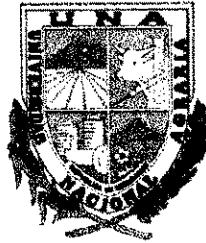


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
(U.N.A.)**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
(FARENA)**



(TRABAJO DE DIPLOMA)

**EVALUACION DEL IMPACTO DE LOS CAMBIOS
CLIMATICOS SOBRE EL RENDIMIENTO POTENCIAL
DEL CULTIVO DE LA SOYA (*Glycine max*) EN EL
PACÍFICO DE NICARAGUA**

Autor: Br. Martín Ramón Amador

Asesores: PhD. Bruno Rapidel

Ing. Edmundo Umaña

Managua, Septiembre 2000

DEDICATORIA

A mi madre Elia Amador, por haber forjado en mí el hábito de perseverancia y el deseo de superación, por ser la mejor madre.

Mis hermanos Anielka y Mario, por su ejemplo, confianza y apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.

A mis compañeros de clase que sin duda compartieron cada momento su amistad, lealtad y condiciones, porque juntos supimos valorar con algo de esfuerzo, el sacrificio desinteresado de nuestros padres y familiares que ahora verán cosechar el fruto de su esfuerzo.

También dedicado a todos aquellos profesionales, que tanto en el campo de la agronomía o en otras disciplinas, contribuyen con digno esfuerzo, ética moral y profesional a que las condiciones existentes se mejoren cada día.

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso por permitirme culminar otra etapa de mi vida.

A mis familiares por apoyarme en todos los momentos especialmente a mi madre, padre y hermanos.

A la que considero ni hogar, la Universidad Nacional Agraria por ser una institución que lucha por superara cada día, a todos los profesores que durante mis estudios dieron lo mejor de si, por soportarnos tanto tiempo.

Agradezco al proyecto Cambio Climático – Marena, por financiar este trabajo de investigacion.

Al personal de instituciones como INETER el MAGFOR Por apoyarnos en la recopilación de información valiosa para el estudio.

Mis asesores Dr. Bruno Rapidel por colaborar con sus ideas, sugerencias y consejos.

Un agradecimiento especial al profesor y asesor Edmundo Umaña por involucrarse de lleno en este trabajo, brindarnos mucho apoyo, por ser un amigo.

A la profesora Matilde Somarriba por enseñarme lo que se puede lograr con esfuerzo y dedicación.

INDICE GENERAL

Contenido	Páginas
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Indice General	iii
Indice de Cuadros	v
Indice de Figuras	vi
Indice de Mapas	vii
Indice de Anexos	viii
Resumen	ix
Summary	x
I INTRODUCCION	1
Antecedentes	2
Justificación	4
Objetivos	6
Hipótesis	7
II REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1 Cambios Climáticos.	8
2.2 Escenarios Climáticos Para el Pacifico de Nicaragua.	8
2.3 Influencia del climaticos en los cultivos.	11
2.4 Influencia de los cambio climáticos en el cultivo de la soya.	12
2.4.1 Requerimientos ambientales óptimo.	12
2.5 Modelos de simulación computarizados para cultivos.	13
2.5.1 Ventajas.	13
2.5.2 Limitaciones.	13
2.6 Sistema de apoyo en la toma de decisiones para la transferencia de agro tecnologías (dssatv3.5).	14
2.6.1 Modelo de simulación soygro- soya .	15
III MATERIALES Y METODOS	16
3.1 Caracterización de la zona de estudio.	16
3.2 Requerimiento para el manejo y control de la simulación.	17

3.3	Esquema metodológico del estudio.	18
3.4	Recopilación de la información.	19
3.5	Zonificación de las áreas de estudio.	21
3.6	Procesamiento de la Información	22
	3.6.1 Conversión y Generación de Datos.	22
3.7	Aplicación de Escenarios.	23
3.8	Creación de Archivos.	23
	3.8.1 Archivos de Suelo.	23
	3.8.2 Archivos Climáticos.	24
	3.8.3 Archivos de Experimentos.	24
3.9	Corrida del modelo y almacenamiento de la información.	25
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1	Análisis de los rendimientos promedios simulados.	27
4.2	Diferencia entre escenarios y horizontes.	29
4.3	Reducción Porcentual calculada para los diferentes escenarios. y horizontes de tiempo establecidos respecto al año base.	31
4.4	Comportamiento del cultivo ante los cambios climaticos y sobre la producción de biomasa.	34
4.5	Análisis de Riesgo Económico de la Producción.	35
V	CONCLUSIONES	40
VI	RECOMENDACIONES	42
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
VIII	ANEXOS	44

INDICE DE CUADROS

CONTENIDO	Página
1. Evolución de las áreas sembradas para el cultivo de Soya.	5
2. Incremento y Disminución anual de la temperatura y la precipitación para los escenarios y horizontes.	12
3. Presentación de los Pisos Altitudinales de los Sitio del estudio.	21
4. Rendimientos simulados para los diferentes escenarios y horizontes de tiempo en los diferentes sitios de estudio correspondientes al pacífico de Nicaragua (kg/ha).	26
5. Variaciones de rendimientos simulados entre Escenarios.	28
6. Variaciones de los Rendimientos Simulados entre horizontes.	28
7. Diferencias de rendimientos simulados entre las interacciones (Esc x Hor) para los rendimientos simulados (Kg\ha) en la estación Managua.	29
8. Reducción Porcentual para los diferentes escenarios y horizontes de tiempo establecidos respecto al año base.	33

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Página
Figura 1 Comportamiento porcentual de las reducciones en los Rendimientos promedios simulados.	33
Figura 2 Comportamiento de la biomasa total en el escenario moderado.	35
Figura 3 Análisis de riesgo económico para el escenario optimista .	37
Figura 4 Análisis de riesgo económico para el escenario moderado.	38
Figura 5 Análisis de riesgo económico para el escenario pesimista.	39

INDICE DE MAPAS

CONTENIDO	Página
Mapa 1 Muestra la ubicación de los diferentes: (Zonas de estudio) Chinandega, León, Nagarote, Managua, Nandaime, Rivas.	17
Mapa 2 Mapa de Zona de lluvia de Nicaragua.	56
Mapa 3 Mapa de Representativo de tres pisos altitudinales de Nicaragua.	56

INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1** Detalles de archivos de presentación de experimento.
- Anexo 2** Descripción de archivos de experimento.
- Anexo 3** Presentación de archivos de salida.
- Anexo 4** Escenarios para el Pacífico de Nicaragua de temperatura (décima de grados).
- Anexo 5** Escenario, para el Pacífico de Nicaragua de precipitación promedio (porcentaje).
- Anexo 6** Recopilación de la información edáfica.
- Anexo 7** Información General de las estaciones de estudio (inventario).
- Anexo 8** Conversión y llenado de datos Climáticos Faltantes en los sitios de estudio.
- Anexo 9** Mascarilla de fórmulas para aplicar escenarios de precipitación a los años del período de referencia.
- Anexo 10** Mascarilla de fórmulas para aplicar escenarios de Temperatura a los años del período de referencia.
- Anexo 11** Formulas y Razones de Conversión.
- Anexo 12.** Interacciones entre escenarios y horizontes para las estaciones de Chinandega, León, Nagarote, Nandaime y Rivas.

RESUMEN

Se ha observado a través de la historia que eventos Climatológicos globales extremos, son cada vez más frecuentes, esto en la actualidad han aumentado la incertidumbre, el hambre en los llamados países en vía de desarrollo y la vulnerabilidad se muchos ecosistemas.

Mediante la elaboración de este trabajo, se ha intentado de alguna manera comprender el comportamiento del rendimiento del cultivo soya (*Glicine max Merrill*), ante un Cambio Climático producto de la alteración de la precipitación, la temperatura, radiación solar (variables climáticas), causado por la presencia en la atmósfera de algunos gases de efecto invernadero como el dióxido de Carbono (CO₂) el Metano (CH₄), el óxido Nitroso NO₂ y los Cloro fluro carbonos principalmente.

El clima es un factor fundamental al determinar el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos. Tomando lo anterior en consideración, se utilizó como herramienta básica en esta investigación el modelo de simulación SOYGRO-SOYA, integrado en el Sistema de Apoyo para la toma de decisiones para la transferencia de Agrotecnología (DSSAT). La herramienta ha sido utilizada con el objetivo de evaluar la incidencia de los Cambios Climáticos ante el comportamiento de los rendimientos potenciales del cultivo. Para ello fue necesario utilizar una serie de información de suelo, clima, genética y manejo del cultivo propio de los seis sitios de estudio para el pacífico de Nicaragua en los municipios de Chinandega, León, Nagarote, Managua, Nandaimé y Rivas. En tres escenarios climáticos (optimista, moderado, pesimista) y en tres horizontes de tiempo incluyendo el año base o período de referencia (1980, 2010, 2030, 2100) sugeridos por el Panel Intergubernamental de cambio climático (IPCC) 1995.

Los resultados obtenidos sobre los rendimientos proyectados, para los diferentes sitios indican que existe mayor vulnerabilidad del cultivo soya en Nagarote, en donde se comparó con un umbral establecido que indica la producción mínima para que los productores de la zona logren alcanzar un equilibrio económico y se obtuvo que para el 2030 un 84.4% de los productores del lugar no llegarán al umbral establecido. Un comportamiento un poco moderado la encontramos en Managua, León, Nandaimé, aunque siempre con la tendencia de disminución. Los mejores sitios en cuanto al comportamiento de los rendimientos proyectados son Rivas y Chinandega, donde parece que el impacto de los cambios climáticos que se verán amortiguados por las condiciones agroclimáticas existentes.

Esto señala la necesidad de evaluar futuras medidas de mitigación ante los evidentes cambios climáticos acelerados por la mano del hombre, y la necesidad de enfocar esfuerzos en cuanto al manejo del cultivo de acuerdo a las condiciones existentes.

SUMMARY

It has been observed through the history that Climatological events global ends, are more frequent, this at the present time has increased the uncertainty, and famine in the so called countries in via of development and the vulnerability of many ecosystems.

By means of the elaboration of this work, It has been attempted somehow to understand the behavior of the yields of the soybean cultivation (Glicine [max]), in front of a Climatic Change product of the alteration of the precipitation, the temperature, solar radiation (climatic variables , caused by the presence in the atmosphere of some gases of greenhouse effect like Carbon dioxide, the Methane CH₄, the oxide nitrous NO₂ and the Chlorine fluor carbons.

It has been known that the climate is a fundamental factor upon determining the growth, development and productivity of the cultivations. Taking in consideration, the former, the model of SOYGRO-SOYA simulation, composed in the System of Support for taking of decisions for the transfer of the Agrotechnology (DSSAT) was utilized like basic tool in this investigation, created by investigators of the transfer of technology that they rely on a wide range of similar investigations in diverse parts of the world. The tool has been utilized with the objective of evaluating the incidence of the Climatic Changes facing the behavior of the implicit yields of the cultivation. It was necessary to utilize a series of information of soil, climate, genetics and handling of the appropriate cultivation of the sites of study for the Pacific of Nicaragua in the municipalities of Chinandega, Leon, Nagarote, Managua, Nandaime and Rivas. In three Climatic stages (Optimist, Moderate, Pessimist) and in three horizons of time (Base or 1980, 2010, 2030, 2100) suggested by the Intergovernmental Panel of Climatic Change (IPCC) 1995.

The outcome gotten on the intended yields, for the several sites indicate that old (vulnerability) of the cultivation of soybean exists in where it was compared with an established threshold that indicates the minimal production so that the producers of the zone succeed in reaching an economical balance and it was gotten that for the 2030 a 84.4% from the producers of the place where they won't arrive to the established threshold. It was found in Managua, Leon, Nandaime, a little moderate behavior, although always with the tendency of decrease. The improved sites as for the behavior of the intended yields are Rivas and Chinandega, where it seems that the impact of the Climatic Change that will be seen muffled by the existent agroclimatic condition.

This marks the necessity of evaluating future measures to mitigate facing the evident Climatic Change accelerated by the hand of man, and the necessity of focusing efforts as for the handling of the cultivation according to the existent conditions.

I INTRODUCCION

El clima es el factor más importante al determinar tanto el crecimiento de una planta como su productividad. El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), ha estimado que, bajo un supuesto de un progresivo avance industrial se puede esperar un incremento de la temperatura promedio global de 0.2 ° C por década. Este aumento tendrá efectos sobre el clima global, alterando los factores que limitan el crecimiento de las plantas. En la actualidad las consecuencias de los cambios climáticos están evidenciadas en muchos sectores, como la agricultura, la pesca, la salud, energía, etc, producto de las emisiones de gases a la atmósfera que produce el llamado efecto invernadero, lo que tiene repercusiones sobre el funcionamiento del sistema climático global. Estos cambios producidos determinan en gran parte la capacidad de adaptación de los ecosistemas y de la sociedad humana, además pueden producir efectos negativos e irreversibles como el aumento de la temperatura global, sequías, inundaciones, principalmente.

Los principales gases de efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el cloro-fluoro-carbonos, los cuales actúan absorbiendo la radiación en determinadas longitudes de onda emitida por la superficie de la tierra y las nubes. En la atmósfera se encuentran el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂) el óxido nitroso (N₂O) y ozono (O₃) (gases atmosféricos de efecto invernadero).

Sin embargo para poder cuantificar estas repercusiones y en particular para poder discernir acerca de las modificaciones del clima por el hombre, se han desarrollado modelos complejos de simulación como el utilizado en éste trabajo (DSSAT3), en este caso para evaluar la incidencia de los cambios climáticos sobre el rendimiento del cultivo de la soya producto de importancia económica para la región del pacífico de Nicaragua y de esa manera aportar información acerca del comportamiento del cultivo en condiciones del clima cambiante, mediante diferentes escenarios que incidirán, de tal forma que se manifieste en las variaciones de los rendimientos potenciales del cultivo.

ANTECEDENTES

Es evidente que los cambios climáticos globales ejercen mucha influencia en el comportamiento de diferentes sectores como: la agricultura, ganadería, la pesca, la salud, energía, etc. En el caso de la agricultura, en Nicaragua actualmente no existe muchos estudios para evaluar de que manera influyen sobre el rendimiento los cambios climáticos en la producción agrícola (rendimiento). Hasta ahora es muy poca la investigación que se ha llevado a cabo, para conocer los efectos combinados de la precipitación y temperatura en el crecimiento de diversos cultivos, sin embargo, existe un consenso general de que un calentamiento de 1°C sin cambios en la precipitación, hará disminuir las cosechas de trigo, maíz y soya alrededor de un 5%, pero un incremento de temperatura en 2° C combinados con una disminución de precipitación podría reducir la producción promedio en los campos de cultivo en un 20% (Reilly et al 1995)

El Ministerio de Agricultura Ganadería y Forestal (MAGFOR) en conjunto con el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), en 1997, realizaron un estudio del impacto de los cambios climáticos en los cultivos de seguridad alimentaria predominantes en las regiones: I (Jalapa, San Juan de Limay y Estelí), II (Tipitapa) y IV (Pantasma) para maíz, frijol y sorgo, teniendo como resultado que las respuestas de los tres cultivos a un cambio de precipitación y temperatura son diferentes y hasta puede ser contradictoria según se trate de una zona seca o húmeda (Arróliga *et al* 1997). En Costa Rica, se han realizado estudios similares para los cultivos de frijol, papa y café, se determinó que un aumento en la temperatura ambiental afecta los rendimientos del frijol. El cultivo de la papa, se ve también afectado por cambios en la temperatura y precipitación, siendo la temperatura el factor determinante. En el café es la temperatura la que tiene mayor efecto sobre el rendimiento (Retana y Villalobos, 1999).

En 1996 en Bolivia se efectuaron importantes estudios para diferentes sectores y en particular en la agricultura utilizando la misma herramienta (DSSAT), y el modelo SOYGRO diseñado para el cultivo soya, encontrándose vulnerabilidad del cultivo en un supuesto clima cambiante. En la actualidad no existen estudios precedentes en Nicaragua en el cultivo de la soya.

Después del auge algodonero en las planicies del pacífico, en el último quinquenio, el gobierno se propuso alcanzar la autosuficiencia alimentaria de la población. Este esfuerzo exigía medidas que incrementaran la producción interna mediante la introducción y reactivación de una variedad de cultivos que respondieran a las necesidades alimentarias, sobre todo que se pudieran adaptar a las condiciones agro ecológicas existentes y que fuera capaz de generar fuente de ingresos a través de las agro exportaciones. Los cultivos propuestos para lograr los objetivos fueron: la soya, maní, ajonjolí entre otros. También se consideró introducir productos con buena demanda y precio en el mercado internacional, además que requieran poco manejo y bajo costo en la implementación. De estos cultivos la soya ocupa un alto grado de importancia en la adopción, tal es el caso que en los últimos 10 años estos cultivos han logrado aumentos sustanciales en sus áreas de siembra, (cuadro 1) incentivado por la industria aceitera nacional que está privilegiado estos rubros como alternativa más barata de procesamiento y derivados.

Cuadro 1. Evolución de las áreas sembradas para el cultivo soya (en miles de manzanas).

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Cultivo (soya)	3.50	4.0	4.50	8.80	11.70	13.30	24.40	32.72

Nitlapan 1996 citando basándose en datos del Banco Central de Nicaragua. (BCN)

Aquí se puede observar un aumento sustancial en las áreas de siembra debido a la aceptación del cultivo por los productores en general.

JUSTIFICACION

La base de la economía nacional es la agricultura, y los cultivos de mayor importancia alimentaria son los granos básicos y como producto complementario de segundo orden la soya (para consumo interno); el café como mayor producto de agro exportación. Sin embargo, la soya, es considerada como la más importante leguminosa a escala mundial en términos de producción total y mercadeo. En Nicaragua en los últimos años el cultivo de la soya ha venido incrementándose considerablemente debido a su alto valor nutritivo, por su amplio uso y rango de adaptación, como alternativa de cultivo al desaparecer el algodón.

Para el Ciclo 1986-1987 el Ministerio de desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria de entonces (MIDINRA) hoy (MAGFOR), había programado la siembra y cultivo de 21079.25 ha, habiéndose logrado solamente 4215.85 ha debido a la falta de un programa de fomento de cultivo. Hasta el 15 de Enero del año 2000 se han cosechado 18.6 miles de hectáreas con una producción de 26,386 toneladas, lo que implica un avance del 88 % “solamente en la región II del pacífico”(León y Chinandega). Esto evidencia la importancia económica que representa este cultivo para la zona.

Aunque todavía existe una gran incertidumbre de si el abastecimiento global de alimentos disminuirá de manera considerable por los cambios climáticos, lo que si debe llamar la atención es el gran riesgo que se corre de ver una reducción de productos alimenticios en las regiones más vulnerables del globo sin mencionar los desequilibrios económicos y financieros que traería a estos países. Es por esta causa que los encargados del agro en conjunto deben comenzar a pensar seriamente en tomar precauciones y medidas que mitiguen de manera progresiva los impactos. Una posible alternativa es el estudio de las proyecciones a largo plazo del comportamiento de los cultivos ante diferentes escenarios climáticos a través de simulaciones computarizadas. La simulación computarizada ofrece la posibilidad de comprimir el tiempo, esfuerzo y cantidad de recursos necesarios para tomar decisiones y recomendar estrategias de manejo en el ámbito agrícola.

Existen simuladores para cada uno de los cultivos principales del mundo, y la adaptación de cualquiera de ellos a un lugar en específico requiere tan sólo de una computadora y unos cuantos ciclos agrícolas para recolectar datos y calibrar los modelos al ambiente correspondiente. Un país como Nicaragua, en donde existe gran urgencia por aumentar la capacidad de producción agrícola en forma sustentable, puede ser beneficiario de esta tecnología como herramienta de investigación para estudios de este tipo.

Criterios usados para la escogencia del cultivo Soya

Durante la reunión del grupo de cambio climáticos en marzo de 1999, se acordaron incluir en el estudio los cultivos: maíz, soya, frijol en diferentes regiones del país. Para el caso de la soya se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ La importancia económica social del cultivo
- ✓ La sensibilidad del cultivo al cambio climático.
- ✓ La disponibilidad de metodologías y herramientas para el análisis.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Evaluar el efecto del cambio climático sobre el comportamiento y rendimiento en el cultivo de la soya (*Glycine max Merril*) en los municipios del pacífico de Nicaragua Chinandega, León, Nagarote, Nandaime, Managua y Rivas del Pacífico de Nicaragua, utilizando el programa DSSATV3.

Objetivos Específicos:

- Utilizar el programa DSSAT (modelo de simulación SOYGRO) al cultivo de soya, utilizando la información climática pertinente de las estaciones agroclimáticas representativas de la zona en estudio, en tres diferentes escenarios climáticos y tres horizontes de tiempo para determinar los rendimientos posibles y su variabilidad.

- Determinar el riesgo de pérdidas o de ganancias relativas sobre los rendimientos proyectados de la soya para los productores de las zonas de estudio.

HIPOTESIS

- Un probable cambio climático tendrá un efecto eminente en el comportamiento del cultivo de la soya en la región del pacifico de Nicaragua, debido a que la variabilidad climática influye sobre los procesos fisiológicos de la planta modificando el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo.

- Habrá mayor vulnerabilidad del cultivo de la soya, respecto a su adaptación y comportamiento para los escenarios climáticos de mayor horizonte de tiempo.

- El modelo del cultivo soya-SOYGRO, no validado para las condiciones particulares de Nicaragua proporcionan datos de rendimientos suficientemente aceptables que permiten visualizar la variación en el comportamiento de los rendimientos del cultivo, bajo diferentes condiciones del clima cambiante.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Cambios climáticos:

Es el cambio observado de las diferentes variables climáticas (temperaturas medias anuales, vientos, nubosidad, precipitación, lluvia, nieve, humedad del suelo etc.) en un lugar específico medible en un período de largo plazo (Tsuji *et al* 1994) mencionado por (Arróliga *et al* 1997). Las actividades humanas incluida la quema de combustible fósiles, el cambio en el uso de la tierra y la agricultura, incrementan las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera (lo que tiende a calentarla), y en algunas regiones, los aerosoles (partículas microscópicas en suspensión en el aire, que tienden a enfriar la atmósfera) producen alteraciones a desordenes en la atmósfera que cambiaran el clima regional y global y los parámetros relacionados con el clima, como temperatura, precipitación y humedad del suelo que son factores determinantes para un buen crecimiento, desarrollo y rendimiento de cualquier cultivo (IPCC 1995).

2.2 Escenarios climáticos:

Es una estimación internamente consistentes de cambios en el clima futuro, el cual es construido a partir de métodos sofisticados, basados en sólidos principios científicos y que pueden ser usados para proporcionar un entendimiento de la repuesta de los sistemas ambientales y sociales al cambio climático futuro (Viner y Hulme, 1996) citado por Arróliga, Rivas Rodríguez 1997.

2.3 Escenarios climáticos para el pacífico:

Es fundamental para la elaboración de este trabajo la definición, creación y uso de diferentes escenarios que contemplan los posibles cambios en el clima principalmente temperatura y precipitación, considerando que el sistema climático se encuentra en constante evolución al estar afectado por el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI). Partiendo de esta evolución puede estudiarse a traves de modelos complejos que simulan las condiciones económicas globales, que proyectan las emisiones de GEI, y simulan la manera en que estas condiciones determinarán la forma en que el clima responderá a estos cambios.

Un escenario climático presenta una estimación de los posibles cambios en los parámetros del clima futuro, como la temperatura, nubosidad, precipitación entre otros. Los cambios en las variables climatológicas deben ser internamente consistentes con el escenario, por ejemplo; los cambios en la temperatura, lluvia, humedad, nubosidad, se encuentran estrechamente relacionados. Además debe de poseer una adecuada resolución espacial, de manera que sean suficientes para llevar a cabo estudios de impactos regionales, y de ser posible locales. Los escenarios establecidos son incorporados a modelos de ecosistemas agrícolas (como el DSSAT-3), económicos etc, para un horizonte de tiempo determinado y así valorar los impactos que un clima cambiante pueden tener sobre éstos sistemas.

La generación de escenarios climáticos se realizó en Nicaragua utilizando modelos como el SCENGEN, MAGICC (modelos de generación de escenarios diseñados por la Universidad de East Anglia Reino Unido). (Campos, 1998).

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), ha elaborado una serie de escenarios (IS92 a-f) de las futuras emisiones de GEI y aerosoles precursores, basándose en hipótesis relativas al crecimiento de la población, la economía, los cambios tecnológicos, la disponibilidad de energía para los habitantes y la mezcla de combustible en el periodo entre 1990 y 2000 (IPCC 1995). Los seis escenarios del IPCC incorporan supuestos muy diversos con respecto a la manera en que las emisiones futuras de GIE podrán evolucionar en ausencia de políticas que logren mitigar los efectos.

Los escenarios climáticos que se utilizan en éste trabajo se fundamentan en los escenarios de emisión IPCC-92- a, IPCC- 92-d Y IPCC-92-c, los cuales son considerados como escenarios pesimista, moderado y optimista respectivamente.

Estos escenarios de emisiones se desarrollaron a partir de datos regionales y globales de fuentes calificadas como: *INETER, COMISION NACIONAL DE CAMBIO CLIMATICO, Banco Mundial y Naciones Unidas*, que incluyen principalmente variables sociales y económicas. La información climática que se genera no contempla el efecto de enfriamiento de los aerosoles, únicamente toma en cuenta el calentamiento producto de los gases de efecto invernadero (CO₂, NH₄ N₂O), la sensibilidad climática utilizada es de 2.5 °C (considerada como media) (Campos, 1998).

El periodo de tiempo en la información climática para el estudio corresponde desde 1971-1989.

IS 92 a: Este escenario arroja unas estimaciones que son intermedias si se comparan con las de los demás escenarios.

IS 92 d: Este escenario está basado en la misma baja tasa de crecimiento de población de IS 92 c, pero con un crecimiento económico mayor, por lo que arroja la segunda estimación mas baja de los valores de emisión futuros.

IS 92 c: Este escenario presupone los valores más bajos de tasa de población de crecimiento económico, e importantes limitaciones en el abastecimiento de combustibles de origen fósiles. Es, pues, el escenario de más bajas emisiones y el único que presenta una tendencia decreciente de las emisiones.

En el cuadro 2 se presentan los valores máximos de cambio anual en cada uno de los escenarios de Cambio Climático, para las variables Temperatura (décimas °C) y Precipitación (%) de la vertiente del Pacífico con respecto al período de referencia 1961-1990:

Cuadro 2 Incremento y disminución anual de temperatura y precipitación para los diferentes escenarios y horizontes. (Campos, 1998)

ESCENARIO/HORIZONTE	2010	2030	2100
TEMPERATURA			
Optimista (c)	0.8	1.3	2.1
Moderado (d)	0.8	1.3	2.6
Pesimista (a)	0.9	1.5	3.7
PRECIPITACION			
Optimista (c)	-7.9	-12.4	-21.0
Moderado (d)	-7.9	-12.5	-25.3
Pesimista (a)	-8.4	-14.5	-36.6

Fuente Max Campos 1998.

Los horizontes de tiempo seleccionados por la comisión de cambio climático de Nicaragua son; 2010, 2030, 2050, 2070 y 2100. Los horizontes considerados en este estudio fueron 2010, 2030, 2100. (Anexo 4 y 5)

La información geográfica presentada por Max Campos (1998) en su segundo informe sobre escenarios climáticos para Nicaragua lo agrupa para dos sectores de Nicaragua; de 5° de latitud - longitud, centrados en los puntos 12°50' con -87°50' y otro en 12°50' con 82°50'. Estos dos sectores corresponden a las vertientes del Pacífico y Caribe de Nicaragua. Para el estudio se tomó en cuenta únicamente los valores de los escenarios correspondientes a la vertiente del Pacífico de Nicaragua.

2.4 Influencia de los cambios climáticos en el cultivo soya:

Aunque el cultivo de soya se produce en condiciones calurosas, en climas tropicales, subtropicales y templados la soya es resistente a las temperaturas bajas y las muy altas, pero la tasa de crecimiento disminuye por encima de los 35°C y por debajo de las 18°C. (FAO 1980). La floración puede retrasarse con temperaturas inferiores a los 24°C, las variaciones de temperaturas de un año a otro pueden traducirse en diferencias en la floración, las temperaturas mínimas para su desarrollo son próximas a la 10°C. y para la producción de la cosecha unos 15°C (FAO 1980). La soya es básicamente una planta de día corto, pero su reacción a la duración del día es diferente según la variedad y la temperatura.

La duración del día tiene influencia en la tasa de desarrollo del cultivo y en los tipos de día corto, el aumento de la duración del día puede dar como resultado el retraso de la floración y plantas más altas con mas nudos (FAO 1980).El cultivo puede desarrollarse en una amplia variedad de suelo excepto en los muy arenosos. Una capa friática superficial, especialmente durante el período vegetativo inicial producto de muchas precipitaciones puede afectar negativamente a los rendimientos, ya que la planta es sensible al encharcamiento, por otro lado la deficiencia o el exceso de agua durante el período vegetativo inicial (10 días) retrasan el crecimiento (Farias, 1995).

2.4.1 Requerimiento ambientales óptimos

1. - Suelo: la soya prefiere suelos con buena capacidad de retención de aguas y de nutrimento, buena aireación y baja susceptibilidad a la erosión, adaptándose, así todo tipo de suelo, se recomiendan suelos con texturas media (contenidos de arcilla menos del 20 %). Tolera un amplio rango de pH pero se recomienda que el pH se encuentra alrededor de 6.0 (Rosas y Young 1996).

2. - Agua: la cantidad de lluvia requerida para el cultivo de soya puede oscilar en un rango entre 350 a 750 mm bien distribuido durante el año (Rosas y Young 1996).

3. - Temperatura: para la mayoría de los procesos de crecimiento la temperatura máxima de la soya es de 30°C.

2.5 Modelos de simulación computarizada para cultivos:

Se cuentan con logros suficientes tanto en el campo de la investigación biológica y en técnicas de cómputo, como para permitir el desarrollo de simulacros útiles y confiables de varios sistemas complejos de producción agrícola. Tales simulaciones pueden ser útiles para avanzar el conocimiento agrícola, para el desarrollo de políticas socioeconómicas a nivel regional, para asesorar a los productores en las tomas de decisiones, y para que los productores mismos puedan experimentar y probar con riesgo mínimo los efectos de varias estrategias alternativas de manejo.

Varios modelos sobre el desarrollo de cultivos han logrado un alto grado de precisión, confiabilidad y sofisticación, y se están utilizando en la actualidad como guías de manejo por: planificadores gubernamentales, agentes de extensión, asesores profesionales y por los mismos productores por ejemplo: CERES (Maíz), SOYGRO (Soya), GOSSYM (Algodón).

VENTAJAS

- 1)- Representan una técnica relativamente simple, con posibilidades para manipular factores biológicos y económicos que presentan dificultades para su manejo en la vida real.
- 2)- Permiten ordenar y visualizar el conocimiento existente y limitante para el estudio.
- 3)- Contribuyen a entender y explicar las interrelaciones entre los elementos del sistema.
- 4)- Son dinámicos con respecto al tiempo; por lo tanto este puede incluirse como variable continua o discreta.
- 5)- Permiten evaluar diferentes escenarios dando elementos para la selección de aquellos que presenten una mejor opción para los agricultores

LIMITACIONES

- 1)- Se requiere de información disponible y confiable
- 2)- La simulación puede ser imprecisa y no medir el grado de imprecisión. Por tanto, el análisis de sensibilidad de un modelo debe permitir cambiar los valores de los parámetros para superar parcialmente esta dificultad.

3)- Los resultados de los modelos son normalmente numéricos y proporcionan la información que el investigador selecciona. De este modo, nace el peligro de atribuir a los números un grado de validez mayor de lo justificado.

4)- No existe suficiente desarrollo metodológico para incluir variables de manejo o de gestión con características cualitativas

2.6 SISTEMA DE APOYO EN LA TOMA DE DECISIONES PARA LA TRANSFERENCIA DE AGROTECNOLOGIAS (DSSATv3.5) CONCEPTO

Es un sistema de apoyo a la toma de decisiones para la transferencia de agro tecnologías. Es un software distribuido y creado por IBSN (Internacional Benchmark System Network for Agrotechnology Transfer), que permite a sus usuarios seleccionar los requerimientos biológicos de los cultivos con las características físicas del suelo y clima de manera que los objetivos específicos por el usuario sean cumplidos. Este sistema a la vez esta diseñado para dar respuesta a las preguntas de su manipulador, también debe de ayudar a tomar opciones hoy para lograr resultados deseados no solo para el próximo año, sino para 20,30,50 años en el futuro (Tsuji, et al 1994).en anexos 1, 2 y 3 se presenta los nombres de los archivos de manejo del DSSAT

Para validar el sistema es necesario conocer los eventos históricos del cultivo en la zona de estudio. En la producción agrícola, los resultados estarán influenciados por el clima, condiciones del suelo, presentación genética del cultivo, plagas y el manejo del cultivo.

Procedimientos:

1. - Recolección de la información (variable en estudio)
2. - Traslado de la información al formato DSSAT3.
3. - Creación de los archivos de experimento.
4. - Corrida del modelo
5. - Ordenamiento y análisis de los resultados.
6. - Resultados y conclusión.

2.6.1 Modelo de simulación (SOYGRO-SOYA)

Se utilizó el modelo de simulación SOYGRO, para valorar el comportamiento del cultivo de la soya, es un modelo fisiológico comprensivo que predice el desarrollo y rendimiento del cultivo, en base a factores climáticos y edáficos.

El modelo es sensible a las características genotípicas como: fechas de siembra, distribución de las plantas y el tipo de riego si se quiere. SOYGRO permite la realización de estudios de optimización y análisis de sensibilidad, permitiendo que el investigador seleccione variables ambientales y opciones de manejo en forma interactiva en varias ejecuciones sucesivas de la simulación. El modelo puede mostrar sus resultados en forma tabular o gráfica, y permite la observación de una simulación animada de los cambios en la arquitectura del dosel foliar a lo largo de una temporada de crecimiento.

El modelo de cultivos (SOYGRO), se puede describir como procesos orientados por modelos computarizados, los cuales simulan el crecimiento desarrollo y rendimiento en función de la genética del cultivo y de las condiciones edafoclimáticas presentes en la zona (Tsuji et al 1994). Operan en bases de tiempo diarios y están basados en el entendimiento de los procesos biofísicos que ocurre a lo interno de la planta. Este modelo es predictivo y determinístico (eliminan la variación aleatoria de las variables) es una simulación fisiológica del desarrollo de la soya, e incorpora las mejores características de varios modelos antecedentes. Cabe señalar que para este estudio el modelo del cultivo soya (SOYGRO) no fue calibrado ya que requiere de información diaria de los diferentes coeficientes del cultivo, y para la calibración del modelo se necesita crear una serie de parcelas experimentales y obtener la información diaria requerida para nuestras condiciones, con un intervalo no menor de tres años lo que requiere una profunda investigación, por lo cual se utilizarán las variedades del cultivo que están dentro del modelo y que han sido validadas y calibradas en estudios realizados en otros países, para ello se hará una comparación entre nuestras variedades y las del programa con el fin de seleccionar la más parecida a las nuestras, todo con el apoyo de expertos genéticos.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

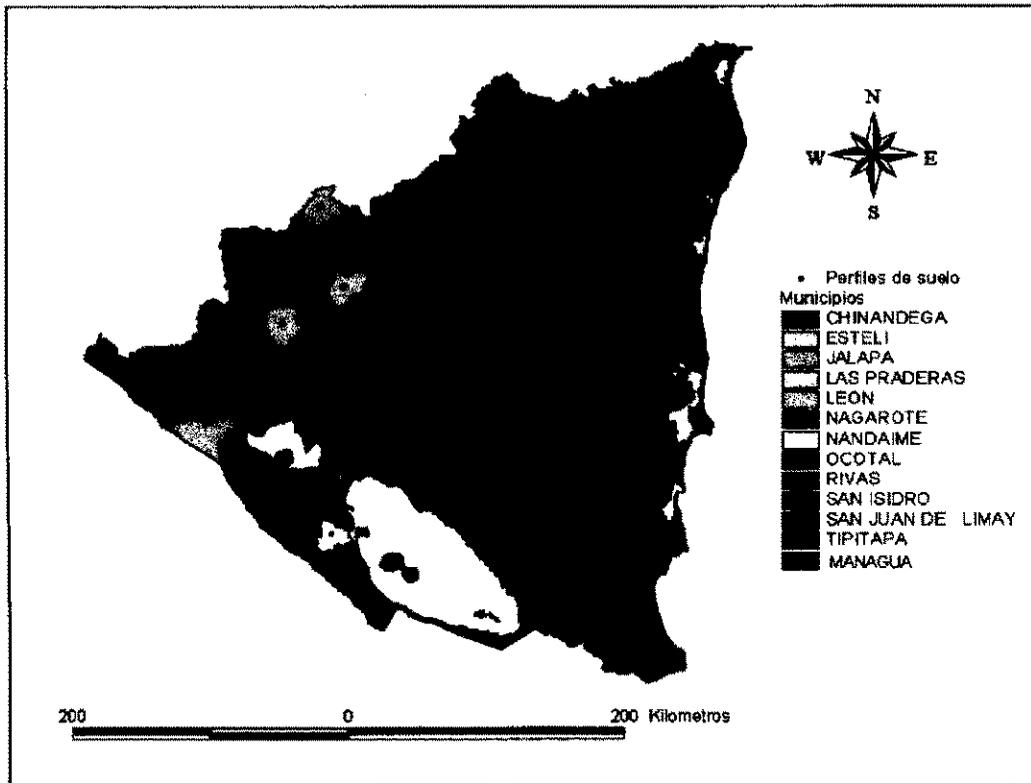
La Macro-región del Pacífico corresponde a una faja paralela al océano pacífico con una superficie de 1850 Km², se caracteriza por una condición plana con pendientes de 0 a 15 %, desde el nivel del mar hasta más de 1000 msnm. Esta faja es limitada de norte a sur, por la cordillera de los Maribios y por los lagos Cocibolca y Xolotlan. (MAG-FOR, 1998).

El clima es poco variable con temperaturas promedio de 26 °C, observándose temperaturas agradables en las zonas altas de la meseta de Carazo, Sierra de Managua y con un periodo canicular variable de benigno a severo, las zonas críticas por irregularidad en la franja oriental de las planicies volcánicas y las primeras estribaciones del conjunto montañoso del centro del país.

En las planicies se concentran los mejores suelos del país, así como los mayores recursos hídricos subterráneos. La macro región cubre el 13 % del territorio nacional, concentra el 60 % de la población nacional y el 66 % de la producción agrícola bruta total. (MAG-FOR, 1998). Para la región II: comprende el departamento de León y Chinandega, se localiza en el occidente del país, entre las coordenadas geográficas de 12°00' y 13°20' de latitud norte y los 86°15' y 87°30' de longitud Oeste.

Es la Región del país que posee el mayor potencial agrícola dada las características de sus suelos de origen volcánico y condiciones climáticas apropiadas para una amplia gama de cultivos, la región constituye el 40 % del potencial para cultivos anuales del país (MAG 1988).

En el mapa 1 se presentan los diferentes sitios de estudio con su respectivo punto de suelo representativo.



Mapa 1. Muestra la ubicación de las diferentes: (Zonas de estudio) Chinandega, León, Nagarote, Managua, Nandaime, Rivas.

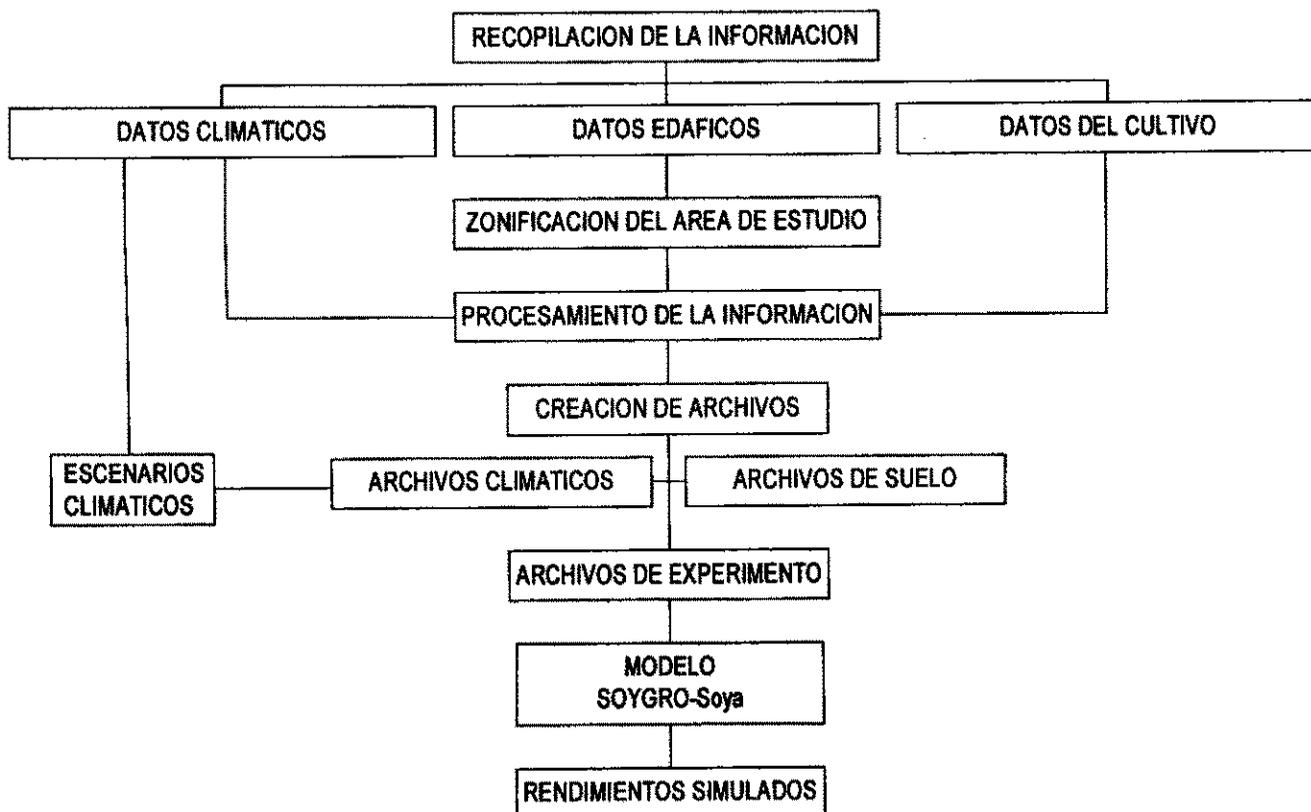
3.2 Requerimientos para el manejo y control de la simulación

Los requerimientos de entrada del modelo SOYGRO- soya según el CIESIN son:

- * Datos diarios de clima (temperatura del aire, precipitación, radiación solar)
- * Condiciones físicas propias del perfil del suelo por capas.
- * Condiciones químicas del perfil del suelo por capas (solo nitrógeno)
- * Condiciones del manejo de los cultivos (fecha de siembra, espaciamiento, dosis de siembra)

Para este estudio el control de la simulación calcula la Intercepción de luz de manera exponencial en función del índice foliar (LAI), la Evaporación por el método de Penman (FAO), la Infiltración según las rutinas del Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service, USDA) y la Fotosíntesis por medio de la curva de respuesta de la hoja a la fotosíntesis.

3.3 ESQUEMA METODOLOGICO DEL ESTUDIO



Para la corrida del modelo DSSAT 3, se requieren datos de entrada (Variable en estudio) suelo, clima y de cultivo, por lo que se hace necesario la creación de archivos en el sistema para que contengan la información requerida y poder realizar la simulación del cultivo. El propósito es utilizar la serie de modelos para leguminosas SOYGRO, (Integrados en DSSAT) específicamente para soya, que vincula los procesos Físico-Químicos y biológicos de la planta en relación al ambiente y poder simular los probables rendimientos del cultivo, en relación a diferentes parámetros agronómicos que necesariamente varían según criterios a utilizar como: variedad, distancia de siembra, todo ello en función de las condiciones iniciales del clima, suelo y manejo del cultivo "archivos de entrada". Con dicha información el modelo DSSAT, es capaz de simular de antemano, el peso de las raíces, tallos, hojas, inflorescencia, semilla, índice foliar y densidad de las raíces, todo ello en base de tiempo diario.

Además predice eventos fenológicos principales como la floración y la madurez. Cabe señalar que para los resultados que se obtuvo, bajo la metodología de este estudio no se consideró los efectos positivos para el cultivo que pudiese ocasionar el incremento en las concentraciones de CO₂

3.4 Recopilación de la información

Para la manipulación de la información climática se seleccionaron las estaciones climatológicas de la zona que contenían mayor información y confiabilidad conociendo su radio de acción y distribución espacial. Para ello se necesitó de la siguiente información meteorológica básica por cada uno de los sitios de estudio detallados con anterioridad y con un intervalo aproximado de 20 años de registros históricos.

- (Temperaturas Mínimas. (° C)
- (Temperaturas Máximas. (° C)
- (Radiación Solar (MJ/m/día)
- (Brillo Solar (horas o décimas de horas)

La mayoría de la base de datos fue proporcionada por el departamento de Agrometeorología de INETER, (T°, Radiación, Brillo Solar). Los datos de precipitación fueron proporcionados por el departamento de información geográfica del MAGFOR.

Datos Edáficos

Toda la información necesaria de para los diferentes sitios de estudio, fue proporcionada por el MAGFOR, que consiste en varias tablas con parámetros físico-Químicos para doce perfiles de suelo en seis sitios específicos del Pacífico de Nicaragua. Cada perfil de suelo presenta una clasificación taxonómica que derivan datos granulométricos de las siguientes variables de suelo.

- ◆Materia Orgánica.
- ◆Textura.
- ◆pH.
- ◆Densidad aparente.
- ◆Intercambio Catiónico.
- ◆Capacidad de Campo.
- ◆Punto de marchites permanente.
- ◆Infiltración.
- ◆Permeabilidad.
- ◆Contenido de Fósforo y potasio.

Más información de los datos edáficos obtenidos se presentan en el anexo 6.

Datos de Cultivo:

Se identificó la variedad de soya comúnmente utilizada en los sitios de estudio como es la CEA-CH-88 (variedad de ciclo tardío), y otras características del comportamiento del cultivo, como rendimientos históricos y los descritos anteriormente en "los datos y requerimientos para la simulación del modelo". Como datos diarios del Clima etc. Los datos de manejo son:

Población de plantas por manzana corresponde a 126,720 plantas / manzanas

Germinación: 85 %.

Pérdidas de campo: 10%.

Profundidad de Siembra: 1.5 pulgadas

Distancia entre surco: 28 plg

Distancia entre planta: 7.87plg

Numero de surcos por manzana: 110.

Densidad de Siembra: 35lb/mz

Sin fertilización:

Posteriormente estos datos fueron comparados con los datos de genotipo contenidos a lo interno del DSSAT, sobre el cultivo para encontrar la que tuviese mayor similitud al cultivar basados también en características fenotípicas y ecológicas propias de la variedad. Se identificó que el cultivar Júpiter 10 se adecuaba a las características genéticas de la variedad seleccionada CEA-CH-88.

Variable del cultivo:

- * Variedades predominantes en el pacífico (MAGFOR, 1998). Tardía (CEA-CH-86)
- * Densidad de siembra
- * Fechas de siembra
- * Fertilización
- * Rendimiento
- * Areas de Siembra

3.5 Zonificación de las áreas de estudio

Debido a que algunas de las estaciones climáticas representativas de las zonas de estudio no tenían todos los parámetros Climáticos completos y necesarios para correr el modelo SOYGRO, como (temperatura máxima, mínima, precipitación, radiación solar y en algunos casos insolación), fue necesario agrupar, seleccionar y distribuir los diferentes parámetros a ser utilizado por ciertas zonas con el objetivo de poder combinar ciertos parámetros Climáticos que no representan mucha variabilidad debido a las cercanías de un sitio con otro, considerando también igualdad en el piso altitudinal y la dimensión espacial de las estaciones agroclimáticas. Se seleccionaron las estaciones principales o (HMP) de Chinandega, León, Managua y Rivas para rellenar datos faltantes de temperaturas, en otras de acuerdo a la agrupación que se explica el cuadro 3 . Luego con ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG), se introdujeron las coordenadas de los puntos de suelos y de las estaciones climáticas en el mapa de altitudes (mapa 1), en donde se estableció tres pisos altitudinales en todo el territorio nacional de: 0-300, 300-700 y >700 msnm y luego en el mapa de zonas de lluvia (mapa 2 anexo). El resultado de esto es el mapa 3, en donde se presentó la información de altitud con cada una de las estaciones y perfiles de suelo ubicados en él.

Cuadro 3. Presentación de los pisos Altitudinales de los sitios de estudio

PUNTOS DE SUELOS	ELEVACION (msnm)
CHINANDEGA	< 300
LEON	< 300
NAGAROTE	< 300
MANAGUA	< 300
NANDAIME	< 300
RIVAS	< 300

Tomando en consideración que en numerosos experimentos se ha demostrado que en condiciones normales la temperatura disminuye al aumentar la altitud. Aunque la disminución no es uniforme ya que varía con la hora del día, estación del año y la situación del lugar, el promedio mundial es aproximadamente de 0.65°C por cada 100m de aumento de altitud. (García, 1987).

Los datos climáticos se encontraban en unidades de medidas que debían ser convertidas a las unidades que requiere el programa. Los de radiación solar en caloría por metro cuadrado (cal/m^2), fueron convertidos a Megajoule por centímetro cuadrado por día ($\text{MJ/cm}^2/\text{día}$); los de insolación o brillo solar, a radiación solar en $\text{MJ/cm}^2/\text{día}$. Con los datos de materia orgánica se obtuvieron los datos de nitrógeno total y carbono orgánico de acuerdo a las relaciones presentadas en el anexo 6.

3.7 Aplicación de Escenarios:

Teniendo los datos climáticos por separados en libros de Excel fueron aplicados los escenarios Climáticos para la vertiente del Pacífico de Nicaragua construidos para las variables de temperatura y precipitación, creando una mascarilla de fórmulas ver anexos N 5 que sirvió para aplicar cada variación mensual a todos los datos diarios del año. Se creó una mascarilla con los escenarios de precipitación, para la vertiente del pacífico y otra con los escenarios de temperaturas de la misma vertiente, produciendo nueve años con escenarios de cambio que corresponden a los tres escenarios (pesimista, moderado y optimista), por tres horizontes de tiempo (2010, 2030 y 2100), considerado para este estudio.

3.8 Creación de archivos

Una vez modificada la información se introdujo al sistema para que los modelos leyeran los datos referidos

3.8.1 Archivos de suelo

De forma manual se introdujeron al programa diecinueve característica físico – químicas para doce perfiles de los seis sitios de la zona pacífico del país, lo cual automáticamente se creó y asignó nombres a cada uno de los archivos de suelo. Sin embargo no todos los perfiles fueron usados en las simulaciones, solamente se escogió un perfil representativo por cada sitio (anexo 6), basados en la extensión, representatividad y su potencial de uso para cultivos de granos especialmente de soya.

3.8.2 Archivos climáticos

Los datos de temperatura máxima, mínima, radiación y precipitación fueron ordenados en columnas por escenario. Estos estaban separados y se procedió a unificarlos en una misma hoja de Excel, por sitios, horizontes y escenarios.

Por la gran cantidad de información se definió una nomenclatura numérica para cada archivo resultante ejemplo:

01	BASE	período de referencia.
02	2010 a	escenario pesimista.
03	2010 c	escenario optimista.
04	2010 d	escenario moderado.
05	2030 a	escenario pesimista.
06	2030 c	escenario optimista.
07	2030 d	escenario moderado.
08	2100 a	escenario pesimista.
09	2100 c	escenario optimista.
10	2100 d	escenario moderado.

Cada estación climática estaba conformada por diez archivos climáticos, por lo que se creó un total de 60. Estos fueron introducidos uno a uno en el sistema de modelación siguiendo la nomenclatura arriba mencionada.

3.8.3 Creación de Archivos de Experimento

Se creó un archivo de experimento plantilla para cada sitio (seis en total) con la ayuda del programa X create incluido en el sistema. Este archivo plantilla contenía la información general del manejo del cultivo, que sería igual para todos los experimentos. Se crearon los archivos de experimento, 10 para cada uno de los sitios. Estos sitios se definieron como tratamientos de cambio climático.

3.9 Carrida del modelo y almacenamiento de la información

Con los archivos de suelo, de clima y de experimento dentro del programa se procedió a correr el modelo de simulación almacenando toda la información en archivos. Debido a la gran cantidad de resultados que el modelo ofreció se procedió a seleccionar la información necesaria para los análisis de rendimiento como son días a la madurez fisiológica, Precipitación, Evapotranspiración, Biomasa total en el ciclo y Temperaturas promedio acumuladas durante el ciclo del cultivo.

IV RESULTADOS Y DISCUCIONES

Los resultados presentados en este trabajo son producto de simulaciones realizadas con programas y modelos de cultivo desarrollados por investigadores. Usando datos climáticos reales como referencia, para evaluar la hipótesis de como se comportará el clima de Nicaragua en las próximas décadas, y la relación de ese probable cambio en la producción del cultivo soya.

Es oportuno mencionar que los resultados generados por el modelo del cultivo SOYGRO-Soya son rendimientos simulados, y no representan valores absolutos y además la importancia de este estudio es la de analizar las variaciones de estos rendimientos potenciales con respecto a un período de referencia sin embargo estos resultados se pueden considerar como una guía válida del comportamiento del cultivo soya en los sitios estudiados en cualquiera de las situaciones climáticas propuestas, pues muestran las potenciales respuestas de este cultivo a cambios en el clima. Los resultados de las simulaciones se presentan en el Cuadro 4 .

Es evidente la variabilidad del rendimiento que se muestra más acentuado a medida que avanzamos en los horizontes de tiempo.

El comportamiento común entre los diferentes sitios, es presentar las máximas reducciones en el mayor horizonte de tiempo 2100 siendo el escenario pesimista de dicho horizonte que obtuvo los más bajos rendimientos para todos los sitios, a demás se observa que entre el escenario optimista y moderado en la mayoría de los sitios el valor del rendimiento obtenido es casi similar en ambos casos, debido a que en algunos meses del año los escenarios muestran las mismas tendencias de aumentos y reducción de la precipitación para dicho escenario. Cabe mencionar que las estaciones de Chinandega y Rivas los rendimientos fueron relativamente mayores que en los demás casos, por el contrario Nagarote resultó ser la más afectada por los Cambios Climáticos.

Cuadro 4 Rendimientos simulados para los diferentes escenarios y horizontes de tiempo en los diferentes sitios de estudio correspondientes al pacífico de Nicaragua (kg/ha).

Horizonte	Escenarios	Chinandega	León	Nagarote	Managua	Nandaime	Rivas
	Base	2724.32	2130.05	814.84	2189.74	2051.80	2321.63
2010	Optimista	2698.32	2017.0	719.95	2015.7	2004.12	2212.3
	Moderado	2698.26	2017.0	719.95	2015.7	2004.00	2212.4
	Pesimista	2678.68	1994.8	688.84	2006.7	2001.90	2207.2
2030	Optimista	2672.79	1947.8b	669.21	1913.2	1966.30	2160.1
	Moderado	2672.53	1947.0b	665.26	1912.8	1965.50	2159.3
	Pesimista	2666.37	1882.6b	664.58	1872.6	1959.90	2136.7
2100	Optimista	2246.2	1835.8b	600.8	1720.8	1903.00	2027.3
	Moderado	2142.6	1746.53	569.1	1621.3	1860.10	2012.6
	Pesimista	2125.4	1463.0	483.58	1355.0	1638.40	1782.16

4.1 Análisis de los rendimientos promedios simulados

Para la mejor comprensión de los resultados obtenidos (rendimientos), se realizó un análisis estadístico a cada sitio de estudio y a los factores que son determinantes en esta investigación como son los diferentes escenarios climáticos y las proyecciones de tiempo. Con ello se pudo determinar el comportamiento y las variaciones de los rendimientos en cada sitio detenidamente valorando la significancia estadística existente.

Los datos de rendimientos obtenidos para los diferentes escenarios y horizontes de tiempo en las simulaciones con el programa DSSAT, se analizaron por el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System), con un diseño de bloques completamente al azar (BCA) porque es un diseño más sencillo y se origina por la asignación aleatoria irrestricta de los tratamientos mencionados, además en este diseño pueden probarse muchos tratamientos y repeticiones a la vez, siendo flexible en este sentido y capaz de obtener en los análisis alto grado de precisión.

El horizonte BASE o año (1980), tomado como año de referencia histórica para las variables climáticas fue considerado como testigo. Se realizó comparación de medias entre escenarios y entre horizontes para un 95 % de confianza con la prueba de Tukey en base al diseño estadístico establecido.

Las Variaciones entre rendimientos promedios por Escenarios se muestran en el cuadro 5

Se puede observar que para Chinandega, Nagarote y Nandaime, no existen diferencias significativas entre los diferentes escenarios. Sin embargo la diferencia se manifiesta para las estaciones de León, Managua y Rivas quienes muestran otra categoría estadística en el escenario pesimista. El comportamiento general de los rendimientos para todos los sitios en los escenarios es decreciente desde el escenario optimista al pesimista.

Cuadro 5. Variaciones de Rendimientos Simulados entre Escenarios.

Escen.	Chinandega	León	Nagarote	Managua	Nandaime	Rivas
Optimista	2585.42 A	1982.71 A	701.21 A	1959.91 A	1938.30 A	2191.11 A
Moderado	2559.43 A	1960.17 A	692.30 A	1934.93 A	1970.36 A	2176.50 A
Pesimista	2548.70 A	1867.66 B	662.96 A	1856.05 B	1913.04 A	2111.95 B

El cuadro 6 muestra una mayor variabilidad de los datos obtenidos, y según el número de categorías estadísticas presentes parece que a medida se avanza en el tiempo existe un marcado rango de variabilidad de manera descendente desde el horizonte base al 2100. La estación que menor variabilidad presentó en el comportamiento de los rendimientos fue Chinandega. Para las demás estaciones existe significancia estadística entre los horizontes de tiempo del estudio.

Cuadro 6. Variaciones de Rendimientos Simulados entre Horizontes.

Horizontes	Chinandega	León	Nagarote	Managua	Nandaime	Rivas
Base	2724.32 A	2130.05 A	814.84 A	2189.74 A	2051.84 A	2321.63 B
2010	2691.75 A	2009.65 B	709.58 B	2012.79 B	2003.35 A	2210.61 B
2030	2670.56 A	1925.88 B	666.35 B	1899.60 C	1963.91 BA	2152.11 C
2100	2171.44 B	1681.81 C	551.19 C	1565.74 D	1800.49 B	1955.05 D

4.2 Diferencia entre escenarios y horizontes:

Es necesario mostrar una interacción de los rendimientos durante los escenarios y los horizontes simultáneamente para poder determinar cual será el comportamiento del cultivo soya y las variaciones en las diferentes situaciones del clima cambiante. Las demás interacciones se muestran en anexo 12.

Podemos observar en esta estación que la reducción de los rendimientos en los escenarios y horizontes es evidente y no existe una marcada variación entre el horizonte base y el 2010. Además los escenarios del horizonte base muestran similares categorías, lo mismo ocurre con los escenarios del horizonte 2010. Es hasta el horizonte 2030, donde las variaciones de las reducciones de los rendimientos se observan con mayor claridad mostrando significativas reducciones de acuerdo al número de categorías establecidas.

Cuadro 7. Diferencias de rendimientos simulados entre las interacciones (**Esc x Hor**) para los rendimientos simulados (kg\ha) en la estación Managua.

ESCENARIO	HORIZONTES DE TIEMPO			
	1980-Base	2010	2030	2100
OPTIMISTA	2189.74 A	2015.79 B	1913.26 CB	1720.84 D
MODERADO	2189.74 A	2015.79 B	1912.89 CB	1621.32 D
PESIMISTA	2189.74 A	2006.79 B	1872.63 C	1355.05 E

Chinandega

Además de ser la estación que muestra los mayores rendimientos con 2724.32 kg/ha, en la interacción de escenarios y horizontes, es la que muestra menor variabilidad climática al poseer únicamente dos categorías estadísticas que lo manifiesta. El cultivo en esta zona prácticamente se comporta eficazmente estable a las condiciones de clima adverso ejemplo 2698.26 kg/ha para el horizonte 2010 moderado, 2678.79 kg/ha para el horizonte 2010 pesimista y 2666.37 kg/ha para el 2100 pesimista. Aunque siempre con tendencia a la disminución paulatina de los rendimientos. Anexo 12.

León

Para esta estación la variabilidad de los resultados es considerable al presentar seis categorías estadísticas, desde el horizonte base con 2130.05 kg/ha vemos como disminuye considerablemente hasta 1947.05 kg/ha en el 2010 moderado continuando la tendencia con 1746.53 kg/ha para el 2030 moderado y 1746.53 kg/ha en el 2100 moderado (Ver anexo 12).

Nagarote

Además de ser la estación que presenta los más bajos rendimientos en todos los horizontes y escenarios, también presenta marcada variabilidad en los rendimientos al encontrarse hasta seis categorías estadísticas. El horizonte base ó 1980 de referencia en este caso es el más bajo dentro de las estaciones estudiadas con apenas 814.84 kg/ha con tendencia a bajar dramáticamente, en los demás escenarios y horizontes ejemplo 719.95 kg/ha para el horizonte 2010 moderado, 665.26 kg/ha para el 2030 moderado y 569.16 kg/ha en el 2100 moderado (Ver anexo 12).

Nandaime

Nandaime presenta seis categorías estadísticas al igual que León y Nagarote, la variación de los rendimientos se muestra de la siguiente manera: 2015.79 kg/ha en el año base, 2004.1 kg/ha en el 2010 moderado, 1965.5 kg/ha para el 2030 moderado y hasta 1860.1 kg/ha para el 2100 del mismo escenario (Ver anexo 12) .

Rivas

Después de Chinandega, Rivas es la que menor variabilidad presentó en las reducciones de los rendimientos obtenidos con apenas tres categorías que definen esta variabilidad de acuerdo al tiempo como poco significativo, en comparación con las demás estaciones. El comportamiento es el siguiente: 2321.63 kg/ha en año base 2212.32 kg/ha en el 2010, 2159.37 kg/ha en el 2030 y 2012.68 kg/ha en el 2100 todos para un escenario moderado (Ver anexo 12) .

En general la variación de los resultados obtenidos es claramente observada en sitios que tienen mayor número de categorías estadísticas (entre horizontes), no así en el caso de los escenarios donde las variaciones de los rendimientos, y el número de categorías son menores. Producto de las variaciones climáticas anuales propias de cada sitio

4.3 Reducción Porcentual calculada para los diferentes escenarios y horizontes de tiempo establecidos respecto al año base:

El horizonte de tiempo denominado base (1980) se utilizó como testigo para determinar el porcentaje de disminución o aumento de los rendimientos a través de los diferentes horizontes de tiempo y los distintos escenarios.

En el cuadro 8 se presentan las reducciones porcentuales de los rendimientos por escenarios y horizonte con respecto al rendimiento promedio del año base o testigo para los sitios en estudio.

Chinandega: Como se puede observar en el cuadro 8, existe una tendencia de disminución de los rendimientos desde el menor horizonte (2010) hasta el mayor (2100) de manera general. También ocurre algo interesante en los escenarios optimistas (c) y el moderado (d) en los horizontes de tiempo 2010 y 2030 al presentar similares cantidades de reducción 1.0 y 1.9% de reducción respecto al base; esto se puede explicar porque en esos dos casos los escenarios son relativamente iguales. El comportamiento del cultivo a condiciones extremas de temperatura y reducciones de precipitación 2100(a) para el estudio obliga a reducir hasta en un 22% el rendimiento respecto al base. Pero hay que considerar que entre las estaciones en estudio esta presentó los mayores rendimientos para el año base. Cuadro 8

León: Podemos decir que existe una semejanza en la interpretación de los resultados con respecto a la estación de Chinandega porque las máximas reducciones se presentan para el máximo horizonte de tiempo 2100(a), con un considerable 31.3%, o sea 667 kg/ha de reducción, aunque existe poca variabilidad en las reducciones en los horizontes intermedios producto de la semejanza de los escenarios (c) y (d) en los horizontes 2010, 2030 esto se ve diferenciado en el 2100 (a). Ver cuadro 8.

Nagarote: Es la estación que al contrario de Chinandega presenta los rendimientos más bajos que todas las estaciones respecto al año base, también es la que presenta el mayor porcentaje de reducción y corresponde al horizonte y escenario 2100(a). A diferencia de los demás sitios Nagarote presenta considerables reducciones de rendimientos en el horizonte más cercano al base (2010) esto nos pone entre ver que el cultivo es sensible a las variaciones climáticas del lugar y que necesariamente no existen las mejores condiciones de clima para el buen desarrollo del cultivo. A medida que aumentan los horizontes de tiempo las reducciones son más considerables. Ver cuadro 8

Managua: La tendencia para Managua es que a mayor horizonte de tiempo mayor será el impacto que tendrá el cultivo por los cambios climáticos los datos indican poca variabilidad en cuanto a las reducciones entre los horizontes excepto para el horizonte y escenario 2100(a), pesimista, que aumenta considerablemente su reducción hasta 38.1% respecto a los demás horizontes y escenarios del año base, es posible divisar igualdades para los escenarios : c y d (optimista y moderado) en los horizontes 2010 y 2030 por las causas antes mencionadas. Cuadro 8

Nandaime: Después de Chinandega y Nandaime es la estación que presenta los mayores rendimientos, a demás presenta poca variabilidad en cuanto a las reducciones por horizontes lo que indica que el cultivo de soya en el sitio se verá poco afectado en los horizontes intermedios (2010, 2030). Como es de costumbre 2100(a) presenta las mayores reducciones aunque de manera discreta en relación a los demás sitios. Ver cuadro 8.

Rivas: Los escenarios (a); llamados pesimistas mostraron reducciones evidentes para cada uno de los horizontes. Se puede observar ese comportamiento patrón para las demás estaciones y de igual forma semejanzas entre escenarios (c y d), optimista y moderado para los horizontes 2010 y 2030 y para el 2100(a) las mayores reducciones con 23.2%.

Cuadro 8 Reducción Porcentual para los diferentes escenarios y horizontes de tiempo establecidos respecto al año base:

Escenario	Chinandega		León		Nagarote		Managua		Nandaimé		Rivas		
	(Kg/Ha)	%	(Kg/Ha)	%	(Kg/Ha)	%	(Kg/Ha)	%	(Kg/Ha)	%	(Kg/Ha)	%	
Base	2724.3	0.0	2130.1	0.0	814.8	0.0	2189.7	0.0	2051.8	0.0	2321.6	0.0	
2010	c	2698.3	-1.0	2017.1	-5.3	719.9	-11.6	2015.8	-7.9	2004.1	-2.3	2212.3	-4.7
	d	2698.3	-1.0	2017.1	-5.3	719.9	-11.6	2015.8	-7.9	2004.0	-2.3	2212.3	-4.7
	a	2678.7	-1.7	1994.8	-6.3	688.8	-15.5	2006.8	-8.4	2001.9	-2.4	2207.2	-4.9
2030	c	2672.8	-1.9	1947.9	-8.6	669.2	-17.9	1913.3	-12.6	1966.3	-4.2	2160.2	-7.0
	d	2672.5	-1.9	1947.1	-8.6	665.3	-18.4	1912.9	-12.6	1965.5	-4.2	2159.4	-7.0
	a	2667.6	-2.1	1882.7	-11.6	664.4	-18.5	1872.6	-14.5	1959.9	-4.5	2136.8	-8.0
2100	c	2246.3	-17.5	1835.8	-13.8	600.8	-26.3	1720.8	-21.4	1903.0	-7.3	2070.4	-10.8
	d	2142.6	-21.4	1746.5	-18.0	569.2	-30.2	1621.3	-26.0	1860.1	-9.3	2012.7	-13.3
	a	2125.4	-22.0	1463.1	-31.3	483.6	-40.7	1355.1	-38.1	1638.4	-20.1	1782.2	-23.2

c = Optimista, d = Moderado, a = Pesimista.

En la figura 1 se presenta de las reducciones encontradas de las diferentes estaciones. Es importante señalar que si bien se tienen rendimientos simulados para varios escenarios y horizontes, el objetivo del estudio es analizar las variaciones encontradas entre los escenarios y horizontes.

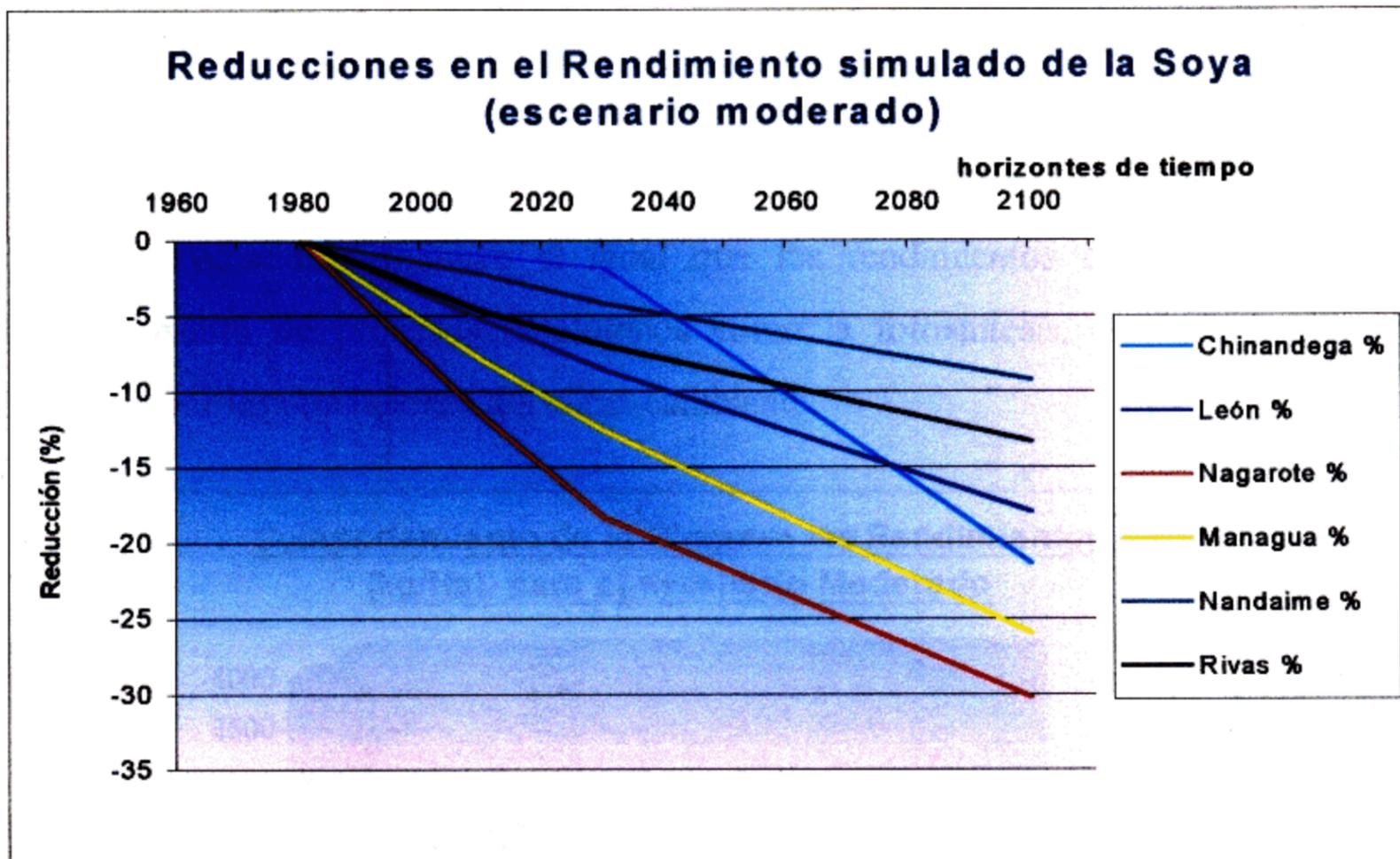


Figura 1 Comportamiento porcentual de las reducciones en los Rendimientos promedios simulados.

4.4 Comportamiento del cultivo ante los cambios climáticos y sobre la producción de biomasa

Como se ha visto anteriormente el cultivo de soya responde a los eventuales cambios climáticos, y a medida que se presentan condiciones climáticas próximas al rango de tolerancia del cultivo algunos procesos fisiológicos dentro de la planta se ven afectados traduciéndose en reducciones graduales de los rendimientos.

Para la mayoría de las leguminosas, los factores climáticos que más inciden en la duración de las etapas de desarrollo son la luz y la temperatura. Tanto los promedios de estos factores como las variaciones diarias y estacionales de la temperatura, desempeñan una función importante en la duración de las etapas de desarrollo (W. Jeffrey, 1991). Porque a cualquier proceso de crecimiento está influenciado por la temperatura debido a la sensibilidad de las reacciones bioquímicas y a la producción y transformación de azúcares a materia seca.

Para evaluar estos factores se realizó un análisis del comportamiento de la Biomasa total producida durante el ciclo contra rendimiento producido para los diferentes horizontes de tiempo en el escenario Moderado para la estación de León se puede observar en la figura 2 como a medida que existe mayor proyección en los horizontes de tiempo en el escenario Moderado la biomasa producida disminuye al igual que los rendimientos del cultivo producto del mal funcionamiento de procesos fisiológicos como la fotosíntesis, día a la madurez que fueron alterados por las condiciones del clima cambiante.

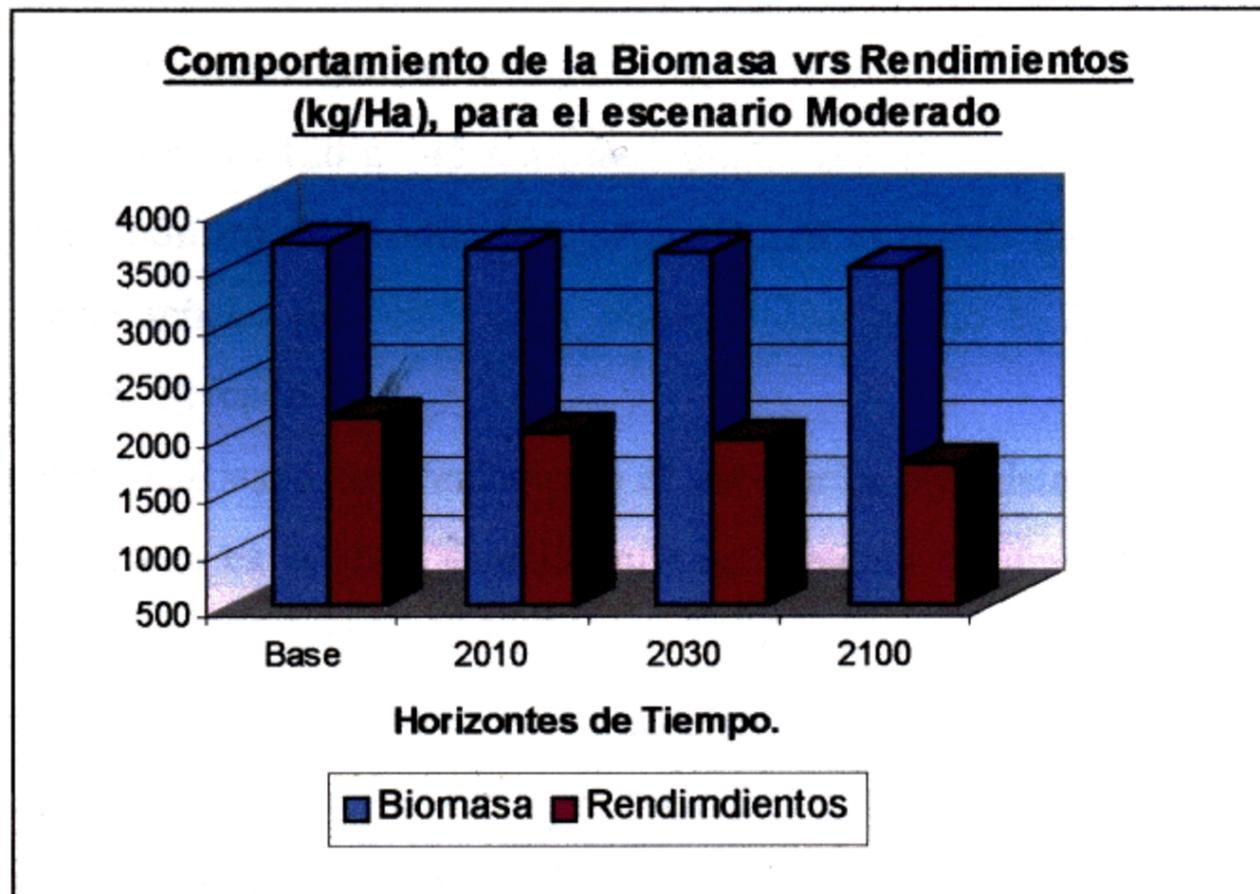


Figura 2 Comportamiento de la biomasa total en el escenario Moderado (Amador, 2000)

4.5 Análisis de riesgo económico de producción

Debido a la importancia de reconocer en una representación gráfica la variabilidad climática, sobre todo para los diferentes sitios del estudio se tomó en cuenta realizar un análisis frecuencial (anual) a la serie de datos obtenidos por el programa DSSAT (rendimientos) como siempre tomando en cuenta la serie de años requeridos para el estudio (1970-1989). Para realizarlo se comparó los rendimientos obtenidos durante los diferentes escenarios climáticos y horizontes de tiempo, con el umbral de rendimiento previamente calculado el cual contempla el valor mínimo de rendimientos en kg/ha que un determinado productor debe de producir bajo ciertas condiciones de manejo.

Para llegar a un punto de equilibrio económico durante un ciclo productivo el cual corresponde a 949.406 kg/ha representa el mínimo necesario para equiparar los costos.

En otras palabras rendimientos inferiores a éste representan costos de producción superiores a los beneficios. Este valor fue posible determinarlo al tomar en cuenta todas las labores de cultivo de soya comúnmente utilizados por los productores del pacífico de Nicaragua gracias a las cartas tecnológicas que propone el INTA y el banco central en los programas de desarrollo regional y nacional. Los costo necesarios para producir una manzana de soya con un manejo tecnificado en la región del Pacífico es aproximadamente de 3266.89 córdobas ó \$ 2551.30 considerando una tasa de cambio de 13.0 córdobas el dólar. El precio de un quintal en el mercado oscila entre 120 a 145 córdobas al año, ó \$ 10 dólares por quintal. Para sacar el índice de riesgo económico de producción, se consideró el precio de 120 córdobas el quintal casi 10 dólares, cabe señalar que este valor puede oscilar según la época del año y la demanda del producto en el mercado.

4.4.1 Análisis de Riesgo económico para el escenarios optimista para todos los sitios

Chinandega es la única estación que no presenta ningún valor por debajo del umbral para este escenario de dieciocho observaciones para cada horizonte. En segundo orden se encuentra Rivas con 5.26% de los rendimientos por debajo del umbral uno para cada horizonte: base, 2010, 2030 y 2100; Nandaime presenta de igual forma 5.26% de los rendimientos por debajo del umbral en los horizontes 2010 y 2030 respectivamente, pero 10.53% en el 2100. Managua presenta igual comportamiento en los dos primeros horizontes que Rivas, hasta el 2030 que presenta 10.53% y en el 2100 con 26.32%. León presenta en el base 10.53% por debajo del umbral y 15.79% para el resto de los horizontes

Nagarote es el que mayor valor de los rendimientos simulados se encuentran por bajo del umbral, para el base 73.68% a igual que el 2010, el 2030 con 84.21% y 2100 con 89.47%. Los resultados se muestran en la figura 3

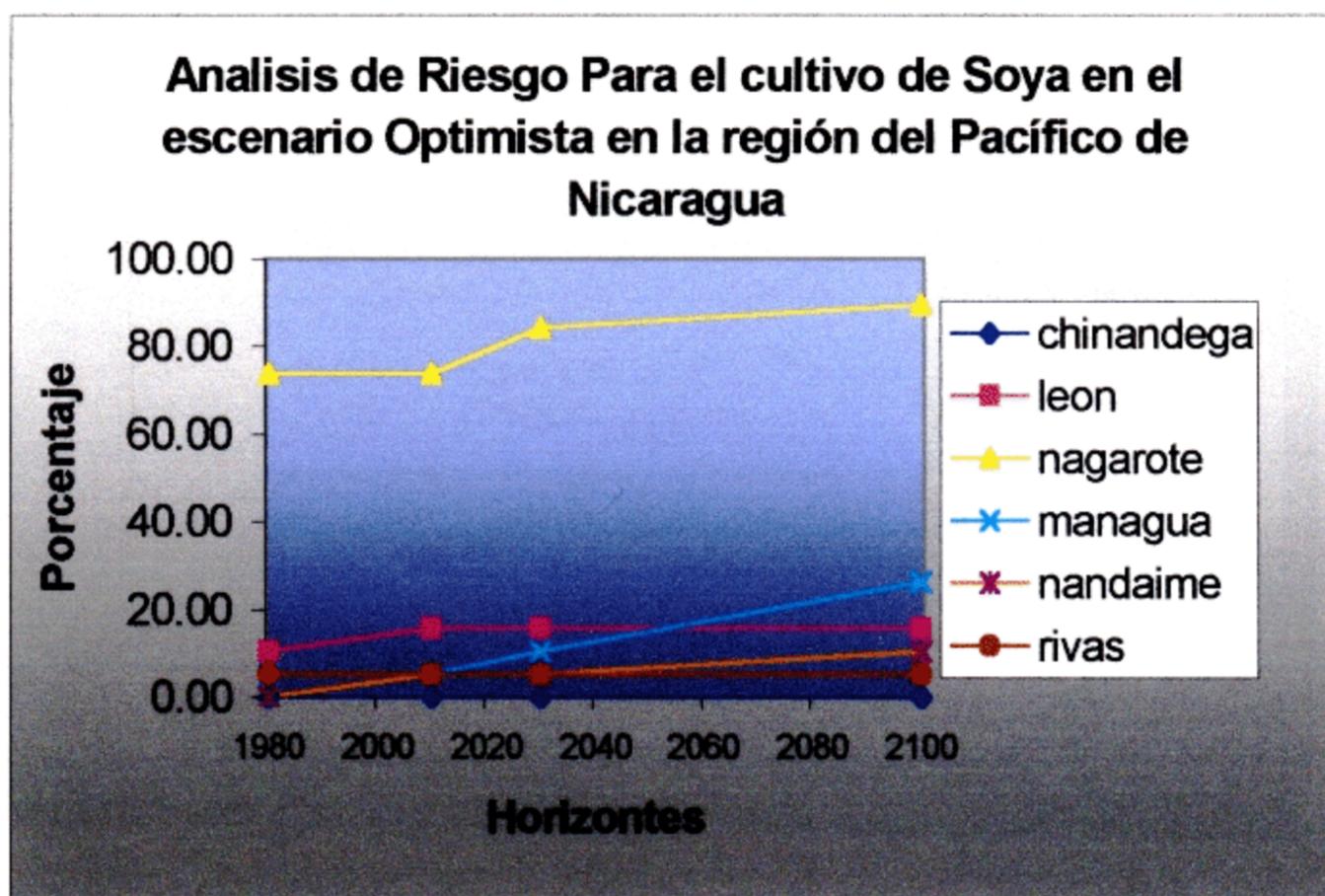


Figura 3 Análisis de riesgo económico para el escenario optimista

4.4.2 Análisis de Riesgo económico para el escenarios moderado para todos los sitios

Chinandega no presenta valores por debajo del umbral. León varía de 10.53% en el base a 21.05% en 2100. Nagarote varía de 73.68% en el base hasta un 94.74% en el 2100. Managua presenta de 5.26 % en el base a 31.58% en 2100. Nandaime varía de 0 % en el base a 10.53% en el 2100 Rivas presenta 5.26% de valores por debajo del umbral uno por horizonte, Los resultados se muestran en la figura 4

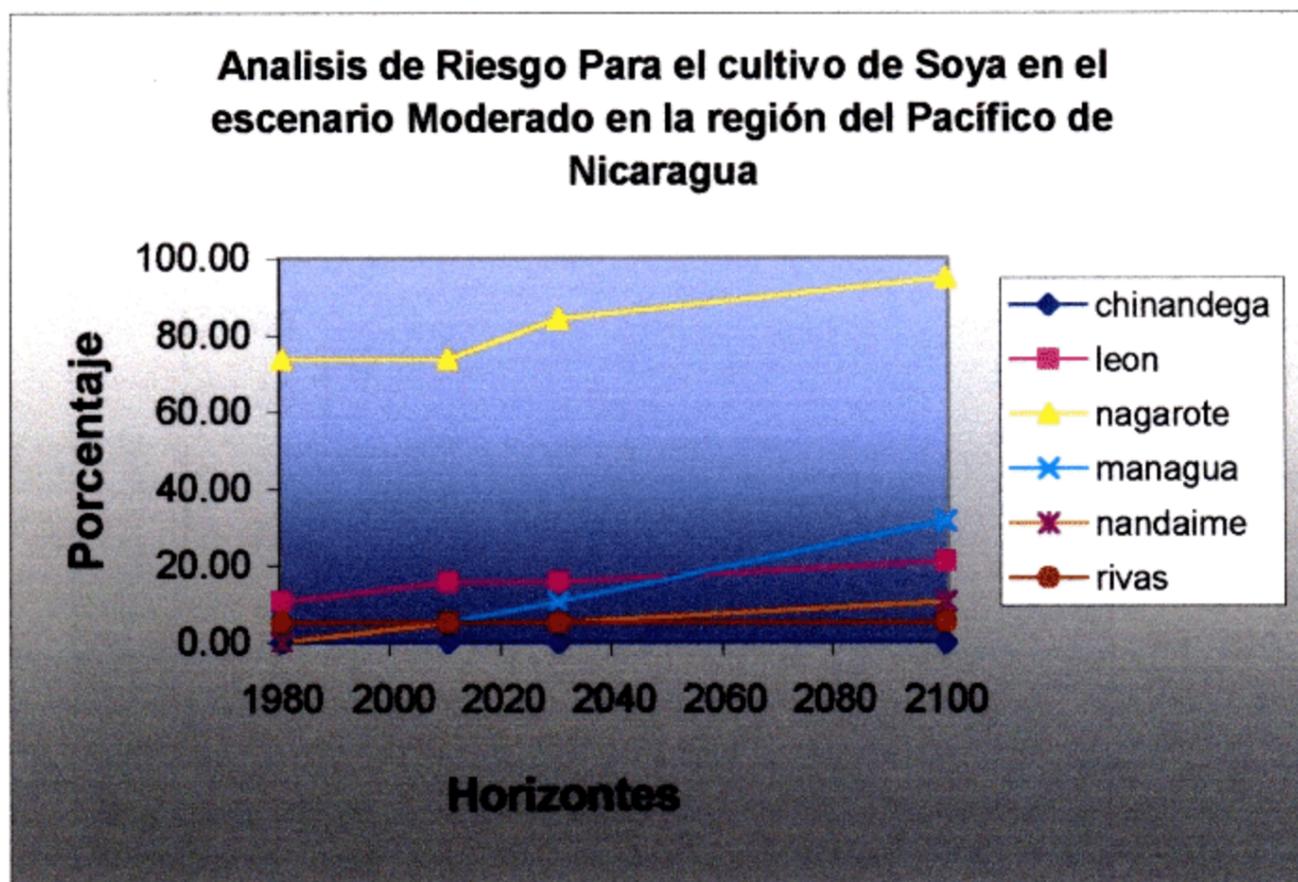


Figura 4 Análisis de riesgo económico para el escenario moderado

4.4.3 Análisis de Riesgo económico para el escenarios pesimista para todos los sitios

Chinandega presenta de 0% en el base hasta 5.26% en el 2100. León de 10.53% a 26.32 en los mismos horizontes, Nagarote de 73.68% hasta 100%, Managua de 5.26% a 42.11%, Nandaime va de 0 a 15.79% y Rivas de 5.26% a 15.79%, todos referidos al horizonte base y al 2100. Ver la siguiente figura.5.

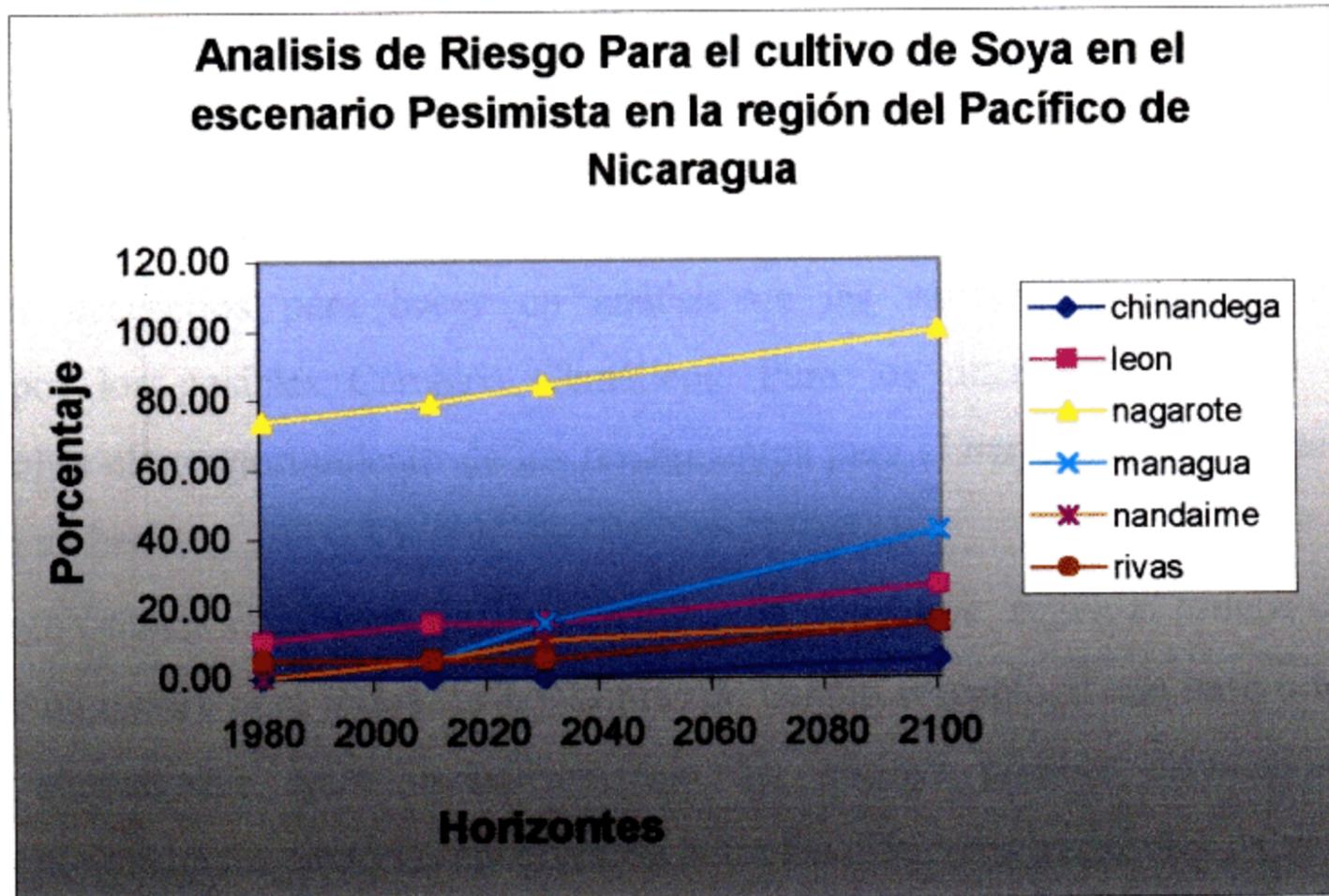


Figura N 5 Análisis de riesgo económico para el escenario pesimista.

La tendencia de los valores por debajo del umbral durante los diferentes escenarios van en aumento, desde el escenario hasta el pesimista, manifestándose severamente en la estación de Nagarote hasta llegar al 100% de todos los valores por debajo del umbral en el escenario Pesimista,. en este escenario aumentan a través que divisamos el mayor horizonte de tiempo, condiciones más críticas en cuanto al aumento de temperaturas y mayores reducciones de las precipitaciones, pero la estación de Chinandega rompe todos los esquemas con un solo valor en este escenario para representar 5.26% de sus valores por debajo del umbral.

V CONCLUSIONES

El programa DSSAT y el modelo del cultivo SOYGRO-Soya, prevé los valores de los rendimientos necesarios para hacer un análisis de las variaciones de los rendimientos atribuidos por los posibles Cambios Climáticos. Para los diferentes sitios de estudio la hipótesis sobre el comportamiento de los rendimientos para el mayor horizonte de tiempo se convirtió en un hecho.

* Existe significancia estadística de los rendimientos simulados según la prueba de TUKEY con 95% de confianza para todos los horizontes de tiempo respecto al año base o testigo. Las diferencias encontradas entre escenarios bajo las mismas pruebas estadísticas no son suficientemente evidentes como las encontradas entre los diferentes horizontes de tiempo.

Es evidente la tendencia encontrada para todas las estaciones, los rendimientos disminuyen entre horizontes desde el menor (2010) al mayor (2100) pero con más relevancia para el último.

*La estación de Chinandega presentó los mayores rendimientos entre escenarios, año base y horizontes de tiempo. También los menores valores por debajo del umbral establecido. Agroecológicamente existe una armonía entre el cultivo y el sitio, en las proyecciones de los horizontes. Sin embargo es evidente que el cambio climático afecta considerablemente los rendimientos del cultivo soya en zonas agro ecológicas que no tienen amortiguamiento, son susceptibles a los aumentos de temperaturas y disminuciones de precipitación como es el caso de Nagarote, que además presenta 100% de la producción promedio por debajo del umbral establecido en el horizonte 2100 pesimista.

*Fisiológicamente el cultivo fue afectado considerablemente hasta llegar a reducir la producción de biomasa sobre todo entre horizontes lo que se tradujo en una baja del rendimiento proyectado.

* El comportamiento de los escenarios Optimistas (c) y Moderados (d), entre los horizontes de tiempo 2010 y 2030 son similares para la mayoría de las estaciones porque los valores de dichos escenarios climáticos proyectados para Nicaragua son iguales para algunos meses del año.

*La reducción porcentual de las estaciones respecto al año base tubo el siguiente orden de mayor a menor: (Nagarote, Managua, León, Rivas, Chinandega, Nandaime).

*Para el análisis de frecuencia respecto al umbral establecido las estaciones que presentaron mayores valores por debajo del humbral fueron: de mayor a menor.(Nagarote, Managua, León, Rivas, Nandaime, Chinandega.).

VI RECOMENDACIONES

- ◆Continuar la investigación en vía a lograr una calibración del DSSAT (modelo SOYGRO) al cultivo de soya para nuestras condiciones agroecológicas existentes, para obtener mayor precisión en los resultados de las simulaciones.

- ◆Expandir el estudio a otros cultivos y zonas de importancia económica del país como: Arroz, caña de azúcar, otras oleaginosas, raíces y tubérculos etc.

- ◆Contar con una base de datos meteorológicos sumamente amplia en sus registros históricos. completa y sobre todo de buena calidad.

- ◆Para el caso del cultivo de soya es necesario utilizar variedades resistentes a las condiciones de clima adversos sobre todo en los sitios que se prevén mayores impactos de la variación climática (Nagarote).

- ◆Sembrar variedades de Ciclo corto y preferiblemente utilizar un marco de siembra moderado que evite la competencia del agua y nutrientes.

- ◆Establecer un sistema de cultivo integrado, y de manejo adecuado a las condiciones agro ecológicas existentes y propias de cada agricultor de tal manera que prevalezca una agricultura alternativa y a bajo costo.

- ◆Tomar en cuenta como una de las prioridades la capacidad de uso del suelo en vía a implementar una adecuada administración de los recursos naturales renovables y no renovables con carácter conservacionistas y sostenible.

VII BIOGRAFIA CONSULTADA

- Arróliga, F.; Rivas, V. Ramón; Rodríguez, R. J., 1997. "**Evaluación de un eventual Cambio Climático en los cultivos de maíz, frijol y sorgo**". Managua, Nicaragua. 30 páginas.
- Campo O. Max, 1998. "**Escenarios de Cambio Climático para la Evaluación de Impactos en Nicaragua**". Segundo informe de resultados (Proyecto de Cambios Climáticos, MARENA). Managua. Nicaragua. 19 páginas.
- CIESIN, 2000 (Consortium For International Earth Science Information Network) Database.
<http://www.CIESIN.com/>
- Farias I.R.B. 1995 **Soya etapas de desarrollo de la planta, factores climáticos, influyentes** 17 páginas.
- García de Miranda E .1987 **Apuntes de climatología. (UNAM) Mexico. DF. 155 pag.**
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG-CEA) Centro Experimental del Algodón, 1988. **Guía técnica para el cultivo de la soya** 26 Páginas.
- Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), 1998. "**Guías técnicas para la producción de semillas de Granos Básicos y oleaginosas**". Dirección de Semilla. Managua, Nicaragua. Páginas 1-19.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG-MINDINRA-DGA. **Proyecto de Ordenamiento del Sistema Productivo de la Región II (1988)** 112 Páginas.
- Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 1995. "**IPCC-Segunda Evaluación. Cambio Climático 1995**". Roma, Italia. 71 páginas.
- Rapidel B.; Picado F.; Torres M; Torres B., 1999. "**Guía para Comprender el Cambio Climático en Nicaragua**". Managua, Nicaragua. 62 páginas
- Reilly, J., 1995. "**Agriculture in a Changing Climate; Impacts and Adaptation**". U.S.A.44 páginas.
- Retana , Villalobos 1999. "**Vulnerabilidad de la Agricultura ante un cambio climático en los cultivos de frijol, papa y café en Costa Rica**".
- Rosas Young , A Roberto. 1996. **El cultivo de la soya**. Zamorano 67 Páginas.
- Tsuji Y., Gordon; Jones W., James; Balas ,S. 1994. "**DSSAT Versión 3. Volumen I-II**" . Honolulu, Hawaii. 163 páginas.
- W.White, Jeffrey. 1991. **Investigación y protección de Leguminosas.** 185 pág.

VIII ANEXOS

Detalles de archivos de presentación de Experimentos. ANEXO 1

NOMBRE INTERNO	NOMBRE	DESCRIPCION
FILEP	Archivo de datos de presentación; parcelas	Datos de presentación (valores replicados ordenados por parcelas) para un experimento (usados para datos básicos experimentales desde el cual los datos de promedio y curso de tiempo son calculados).
FILED	Archivo de datos de presentación; fecha.	Datos de presentación (valores replicados, ordenados por fechas) para un experimento (usados para datos básicos experimentales desde el cual los datos de promedio y curso de tiempo son calculados).
FILEA	Archivo de datos de presentación; promedio.	Valores promedios de datos de presentación para un experimento (usado para comparar con los resultados de resumen del modelo)
FILET	Archivo de datos de presentación; curso de tiempo.	Datos de curso de tiempo (promedios) para un experimento. (Usados para comparaciones gráficas de los resultados medidos y simulados en el curso de tiempo).

Descripción de archivos de experimento ANEXO 2

NOMBRE INTERNO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
<u>EXPERIMENTO</u> FILEL	Archivo de lista de experimento	Lista todos los archivos de detalles de experimento disponible (FILXS)
FILEX	Archivo de detalle de experimento	Archivo de detalles de experimentos para un experimento específico: Tratamiento, condiciones del campo, manejo del cultivo y controles de simulación.
<u>CULTIVO Y CULTIVAR:</u> FILEC	Archivo de cultivar	Coefficiente cultivar variedad para una especie de cultivo y modelo.
FILEE	Archivo de Ecotipo	Coefficiente específico del Ecotipo para una especie de cultivo y modelo.
FILEG	Archivo de especie	Coefficientes específicos del cultivo (especie) para un modelo en particular.
<u>CLIMA Y SUELO:</u> FILEW	Archivo de dato de clima	Datos de clima, diario, para una estación período de tiempo específico.
FILES	Archivo de datos de suelo.	Datos de un perfil de suelo para un grupo de sitios experimentales en general o para un instituto específico.

Presentación de archivos de salida ANEXO 3

NOMBRE INTERNO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
OUTO	Archivo de vista general	Vista general de entrada y variables de cultivos y suelos.
OUTS	Archivo de Resumen	Resumen de la información: Variable de las entradas y salidas de los cultivos y suelos, una línea para cada ciclo del cultivo y/o corrida de modelos. Información detallada en secuencia del tiempo para:
OUTG	Archivo de crecimiento	Crecimiento
OUTC	Archivo de Carbono	Balance de Carbono
OUTW	Archivo de agua	Balance de agua
OUTN	Archivo de Nitrógeno	Balance de Nitrógeno
OUTP	Archivo de Fósforo	Balance de Fósforo
OUTD	Archivo de Plaga	Plagas, enfermedades (niveles de daños por malezas).

**ESCENARIOS PARA EL PACÍFICO DE NICARAGUA TEMPERATURA
PROMEDIO LAT. 12° 50' LOG. -87°.50'. ANEXO 4**

Escenario	Horizonte de Tiempo	Dí Te	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
IS 92 a (pesimista)	2010	0.6	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9
	2030	1.1	1.5	1.4	1.3	1.4	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5
	2050	1.6	2.2	2.0	1.9	2.0	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.0	2.2	2.2
	2070	2.0	2.8	2.6	2.5	2.6	3.0	3.0	2.8	2.8	2.8	2.6	2.8	2.9
	2100	2.7	3.8	3.5	3.4	3.5	4.0	4.1	3.8	3.8	3.7	3.5	3.8	3.9
IS 92 d (moderado)	2010	0.6	0.8	0.8	0.7	0.7	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	2030	0.9	0.3	0.2	1.1	1.2	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3
	2050	1.3	1.8	1.6	1.6	1.6	1.8	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.8	1.8
	2070	1.5	2.1	2.0	1.9	1.9	2.2	2.3	2.1	2.1	2.1	2.0	2.1	2.2
	2100	1.9	2.6	2.4	2.3	2.4	2.4	2.7	2.8	2.6	2.6	2.4	2.6	2.7
IS 92 c (optimista)	2010	0.6	0.8	0.8	0.7	0.7	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	2030	0.9	1.3	1.2	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3
	2050	1.2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7
	2070	1.4	2.0	1.8	1.7	1.8	2.0	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8	2.0	2.0
	2100	1.6	2.2	2.0	1.9	2.0	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.0	2.2	2.2

Observación para el análisis:

La temperatura sobre la vertiente del Pacífico se incrementa en mayor magnitud que sobre el Caribe, lo anterior es consistente con el comportamiento normal del clima sobre Centro América, en donde la T° depende de la cobertura nubosa y de la compresión adiabática del aire. Esto podría suponer un aumento en los vientos alisios, lo cual podría deber a un fortalecimiento de la zona de alta presión del Atlántico Norte. Lo anterior deberá ser consistente con los cambios en la precipitación sobre el Pacífico y Caribe que durante gran parte del año está influenciada por los vientos alisios.

De acuerdo con los datos de precipitación para el 2100 la reducción de la precipitación se presenta principalmente en los primeros meses de año, lo cual es consistente con las observaciones descritas anteriormente (Campos 1998).

Pacífico y Caribe que durante gran parte del año están influenciada por los vientos alisios.

De acuerdo con los datos de precipitación para el 2100 la reducción de la precipitación se presenta principalmente en los primeros meses del año, lo cual es consistente con las observaciones descritas anteriormente (Campo 1998)

ESCENARIOS PARA EL PACÍFICO DE NICARAGUA PRECIPITACION
PROMEDIO LAT. 12° 50' LOG. -87° 50'. ANEXO 5

Escenario	Horizonte de Tiempo	Del T	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
IS 92 a (pesimista)	2010	0.6	-14.3	-13.3	-15.8	-11.8	-9.1	-6.9	-8.8	-9.3	-7.7	-4.4	-11.3	-12.9
	2030	1.1	-24.5	-22.3	-27.1	-20.2	-15.7	-11.8	-15.1	-16.0	-13.2	-7.5	-19.3	-22.2
	2050	1.6	-35.5	-32.3	-39.3	-29.3	-22.7	-17.1	-21.9	-23.2	-19.1	-10.9	-28.0	-32.2
	2070	2.0	-46.3	-42.1	-51.1	-38.1	-29.6	-22.3	-28.6	-30.2	-24.9	-14.2	-36.5	-41.9
	2100	2.7	-61.9	-56.3	-68.4	-51.0	-39.6	-29.9	-38.2	-40.5	-33.3	-19.0	-48.9	-46.0
IS 92 d (moderado)	2010	0.6	-13.3	-12.1	-14.7	-11.0	-8.5	-6.4	-8.2	-8.7	-7.2	-4.1	-10.5	-12.1
	2030	0.9	-21.2	-19.3	-23.4	-17.4	-13.6	-10.2	-13.1	-13.8	-11.4	-6.5	-16.7	-19.2
	2050	1.3	-28.6	-26.0	-31.6	-23.5	-18.3	-13.8	-17.6	-18.7	-15.4	-8.8	-22.5	-25.9
	2070	1.5	-34.8	-31.7	-38.5	-28.7	-22.3	-16.8	-21.5	-22.8	-28.7	-10.7	-27.5	-31.5
	2100	1.9	-42.8	-39.0	-47.3	-35.3	-27.4	-20.6	-26.4	-28.0	-23.0	-31.1	-33.8	38.7
IS 92 c (optimista)	2010	0.6	-13.3	-12.1	-14.7	-11.0	-8.5	-6.4	-8.2	-8.7	-7.2	-4.1	-10.5	-12.0
	2030	0.9	-20.9	-19.0	-23.1	-17.2	-13.4	-10.1	-12.9	-13.7	-11.3	-6.4	-16.5	-18.9
	2050	1.2	-27.5	-25.0	-30.4	-22.6	-17.6	-13.2	-17.0	-17.9	-14.8	-8.4	-21.7	-24.9
	2070	1.4	-32.0	-29.2	-35.4	-26	-20.5	-15.4	-19.8	-20.9	-17.2	-9.8	-25.3	-29.0
	2100	1.6	-35.6	-32.4	-39.3	-29.3	-22.8	-17.1	-22.0	-23.2	-19.1	-10.9	-28.1	-32.2

Anexo # 6 Recopilación de la información edáfica.

Lugar	N°	Subgrupo taxonómico	ph	da	textura	Código	C. Org	N total	CIC	Coordenadas	
										Long.	Lat.
Chinandega	Ch1	Mollic Vitrandepts	6.7	0.9	Franco arenoso	SALO	2.436	2.1	17	86.196°	12.641°
			6.0	1.0	Franco arenoso	SALO	0.580	0.95	14		
León	Le1	Mollic Vitrandepts	6.7	0.8	Franco arenoso	SALO	1.334	1.15	21	86.849°	12.470°
			7.0	0.9	Franco arenoso	SALO	1.218	1.05	13		
Nagarote	N1	Mollic Vitrandepts	6.6	0.9	Franco arenoso	SALO	3.480	3	15	86.639°	12.063°
			7.0	0.8	Areno Francosa	LOSA	1.740	1.5	11		
Managua	M1	Typic Durandepts	6.8	1.0	Franco	LO	2.494	2.15	260	86.464°	12.063°
			7.1	1.0	Franco	LO	1.276	1.1	210		
Nandaime	Nm2	Udic Argiustolls	6.0	1.2	Arcilloso	CL	1.392	1.2	37	86.0197°	11.171°
			6.1	1.1	Arcilloso	CL	0.464	0.4	37		
Rivas	R2	Udic Haplustalfs	6.1	1.3	Franco Arcilloso	CLLO	1.682	1.45	380	85.835°	11.447°
			6.5	1.4	Franco Arcillo limoso	SICLL	0.638	0.55	25		

Información General de las estaciones (inventario) ANEXO 7

ESTACION	CODIGO INETER	TIPO	ELEV. (msnm)	LATITUD (Norte)	LONG (Oeste)	T°PROM. ANUAL	PARAMETROS			
							RAD	TMIN	TMAX	RAI
Chinandega	064018	HMP	60	11°26'06"	87°08'00"	27.6 °C	X	X	X	X
León	064043	HMP	60	12°32'00"	87°03'00"	27.2 °C	X	X	X	X
Nagarote	069085	AG	80	12°15'18"	86°33'42"	26.6 °C	-	-	-	X
Managua	069027	HMP	56	12°08'36"	86°09'49"	26.6 °C	X	X	X	X
Nandaime	069033	AG	95	11°43'18"	86°02'48"	26.6 °C	-	-	-	X
Rivas	069070	HMP	70	11°26'06"	85°50'00"	26.4 °C	X	X	X	X

X= Disponibilidad de información para cada parámetro.

Conversión y llenado de datos Climáticos Faltantes en los sitios de estudio ANEXO 8

Año	Chinandega				León				Nagarote				Managua				Nandaime				Rivas			
	S	TM	Tm	r	S	TM	Tm	r	S	TM	Tm	r	S	TM	Tm	r	S	TM	Tm	r	S	TM	Tm	r
71	G	R	R	R	G	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	G	R	R	R
72	G	R	R	R	G	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	G	R	R	R
73	G	R	R	R	G	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	G	R	R	R
74	G	R	R	R	G	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	G	R	R	R
75	G	R	R	R	G	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	G	R	R	R
76	G	R	R	R	G	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	G	R	R	R
77	G	R	R	R	G	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	G	R	R	R
78	G	R	R	R	G	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	G	R	R	R
79					G				G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	G	R	R	R
80	G	R	R	R	G	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	G	R	R	R
81	G	R	R	R	G	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	G	R	R	R
82	G	R	R	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R
83	G	R	R	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R
84	G	R	R	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R
85	G	R	R	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R
86	G	R	R	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R
87					R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R				R	R	R	R	R
88	G	R	R	R	R	R	R	R				R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R
89	G	R	R	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R	G	G	G	R	R	R	R	R

(G) = Generación realizada (generación de datos diarios).

(R) = Datos diarios Reales.

S : Insolación

TM : Temperatura máxima

Tm : Temperatura mínima

R : Lluvia

⇒ Mascarilla de fórmulas para aplicar escenarios de Precipitación a los años del período de referencia ANEXO 9

Años	Horizontes de Tiempo			Escenarios Climáticos			
BASE	2010 *	2030 *	2100 *	mes	2010	2030	2100
X_1	$X_1(A_1/100 + 1)$	$X_1(B_1/100 + 1)$	$X_1(C_1/100 + 1)$	E	A_1	B_1	C_1
.	.	.	.	F	A_2	B_2	C_2
.	.	.	.	M	A_3	B_3	C_3
.	.	.	.	A	A_4	B_4	C_4
X_{32}	$X_{32}(A_2/100 + 1)$	$X_{32}(B_2/100 + 1)$	$X_{32}(C_2/100 + 1)$	M	A_5	B_5	C_5
.	.	.	.	J	A_6	B_6	C_6
.	.	.	.	J	A_7	B_7	C_7
.	.	.	.	A	A_8	B_8	C_8
X_{61}	$X_{61}(A_3/100 + 1)$	$X_{61}(B_3/100 + 1)$	$X_{61}(C_3/100 + 1)$	S	A_9	B_9	C_9
.	.	.	.	O	A_{10}	B_{10}	C_{10}
.	.	.	.	N	A_{11}	B_{11}	C_{11}
.	.	.	.	D	A_{12}	B_{12}	C_{12}
X_{365}	$X_{365}(A_{12}/100 + 1)$	$X_{365}(B_{12}/100 + 1)$	$X_{365}(C_{12}/100 + 1)$				

⇒ Mascarilla de fórmulas para aplicar escenarios de Temperatura a los años del período de referencia ANEXO 10

Años	Horizontes de Tiempo			Escenarios Climáticos			
BASE	2010 *	2030 *	2100 *	mes	2010*	2030*	2100
X_1	$X_1 + A_1$	$X_1 + B_1$	$X_1 + C_1$	E	A_1	B_1	C_1
.	.	.	.	F	A_2	B_2	C_2
.	.	.	.	M	A_3	B_3	C_3
.	.	.	.	A	A_4	B_4	C_4
X_{32}	$X_{32} + A_2$	$X_{32} + B_2$	$X_{32} + C_2$	M	A_5	B_5	C_5
.	.	.	.	J	A_6	B_6	C_6
.	.	.	.	J	A_7	B_7	C_7
.	.	.	.	A	A_8	B_8	C_8
X_{61}	$X_{61} + A_3$	$X_{61} + B_3$	$X_{61} + C_3$	S	A_9	B_9	C_9
.	.	.	.	O	A_{10}	B_{10}	C_{10}
.	.	.	.	N	A_{11}	B_{11}	C_{11}
.	.	.	.				
.	.	.	.	D	A_{12}	B_{12}	C_{12}
X_{365}	$X_{365} + A_{12}$	$X_{365} + B_{12}$	$X_{365} + C_{12}$				

Formulas y Razones de Conversión ANEXO 11

$$\text{Radiación Global} = \left[a + b \left(\frac{n}{N} \right) \right]$$

$$a = 0.3$$

$$b = 0.43$$

La información de suelo y manejo del cultivo también fue transformada a las unidades requeridas por el modelo. Cabe señalar que con los datos de Materia Orgánica se obtuvo la información de Nitrógeno Total y Carbono Orgánico de acuerdo a la siguiente relación.

$$\text{C.Org} = \left(\frac{\%m.o.}{1.724} \right) (10)$$

$$\text{N.Total} = \left(\frac{\%m.o.}{20} \right) (10)$$

1mm de agua evaporable = 58.6 Cal

1Cal= 4.185J

1mm de agua evaporable = 2.45241 MJ/m².

Anexo 12. Interacciones entre escenarios y horizontes para las estaciones de Chinandega, León, Nagarote, Nandaime y Rivas.

Chinandega.

ESCENARIO	HORIZONTES DE TIEMPO			
	1980	2010	2030	2100
OPTIMISTA	2724.32 A	2698.32 A	2672.79 A	2246.26 B
MODERADO	2724.32 A	2698.32 A	2672.53 A	2142.63 B
PESIMISTA	2724.32 A	2678.68 A	2666.37 A	2125.42 B

León.

ESCENARIO	HORIZONTES DE TIEMPO			
	1980	2010	2030	2100
OPTIMISTA	2130.05 A	2017.05 BA	1947.89 BAC	1835.84 BC
MODERADO	2130.05 A	2017.05 BA	1947.89 BAC	1746.53 C
PESIMISTA	2130.05 A	1994.84 BA	1882.68 BC	1463.05 D

Nagarote.

ESCENARIO	HORIZONTES DE TIEMPO			
	1980	2010	2030	2100
OPTIMISTA	814.84 A	719.95 BA	669.21 BC	600.84 BCD
MODERADO	814.84 A	719.95 BA	665.26 BC	569.16 DC
PESIMISTA	814.84 A	688.84 BAC	664.58 BC	483.58 D

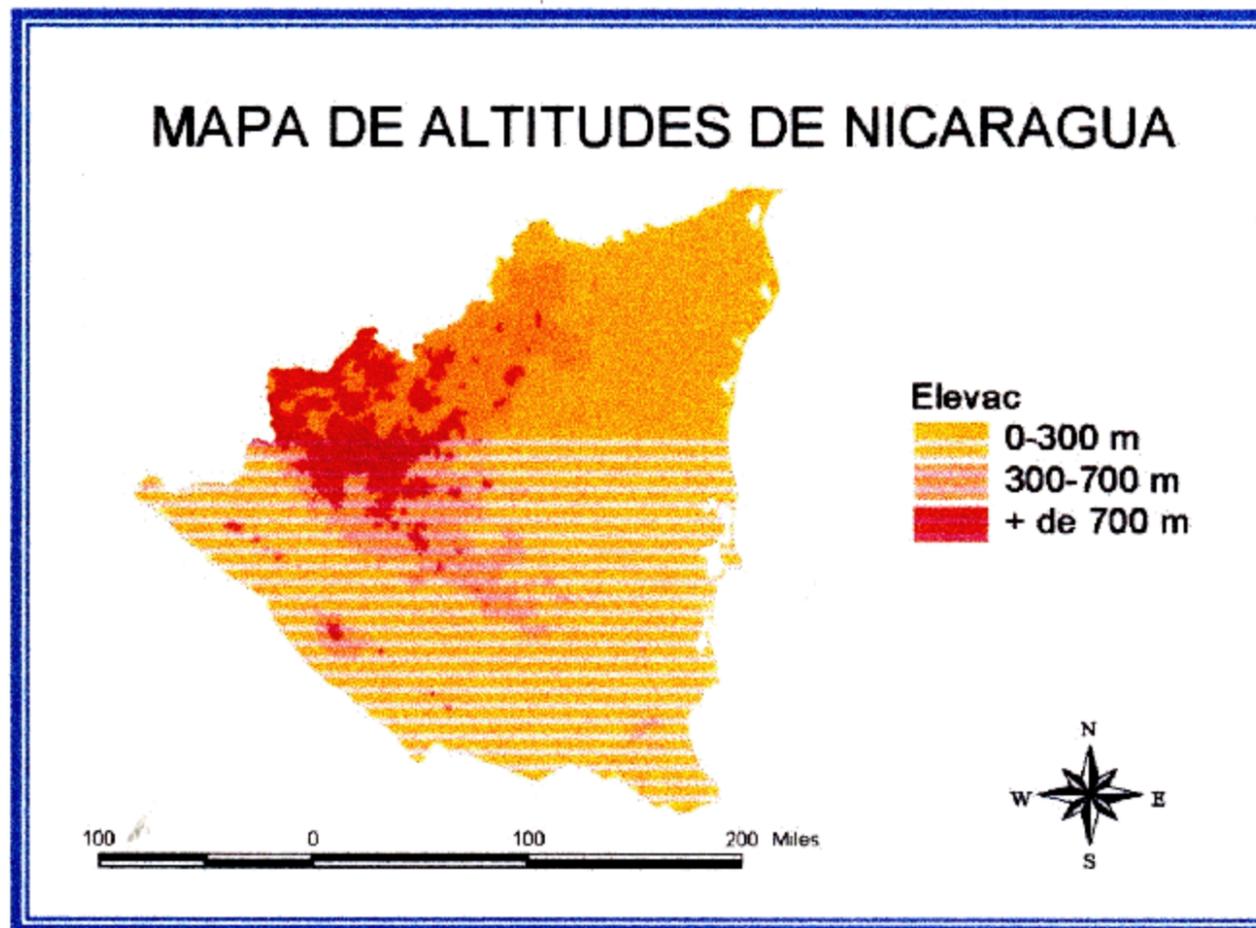
Nandaime.

ESCENARIO	HORIZONTES DE TIEMPO			
	1980	2010	2030	2100
OPTIMISTA	2051.1 A	2004.1 A	1966.3 A	1903.0 A
MODERADO	2051.1 A	2004.1 A	1965.5 A	1860.1 A
PESIMISTA	2051.1 A	2001.9 A	1959.9 A	1638.4 A

Rivas.

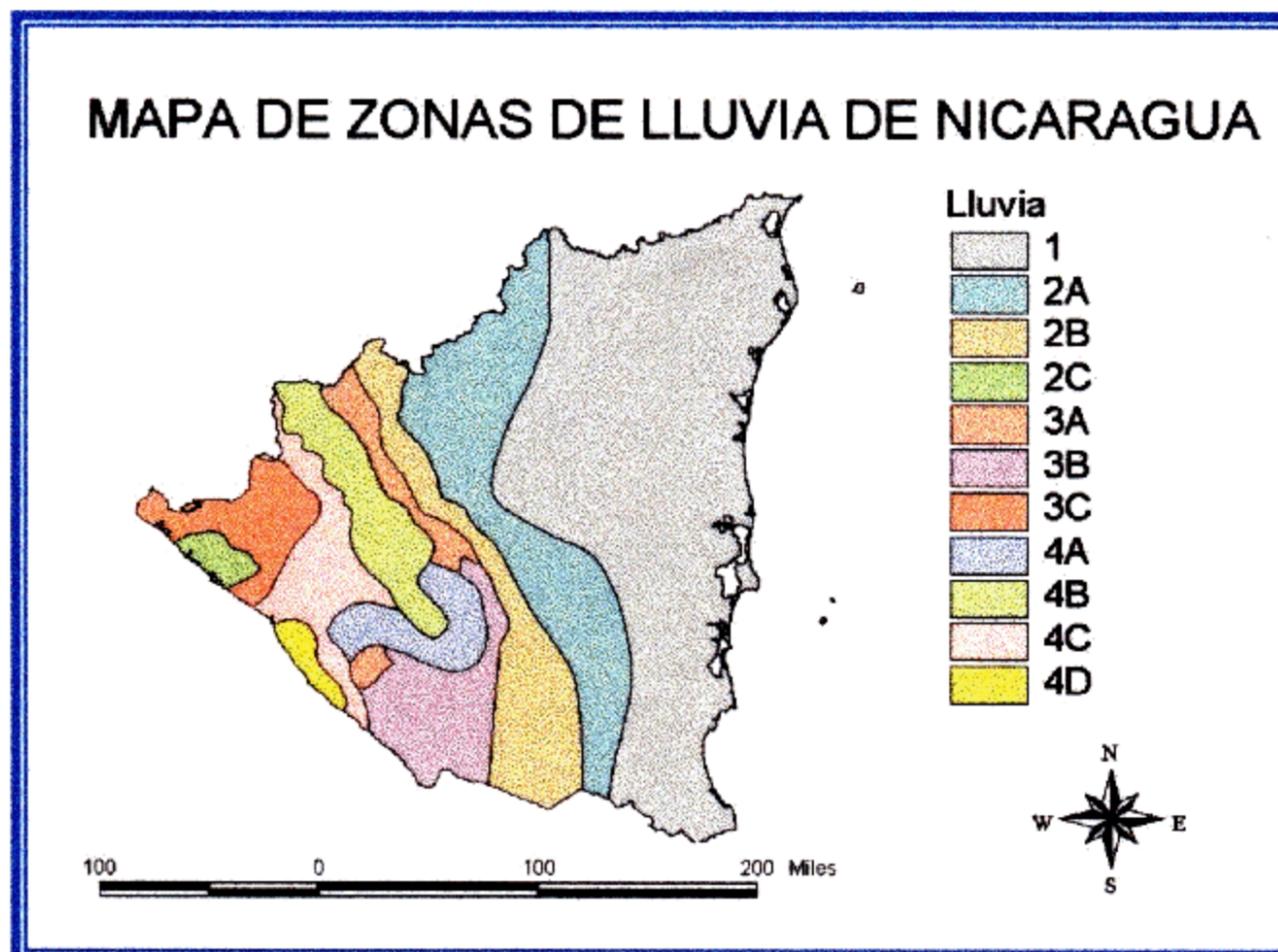
ESCENARIO	HORIZONTES DE TIEMPO			
	1980	2010	2030	2100
OPTIMISTA	2321.63 A	2212.32 BA	2160.16 BC	2070.32 DC
MODERADO	2321.63 A	2212.32 BA	2159.37 BC	2012.68 D
PESIMISTA	2321.63 A	2207.21 BA	2136.79 BC	1782.16 E

MAPA PARA TRES PISOS ALTITUDIAL DE NICARAGUA



Fuente MAGFOR 1998

MAPA REPRESENTATIVO ZONAS DE LLUVIA DE NICARAGUA



Fuente MAGFOR 1997