovechamiento del agua.

Según Carvajal (2013), las malezas constituyen uno de los factores bióticos adversos de mayor importancia en los cultivos. En las regiones productoras de maíz indican la competencia entre la maleza y el cultivo: durante los primeros 30 días de su desarrollo ocasionan plantas cloróticas, de poco vigor y altura, lo que a su vez genera reducciones en los rendimientos, los cuales alcanzan 24% en promedio.

Al momento de implementar estrategias de control de malezas es importante considerar los siguientes aspectos: conocimiento particular de las especies de malezas que interactúan con el cultivo, el momento de mayor incidencia de las malezas en el cultivo, las pérdidas causadas por ellas, el tipo de cultivo en rotación y el grado de cobertura por residuos de la cosecha anterior.

Una práctica importante que hay que señalar para un buen manejo en el control de malezas es la rotación de cultivos, la cual evita que plantas menos susceptibles a los herbicidas utilizados frecuentemente en maíz sigan proliferando y además previene posibles riesgos de apariciones de plantas resistentes a los herbicidas.

El control químico requiere de conocimientos técnicos para la elección y aplicación eficiente y oportuna de un herbicida. El uso inapropiado de los herbicidas representa algunos riesgos a la agricultura. Sin embargo todos estos daños son posibles de evitar con una buena selección y aplicación de los productos, y con el conocimiento de sus características específicas. Algunos de los posibles riesgos por el uso inadecuado de herbicidas son: daños al cultivo, o a cultivos vecinos (por acarreo), por utilizar dosis excesivas del herbicida; daños a cultivos sembrados en rotación, debido a los residuos de los herbicidas en el suelo; cambios en el tipo de maleza por usar continuamente un herbicida; desarrollo de resistencia de malezas; uso de mezclas inapropiadas (INTA, 2010).

Tabla. 13 Control químico de malezas previo a la siembra del cultivo de maíz en siembra directa.

| Principio Activo | Dosis/ha del formulado (litros) | Modo de Uso |
|------------------|---------------------------------|--|
| Glifosato 48% | 2 a 2.5 litros | Herbicida sistémico no selectivo. Controla malezas en activo crecimiento 20-30 cm de altura, se mezcla con herbicidas hormonales para ampliar el control de malezas latifoliadas |
| Paraquat 27.6% | 2 litros | Herbicida no selectivo de contacto. Puede mezclarse con herbicidas hormonales (2, 4-D, Dicamba y Picloram) así como de atrazinas (Gesaprim). Aplicar cuando las malezas son pequeñas. Mínimo 200 de agua por hectárea. |
| Atrazina 50% | 2.5 a 3.5 litros | Malezas de dos a cuatro hojas. Dosis mayores en rastrojos de maíz; con malezas latifoliadas de menor susceptibilidad o de mayor tamaño, mezclarlo con hormonales; aplicaciones secuenciales con glifosato mejoran el control sobre gramíneas. La efectividad de atrazina, sola o en mezclas con otros herbicidas, se ve favorecida con el agregado de aceites. |
| Oxifluorfen | 0.2 a 0.25 litros | Se recomienda dejar 15 días entre la aplicación y la siembra. En mezcla con glifosato controla cerraja, crucíferas y lengua de vaca, entre otras. |

(Carvajal, Molina, & Ortega, 2013).

Tabla. 14 Control químico de malezas en cultivos de maíz establecidos en siembra directa

| Herbicida | Dosis/ha | Banda (0.30 cm) (litros o gramos) | Epoca de aplicación | Malezas que controla |
|-----------------------|--------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|
| 2, 4-D 480 SL Amina | 1.5 a 2.5 lt | 0.56 a 0.94 litros | Posemergencia; Aplicar con maíz. Entre 10 a 30 cm de altura o con planta entre 2 a 7 hojas | Hoja ancha |
| Atrazina | 2 a 3 lt | 0.75 a 1.12 litros | Pre y posemergencia; Aplicación en las malezas y en el maíz | Hoja ancha y angosta, zacates anuales |
| Atrazina + Bromoxinil | 1.5 + 1.5 lt | 0.56 + 0.56 litros | Posemergencia; Aplicar en las malezas y en el maíz | Hoja ancha |
| Dicamba | 0.3 a 0.5 lt | 0.12 a 0.19 litros | | Hoja ancha y angosta, zacates anuales |
| Prosulfuron | 30 a 40 gr | 11.25 a 25 gramos | | |

(Carvajal, Molina, & Ortega, 2013).

7.4.4. Plagas y Enfermedades.

Control de Insectos Plagas.

Según INTA (2010) la producción de maíz, es afectada por un complejo de plagas entre las que se destacan: *Diatraea lineolata* (taladrador menor del tallo) y *Spodoptera frugiperda* (cogollero) estas ocasionan fuertes pérdidas en la producción. No obstante si se controla con efectividad, estas plagas y el resto de insectos que atacan el maíz, se aumentará la producción.

- Gallina ciega (*Phyllophaga spp*)

Las larvas grandes se alimentan de las raíces, debilitan y matan las plántulas, a menudo se observan en parches bien definidos en el cultivo. Son de color cremoso, de tipo escarabeiforme, en forma de "C", con la cabeza de color café o rojizo y pueden alcanzar tamaños de hasta 5 cm.

Este insecto pasa por cuatro etapas en su ciclo de vida, presenta metamorfosis completa: huevo, larva, pupa y adulto. Su control se realiza a través de la preparación del suelo 15 días antes de la siembra. Las larvas quedan expuestas al sol, las que mueren por insolación o son depredadas por pájaros. También se puede realizar tratamiento al suelo (surco de siembra) con una aplicación de volaton (30 lb/mz) al momento de la siembra (SAGARPA, 2013).

El INTA (2010), menciona que las plagas agrícolas pueden ser controladas eficazmente aplicando la estrategia de manejo integrado, una alternativa racional para disminuir la dependencia en el uso de insecticidas químicos. Se basa en las prácticas culturales con orientación al control de plagas, la capacidad que tienen las plantas para tolerar o resistir daños por plagas y la acción de los factores naturales de mortalidad de las plagas, como son parasitoides, depredadores y patógenos. Es la alternativa de control más usada, para sustituir el uso inadecuado de los insecticidas.

También menciona como otras plagas del suelo a los siguientes insectos:

- Falso alambre (*Epitragus sallei*)

Son muy similares a los elatérides, son de hábito subterráneas que dañan las raíces y hacen galerías en los tallos, dejan orificios que permiten la entrada de microorganismos causantes de pudriciones.

- Coralillo (*Elasmopalpus lignosellus*)

El coralillo es una plaga del suelo muy dañina, es conocida como barrenador menor del maíz, taladrador de la raíz o gusano saltarín, es común encontrarlo, sobre todo en la época de primera y con mayor incidencia en la zona norte de Nicaragua.

Entre los insectos plagas del follaje el INTA (2010), indica que se debe hacer recuento una vez por semana y se registran todas las plagas y benéficos presentes, lo mismo que su población y daño, de los cuales son los siguientes insectos:

- Cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El daño lo inicia la larva pequeña que efectúa raspadura de la epidermis en las hojas. Las larvas grandes se alimentan del cogollo, hacen agujeros grandes e irregulares y dejan excrementos como huella. Daña al maíz en todas sus etapas: a nivel de plántula como cortador, en desarrollo vegetativo como cogollero, al llenado del grano como elotero y en el tallo como barrenador.

- Chicharrita del maíz (*Dalbulus maydis*)

Este insecto ocasiona dos tipos de daño: como chupador provoca lesiones en las hojas, le quita savia a la planta y al segregarse mielecilla se desarrolla el hongo negro conocido como fumagina que cubre la hoja y obstaculiza la fotosíntesis. El otro daño es como vector del achaparramiento del maíz. Si en los primeros recuentos encuentra más de una chicharrita, debe proceder al control químico con productos autorizados.

- Araña roja (*Oligonychus spp.*)

Daña al maíz desde la etapa de plántula hasta la madurez. La presencia de pequeñas manchas amarillo pálido en las hojas inferiores es un indicio de los daños que las arañuelas provocan al perforar y succionar la savia del tejido foliar.

Las colonias de arañuelas resecan las hojas de la planta, avanzan de abajo hacia arriba. Para prevenir el daño se puede aplicar cipermetrina o imidacloprid + ciflutrina (Muralla) en dosis de 0.5 a 1.0 litro/mz (SAGARPA, 2013).

Entre los insectos del tallo y de la mazorca se destacan los siguientes:

- Barrenador del tallo (*Diatraea spp.*)

Las larvas pequeñas se alimentan dentro del cogollo y a partir del tercer estadio penetran al tallo y a la mazorca. Una larva por planta puede reducir el rendimiento de 3 a 6%. El control químico debe hacerse en larvas pequeñas dentro del cogollo. Cuando penetran al tallo es muy difícil su control.

- Elotero (*Helicoverpa zea*)

Las larvas pequeñas se alimentan de los estigmas de la flor femenina y las larvas grandes de los granos tiernos. Se considera que estos daños no son significativos en el rendimiento del grano, pero las perforaciones sirven de entrada a organismos como hongos, gorgojos y otros insectos. Si de cien plantas, en 20 ó más se observa la presencia de larvas en los pelos frescos del chilote, se puede proceder al control químico. (INTA, 2010).

Enfermedades

El maíz es susceptible a varias enfermedades, que en alguna forma afectan el normal desarrollo de las plantas. Las enfermedades son favorecidas por las condiciones ambientales, el tipo de suelo, la susceptibilidad de los materiales y, en el caso de las enfermedades de origen viral, por las condiciones que favorezcan la migración, establecimiento y supervivencia de los insectos vectores (Urbina, 2011).

- Achaparramiento

Esta enfermedad es a causa de los virus: espiroplasmas y micoplasmas. En Nicaragua esta enfermedad ocasiona daños económicos, llega a ocasionar pérdidas hasta de un 100% en el cultivo. Se caracteriza por presentar enanismo, clorosis, enrojecimiento, proliferación de tallos y de mazorcas y entrenudos cortos. Se presenta en toda la zona del pacífico e interior central del país.

El control de esta enfermedad se puede realizar mediante el uso de variedades tolerantes, control químico temprano del vector, fechas de siembra calendarizadas, rotación de cultivos y limpieza de rondas (INTA, 2010).

- Pudrición de la mazorca (*Stenocarpela maydis*)

Esta enfermedad inicia el daño con manchas pequeñas en las hojas, que tienen el centro blanco y las orillas de color café. Al alargarse estas manchas en el centro, se torna de color café y las orillas de color amarillo. A medida que avanza la enfermedad,

el hongo produce sobre la mancha de color café unos puntos negros donde se producen nuevas esporas del mismo. En plantas muy susceptibles se producen manchas muy largas de color café. También pudre la base del tallo y mata a la planta (Urbina, 2011).

7.4.5. Cosecha y Postcosecha.

7.4.4.1. Madurez Fisiológica.

El rendimiento del maíz y en general para todos los cultivos, no puede ser alterado una vez que la planta ha alcanzado su madurez fisiológica, es decir, cuando el grano llega a su máximo contenido de materia seca. Sin embargo, para mantener la producción hasta su comercialización es necesario sacarla del campo oportunamente. No hacerlo, significa un deterioro en la cantidad y calidad del grano, lo que se traduce en menores utilidades para el agricultor (FAO, 2004).

En la octava o novena semana después de la fecundación, el embrión termina de formarse en el interior del fruto y la acumulación de sustancias nutritivas de reserva llega a su fin. El grano alcanza el máximo peso seco y se encuentra en estado de madurez fisiológica (INTA, 2010).

Para reconocer el momento de cosecha puede observarse la base del grano, es decir, la parte por la que se une al olote. El grano que ha terminado de transformar el almidón y proteína en sus sustancias de reserva, tiene en su base una zona callosa negruzca conocida por el nombre de punto negro.

7.4.4.2. Proceso de Cosecha.

La cosecha del maíz debe realizarse en el momento más oportuno. Antes de cosechar hay que limpiar bien el lugar donde se va a guardar. Debe tenerse lista la mano de obra

suficiente, los sacos y transporte y estar seguro de que el maíz tiene el grado de humedad adecuado para cosecharse, el cual debe ser de 18 a 20% (CIMMYT, s.f.).

En muchos casos los agricultores logran obtener plantaciones de maíz agronómicamente buenas, sin embargo otros tipos de pérdidas hacen que su actividad no sea rentable. Una de ellas es cuando el productor no cosecha su maíz a tiempo, y lo deja en el campo. De esa forma el maíz queda expuesto al daño de roedores y pájaros, a las lluvias que inducen a pudriciones de la mazorca y la germinación de la semilla.

Cosecha Manual

Según FAO (2004), la cosecha o separación de las mazorcas de la planta se efectúa de dos maneras con y sin hojas; cuando se quitan las hojas, la deshojadura puede realizarse con la ayuda de un instrumento manual llamado "gancho" que el operario se coloca en la mano derecha y que le facilita grandemente la operación.

En el caso que la separación de las mazorcas se produzca sin quitarle las hojas, su posterior deshojadura se puede efectuar con otro instrumento manual llamado "clavija". Una vez cortadas las mazorcas, dependiendo del contenido de humedad, se acostumbra a) Continuar el proceso de secado que se inició en el campo después de la madurez fisiológica; b) Almacenarlas con o sin las hojas que las cubren; c) Desgranarlas.

Cosecha Mecanizada

El INTA (2010), afirma que esta forma de recolección del maíz, es realizada por los grandes productores que siembran en terrenos planos. Los cuidados que se deben tener son: Que el grano haya alcanzado la madurez fisiológica, que tenga el 20% de humedad o menos, plantío limpio de malezas; ambiente seco a fin de que la tusa se separe fácil y no transmita humedad al grano.

7.4.4.3. Proceso de Postcosecha

Secado

El objetivo del secamiento de la semilla es reducir el contenido de humedad a nivel adecuado para el almacenamiento. Cuanto más bajo es el contenido de humedad y temperatura, el grano puede ser almacenado por más tiempo sin peligro.

Secar el grano es un paso muy importante para evitar daños, sobre todo de hongos e insectos. La cosecha debe realizarse cuando el grano tiene 20% de humedad, con la finalidad de evitar deterioro de campo. Pero la humedad adecuada para almacenar el grano es al 12%, por lo tanto, debe pasar un proceso de secado desde la cosecha hasta el momento del almacenamiento (FAO, 2004).

Según Lorente (2011), menciona que el secado es un proceso de transferencia, en el cual la humedad es removida y absorbida de la superficie de la semilla en forma de vapor por el aire que la rodea. La naturaleza coloidal de la semilla le permite perder o ganar humedad dependiendo de la humedad del aire que la rodea. La humedad de la semilla entra en equilibrio con la humedad relativa del aire.

Limpieza del Grano

Es importante eliminar las impurezas en el grano, tales como restos de olotes, tusas, hojas y tallos, ya que pueden ser portadores de hongos e insectos que al encontrar condiciones apropiadas pueden incrementarse y ocasionar descomposición y calentamiento del grano (FAO, 2011).

Almacenamiento del grano.

Construcciones adecuadas para el almacenamiento, son necesarias para que el agricultor tenga a salvo su cosecha. Un mal almacenamiento del grano provoca pérdida en el peso, calidad y dinero.

Según Lorente (2011), existen diversas formas para almacenar el grano, en especial cuando se trata de pequeños agricultores que producen para su propia subsistencia, aunque no menos importante es el mediano y gran productor que almacena maíz para venderlo después de un tiempo, entre las formas de almacenar grano están las siguientes:

Troja tradicional: son lugares o depósitos donde el agricultor guarda las mazorcas de maíz, tiradas o prensadas; pueden estar ubicadas dentro de la casa, en el corredor o fuera de ella, pero bajo techo y se pueden hacer de diferentes formas.

Silo metálico: son recipientes cilíndricos fabricados con lámina de zinc liso soldada con estaño.

Control de plagas en almacenamiento

Es importante que las plagas del almacén estén bien controladas para evitar daño, pérdidas de peso y calidad del grano.

El INTA (2010), menciona que el maíz almacenado debe protegerse del daño que ocasionan los gorgojos. Se utilizan las siguientes prácticas alternativas para el control de plagas:

- Secado del maíz al sol.
- El grano debe estar limpio y seco con menos del 13% de humedad.
- Limpiar con frecuencia los locales que se utilizan para almacenar los granos (trojas y silos metálicos).
- La troja debe ser tratada por dentro y fuera con un producto químico (Diazinon o Cipermetrina) en dosis de 10cc por galón de agua.

- Eliminar todo derrame, residuos y demás sustancias que ofrezcan condiciones favorables para la proliferación de las plagas.
- Utilizar al mínimo sustancias químicas, ya que su aplicación puede afectar la salud humana y contaminación del medio ambiente.

7.5. Efectos del Cambio Climático sobre la Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional.

Hay varios determinantes que inciden en las dimensiones de la Seguridad Alimentaria y nutricional, asimismo, incrementan nuestra vulnerabilidad ante el cambio climático, dichos determinantes podemos clasificarlos en socio-económicos, tecnológicos y ambientales (FAO, 2008).

7.5.1. Disponibilidad de Alimentos

Ki-moon (2009), Indica que entre uno de los principales factores ambientales que inciden en la disponibilidad y estabilidad de alimentos son las variaciones atmosféricas según datos de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) en América Central entre el 80% y 98% de los rubros agropecuarios dependen del régimen de lluvias, es decir, la agricultura bajo riego es muy baja, y esto eleva la exposición y sensibilidad ante la Variabilidad Climática. Aunque la sequía desde el punto de vista meteorológico constituye un fenómeno cíclico natural, en el marco del Cambio Climático los fenómenos de sequías incrementan su frecuencia e intensidad un ejemplo de esto es el referido al “Fenómeno del Niño”, el cual en el 2009 según datos del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), generó un déficit de precipitaciones e incremento en las temperaturas, lo cual colocó en situación de riesgo alrededor de 61 municipios de Nicaragua, por la falta de lluvias.

Otro fenómeno antagónico pero igual de perjudicial es el “Fenómeno Climático de la Niña”, el cual impacto a Nicaragua en el 2010, dicho fenómeno implicó un incremento sustancial de las precipitaciones y coincidió con una de las temporadas de tormentas

bastante intensa, de hecho una de las temporadas más activas de los últimos tiempos, con 19 tormentas tropicales y 12 huracanes según expertos de la Agencia Oceánica y Atmosférica (NOAA).

7.5.2. Acceso a alimentos

El Cambio Climático incide directamente en los precios de los alimentos, y por consiguiente afecta la Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional, ya que al incrementar el costo de los alimentos limita el derecho de acceso a una alimentación adecuada (Mansur, 2011).

Cabe destacar que las variaciones climáticas no solo afectan la producción de alimentos, sino que también impacta en la disponibilidad de “agua potable”, un elemento esencial en la Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional.

Los bosques desempeñan y presta múltiples servicios ambientales entre estos la regulación de las temperaturas, sumideros de carbono, protección y reproducción de biodiversidad la cual desempeñan un valioso servicio ambiental (controlador de plagas, polinización, fertilización de suelos, aireación de los suelos, entre otros), asimismo los bosques mitigan el impacto de los huracanes y tormentas, y sobre todo garantizan la disponibilidad de agua para las poblaciones y los ecosistemas (Ki-moon, 2009).

Un hecho contundente es la pérdida de los bosques acelerara exponencialmente la vulnerabilidad de las poblaciones locales ante el Cambio Climático.

7.5.3. Riesgos alimentarios

El cambio climático empeorará las condiciones de vida de agricultores, pescadores y quienes viven de los bosques, poblaciones ya de por sí vulnerables y en condiciones de inseguridad alimentaria. Aumentarán el hambre y la malnutrición. Las comunidades rurales, especialmente las que viven en ambientes frágiles, se enfrentan a un riesgo

inmediato y creciente de pérdida de las cosechas y del ganado, así como a la reducida disponibilidad de productos marinos, forestales y provenientes de la acuicultura. Los episodios climáticos extremos cada vez más frecuentes e intensos tendrán un impacto negativo en la disponibilidad de alimentos, el acceso a los mismos, su estabilidad y su utilización, así como en los bienes y oportunidades de los medios de vida tanto en zonas rurales como urbanas. La población empobrecida correrá el riesgo de inseguridad alimentaria por la pérdida de sus bienes y por la falta de una cobertura de seguros adecuada. La capacidad de la población rural de convivir con los impactos producidos por el cambio climático depende del contexto cultural y de las políticas existentes, así como de factores socioeconómicos como el género, la composición de los hogares, la edad y la distribución de los bienes en el hogar (FAO, 2004).

7.6. Adaptación al Cambio Climático en Sistemas de Producción de Granos Básicos

La adaptación se refiere a la adopción de políticas y prácticas para preparar condiciones para hacer frente a los efectos del cambio climático, admitiendo que en estos momentos es imposible evitarlo del todo (Unidas, 2014).

Integrar la adaptación al cambio climático es el proceso de tomar en cuenta los riesgos climáticos actuales y previstos durante el diseño y/o implementación del proyecto, y conforme a ello ajustar las actividades o enfoques (CARE, 2010).

La interrupción o el descenso del suministro mundial y local de alimentos debido al cambio climático pueden evitarse con una irrigación y un manejo de cuencas más eficientes, variedades de cultivo mejoradas, mejoras en el cultivo de la tierra y el manejo agrícola y ganadero y mediante el desarrollo de variedades de cultivo y forrajes adaptados a las condiciones cambiantes del clima. Un uso eficaz de los datos climáticos y previsiones meteorológicas puede ayudar, a través de sistemas de alerta temprana, al análisis de los impactos del cambio climático en la producción agrícola y en toda la cadena alimentaria.

7.6.1. Medidas en el marco político nacional e institucional

- Formular programas nacionales para la mitigación del Cambio Climático.
- Establecer medidas y acciones de adaptación frente al Cambio Climático, por medio de la elaboración, aprobación e implementación de Planes Nacionales de Adaptación.
- Fomentar la transferencia tecnológica y la investigación científica, técnica, socio-económicas y de otra índole.
- Elaborar planes educativos, capacitación y sensibilización de la ciudadanía respecto al Cambio Climático.
- Preparar y emitir comunicaciones nacionales que incluyan el inventario de Gases de Efecto Invernadero y las medidas que el país ha adoptado o pretende adoptar para el cumplimiento de sus compromisos.

7.6.2. Medidas de manejo agroecológico

7.6.2.1. Biodiversidad Agrícola

La biodiversidad agrícola será un importante elemento en el desarrollo de estrategias de producción para responder a los desafíos del cambio climático, aumentando la adaptación a condiciones medioambientales cambiantes y a las presiones (sequías, salinización, inundaciones). Los servicios del ecosistema (como los recursos genéticos, la formación del suelo o el ciclo de los elementos nutritivos) crean importantes medidas de adaptación y mitigación del riesgo en la agricultura, elementos que cobran cada vez mayor importancia en climas cambiantes.

7.6.2.2. Agricultura de Conservación

Es la forma de hacer agricultura, ganadería y forestaría con el manejo integrado de los recursos naturales, para obtener la producción de forma económica, social, ecológica y sostenible (CENTA, 2011).

Conservación de Suelo y Agua

La conservación de suelo es aplicar técnicas o prácticas que contribuyen a conservar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva. Con las técnicas de conservación de suelos se reduce o elimina el arrastre y pérdida del mismo por acción de la lluvia y el viento, se mantiene o se aumenta su fertilidad y con esto, se mejoran los rendimientos de los cultivos.

- Siembras en Curvas a Nivel o en Contorno

Consiste en labrar el suelo, sembrar y realizar todas las labores siguiendo las curvas a nivel. Se combina con diferentes obras de conservación de suelos: barreras vivas, barreras muertas, terrazas y acequias para lograr un mejor control de la erosión y aprovechamiento del agua (ASOPROL & INTA, 2009).

Las siembras en contorno consisten en orientar las hileras del cultivo siguiendo las curvas a nivel. Esta práctica contribuye a disminuir la escorrentía del agua y el arrastre del suelo. La técnica se basa en que cada surco o hilera del cultivo se opone al paso del agua de lluvia, disminuyendo la velocidad de la corriente de agua y el arrastre del suelo.

Como practica de conservación de suelo las siembras en contorno ayudan a mejorar las condiciones del suelo y favorecen hacer un uso adecuado del mismo. Esta práctica debe ser combinada con otras, ya que aislada no resuelve completamente el problema de la perdida de suelo (Zamorano, 2008).

También se le llama siembra en contra de la pendiente o siembra atravesada a la pendiente. Esta práctica consiste en hacer las hileras del cultivo en contra de la pendiente siguiendo las curvas a nivel. Se recomienda para cualquier clase de cultivo cuando la pendiente del terreno es mayor al 5% (TEMAS AGROPECUARIOS, 2013).

- Barreras Vivas

Son hileras tupidas de plantas colocadas en curvas a nivel, la distancia entre barreras depende de la pendiente y del tipo de suelos. Se combina con acequias, para proteger el borde superior de las barreras vivas. Estas ayudan a reducir la velocidad del agua en la ladera, filtrar y captar los sedimentos en el agua escurrida y formar terrazas entre las barreras (INTA, 2009).

Esta práctica de conservación de suelos consiste en sembrar hileras de plantas perennes o de plantas de crecimiento denso o de buen macollamiento en contra de la pendiente del terreno siguiendo las curvas a nivel o desnivel. Las plantas que generalmente se usan son pastos como el King Grass, zacate guinea, valeriana, zacate limón, piña, caña de azúcar, entre otras. Estas plantas se pueden sembrar en hileras dobles o al tresbolillo, distanciadas de 15 a 20 centímetros (un jeme o una cuarta de la mano), separada una barrera de la otra según la pendiente del terreno y la clase de cultivo. La importancia que tiene esta práctica es que disminuye la velocidad del agua de lluvia que no se logra filtrar en el suelo, y como es de crecimiento denso retiene gran cantidad de suelo y nutrientes. Además, aumenta la filtración del agua ayudando a conservar por mayor tiempo la humedad en el perfil del suelo (TEMAS AGROPECUARIOS, 2013).

Esta práctica de conservación de suelos es una de las de menor costo y fácil de hacer por los productores. Consiste en sembrar hileras de plantas perennes o de plantas de crecimiento denso o de buen macollamiento en contra de la pendiente del terreno siguiendo las curvas a nivel o desnivel; la importancia que tiene esta práctica es que disminuye la velocidad del agua de lluvia que se escurre por la superficie del suelo, y como es de crecimiento denso retiene gran cantidad de suelo y nutrientes. Además, aumenta la filtración del agua ayudando a conservar por mayor tiempo la humedad en el perfil del suelo (Agrícola, 2011).

- Diques de Contención

Son muros de piedras, de postes, bambú u otro material, capaz de retener el agua y la tierra en las cárcavas o canales que se forman por la erosión hídrica en las parcelas. Se construyen perpendicular y en forma de media luna. El control de la erosión y de la escorrentía en la superficie de las laderas a los lados de las cárcavas es parte esencial, para la recuperación y conservación de suelos en las parcelas de los cultivos (INTA, 2009).

El objetivo de la Agricultura de Conservación (AC) es lograr una agricultura sostenible y rentable y en consecuencia dirigida al mejoramiento del sustento de los agricultores mediante la aplicación de los tres principios de la AC: una perturbación mínima del suelo; cobertura permanente del suelo; y la rotación de cultivos (FAO, 2011).

Este sistema se basa en tres principios integrados:

- Disturbio mínimo del suelo.
- Cobertura permanente.
- Rotación de cultivos.

Este sistema requiere de máquinas de siembra directa manual, el espeque mejorado conocido como matraca, tracción animal, sembradora con disco de corte, al igual que las mecanizadas. Esto permite el mínimo disturbio del suelo al momento de la siembra (INTA, 2010).

El manejo de coberturas, ya sea cobertura viva o cultivo en rotación, se debe manejar con el rodillo cuchillo, implemento que permite acamarla o acostarla sin cortar el rastrojo, después de 10 a 15 días se aplica un herbicida como glifosato en dosis de 1.5 a 2 litros por manzana (Peña, Riverol, & Hernández, 2008).

La rotación de cultivos es fundamental para manejar la cobertura permanente del suelo, se tiene que planificar al menos por tres años.

7.6.3. Variedades óptimas por zona

7.6.3.1. Variedades en cultivo del frijol

El uso de variedades mejoradas incrementa los rendimientos y ayuda a reducir las pérdidas, debidas a daños causados por la alta incidencia de enfermedades y plagas, los efectos de falta o excesos de lluvia, y las condiciones marginales de los suelos; por el contrario, al usar variedades criollas, estas presentan todas o la mayoría de las enfermedades del frijol presentes en el país (Rosas, 2003).

Tabla. 15 ASOPROL Ventajas y Desventajas de Variedades Criollas

| Material | Ventajas | Desventajas |
|-------------------|--|--|
| Rojo seda, Pajizo | Coloración roja, Mejor precio en el mercado, Mayor aceptación a consumo | Rendimiento bajo, Susceptible a exceso de agua, plagas y enfermedades. |
| Retinto | No se decolora, excelente en la cocina. Buen rendimiento, resistente a lluvia, plagas y enfermedades | Poco mercado, menor precio |
| Cuarenteño | Producción en 40 días Color rojo | Bajos rendimientos Susceptible a lluvias, plagas y enfermedades |

(ASOPROL, 2009).

Tabla. 16 ASOPROL Variedades Recomendadas por Zona

| Variedad | Días a Cosecha | Epoca de Siembra | Tipo de Planta | Potencial Productivo | Mercado Potencial |
|-----------------------|----------------|------------------|--------------------------|----------------------|--|
| Rojas INTA Rojo | 72-75 | Primera | Arbusto | 35-40 qq/Mz | Nicaragua, El Salvador, EE. UU, Honduras |
| Negras INTA N. Guinea | 75-80 | Postera | Arbusto con Guías Cortas | 40-45 qq/Mz | Costa Rica, Venezuela, Guatemala |

(ASOPROL & INTA, 2009).

El frijol se siembra en todos los departamentos del país, entre los que destacan Matagalpa, Jinotega, Regiones de la Costa Caribe, con una participación aproximada del 60% del área total sembrada en el país. Matagalpa y Jinotega dedican una superficie de más de cien mil manzanas a la producción de este rubro, que constituye más del 30% del total del área sembrada en el país y se produce durante todo el año (Rosas, 2003).

Las recomendadas para sembrarse en Nicaragua son resistentes a Mosaico Común y Mosaico Dorado y son de color rojo claro y rojo oscuro. Las variedades de grano color negro es opaco y tamaño pequeño. Las tonalidades y lustres son de amplia aceptación por los consumidores nacionales y extranjeros, además de llenar otros requisitos exigidos en la caracterización para el consumo como tiempo de cocción, sabor del grano, sopa y espesor de caldo (INTA, 2009).

Tabla. 17 Variedades de Frijol recomendadas, características más sobresalientes y las regiones de siembra en Nicaragua.

| Variedad | Regiones | Color | M.A.C Dias | Reaccion a Enfermedades | | | | | |
|---------------|------------------------------------|-------------|------------|-------------------------|----|---|---|---|----|
| | | | | MC | MD | M | B | A | MA |
| INTA-ROJO | Todo el pais | Rojo Claro | 75-77 | R | R | S | S | S | T |
| INTA-Masatepe | Todo el pais | Rojo Claro | 74-76 | R | R | S | S | S | T |
| DOR-364 | Todo el pais | Rojo Oscuro | 80-85 | R | T | S | T | S | S |
| INTA-Cardenas | Pacifico, Centro Norte y Sur | Negro Opaco | 77-79 | R | T | S | S | S | T |

M.A.C = Madurez a cosecha; MC = Mosaico Común; MD = Mosaico Dorado; M = Mustia;

B = Bacteriosis Común; A = Antracnosis; MA = Mancha Angular (INTA, 2009).

El INTA desarrolla genotipos mejorados de frijol con tolerancia a sequía para ser utilizado por los productores y productoras de las zonas donde las lluvias son escasas,

además se generan líneas de frijol tolerantes a bajos insumos para reducir la contaminación por el uso de pesticidas y el alto costo de los insumos, como fertilizantes. Estas variedades tienen un sistema radicular más eficiente en la extracción de nutrientes y agua del suelo.

7.6.3.2. Variedades en cultivo de maíz

La semilla es el Insumo de menor costo por área en el cultivo de maíz, pero es el componente que más incide en la productividad. Es conveniente sembrar semilla mejorada de variedades genéticamente puras. En maíz hay dos tipos de variedades. Las de polinización libre y las de polinización controlada o híbridos. Cuando el productor siembra una variedad de polinización libre, puede seleccionar semilla al momento de la cosecha para la próxima siembra, siempre y cuando no hay a otra variedad cerca de su lote. Lo anterior no se aplica cuando se siembra una variedad híbrida, ya que los rendimientos se reducen por pérdida del vigor híbrido o heterosis (Secretaría de Recursos Naturales, 1990).

Los híbridos producen mayores rendimientos pero son más exigentes en cuanto al manejo, principalmente en fertilización para que puedan expresar todo su potencial productivo. Los híbridos por ser superiores a las variedades de polinización libre son los de más alto costo, por lo tanto se recomiendan para las zonas donde no hay problemas de precipitación y para suelos con buena fertilidad; además es importante la capacidad económica del productor.

Variedades de polinización libre óptimas por zona

Según INTA (2010), las variedades de polinización libre son las siguientes a mencionar:

- NB-S

Variedad precoz de 100 días para madurez fisiológica. Apta para las siembras de primera, lo más temprano posible (15 al 25 de mayo), en lugares donde se piensa

sembrar frijol de postrera. La variedad se recomienda para zonas secas en los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Nueva Segovia, Estelí, Madriz, Masaya, León y Chinandega.

Ventajas del NB-S

- Rendimiento promedio de 40 a 50 qq/mz.
- Buen tamaño de mazorca (14 a 16 cm).
- La semilla puede ser utilizada en tres ciclos de siembra.
- Se adapta a los sistemas de producción del pequeño agricultor.
- Excelente vigor de plantas y aspecto de mazorca
- Tolerancia a sequía.

○ NB-6

Variedad intermedia de 110 días. Apta para las siembras de primera y postrera, por su buen potencial de rendimiento y tolerancia al achaparramiento. La variedad se recomienda para toda zona del Pacífico y en ambientes húmedos e intermedios de los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Nueva Segovia, Estelí, Masaya, León y Chinandega.

Ventajas

- Rendimiento promedio de 60 a 70 qq/mz.
- Buen tamaño de mazorca (16 a 20 cm).
- La semilla puede ser utilizada en tres ciclos de siembra.
- Excelente vigor y aspecto de mazorca.
- Textura del grano semicristalino, tolera el daño ocasionado por gorgojos.
- Tolera el achaparramiento.

- NB-9043

La variedad NB-9043: Ciclo entre los 110 a 115 días, apta para la siembra de primera y apante, alto potencial de rendimiento y características agronómicas deseables.

Ventajas

- Rendimiento promedio de 60 a 75 qq/mz
- Excelente cobertura de mazorcas (2 a 4 cm).
- Buen tamaño de mazorca (16 a 18 cm).
- La semilla puede ser utilizada en tres ciclos de siembra.
- Excelente vigor de plantas y aspecto de mazorca.
- Tolerancia a pudrición de mazorca.

- NUTRINTA AMARILLO

Variedad intermedia de 110 a 115 días. Apta para la siembra de primera y apante. Contiene alta calidad de proteína, buen potencial de rendimiento y características agronómicas deseables. Se recomienda para los departamentos de Matagalpa, Jinotega, Estelí, Nueva Segovia, Chontales, León, Carazo.

Ventajas

- Rendimiento promedio de 45 a 60 qq/mz.
- Excelente cobertura de mazorca (2 a 4 cm).
- Buen tamaño de mazorca (16 a 18 cm).
- La semilla se puede utilizar de 2 a 3 ciclos de siembra.
- Excelente vigor y aspecto de mazorca.
- El grano contiene mayor calidad de proteína.
- Textura del grano es semicristalino tolera el daño ocasionado por gorgojos.

○ NUTRADER

Variedad intermedia de 110 a 115 días. Recomendada para la siembra de primera y apante, alta calidad de proteína, potencial de rendimiento y características agronómicas deseables. Variedad mejorada, de color blanco con alta calidad de proteína desarrollada para beneficiar a las familias que habitan en zonas húmedas, secas e intermedias. Posee buen sabor; cocido en elote y en la elaboración de tortillas, rellenitas, pinol, pinolillo, atol, tamal, relleno, rosquillas, güirilas, voltamal, pozol, chicha, etcétera.

Ventajas

- Rendimiento promedio de 70 a 78 qq/mz.
- Excelente cobertura de mazorca (2 a 4 cm).
- Buen tamaño de mazorca (16 a 18 cm).
- La semilla puede ser utilizada en tres ciclos de siembra.
- Excelente vigor de planta y aspecto de mazorca.
- El grano contiene mayor calidad de proteína.
- Buena adaptación en la región.
- Textura del grano es semicristalino tolera el daño ocasionado por gorgojos.
- Tolerancia a efectos de sequía.

Variedades híbridas óptimas por zona

Según INTA (2010), las variedades híbridas son las siguientes a mencionar:

○ H-INTA 991

Híbrido de ciclo intermedio de 110 a 115 días de madurez fisiológica. Recomendado para la siembra de primera, postrera y apante en zonas húmedas.

Ventajas

- Rendimiento promedio de 80 a 90 qq/mz.
- Buena cobertura de mazorcas (4 a 5 cm).
- Buen tamaño de mazorca (16 a 23 cm).
- Excelente vigor de planta y aspecto de mazorca.
- Textura del grano semicristalina.
- Tolera el daño de gorgojos.
- Tolerancia al achaparramiento.

○ Mazorca de Oro

Híbrido de grano blanco de alta calidad de proteína desarrollada para beneficiar a familias que habitan en zonas húmedas, secas e intermedias, donde el 90% poseen animales de patio y carecen de alimentación balanceada de proteínas.

Ventajas

- Rendimiento promedio de 80 a 85 qq/mz, buena cobertura de mazorcas (5 a 7 cm).
- Buen tamaño de mazorca (16 a 20 cm).
- Excelente vigor de plantas y aspecto de mazorca.
- Valor agregado de la proteína.
- Buena adaptación a los sistemas de producción del pequeño agricultor.
- Textura del grano semicristalina tolera el daño ocasionado por gorgojos.
- Tolerancia a efectos de sequía.

Las variedades de maíz son una alternativa para combatir las deficiencias nutricionales más comunes, sobre todo la desnutrición proteica calórica. Los grupos más vulnerables a padecer estas deficiencias son los bebés, niños, mujeres embarazadas, lactantes y ancianos (CIMMYT, s.f.).

VIII. DISEÑO METODOLOGICO

8.1. Descripción del área de estudio y entorno

La investigación se realizó en el Municipio de San Ramón, cuya cabecera municipal está ubicada a 145 km de la ciudad de Managua. Se caracteriza por un clima de Sabana Tropical, su temperatura media oscila entre los 20° a 26° C, las precipitaciones pluviales varían entre los 2000 a 2400 mm, definiéndose por una buena distribución durante todo el año con una altitud 618msnm y una superficie total de 424km², subdividida en 90 comunidades (INIFOM, 2010) de las cuales la investigación se estableció en cinco de ellas (Las Rosas, La Reyna, San Antonio, Las Delicias y Yúcul).

Mapa 1. Descripción Geográfica de San Ramón.



Fuente: INIFOM 2009

8.2 Tipo de Investigación

La investigación es del tipo descriptiva y participativa con enfoque cuali-cuantitativo y longitudinal, desarrollada en la técnica de investigación aplicada y de campo que utiliza los conocimientos en la práctica para aplicarlos en provecho de la sociedad, con una extensión censal teniendo como objeto de estudio a un grupo numeroso de individuos de corte transversal porque el periodo que se estudió está delimitado en el tiempo

Es descriptiva porque trata de explicar el escenario en que los pobladores de cada comunidad de estudio están viviendo y como el cambio climático ha afectado sus rendimientos productivos (Hernández, Fernández, & Baptista , 2003). Es participativa ya que los productores de las comunidades participaron en el estudio de forma directa a través de los talleres, grupos focales y encuestas a nivel de hogar.

Es cualitativa porque se tomaron datos como amenazas climáticas, nivel de vida y seguridad alimentaria dentro de la familia, pero a la vez se trabajó con datos cuantitativos como los rendimientos productivos del maíz y frijol, asimismo se incluyeron los ingresos y egresos de cada hogar estudiado (Hernández, Fernández, & Baptista, 2003).

Por último, es longitudinal por que se analizan los cambios que ha habido en la producción de maíz y frijol al pasar de los años debido a las variaciones climáticas (Hernández, Fernández, & Baptista, 2003).

8.3. Población y Muestra

El universo del estudio está compuesto por el total de familias de cada una de las comunidades; 400 familias en la Reyna, 230 familias en Yúcul, 60 familias en San Antonio, 150 familias en las Rosas y 40 familias en Las Delicias. De las cuales se tomó una muestra a conveniencia dictada por Bioversity International para la primera fase de la investigación de 24 personas en total por comunidad, incluyendo productores de

café, productores de granos básicos, y jornaleros de fincas cafetaleras haciendo uso del muestreo por conveniencia; para la realización de grupos focales.

Para la segunda fase de la investigación se utilizó un software libre de estadística, se realizó un muestreo probabilístico donde cada muestra tiene la misma probabilidad de ser elegida con un intervalo de confianza de 5% y un nivel de confiabilidad del 95% con factores de muestro por comunidad según el número de familia.

El resultado de número de hogares para la encuesta es de 39 familias en la Reyna, 36 familias en Yúcul, 25 familias en San Antonio, 33 familias en las Rosas y 15 familias en las Delicias, para un total de 148 familias.

8.4. Técnicas de la investigación

La primera fase de la investigación se desarrolló a través de grupos focales en cada comunidad de manera participativa, donde los productores se reunieron para dialogar sobre los principales problemas de producción con respecto al cambio climático y como esto a incidido en su nivel de vida y en la alimentación.

La segunda fase de la investigación se desarrolló mediante encuestas a nivel de hogar para consolidar cada una de las variables abordadas en la primera fase de campo.

8.5. Procesamiento de la información

Los programas utilizados están comprendidos en el Paquete de Office 2013, para la realización de encuesta y base de datos se utilizó Microsoft Excel 2013 con las ventajas de realizar cuadros y gráficos porcentuales para ilustrar los resultados y Microsoft Word 2013 para la redacción del documento.

8.6. Operacionalización de Variables

| Variables | Subvariable | Indicador | Instrumento |
|--|---|---|---|
| Características de los sistemas de producción | Tenencia de tierra | Unidades de producción en manzanas | Grupos focales. Encuestas aplicadas a nivel de hogar. |
| | Principales rubros | ¿A qué cultivo se dedican en su finca? | |
| | Técnicas de manejo | ¿Qué método de control utiliza en su finca? | |
| | | Control químico, control cultural o nada | |
| Impactos del cambio climático sobre granos básicos | Número de productores de maíz y frijol | Productores de maíz y frijol por comunidad | Grupos focales. Encuestas aplicadas a nivel de hogar. Entrevista a líderes comunitarios |
| | Épocas de siembra para el cultivo del maíz y frijol | ¿Cuántos productores siembran en primera, postrera y apante? | |
| | Afectaciones del clima por comunidad | Número de productores afectados por sequía, viento y lluvia | |
| | Rendimiento productivo de maíz y frijol por comunidad | Promedio de qq/mz en épocas de primera, postrera y apante | |
| | Máximo y Mínimo rendimiento productivo en maíz y frijol en las diferentes épocas de siembra | Análisis del nivel de afectación por el clima en los rendimientos productivos | |

| Variables | Subvariable | Indicador | Instrumentos |
|--|--------------------------------|---|--|
| Efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria | Número de personas por familia | ¿Cuántas personas habitan en el hogar? | Grupos focales. Encuestas aplicadas a nivel de hogar. |
| | Fuentes de Ingreso | ¿A qué actividad se dedica? | |
| | Egresos familiares | ¿Qué alimentos compra y con qué frecuencia? | |
| Adaptación al cambio climático en sistemas de producción de granos básicos | Estrategias de adaptación | Cambio de variedad | |
| | | Reforestación | |
| | | Cultivo en Asocio | |
| | | Buenas prácticas agrícolas | |

IX. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación brinda un informe de los sistemas de producción, los principales impactos del cambio climático sobre la producción de granos básicos así como también sobre el impacto en la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional de las familias campesinas estudiadas y las principales estrategias de adaptación que los productores han implementado en la agricultura ante estos cambios.

9.1. Características de los sistemas productivos en cuanto a capital natural y manejo

Según Cotler, Fregoso & Damián (2004), los sistemas de producción se conforma por el conjunto de insumos, técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y la organización de la población según los rubros.

9.1.1. Tenencia de la tierra

En las comunidades estudiadas se tomó en cuenta a los líderes comunitarios para la organización de grupos focales con la intención de recabar información general de la comunidad y el impacto de la variabilidad climática sobre la producción de granos básicos, asimismo sirvieron para convocar a los productores, intercambiar experiencias y conocimientos de los sistemas de producción.

Cuadro 1. Distribución de productores por extensión de las unidades de producción

| Comunidad | Distribución de productores por extensión (mz) | | | |
|----------------|--|----------------|---------------|---------------|
| | 0-5 | 5-10 | 10-20 | 20 a mas |
| La Reyna | 27 | 8 | 1 | 0 |
| Las Delicias | 7 | 4 | 0 | 1 |
| Las Rosas | 20 | 2 | 1 | 1 |
| San Antonio | 11 | 3 | 0 | 1 |
| Yúcul | 25 | 12 | 0 | 2 |
| TOTALES | 90 | 29 | 2 | 5 |
| | 71.42 % | 23.02 % | 1.59 % | 3.97 % |

Fuente: Resultados de investigación

Las fincas como cualquier otro organismo, se pueden agrupar en conjuntos según su similitud. Según FAO (2008), el sistema de producción agrícola puede dividirse según el principal recurso natural como la tenencia de tierra y el uso de ella.

Se puede deducir que un 72% de los encuestados corresponden a una agricultura de subsistencia donde la poca disponibilidad de tierra no le permite producir para comercialización. Al hecho de no poseer suficiente área se le suma el poco acceso a tecnología (insumos, equipos, asistencia técnica, etc.) y la alta degradación de los suelos debido a la implementación de prácticas agrícolas inadecuadas como las quemas, labranza a favor de la pendiente, uso de pesticidas y herbicidas de forma irracional, etc. todo eso afecta la productividad de los sistemas agropecuarios.

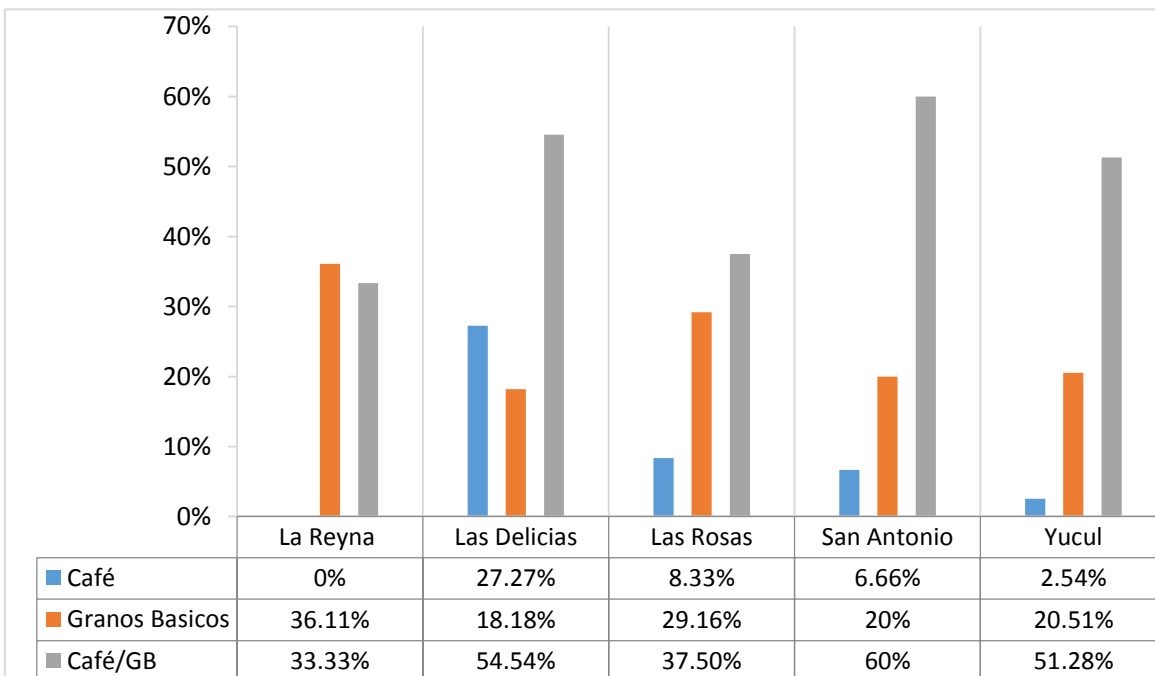
El 23% de los productores encuestados poseen más disponibilidad de tierra con una mayor posibilidad de diversificación, muchos de ellos se dedican a producir café con el fin de generar un poco más de ingresos a sus familias. Por otro, lado la falta de lluvia ha afectado debido a que no todos se dedican a sembrar en toda la tierra disponible por temor a tener pérdidas totales, ellos dicen que mejor perder un poco que toda una producción.

El 5% de los productores cuentan con más terreno por lo que son quienes se dedican al cultivo del café y siembran poca cantidad de granos básicos que lo utilizan para consumo familiar y trabajadores.

9.1.2. Distribución por rubro

La caracterización de sistemas de producción agrícola provee un marco en el cual se pueden definir tanto estrategias de desarrollo agrícola como intervenciones apropiadas; por definición, agrupan a las familias productoras con características y limitaciones similares. En este estudio, no obstante, se han identificado únicamente los principales sistemas de producción de acuerdo al rubro que se dedica cada productor, se representa en porcentaje, el total de productores por comunidad que siembra café, granos básicos o el asocio de los dos rubros, exceptuando las familia encuestadas que se dedican a otra actividad.

Gráfico 1. Porcentaje de productores que se dedican a uno o más rubros



Fuente: Resultados de investigación

El gráfico 1, muestra el porcentaje de productores encuestados que se dedican a uno o más rubro en cada comunidad, se refleja un mayor porcentaje de productores que trabajan dos cultivos, café y granos básicos. En la comunidad La Reyna se obtuvo un 36.11% de productores que se dedican solamente a la producción de granos básicos por encima a la producción de café; en casi todas las comunidades la dedicación al cultivo del café está por debajo de granos básicos; excepto la comunidad de las Delicias donde el número de productores de café supera el número de productores de granos básicos. En la comunidad de San Antonio hay un 60% de productores que se dedican a ambos cultivos ya sea por la disponibilidad de tierra o por los beneficios del clima en las diferentes épocas de siembra.

9.1.3. Técnicas de Manejo

Cuadro 2. Control de plagas, enfermedades y malezas

| Comunidades | Control Químico | Control Cultural | Ninguno | Sumatoria | Muestra |
|---------------------|------------------------|-------------------------|----------------|------------------|----------------|
| La Reyna | 4 | 8 | 13 | 25 | 39 |
| Las Delicias | 1 | 7 | 3 | 11 | 15 |
| Las Rosas | 6 | 4 | 8 | 18 | 33 |
| San Antonio | 2 | 7 | 5 | 14 | 25 |
| Yúcul | 8 | 7 | 15 | 30 | 36 |
| Total | 21 | 33 | 44 | 98 | 148 |

Fuente: Resultados de investigación

Los datos reflejan una mayor tendencia al control cultural para el manejo de cultivos antes que el control químico, para una producción menos perjudicial; un 44.89% optan por no hacer nada, muchos de ellos por la falta de recursos económicos y otros porque las afectaciones sobrepasan el umbral económico de la producción de sus cultivos, entonces la inversión en los insumos sería mayor que las ganancias generadas por el cultivo.

Cotler (2004), comenta que la expansión de técnicas agro productivas convencionales (el monocultivo, uso de agroquímicos) está provocando una profunda crisis ecológica de escala planetaria, generando que la ciencia y científicos se enfrenten con nuevos retos sin precedentes de manera que las enfermedades se vuelven resistente a productores químicos, por lo que la FAO recomienda ahora volver a una agricultura sostenible. Solo el 21.42% de los productores dependen de la agricultura convencional, porque tienen otras fuentes de ingresos que proveen los recursos económicos para la compra de productos químicos y en otros casos por tener más disponibilidad de tierra.

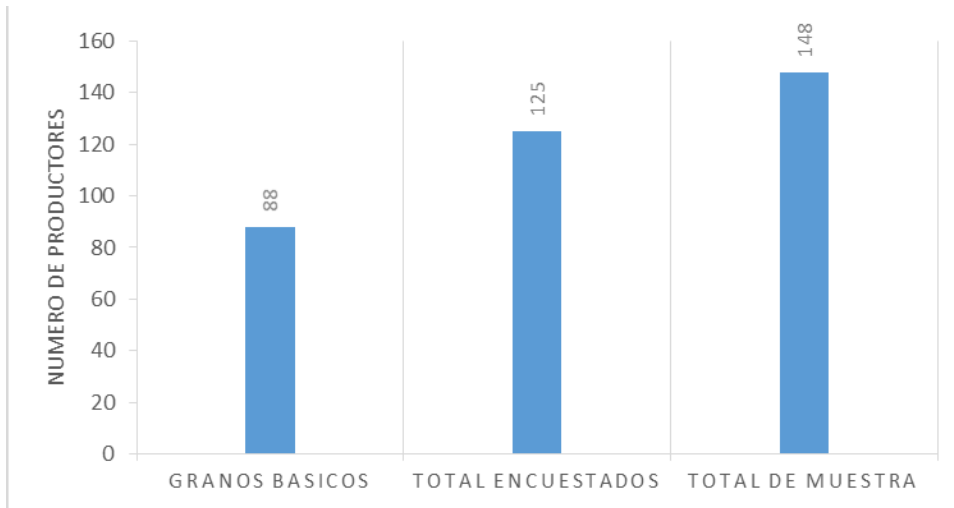
9.2. Principales impactos del cambio climáticos sobre la producción de granos básicos

La producción de granos básicos para las familias campesinas ha sido de gran importancia porque provee la principal fuente de alimentación del hogar, además de aportar los ingredientes necesarios para una nutrición sana. No obstante el cambio climático ha afectado gravemente la producción de granos básicos sobre todo en las familias campesinas que se dedican a una agricultura de subsistencia con pocos recursos económicos y capital natural.

9.2.1. Número de productores de maíz y frijol

Hay que denotar que los granos básicos constituyen el principal rubro para 33 familias campesinas, en cambio 56 productores dependen no solo de la producción de maíz y frijol sino también del cultivo del café.

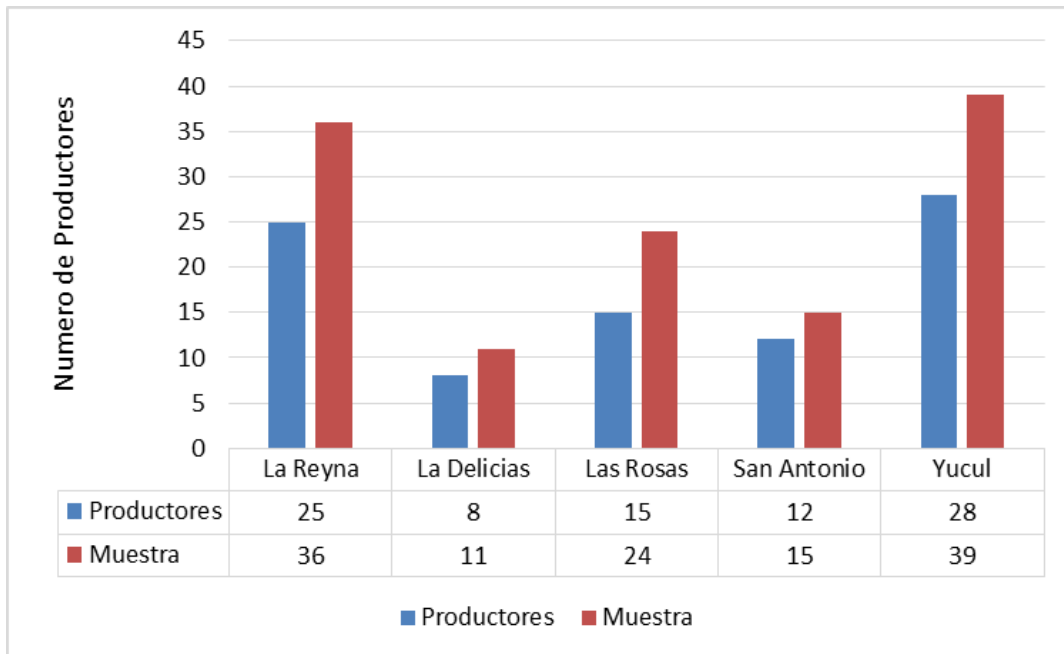
Gráfico 2. Número de productores que se dedican a granos básicos



Fuente: Resultados de investigación

De los 125 productores encuestados resultan 88 que se dedican a producir granos básicos, con un margen de diferencia de 13 familias que producen exclusivamente solo frijol, 73 familias que producen ambos, maíz y frijol, 2 familias que producen solo maíz.

Gráfico 3. Número de productores dedicados a granos básicos por comunidad



Fuente: Resultados de investigación

En el caso de la comunidad La Reyna, las familias que se dedican principalmente a la producción de granos básicos está representada con un 69.4%, en el caso de las Delicias con un 72.79%, Las Rosas con un 62.5%, San Antonio con un 80% y Yúcul con un 71.79% según la primer serie color verde del grafico 2. Contrastando los resultados con la muestra encuestada, se aprecia que en la comunidad San Antonio se encuentra el mayor porcentaje de productores que se dedican a los cultivos de maíz y frijol según el porcentaje de encuestados. Este valor no incide en los rendimientos productivos obtenidos por cultivos en las diferentes épocas de siembra. La mayor parte de los productores de San Antonio tiene una agricultura de subsistencia donde solo siembran lo suficiente para la alimentación de la familia y en algunos casos tienen que comprar la alimentación en el mercado para poder completar la dieta del mes.

9.2.2. Épocas de siembra para el cultivo del maíz y frijol

No todas las comunidades cuentan con las mismas condiciones climáticas, por lo que en algunas pueden sembrar tres veces al año, cuando en otras solamente de primera. La precipitación pluvial al inicio de la temporada de lluvias es el elemento importante en la producción del maíz y debido a los requerimientos climáticos de este cultivo, la mayoría de los productores en cada una de las comunidades optan por sembrar en la época de primera que comprende los primeros meses de lluvia (mayo-agosto).

Cuadro 3. Épocas de siembra para el cultivo del maíz

| Cultivo de Maíz | | | | |
|------------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|
| Comunidad | Primera | Postrera | Sumatoria | Muestra |
| La Reyna | 25 | 0 | 25 | 39 |
| Las Delicias | 7 | 1 | 8 | 15 |
| Las Rosas | 12 | 1 | 13 | 33 |
| San Antonio | 7 | 0 | 7 | 25 |
| Yúcul | 22 | 1 | 23 | 36 |
| TOTAL | 73 | 3 | 76 | 148 |

Fuente: Resultados de investigación

La mayoría de productores optaron por sembrar en la época de primera, por presentar condiciones climáticas aceptables para el cultivo del maíz.

Según INTA (2010), el maíz (*Zea mays L.*), es un cultivo que se puede sembrar todo el año, en cinco épocas de siembra: primera (mayo-junio), postrerón (julio), postrera (agosto-septiembre), apante (noviembre-febrero) y riego (noviembre-febrero). Esto indica que el clima no favorece la producción del cultivo del maíz para las cinco comunidades estudiadas ya que solo 3 productores siembran en postrera y ninguno en Apante. Todos deben aprovechar las lluvias de mayo y junio para poder cumplir con el requerimiento hídrico del maíz para un buen desarrollo de la planta.

Según Ritchie (1986), las deficiencias de agua o de nutrientes en esta etapa pueden reducir seriamente el número potencial de granos y el tamaño de la espiga cosechada. Por tanto recomienda sembrar en la época de primera para aprovechar el invierno en las crecientes lluvias.

Cuadro 4. Épocas de siembra para el cultivo del frijol

| Cultivo de Frijol | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|---------------|
| Comunidad | Total de Productores | Primera | Postrera | Apante |
| La Reyna | 25 | 19 | 18 | 1 |
| Las Delicia | 8 | 0 | 3 | 8 |
| Las Rosas | 15 | 3 | 8 | 11 |
| San Antonio | 12 | 0 | 4 | 11 |
| Yúcul | 28 | 19 | 21 | 1 |
| TOTAL | 89 | 41 | 54 | 32 |

Cada valor está indicado según el total de productores por comunidad que se dedican al cultivo del frijol; en la comunidad de la Reyna y Yúcul los productores siembran en época de primera y postrera. En cambio en las otras comunidades como las Delicias, Las Rosas y San Antonio, optan por sembrar en Apante por contar con mejores

condiciones climáticas. A criterio de los productores, los mejores rendimientos se obtienen en Apante.

INTA (2009), determina que la producción de frijol se efectúa bajo condiciones de secano, en todas las regiones del país en alturas que varían entre 50 a 800 msnm y bajo condiciones variables de temperaturas y precipitación. La mayor intensidad de siembra se realiza en la época de postrera y apante, por coincidir la cosecha con la época seca, sin embargo no para la comunidad de la Reyna y Yúcul.

Según Paul (1986), establece que en la etapa de germinación la semilla necesita suficiente cantidad de agua para favorecer el proceso con la aparición de la radícula, la cual se convierte en la raíz primaria.

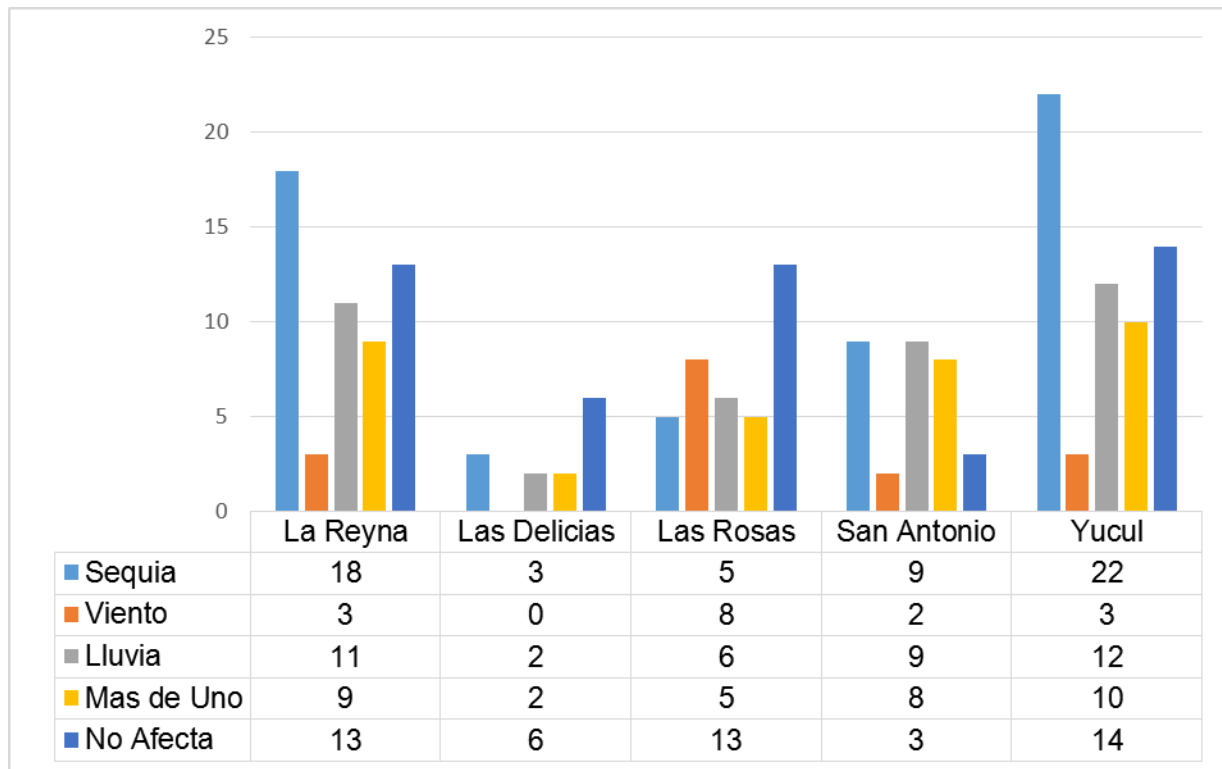
Los factores climáticos como la temperatura y la luminosidad no son fáciles de modificar, pero es posible manejarlos; se puede recurrir a prácticas culturales, como la siembra en las épocas apropiadas, para que el cultivo tenga condiciones favorables.

Cabrera (2012), menciona que el frijol requiere 3.4 mm de agua por día, desde la siembra hasta la etapa fenológica de prefloración, 6 mm de agua por día, durante la floración y 5 mm de agua por día de la formación de vainas al llenado de grano.

9.2.3. Afectaciones del clima por comunidad

Es necesario mencionar que algunas de las familias comentan no tener problemas con las variaciones del clima, esto se debe a que no todos son productores y el clima no les afecta de forma directa.

Gráfico 4. Índice de Afectación



Fuente: Resultados de investigación

En este gráfico se muestra el número de productores que indicó ser afectados tanto por la sequía, viento, lluvias y quienes han sido atacados por más de un factor.

Quezada (2014), encontró que durante el año 2013, las lluvias no fueron suficientes, los plantíos de granos básicos de la siembra de primera (mayo-agosto) rápidamente se deterioraron. Los agricultores vieron cómo sus cultivos de granos básicos, maíz y frijoles morían abrumados por el sol incesante y la falta de lluvia.

Se puede observar en el gráfico que una gran parte de los productores fueron afectados por la sequía durante el año 2014, seguido por las fuertes lluvias con un nivel de incidencia de 12 productores afectados. Según Villareal (2009), en la primera década del 2000 las precipitaciones pluviales del municipio de San Ramón variaban entre los 2,000 a 2,400 mm, caracterizándose por una buena distribución durante todo el año.

El cambio climático es definido como un cambio estable y durable en la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. Pudiera ser un cambio en las condiciones climáticas promedio o la distribución de eventos en torno a ese promedio (por ejemplo más o menos eventos climáticos extremos). El cambio climático también puede estar delimitado a una región específica (Gallardo, 2014).

Las alteraciones climáticas afectaron los rendimientos productivos de granos básicos en los últimos años obteniéndose un rendimiento productivo muy bajo por comunidad en el año pasado.

9.2.4. Rendimiento productivo por comunidad

Los rendimientos en producción en cada comunidad varían de acuerdo a las condiciones climáticas y también por la época de siembra. Los productores de las comunidades en donde se realizó la investigación comentan que fueron muy perjudicados por tanta variabilidad en el clima. La sequía ha sido una afectación muy fuerte, debido a lo cual se ha dado reducción de la producción.

Las fuertes lluvias han sido otro factor que han ocasionado pérdidas numerosas de producción dejando como resultado gran incidencia y propagación de plagas y enfermedades en los plantíos que ocasionan bajos rendimientos y pérdidas totales. La variabilidad en la velocidad de los vientos ha hecho que el cultivo del frijol se vea afectado por el requemo, razón por lo que también ha habido mucha pérdida de plantíos o niveles bajos de producción.

A continuación se detalla por comunidad la producción promedio representadas en qq/mz (quintales por manzana) en los diferentes cultivos de granos básicos como maíz y frijol en cada época de siembra.

9.2.4.1. Promedio productivo en el cultivo del maíz

Cuadro 5. Promedio de rendimiento productivo del maíz en época de primera para cada comunidad

| Comunidades | Época de Primera Maíz | | | |
|--------------|-----------------------|------------|------------------|----------------|
| | Nº de Productores | Mz Totales | Producción Total | Promedio qq/mz |
| La Reyna | 25 | 31 | 204.4 | 6.59 |
| Las Delicias | 7 | 14 | 212.5 | 15.17 |
| Las Rosas | 12 | 14 | 132 | 9.42 |
| San Antonio | 7 | 11.75 | 192 | 16.34 |
| Yúcul | 21 | 42 | 375.25 | 8.93 |

Fuente: Resultados de investigación

En este cuadro se presenta el número de productores que sembraron maíz en época de primera, la sumatoria total de manzanas de tierra sembradas por comunidad, la producción total y el rendimiento productivo promedio por manzana que corresponde a cada comunidad.

En las encuestas realizadas por comunidad se refleja el número de productores que optaron por sembrar maíz en época de primera, debido a que es la temporada donde mejor se adapta a las condiciones climáticas. Este cultivo no tiene un buen comportamiento en época de postrera. La mayoría de productores sufren pérdidas de producción y muchas veces no alcanza para satisfacer las necesidades del hogar e inclusive para guardar semilla y volver a sembrar en el próximo ciclo. Los que tienen la posibilidad de vender son solo para cubrir gastos de producción y pago de jornales.

El maíz ha sido fuertemente afectado por las altas precipitaciones en las comunidades de la Reyna y Yúcul, provocando pudrición de maíz en todos los plantíos. Las altas precipitación son una de las razones por la que no se siembra en postrera. Siendo que los meses más lluviosos (agosto-octubre) corresponden precisamente a esta temporada.

Otro factor que incide son las sequias, según (Ritchie, Hanway, & Bensom, 1986) la deficiencia de agua en la etapa de vegetativa pueden reducir seriamente el número potencial de granos y el tamaño de la espiga cosechada. El rendimiento productivo ha bajado desde el 2014 para las zonas de La Reyna y Yúcul según comentarios hechos por los productores en los grupos focales.

9.2.4.2. Promedio productivo en el cultivo del frijol

El cultivo del frijol es uno de los principales productos básicos en la alimentación nicaragüense. Según Fernandez (1986), el frijol ha sido un elemento tradicionalmente importante en América Latina y en general un gran cantidad de países en vías de desarrollo en los cuales se cultiva. En Nicaragua el frijol común es después el maíz, el principal alimento básico y constituye la fuente de proteínas más importante y barata en la dieta humana pero debido a las condiciones climáticas no favorables los rendimientos han sido bajos y causa que muchas familias tengan que comprar en los mercados para suplir esta necesidad básica. Al igual que en el cultivo del maíz también muchas veces no se pueden guardar la semilla y volver a sembrar, hay poca disponibilidad de tierra y financiamiento para producir.

Cuadro 6. Promedio de rendimiento productivo del frijol en época de primera

| Promedio de Rendimiento Productivo del frijol | | | | |
|--|--------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| Comunidades | Época de Primera | | | |
| | Nº de Productores | Mz Totales | Producción Total | Promedio qq/mz |
| La Reyna | 19 | 20 | 109.3 | 5.4 |
| Las Delicias | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Las Rosas | 3 | 0.875 | 8.5 | 9.71 |
| San Antonio | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yúcul | 19 | 21.5 | 137 | 6.37 |

Fuente: Resultados de investigación

En este cuadro se refleja el número de productores dedicados al cultivo del frijol que siembran en época de primera por cada comunidad, la sumatoria en total de la tierra sembrada y su producción, se muestra un promedio en quintales por manzana que es lo que está generando cada comunidad.

Cuadro 7. Promedio de rendimiento productivo del frijol en época de postrera

| Promedio de Rendimiento Productivo del frijol | | | | |
|--|--------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| Comunidades | Época de Postrera | | | |
| | Nº de Productores | Mz Totales | Producción Total | Promedio qq/mz |
| La Reyna | 18 | 22 | 78.1 | 3.55 |
| Las Delicias | 3 | 5 | 51 | 10.2 |
| Las Rosas | 8 | 6.25 | 62.8 | 10.04 |
| San Antonio | 4 | 14.25 | 40 | 2.8 |
| Yúcul | 21 | 21 | 170.5 | 8.11 |

Fuente: Resultados de investigación

En este cuadro se refleja el número de productores dedicados al cultivo del frijol que siembran en época de postrera por cada comunidad, la sumatoria en total de la tierra sembrada y su producción, se muestra un promedio en quintales por manzana que es lo que está generando cada comunidad.

Cuadro 8. Promedio de rendimiento productivo del frijol en época de apante

| Promedio de Rendimiento Productivo del frijol | | | | |
|--|--------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| Comunidades | Época de Apante | | | |
| | Nº de Productores | Mz Totales | Producción Total | Promedio qq/mz |
| La Reyna | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Las Delicias | 8 | 12 | 137 | 11.41 |
| Las Rosas | 11 | 7.75 | 52 | 6.7 |
| San Antonio | 11 | 24.5 | 104 | 4.24 |
| Yúcul | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Resultados de investigación

En este cuadro se refleja el número de productores dedicados al cultivo del frijol que siembran en época de apante por cada comunidad, la sumatoria en total de la tierra sembrada y su producción, se muestra un promedio en quintales por manzana que es lo que está generando cada comunidad.

En los cuadros 6, 7 y 8 se reflejan la producción promedio por manzana de tierra dedicada al cultivo del frijol. Se puede observar como los rendimientos productivos ascienden en épocas de apante para la comunidad de Las Delicias con un promedio de 11.41 qq/mz (quintales por manzana) y San Antonio con un promedio de 4.24; concluyendo que la comunidad de San Antonio no tiene las condiciones favorables para la producción del cultivo del frijol, sin embargo para comunidades como Las Rosas el máximo rendimiento productivo se obtiene en época de postrera al igual que la comunidad de Yúcul con un promedio de que asciende los 8.11 qq/mz y los 10.04 qq/mz para la comunidad de Las Rosas.

Por otra parte la época de primera no resulta ser favorable para las comunidades anteriormente mencionadas, aunque para la comunidad de La Reyna se registra su máximo rendimiento productivo a pesar de ser un promedio de 5.4 qq/mz (quintales por manzana).

9.2.5. Análisis de los rendimientos productivos obtenidos según las afectaciones del clima por comunidad

Según Gallardo (2014), comenta que el cambio climático es una preocupación de las sociedades presentes, por las graves consecuencias que trae para el planeta en el presente y los gravísimos riesgos en el futuro, esto es debido a causas naturales y también a la acción del hombre; se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitación, nubosidad, entre otros factores.

En los siguientes gráficos se pretende relacionar el máximo y mínimo rendimiento productivo en los cultivos de maíz y frijol por época en comparación con el nivel de la afectación climática por comunidad.

Es importante mencionar que cada uno de estos datos presentes fueron los resultados encontrados en las encuestas realizadas a nivel de hogar. En esta etapa del estudio solo se toman en cuenta a los productores de granos básicos de los 125 encuestados.

9.2.5.1. Evaluación de los rendimientos productivos del maíz en la época de primera

- **Época de Primera en Cultivo de Maíz**

Cuadro 9. Mínimo y máximo rendimiento productivo del cultivo del maíz por comunidad en época de primera

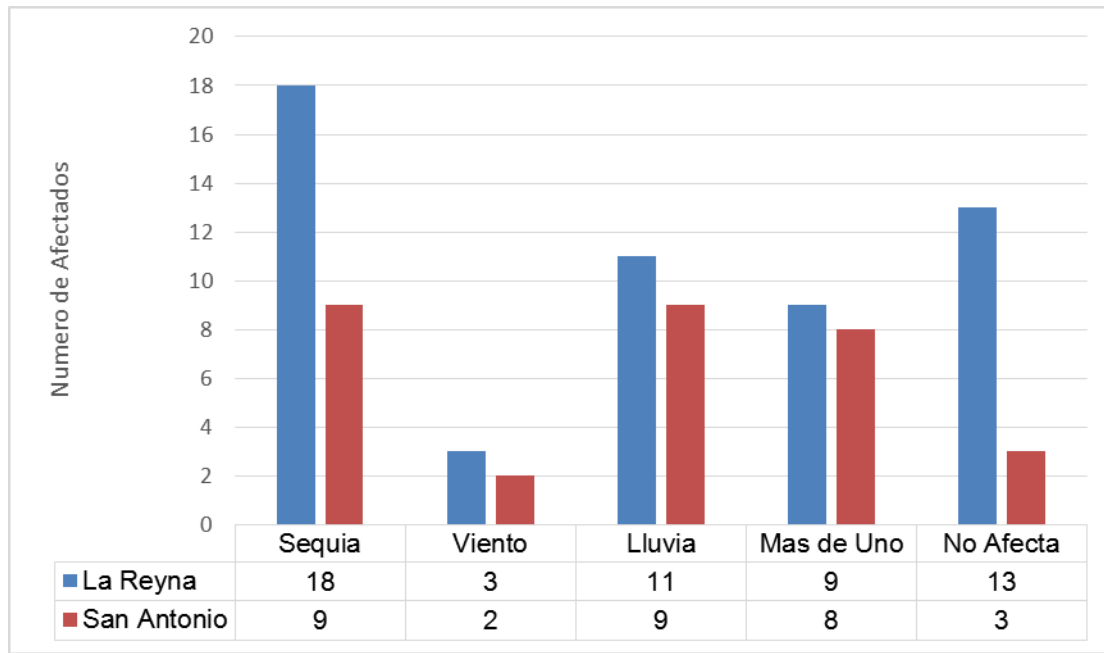
| Época de Primera | |
|------------------|-------|
| Comunidades | qq/mz |
| La Reyna | 6.59 |
| San Antonio | 16.34 |

Fuente: Resultados de investigación

En esta tabla se refleja datos del mínimo y máximo rendimiento productivo en la época de primera de las cinco comunidades, se tomó la comunidad donde se obtuvo la mayor

producción con la comunidad donde fue la menor producción y se muestra que San Antonio se adapta mucho mejor a la época de primera para el cultivo de maíz.

Grafico 5. Nivel de afectación en la comunidad de La Reyna y San Antonio



Fuente: Resultados de investigación

El cultivo del maíz fue gravemente afectado por la sequía en la comunidad de la Reyna; los vientos no muestran severidad en el número de productores afectado para ninguna comunidad. Las lluvias parecen no tener diferencia. La comunidad de San Antonio presenta un rendimiento productivo de 16.34 qq/mz en esto favorece las buenas prácticas agrícolas por parte de los productores y también la variabilidad climática en esta época.

9.2.5.2. Evaluación de los rendimientos productivos del frijol en las diferentes épocas de siembra.

- **Época de Primera en cultivo de frijol**

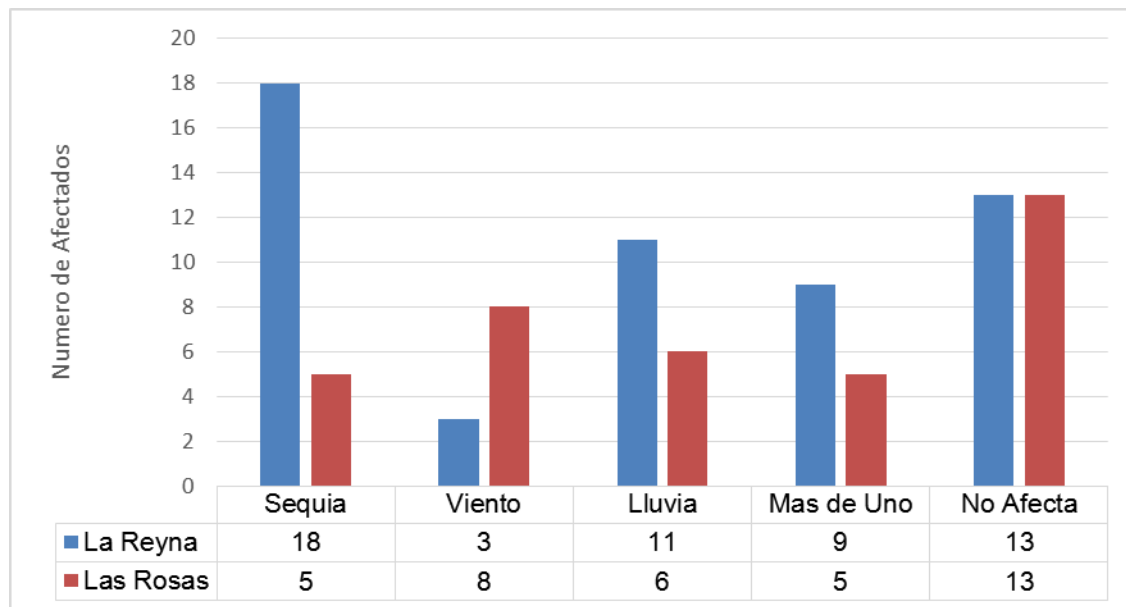
Cuadro 10. Mínimo y máximo rendimiento productivo del cultivo del Frijol por comunidad en época de primera

| Época de Primera | |
|------------------|-------|
| Comunidad | qq/mz |
| La Reyna | 5.4 |
| Las Rosas | 9.71 |

Fuente: Resultados de investigación

En el cuadro 10 se refleja datos del mínimo y máximo rendimiento productivo en la época de primera de las cinco comunidades, se tomó la comunidad donde se obtuvo la mayor producción y la comunidad donde fue menor la producción y se muestra que Las Rosas se adapta mucho mejor a la época de primera para el cultivo del frijol.

Gráfico 6. Nivel de afectación para las comunidades de La Reyna y Las Rosas



Fuente: Resultados de investigación

Los bajos rendimientos productivos de la comunidad de la Reyna coinciden con el índice de afectación, el gráfico 6 muestra una creciente afectación de la sequía en la comunidad de la Reyna, muy por encima de la comunidad de Las Rosas; a pesar que los vientos fueron más fuertes en la comunidad de Las Rosas los efectos no fueron muy pronunciados debido a la implementación de cortinas rompe vientos. Las lluvias fueron más fuertes afectando a 11 productores en la comunidad de La Reyna y 9 de ellos comentaron haber tenido problemas con más de un factor climático. Por tanto la comunidad de Las Rosas presenta buenas condiciones climáticas en la época de primera para el cultivo del frijol.

- **Época de Postrera en cultivo de frijol**

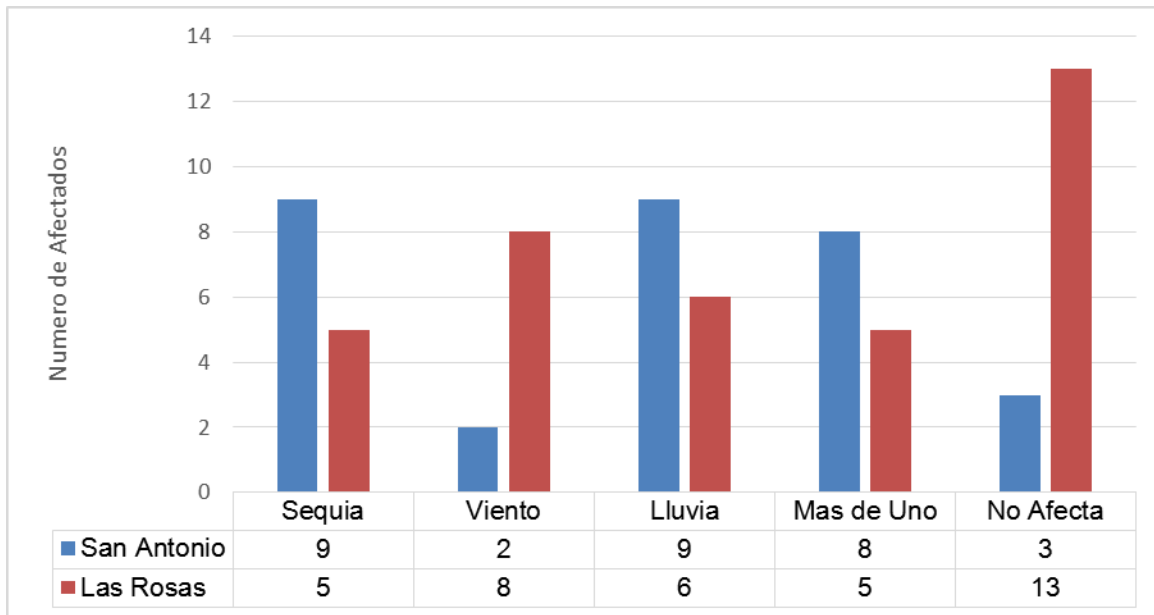
Cuadro 11. Mínimo y máximo rendimiento productivo del cultivo del Frijol por comunidad en época de postrera

| Época de Postrera | |
|-------------------|-------|
| Comunidad | qq/mz |
| San Antonio | 2.8 |
| Las Rosas | 10.04 |

Fuente: Resultados de investigación

En el cuadro 11 se refleja datos del mínimo y máximo rendimiento productivo en la época de postrera de las cinco comunidades, se tomó la comunidad donde se obtuvo la mayor producción con la comunidad donde fue menor la producción y se muestra que Las Rosas se adapta mucho mejor a la época de postrera para el cultivo del frijol.

Gráfico 7. Nivel de afectación para las comunidades de San Antonio y Las Rosas



Fuente: Resultados de investigación

El gráfico 7 muestra como la comunidad de San Antonio es afectada en sequías y en lluvias, por otro lado Las Rosas presenta un número elevado de personas afectadas por el viento provocando requemo en los plantíos de frijol; sin embargo, 13 productores comentaron no haber tenido problemas con ningún factor climático en cuanto a producción. Se puede afirmar que el bajo rendimiento productivo en San Antonio es por el mal manejo de los cultivos, tanto por falta de fertilización o por falta de semillas mejoradas o variedades resistentes, ya que el nivel de afectación no difiere en gran manera con la comunidad de las Rosas.

- **Época de Apante para el cultivo del frijol**

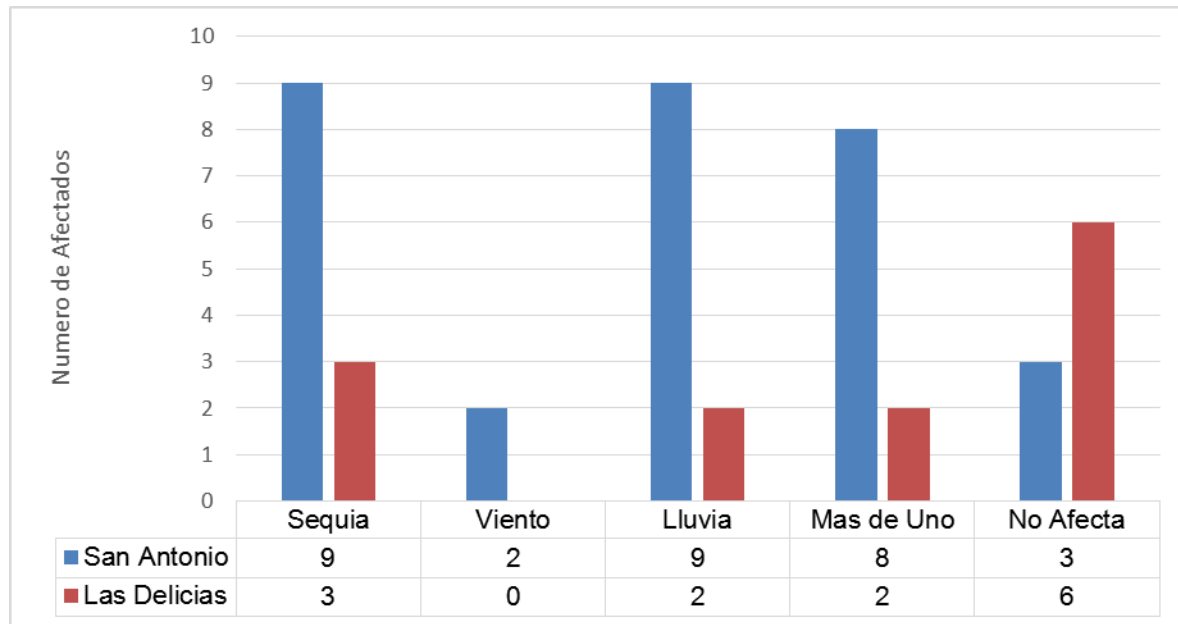
Cuadro 12. Mínimo y máximo rendimiento productivo del cultivo del Frijol por comunidad en época de apante.

| Época de Apante | |
|-----------------|-------|
| Comunidad | qq/mz |
| San Antonio | 4.24 |
| Las Delicias | 11.41 |

Fuente: Resultados de investigación

En el cuadro 12 se refleja datos del mínimo y máximo rendimiento productivo en la época de apante en las cinco comunidades, se tomó la comunidad donde se obtuvo la mayor producción con la comunidad donde fue la menor producción y se muestra que Las Delicias se adapta mucho mejor a la época de apante para el cultivo del frijol.

Gráfico 8. Nivel de Afectación para las comunidades de San Antonio y Las Delicias



Fuente: Resultados de investigación

La gráfica 8 muestra una diferencia significativa entre la comunidad de San Antonio y Las Delicias. Siendo San Antonio afectada gravemente en los factores climáticos de sequía y lluvia. Los vientos no incidieron mucho en la producción del frijol, sin embargo, la mayor pérdida fue por falta de estrategias de adaptación ante las sequías y las lluvias. La comunidad de Las Delicias tienen las condiciones climáticas propicias para el buen desarrollo del cultivo del frijol con un rendimiento de 11.41 qq/mz.

En resumen las comunidades mayormente afectadas por el cambio climático fueron La Reyna y Yúcul con mayor número de productores afectados, las comunidades menos afectadas fueron Las Delicias y Las Rosas. San Antonio carece de condiciones climáticas para el cultivo del frijol, por tanto no se caracteriza como una zona productora de granos básicos.

Se concluye que el impacto del cambio climático incide en los rendimientos productivos del maíz y del frijol, sin embargo muchos de estos resultados son fruto del mal asesoramiento por parte de las instituciones a los productores, falta de recursos económicos y naturales.

9.3. Efectos del cambio climático sobre la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional de las familias productoras.

La situación económica, social y productiva ha venido cambiando en comparación a los años anteriores y atribuyen dichos cambios a las variaciones del clima y al manejo inapropiado de los recursos naturales, sobre todo de los bosques, los suelos y los recursos hídricos.

Los productores aseguran que los suelos ya no son buenos, que son poco fértiles en comparación a una década anterior debido a que antes no era necesario tanto el uso de abonos sintéticos y que correspondían más a una agricultura orgánica y aun así obtenían altos rendimientos productivos, en la actualidad para obtener altos niveles de producción como los de hace diez años es necesario tecnificar o semi-tecnificar las plantaciones con la incorporación de nuevas tecnologías pero por los costos no son rentables.

Las causas de esta situación ha sido un proceso por más de diez años, los productores mencionan que desde los años 90 a la actualidad se ha incrementado la deforestación de importantes áreas, los incendios forestales, las quemas de bosque, uso indiscriminado de los agroquímicos. Lo último por mal asesoramiento de distribuidoras de productos sintéticos, también por el avance de la frontera agrícola con el interés de producir más, y por el aumento de la población se ha cambiado el uso de suelo por la construcción de casas donde antes eran áreas agrícolas.

La soberanía y seguridad alimentaria se ha visto amenazada en todas las comunidades, la producción no es suficiente para sufragar los tres tiempos de comida. La mayoría de ellos solo participan de dos tiempos de comida y a veces hasta un tiempo de comida. Una de las razones que influye en seguridad alimentaria de las familias es el número de comensales, a continuación se presenta el número de personas que habitan por familia.

Cuadro 13. Número de personas por familia

| Comunidad | Número de Personas por Hogar | | |
|--------------|------------------------------|-------|-----------|
| | (1-3) | (4-6) | (6 a mas) |
| La Reyna | 8 | 17 | 11 |
| Las Delicias | 3 | 4 | 4 |
| La Rosa | 6 | 9 | 9 |
| San Antonio | 5 | 6 | 4 |
| Yúcul | 15 | 10 | 14 |
| Total | 37 | 46 | 42 |

Fuente: Resultados de investigación

El cuadro 13 muestra un porcentaje de 29.6% de las familias encuestadas en un rango de 1 a 3 personas por hogar, un total de 36.8% en un rango de 4 a 6 personas y un 33.6% en un rango de 6 a más personas por hogar. Entre las actividades a las que estas familias se dedican se muestra en el siguiente cuadro. Con el objetivo de presentar de donde provienen los ingresos para poder cubrir los gastos familiares de salud, alimentación, educación, entre otras necesidades.

Cuadro 14. Actividades laborales

| Comunidad | Productores | Jornalero | P/J | Otros |
|---------------------|--------------------|------------------|------------|--------------|
| La Reyna | 7 | 6 | 18 | 5 |
| Las Delicias | 11 | 0 | 0 | 0 |
| La Rosas | 17 | 5 | 1 | 1 |
| San Antonio | 14 | 1 | 0 | 0 |
| Yúcul | 30 | 2 | 0 | 7 |

Fuente: Resultados de investigación

La mayoría de productores tienen una agricultura de subsistencia y por falta de terreno para sembrar o recursos económicos no se extienden a una agricultura de comercio. El 63.2% de las familias encuestadas dependen totalmente de la producción agrícola, el 11.2% dependen de los trabajos de jornalero, aquí entran las familias que no tienen tierra para poder producir y dependen de las ganancias remunerada de la mano de obra que ellos venden a otros productores.

El 15.2% hacen sus labores de trabajo en sus parcelas, pero al mismo tiempo trabajan en haciendas o en fincas de otros productores para solventar gastos del hogar como también gastos productivos, en esta actividad participa la familia donde todos trabajan, el hombre se dedica al trabajo en haciendas y las mujeres se dedican a cuidar de los cultivos. Los niños también forman parte de este convenio para cuidar las parcelas sembradas.

Cuadro 15. Ingresos familiares

| Comunidad | Ingresos C\$ | | | |
|--------------|--------------|----------------|-----------------|----------------|
| | (0-5,000) | (5,000-10,000) | (10,000-20,000) | (20,000 a mas) |
| La Reyna | 16 | 10 | 9 | 1 |
| Las Delicias | 3 | 1 | 5 | 2 |
| La Rosa | 11 | 8 | 2 | 3 |
| San Antonio | 7 | 6 | 1 | 1 |
| Yúcul | 19 | 14 | 5 | 1 |
| Total | 56 | 39 | 22 | 8 |

Fuente: Resultados de investigación

El cuadro 15 muestra el ingreso económico según el número de familias. Hay que tomar en cuenta que esta cantidad es para sufragar no solo las necesidades alimenticias, sino también para satisfacer gastos de producción, ropa, escuela, entre otros.

La canasta básica tiene un costo más alto según Mansur (2011), el cambio climático incide directamente en los precios de los alimentos y por consiguiente afecta la Soberanía, Seguridad Alimentaria y Nutricional, ya que al incrementar el costo de los alimentos limita el derecho de acceso a una alimentación adecuada.

Cuadro 16. Egresos familiares

| Comunidad | Egresos C\$ | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------|
| | (0-1000) | (1000-3000) | (3000-5000) | (5000 a mas) | No Contestaron |
| La Reyna | 7 | 25 | 2 | 1 | 1 |
| Las Delicias | 1 | 6 | 4 | 0 | 0 |
| La Rosa | 5 | 15 | 1 | 0 | 2 |
| San Antonio | 1 | 12 | 0 | 1 | 1 |
| Yúcul | 3 | 25 | 9 | 2 | 0 |
| Total | 17 | 73 | 16 | 4 | 4 |

Fuente: Resultados de investigación

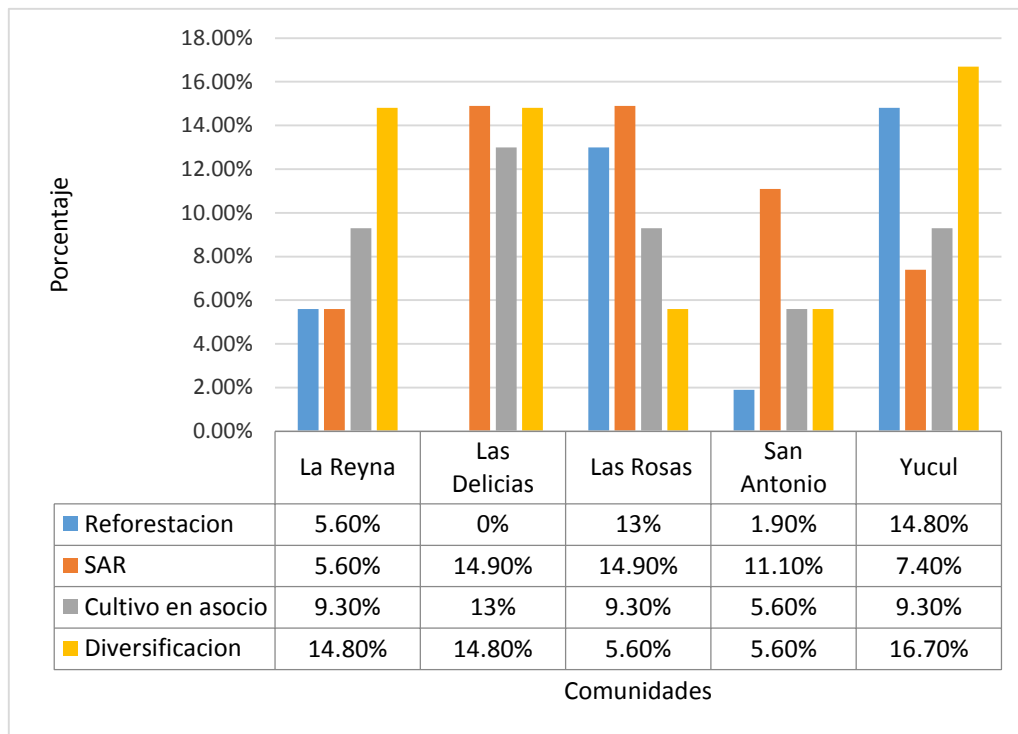
El cambio climático empeorará las condiciones de vida de agricultores y poblaciones rurales ya de por sí que son vulnerables y en condiciones de inseguridad alimentaria, aumentará el hambre y los estados de malnutrición. Las comunidades rurales, especialmente las que viven en escenarios más sensibles a desastres se enfrentan a un riesgo inmediato y creciente de pérdida de las cosechas y del ganado, así como a la reducida disponibilidad de productos marinos y forestales. Los episodios climáticos extremos cada vez más frecuentes e intensos tendrán un impacto negativo en la disponibilidad de alimentos, el acceso a los mismos, su estabilidad y su utilización, así como en los bienes y oportunidades de los medios de vida tanto en zonas rurales como urbanas. La población empobrecida correrá el riesgo de inseguridad alimentaria por la pérdida de sus bienes y por la falta de una cobertura de seguros adecuada. La capacidad de la población rural de convivir con los impactos producidos por el cambio climático depende del contexto cultural y de las políticas existentes, así como de factores socioeconómicos como el género, la composición de los hogares, la edad y la distribución de los bienes en el hogar (FAO, 2009).

9.4. Estrategias de adaptación ante los efectos del cambio climático en cultivos de granos básicos.

Los productores han tratado de adaptarse ante el cambio climático implementando estrategias empíricas o técnicas científicas de las cuales se mencionan a continuación.

1. Trazado de curvas a nivel, obras de conservación de suelo y agua con barreras muertas y vivas, uso de cortinas rompe vientos en cultivos de frijol para evitar el requemo.
2. Drenajes para evitar encharcamientos en los plantíos durante épocas lluviosas.
3. Selección de semillas, uso de variedades precoces y criollas.
4. Sistemas de riego y lagunas artificiales para adaptarse a la sequía y reducir afectación.
5. Adecuación del calendario de siembra.
6. Uso de inoculante de maní en maíz para acelerar la germinación.
7. Reforestación de bosques, cuidado de las fuentes hídricas y zonas boscosas.

8. Sistemas Agroforestales, cultivo en asocio, diversificación.



Fuente: Resultados de investigación

Muchos de los productores no cuentan con una agricultura tecnificada o semi-tecnificada, entre ellos hay productores que no cuentan con recursos suficientes ni asesoramiento por parte de organizaciones como INTA, MAGFOR y UNAN.

Adicionalmente por experiencias compartidas de un productor de la comunidad de Yucul se recomienda que para sembrar se utilice semilla certificada, para los próximos dos ciclos que se seleccione de la producción la mejor semilla y al tercer ciclo se vuelva a comprar semilla certificada para repetir esta práctica. Según el productor los rendimientos son muchísimo más altos en comparación con los demás productores. Produjo 54 qq/mz de maíz y 24 qq/mz de frijol en época de primera.

X. CONCLUSIONES

Se comprueba la hipótesis general ya que los productores de granos básicos de las comunidades de estudio están realizando medidas de adaptación ante la problemática de cambio climático.

Se rechaza la hipótesis de investigación de que los productores de cada comunidad de estudio hacen buen uso del capital natural con el que cuentan y así mismo realizan buen manejo en cada uno de ellos ya que no todos hacen buenas prácticas agrícolas y consigo realizan un inadecuado uso de los recursos naturales.

Se comprueba la hipótesis investigativa de que el cambio climático ha afectado negativamente a los sistemas productivos de granos básicos con bajos rendimientos debido a los fuertes vientos que causan requemo en el frijol, pudrición de maíz por muchas lluvias y pérdidas totales por la sequía. Los suelos ya no son fértiles debido a la pérdida de nutrientes por el lavado de las lluvias, erosión eólica por la sequía y los fuertes vientos, se siembra y no se obtienen buenos rendimientos. La Reyna y Yúcul son las comunidades que presentan menores rendimientos en comparación con las otras.

Se acepta la hipótesis investigativa de que el cambio climático ha impactado en áreas como es la seguridad alimentaria debido a las pérdidas de los cultivos, reduciendo los recursos económicos de las familias para suplir las necesidades alimenticias y asegurar los tres tiempos de comida. La escasez de alimento a causa de las variaciones climáticas han ocasionado que productores se dediquen a otras actividades y muchos optan por migrar a otros sectores o ir fuera del país.

Los productores de las comunidades de estudio están realizando medidas de adaptación que han influido positivamente en el desarrollo de sus sistemas de producción, por tanto se acepta la hipótesis de investigación.

XI. RECOMENDACIONES

Divulgar la información generada en la presente investigación con otras comunidades y productores a fin de retomar las prácticas que se adapten a las condiciones agroecológicas y de manejo.

Que las instituciones del estado y universidades brinden asistencia y capacitación a productores de las comunidades sobre las afectaciones del cambio climático en la agricultura y en conjunto formular estrategias de adaptación de los sistemas de producción.

Hacer uso de tecnología de semillas resistentes ante sequías y lluvias excesivas, según las condiciones agroecológicas de cada una de las comunidades (Anexo 2).

Adoptar calendario estacional para los principales cultivos de las unidades de producción (maíz, frijoles y café).

Sembrar en las épocas recomendadas según las condiciones climáticas de cada comunidad (Anexo 3).

Formular programas nacionales que brinden información y financiamiento económico para la adaptación al cambio climático.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Agricola, F. H. (2011). *Guías sobre prácticas de Conservación de Suelo* (Segunda Edición ed.). (C. d. FHIA, Ed.) Las Limas, Cortes, Honduras: ISBN 978-99926-36-29-9.
- Aguilar, Y. (2011). *Impactos del cambio climático en la agricultura de América Central y en las familias productoras de granos básicos*.
- Alonso, A. (2005). *Necesidades del Agua en el Cultivo del Maíz*. Vallavolid: Escuela Universitaria de Ingeniería Agronómica.
- Alvarez, O. (2008). *INFOAGRO.COM*. Obtenido de El Cultivo del Maíz:
<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>
- Araya, R., Martínez, K., López, A., & Murillo, A. (2013). Cosecha del frijol, Madurez Fisiológica. En O. D. (FAO), & J. C. Fonseca (Ed.), *Protocolo para el manejo de postcosecha de la semilla de frijol* (pág. 40). San Jose, Costa Rica: Instituto de Investigación y Transferencia de Tecnología.
- Arias, & Colaboradores. (2001). *Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble*. FAO. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1359s/a1359s03.pdf>
- ASOPROL. (2009). *Experiencias de Productores*. ASOPROL, Boaco, Santa Lucía.
- ASOPROL, & INTA. (2009). *Experiencias de Técnicos*. Boaco, Santa Lucía.
- Avilán, L., & Bracho, G. (2005). El viento y su incidencia en la producción agrícola: las cortinas rompevientos. *Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela*, 24.
- Barcena, A., & Prado. (2009). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe*. CEPAL.
- Bewley, & Black. (1994). Seeds: germination, structure and composition. En *In seeds: physiology of development and germination* (págs. 1-3). New York: Plenum.
- BUY MY THEMES. (2013). *cultivodelfrijol.blogspot*. Obtenido de
<http://cultivosdefrijol.blogspot.com/>
- Cabrera, C. A. (2012). Guía Técnica Para el Manejo de Variedades de Frijol. En C. H. Castillo, *Programa de Granos Básicos* (pág. 24).

- Carvajal, J. M., Molina, J. P., & Ortega, J. E. (2013). *Agrosintesis*. Obtenido de Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma:
<http://www.agrosintesis.com/component/content/article/49-front-page/610-manejo-y-control-de-malezas-en-maiz>
- CENTA. (2004). En I. E. Hernández, *Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal* (pág. 24).
- CENTA. (2011). *Agricultura de Conservación*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, Matagalpa, Jinotega.
- Centeno, E. (2014). Gobierno, productores y sector privado coordinan acciones para hacer frente a la sequía. (R. L. Rivas, Entrevistador)
- Centroamericano, S. C. (2013). *Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centro America*. Mexico: CEPAL.
- CEPAL, & PNUD. (1998). Evaluación de los daños ocasionados por el huracán Mitch.
- Chiappe, V. L. (1982). Requerimientos Ambientales del Frijol. (J. Ponce, Ed.) 87.
- CIAT. (1981). Investigación y Producción de Frijol. En C.I.A.T, *Referencia de los cursos de capacitación sobre frijol dictados por el CIAT* (pág. 419). Cali, Colombia.
 Recuperado el 15 de marzo de 2015
- CIMMYT. (s.f.). Recuperado el 26 de Marzo de 2015, de Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo: <http://maizedoctor.org/es/etapas-de-crecimiento-del-maiz>
- Cirilo, I. A. (2012). Rendimiento del Cultivo del Maíz. En I. Pergamino, *Manejo de la Densidad y Distancia entre surcos en Maíz* (pág. 6). Buenos Aires.
- Dary F. (2007). Síntesis de estudio de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en granos básicos. En M. Naturales, *Proyecto estudios de cambio climático con énfasis en adaptación*. Guatemala: Ing Carlos Mansilla.
- Definición*. (2014). Recuperado el 02 de Abril de 2014, de Tu diccionario hecho fácil: <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/cambio-climatico.php#ixzz2yEm9DTTrM>
- Donoso, A. B. (2011). Recomendaciones de Fertilización. En F. Unidad CropCheck Chile, & H. F. Morgenstern (Ed.), *Manual de Recomendaciones; Cultivo de Maíz Grano* (pág. 48). Santiago, Chile.

- Elias, R. V. (1991). *Fenología y Fenometría de una Variedad y una Línea de Frijol en la Zona Occidental de El Salvador*. Zona Occidental de El Salvador.
- FAO. (2011). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion*. Obtenido de Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor : <http://www.fao.org/ag/ca/es/>
- FAO. (2014). *Emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra América Latina y el Caribe*. Obtenido de Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura:
<http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/238841/>
- FAO. (s.f.). *Departamento de Agricultura*. Obtenido de Cosecha de Granos Trigo, Maiz, Frijol y Soya: <http://www.fao.org/docrep/x5051s/x5051s03.htm>
- Fassio, A., Carriquiry, A. I., Tojo, C., & Romero, R. (1998). Maiz: Aspectos sobre Fenologías. En I. L. Estanzuela, *Mejoramiento y Manejo de Maíz. Programa de Verano y Oleaginosas* (pág. 59). Andes 1365, Piso 12. Uruguay: Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA.
- Fernandez, F. (1986). Etapas de Desarrollo de la Planta del Frijol. *CIAT Centro Internacional de Agricultura Tropical*, 21.
- Flores, L. E. (2007). Información General del Maiz. En F. Blanco, *Manejo del Cultivo del Maiz* (pág. 34). Masatepe: Grafica Editores, S.A.
- Frijoles de Costa Rica*. (s.f.). Obtenido de Asoproveracruz, Pejibaye de Perez Zeledon:
<http://www.asoproveracruz.com/frijol/procesos-cosecha-de-frijol/>
- Gallardo, M. A. (2014). *Cambio Climático Global*. Obtenido de
<http://cambioclimaticoglobal.com/que-es-el-cambio-climático>
- GLOBEDIA. (2013). *El Diario Colaborativo*. Obtenido de <http://ni.globedia.com/frijol-origen-descripción-botánica>
- Gudie, I. A. (2004). El Cultivo del Frijol. En PROMOSTA, S. d. Ganaderia, & D. d. Agropecuaria, *Manual técnico para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores* (pág. 37). Tegucigalpa, Honduras.
- INTA. (1995). *Guía Tecnológica de Granos Básicos*. Esteli.
- INTA. (2010). *Guía Tecnológica para la Produccion del Maiz* (Vol. Segunda Edicion). (P. A.-B. Mundial), Ed.) Managua, Nicaragua. Recuperado el 25 de Marzo de 2015

- INTA. (2009). *Guía Tecnológica para el Cultivo del Frijol*. Managua: Segunda Edición.
- Laguna, F. (2012). Revista Enlace. (O. Rivas, Entrevistador)
- Lorente, R. R. (2011). Secamientos de granos o semillas de maíz. (C. R. Services, Ed.) *Agricultura para Necesidades Básicas*, 1, 9.
- MAGFOR. (1996). Dirección de Semillas. En M. d. Forestal, *Normas específicas de certificación para la producción de semillas de Granos Básicos, oleaginosas, papa y café*. Managua, Nicaragua.
- MAGFOR. (2009). *Fortalecimiento al sistema nacional de semilla*.
- MARENA. (2003). Estrategia de adaptación ante el cambio climático para los sistemas de recursos hídricos y agricultura en cuenca número 64. *Boletín mensual IICA2, Representación Nicaragua*, 42.
- MARENA. (2008). Estrategia de adaptación ante el cambio climático de los sistemas de recurso hídricos y agricultura en la Cuenca No. 64. En M. G, *Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación en Centroamérica, México y Cuba* (pág. 112). Mexico, DF.
- Mendoza, I. E. (2009). Guía Técnica para el Cultivo del Frijol. En ASOPROL, & I. H. Maradiaga (Ed.), *Innovaciones para mejorar la competitividad de la cadena agroindustrial de granos y semillas de frijol de los socios de ASOPROL* (pág. 28). Boaco, Santa Lucía, Nicaragua.
- Molina, M. (2010). *Elementos técnicos para la elaboración de Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático*. Monterrey, México.: Tecnológico Monterrey.
- Baltodano, López, M. (Noviembre de 2011). Oficial de Cambio Climático de Centro Humboldt. (M. Areas, Entrevistador)
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., & Robertson, R. (2009). El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. En I. I. Alimentarias, *Política Alimentaria Informe* (pág. 30). Copyright © 2009 International Food Policy Research Institute.
- OEIDRUS. (2008). *La Precipitación Pluvial y la Sequía en Nuestro País, Enero de 2008 - Octubre 2008*. Jalisco, México.
- Olmos, S. R. (2010). *Facultad de Ciencias y Tecnología*. Obtenido de <http://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&sqi=2&ved=0CDQQFjAB&url=http%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Fartic>

- ulo%2F4106698.pdf&ei=IhjeVMSFMcKdNuerg-
AC&usg=AFQjCNH_EXKGkmATCYBa-
XB31TDBAjXwiQ&sig2=W0ektp1JXpOcVXS3N6PrXQ&bvm=b
- PASOLAC. (2004). Incorporación de Rastrojos. *Guía técnica de conservación de suelos y aguas*, 2.
- Paul Gepts, M. L. (1986). Fisiología y morfología. En F. Fernández, *CIAT Centro Internacional de Agricultura Tropical* (pág. 22). Cali, Colombia: ISBN 84-89206-54-6.
- Peña, F., Riverol, M., & Hernández, C. (2008). *Manejo de las coberturas como parte de un sistema integrado de lucha contra la erosión*. Cuba.
- Pettengell, C. (2010). *Adaptación al cambio climático*. OXFAM.
- Quezada, S. (2014). *Programa Mundial de Alimentos*. Obtenido de Luchando contra el hambre en el mundo: <http://es.wfp.org/historias/sequ%C3%AD-en-nicaragua>
- R. de la Cruz, K. A.-N. (Septiembre de 2011). *Manejo de Malezas en Leguminosas y Hortalizas*. Obtenido de Deposito de Documentos de la FAO: <http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s0i.htm>
- Ritchie, S., Hanway, J., & Bensom, G. (1986). How a corn plant develops. En I. S. University, *Special report* (G. Traductor, Trad., pág. 21). Iowa.
- Rodriguez, A. (2000). El Cultivo del Maiz. En *Guía para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores* (pág. 21). Tegucigalpa, Honduras.
- Rojas, & Casas. (1987). Desarrollo de la planta y ciclo del cultivo. En *In Argentina; Comision del Maiz*. (Vol. Cuaderno de Actualizacion tecnica, págs. 13-20). AACREA-Cargill.
- Rosas, J. (2003). Recomendaciones para el Manejo Agronomico del Cultivo del Frijol. En Zamorano, *Programa de Investigaciones en el Frijol* (pág. 33). Tegucigalpa: LitoCom.
- SAGARPA. (2013). Manejo Integrado de Plagas. *Direccion General de Apoyo para el Desarrollo Rural*, 12.
- Sain, E. d. (2013). *AGROSINTESIS*. Obtenido de Metodos de Siembra del Maiz: <http://www.agrosintesis.com/component/content/article/49-front-page/472-metodos-de-siembra-en-el-maiz>

- Sanchez, C. A. (2011). *Cambio Climatico en Nicaragua*. Managua.
- Secretaria de Recursos Naturales. (1990). El Cultivo del Maiz. En D. d. Agropecuaria, *Boletin Informativo Tecnico* (pág. 32). Departamento de Comunicacion Agropecuaria.
- Shaw, R. (1988). Climatic Requirement in corn and corn improvement. G.F. Sprague and J.W. Dudley.
- SIAGUA. (2009). Recuperado el 02 de Abril de 2014, de Sistema Iberoamericano de Informacion sobre el Agua: <http://www.siagua.org/pais/nicaragua>
- Suarez, U. A. (2012). Cambio climático reducirá producción de maíz y frijoles en Centroamérica. *El Nuevo Diario*. Recuperado el 09 de Abril de 2015, de <http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/268973-cambio-climatico-reducira-produccion-maiz-frijoles/>
- Tecnicoagricola. (2013). *Tecnico Agricola*. Obtenido de Estados fenologicos del Maiz: <http://www.tecnicoagricola.es/estados-fenologicos-del-maiz/>
- Temas agropecuarios*. (2013). Obtenido de Actualizando Cambios: <http://actualizandocambios.blogspot.com/2013/02/siembra-al-contorno-o-en-curvas-nivel.html>
- Tijerino, A., & Bone, J. (2008). *Cadenas Productiva Granos Basicos*.
- Tineo, I. A. (1987). Control de malezas en siembra de maiz. *FONAIAP DIVULGA*.
- Toledo, H. J. (1995). Cultivo de Vainita. 278.
- UCC. (s.f.). *Universidad de Ciencias Comerciales*. Obtenido de Informe sobre impacto del cambio climatico en Nicaragua: <http://www.ucc.edu.ni/noticias-antiores-ucc/1776-informan-sobre-impacto-del-cambio-climatico-en-nicaragua.html>
- Urbina, M. M. (2011). Enfermedades del cultivo del Maiz y Arroz. En U. C. SECO, *Fitopatologia Especial* (pág. 25). UCATSE.
- Vallone, P. S., Gudelj, V. J., & Galarza, C. M. (2011). Ensayo de Densidad y Distancia de Siembra en Maiz . *Ensayos de Variedades y Cultivares*, 64.
- Villareal, R. (2009). *AMUPNOR*. Obtenido de Asociacion de Municipios Productivos del Norte: <http://www.amupnor.com/mat01>
- Zamorano.EDU. (2008). Obtenido de Medidas Basicas de Proteccion Ambiental: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1337/2/02.pdf>

Zequeira, A. (2003). *Rincon del Vago*. Obtenido de Granos Basicos:
<http://html.rincondelvago.com/cultivo-de-maiz.html>

ANEXOS

Anexo 1. Guion de grupos focales

Objetivo:

Recopilar información sobre la comunidad, y cómo se han visto afectados por problemas de cambio climático.

Participantes:

- Grandes productores de café.
- Pequeños productores de café.
- Jornaleros de fincas cafetaleras.
- Productores de Granos básicos.
- Amas de casa.

Nota: Entre los participantes se incluirán a personas adultas y jóvenes, así como hombres y mujeres para tener diferentes puntos de vista sobre las situaciones actuales.

I. Preguntas:

- ¿Cuántos habitantes tiene la comunidad?
- ¿Cuántas familias hay en la comunidad?
- ¿Cómo era la situación de los granos básicos hace 10 años?
 - ¿Cómo era el clima?
 - ¿Qué rendimientos tenían?
 - ¿Cuáles eran las principales afectaciones que tenían los granos básicos?
 - ¿Cuál era la mejor variedad maíz y frijol?
 - ¿Qué cantidad de insumos necesitaban en sus parcelas?
 - ¿Cómo eran los suelos?
- ¿Cuál es la situación actual de los granos básicos en la comunidad?
- ¿Cómo ven la situación en el futuro? ¿Habrán cambios?

- ¿Cuáles son las principales amenazas climáticas en la comunidad?
 - ¿Qué hacen ante estos problemas?
- ¿Cuáles son los meses más difíciles?
 - ¿Qué hacen estos meses para conseguir alimento?
 - ¿Disminuyen la ración de alimentos o los tiempos de comida?

Anexo 2. Variedades de semillas recomendadas por el INTA según su requerimientos agroecológico.

| Comunidad | Variedades | |
|--------------|-------------------------|--------------------|
| | Maíz | Frijol |
| La Reyna | NB-6, NB-S | INTA Rojo, Dor-364 |
| Las Delicias | Nutrader, NB-6, NB-S | INTA Rojo, Dor-365 |
| Las Rosas | NB-S, NB-9043 | INTA Rojo, Dor-366 |
| San Antonio | NB-6, Nutrinta Amarillo | INTA Rojo, Dor-367 |
| Yúcul | NB-6, NB-S | INTA Rojo, Dor-368 |

Anexo 3. Recomendación para épocas de siembra en frijol y maíz por comunidad basándose en los rendimientos productivos obtenidos en años anteriores.

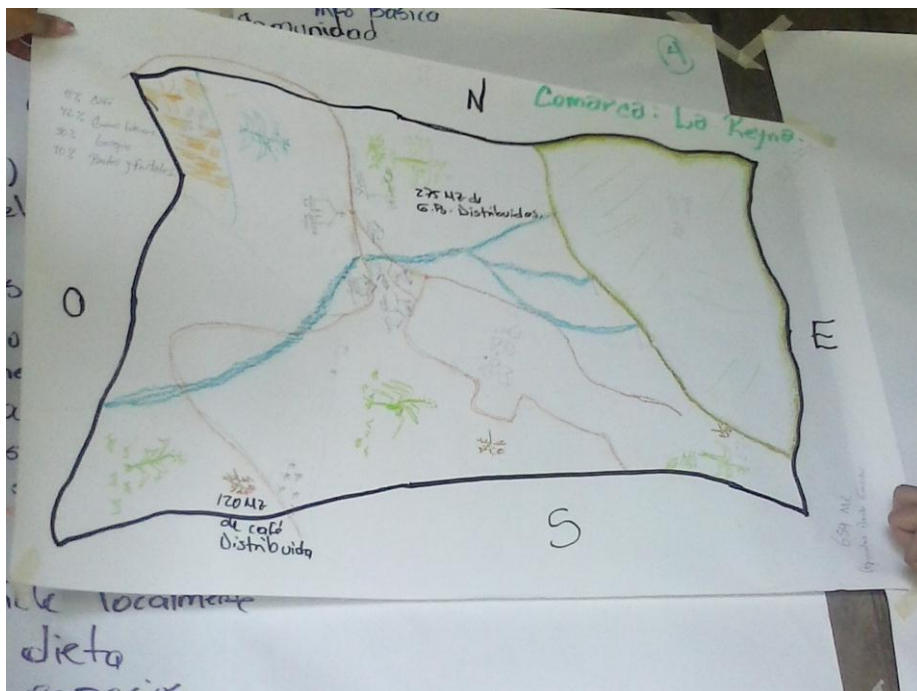
| | Cultivo del Frijol | Cultivo del Maíz |
|--------------|--------------------|--------------------|
| Comunidad | Épocas | Épocas |
| La Reyna | Primera | Primera |
| Las Delicias | Postrera/Apante | Primera / Postrera |
| La Rosa | Primera/Postrera | Primera / Postrera |
| San Antonio | Apante | Primera |
| Yúcul | Postrera | Primera / Postrera |

Fuente: Resultados de investigación

Anexos 4. Guía Fotográfica



Grupo focal en comunidad La Reyna (Ing. Deysi Gonzales)



Mapa de Comunidad La Reyna, hecho por los productores.



Productores y estudiantes participantes del grupo focal, comunidad La Reyna



Productores participantes del grupo focal, comunidad de Yucul



Participantes del grupo focal en comunidad de Las Delicias



Realizando encuestas a nivel de hogar en Comunidad San Antonio