

**Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales
INETER**

**Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
COSUDE**

Proyecto MET-ALARN

SEQUÍA METEOROLÓGICA

**Mapas de Amenazas
Recomendaciones técnicas
para su elaboración**

Managua, Nicaragua.
Agosto 2005

Créditos

Esta es una publicación del proyecto:
Metodologías para el análisis y manejo de los
riesgos naturales (MET-ALARN) ejecutado por
INETER y COSUDE.

Auspiciado por la Agencia Suiza para el
Desarrollo y la Cooperación COSUDE.

Equipo Técnico

Mariano Gutiérrez C.	INETER
Marcio Baca S.	INETER
Mauricio Rosales R.	INETER
Gonzalo Bonilla	INETER
Edgard Espinales	INETER
Osmar Martínez	INETER
Maria de los A. Gutiérrez	GEODIGITAL
Domingo Rivas	UNA
Ignacio Rodríguez	UNA



PRESENTACION

Entre Julio de 2003 y Mayo del 2005 el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), desarrollaron el proyecto llamado "Metodologías para el Análisis Local de Amenazas Naturales y Riesgos en Nicaragua", MET-ALARN.

El principal objetivo de este proyecto fue el de propiciar y promover un proceso de estandarización de criterios y leyendas en los mapas de amenazas mediante un proceso de trabajo interinstitucional y multidisciplinario, ampliamente participativo. Se contó con el apoyo de diferentes actores institucionales y de la sociedad civil tales como especialistas y técnicos municipales, organizaciones de la Defensa Civil, así como los usuarios de los mapas de amenazas y población en general.

El documento que aquí se presenta es uno de los resultados obtenidos por el proyecto y constituye un valioso aporte hacia la estandarización de criterios y leyendas para elaborar mapas de amenazas. Recopila e integra las ideas, experiencias y aportes de los especialistas de diversas instituciones y proyectos, con miras a realizar una propuesta viable, flexible y acorde a las limitantes de información y cartografía existentes. Uno de los aportes más valiosos del documento es el de poder ofrecer criterios técnicos, y sencillos de aplicar, congruentes con las experiencias internacionales recogidos en una sola herramienta que, con un alto nivel de confianza, puede ser aplicada por instituciones y especialistas que desarrollan mapas de amenazas.

Esta propuesta es importante para INETER y otras instituciones relacionadas a la temática, ya que permitirá obtener mapas que brinden al usuario información homogénea, amigable y de fácil utilización, y por tanto podrán ser más útiles para mejorar la gestión para la reducción del riesgo.


Claudio Gutiérrez Huete
Director Ejecutivo de INETER




Bárbara Rothenberger
Directora Residente Adjunta
COSUDE – Ayuda Humanitaria



Índice

	Página
PARTE I:	
Objetivos de la propuesta para la elaboración de mapas de amenaza por sequía meteorológica.	05
1.1 Introducción	07
1.2 Objetivos de la propuesta	09
1.3 Grupo meta	09
1.4 Justificación	10
PARTE II: Criterios Recomendados	11
Marco conceptual y metodológico propuesto para la elaboración de mapas de amenaza por sequía meteorológica.	13
2.1 Marco conceptual	
2.2 Descripción del fenómeno: Tipología y formas de manifestación.	15
2.3 Criterios recomendados para la valoración de la amenaza por sequía meteorológica.	20
2.4 Metodologías existentes para la evaluación de la amenaza por sequía meteorológica.	23
2.5 Leyendas y formatos recomendados para la elaboración de mapas de amenaza por sequía meteorológica.	25
PARTE III: Validación Metodológica	29
Estudio de caso, Municipio de Tipitapa	
3.1 Características generales del municipio.	30
3.2 Metodología implementada.	32
3.3 Resultados obtenidos de la implementación de la metodología propuesta.	41
3.4 Conclusiones del estudio.	46
3.5 Referencias bibliográficas.	47
3.6 Glosario de términos.	48
3.7 Anexos	49

PARTE I

**Objetivos de la
propuesta
para la
elaboración de
mapas de
amenaza por
sequía
meteorológica.**

1.1 INTRODUCCIÓN

Nicaragua es catalogado como un país potencialmente agrícola (cerca del 21% del total del área nacional tiene vocación agropecuaria), en donde la mayor parte de su economía está basada en la agricultura, la cual participa en un 33% del total del Producto Interno Bruto, de ella depende el desarrollo económico que el país necesita para satisfacer las necesidades básicas de su población.

Sin embargo, la productividad agrícola está en dependencia del comportamiento del régimen de precipitación, tanto es así que el agua, por si solo es el factor que más limita los rendimientos de la actividad agrícola, ya que un comportamiento deficitario de dicho régimen, provocará lo que comúnmente se conoce como Sequía; la cual, además de reducir los rendimientos agrícolas de los cultivos de interés para el país, reduce el nivel de los embalses, ríos y lagos, que constituyen un importante elemento en el desarrollo de las diferentes actividades económicas de cualquier país.

El fenómeno de la sequía es uno de los peores enemigos naturales del hombre, ya que no solamente afecta cada año la vida económica y social de millones de personas, sino que pone en peligro la existencia de naciones enteras.

No obstante aunque es difícil definir con precisión el comportamiento de la Sequía, en general se puede considerar que constituye una situación en la cual, existe falta de agua suficiente para satisfacer las necesidades de las poblaciones de plantas, animales, y de seres humanos, de su modo de vida y del aprovechamiento de las tierras.

Si bien es cierto que el fenómeno no repercute inmediatamente en las pérdidas de vidas humanas, sus efectos indirectos y a largo plazo pueden influir negativamente en la vida humana al crear condiciones de escasez de alimentos y de desnutrición, lo cual conlleva al deceso de las personas que viven en condiciones de pobreza y que representan altos porcentajes de la población total.

Teniendo en cuenta este efecto irreversible sobre la población, desde hace varios años se han estado implementando esfuerzos en el desarrollo de estudios que lleven a comprender este fenómeno y a tratar de evaluar el nivel de amenaza y grado de severidad que éste fenómeno representa para el país. Estos esfuerzos han tenido logros valiosos, los que son expresados en la publicación de varios de estos estudios, sin embargo, la cobertura espacial de éstos, permitía hasta el momento realizar valoraciones a escala nacional y en algunas ocasiones a escalas departamentales.

En este sentido mediante el Proyecto MET-ALARN, ejecutado por INETER y COSUDE y cuyo objetivo fundamental fue propiciar un proceso de estandarización de metodologías y criterios para la elaboración de mapas de amenazas, se procedió a elaborar el presente documento Metodológico y de recomendaciones técnicas que permita la evaluación de la amenaza por sequía meteorológica, en los distintos sectores del territorio nacional.

El documento fue elaborado mediante un proceso participativo en el cual estuvieron involucradas las instituciones siguientes: INETER, UNA y GEODIGITAL. Los criterios y leyendas propuestas fueron el fruto de la experiencia que las instituciones participantes han venido desarrollando desde 1990 con el apoyo de países cooperantes.

El objetivo de este documento es proporcionar a los especialistas encargados de producir mapas de amenazas, las pautas mínimas a considerar para la elaboración de estos mapas con el fin de generar documentos comparables, mediante la utilización de los mismos criterios y simbologías.

Esta dirigido a los profesionales que realizan la actividad de generación de mapas de amenazas por sequía meteorológica y su incidencia en la sequía hídrica y agrícola.

El INETER, como ente rector del tema, considerará la incorporación de estas directrices en los estudios y mapas que sean sometidos a su valoración para poder extender un aval técnico.

1.2 OBJETIVOS DE LA PROPUESTA

Objetivos de la propuesta técnica

Dotar a los especialistas de una herramienta que contenga los criterios metodológicos mínimos para la elaboración e interpretación cartográfica de un mapa de amenaza por sequía meteorológica.

Objetivos específicos

- Estandarizar los criterios para la elaboración de Mapas de amenaza por sequía meteorológica.
- Proporcionar una herramienta que coadyuve a profundizar los estudios de amenaza por sequía meteorológica.
- Facilitar a los diferentes usuarios una fuente de información que permita mejorar la planificación del territorio y reducir los riesgos por sequía meteorológica.

1.3 GRUPO META

El presente documento de recomendaciones técnicas esta dirigido a Profesionales, Universidades, Organismos no Gubernamentales, Instituciones del Estado, Privadas, Gobiernos Municipales y aquellas personas naturales (consultores, investigadores etc.) que se dedican al estudio del impacto de las sequías meteorológicas en Nicaragua.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Nicaragua por su ubicación en el continente y sus características físico geográficas, es frecuentemente afectada por diferentes fenómenos meteorológicos extremos y climáticos, los cuales causan trastornos y daños a la población, al igual que a la economía del país.

Uno de estos fenómenos es la sequía, la que ha afectado al territorio en reiteradas ocasiones, presentando diferentes grados de severidad y frecuencia; y que en los casos más extremos de la misma, ha llegado a causar efectos muy adversos y graves en el desarrollo socioeconómico del país.

Especialistas de la Dirección de Meteorología de INETER, no han escatimado esfuerzos para la realización de estudios que ayuden a entender este fenómeno, tanto en su distribución espacial como temporal, estos esfuerzos han tenido importantes avances, los cuales se han expresado en la generación de estudios y mapas, que muestran la distribución de la precipitación y el déficit de lluvia a nivel nacional.

No obstante, estos esfuerzos no han sido expresados en la búsqueda de un determinado nivel de Amenaza, que muestre hasta cierto punto, en que medida este fenómeno afecta espacial y temporalmente al territorio, razón por la cual se realizó esta propuesta de recomendaciones técnicas, que en su primera aproximación muestra una metodología para la elaboración de Mapas de Amenaza por Sequía Meteorológica.

PARTE II

Criterios Recomendados

**Marco
conceptual y
metodológico
propuesto
para la
elaboración de
mapas de
amenazas por
sequía
meteorológica**

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Basados en diversas disciplinas científicas y en la actividad económica que la sequía afecta como es el caso de la agricultura y la sequía hídrica (un 36% de la población económicamente activa trabaja en el sector primario: agricultura y aprovechamiento de recursos naturales), ganadería, industria, recreación, turismo, etc., se han establecido varias definiciones que se muestran a continuación:

- **Sequía meteorológica:** Fenómeno que ocurre durante uno o varios meses cuando hay una ausencia prolongada, una deficiencia marcada o una pobre distribución de la precipitación pluvial que afecta adversamente a las actividades humanas y agrícolas.
- **Sequía hidrológica:** Déficit de agua pluvial, de escurrimiento superficial y subterránea. Uno de los índices más utilizados es el de **aridez de Thornthwaite** que, en dependencia del índice de cada año respecto al valor normal, este puede llegar a ser débil, moderado, fuerte, severo y desastroso.
- **Sequía agronómica:** Período de tiempo durante el cual la humedad en el suelo es insuficiente para garantizar el establecimiento de un cultivo y/o su desarrollo o producción.
- **Sequía atmosférica:** Ocurrencia simultánea de altas temperaturas, baja humedad e insolación intensa, que da lugar a una sequedad excepcional del aire que se refleja en un déficit de vapor de agua, particularmente cuando está asociada a vientos moderados o fuertes.

Amenazas

Es la probabilidad de ocurrencia de un evento (sismos, deslizamientos, inundaciones, huracanes, tsunamis, erupciones volcánicas, etc.) potencialmente dañino, caracterizado por una cierta intensidad, dentro de un periodo dado y en un área determinada¹.

Vulnerabilidades

Es el sistema de condiciones y procesos resultado de los factores físicos, sociales, económicos, culturales y ambientales, que aumentan o disminuyen la susceptibilidad de una comunidad o infraestructura al impacto de las amenazas¹.

Riesgos

Es la probabilidad de que se produzcan pérdidas socio-económicas en un determinado momento y en un área del territorio determinada, a causa de una amenaza.

Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

¹ Adaptado del Glosario multilingüe de términos convenidos internacionalmente relativos a la gestión de desastres. IDNDR, 1992

2.2 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO: TIPOLOGÍA Y FORMAS DE MANIFESTACIÓN.

Entre los factores climáticos que influyen sobre la producción agrícola esta el agua; además, la lluvia es el factor que mas variabilidad presenta de un año a otro en una región determinada. La falta de satisfacción de las necesidades hídricas de los cultivos se ve reflejada directamente en sus rendimientos y muchas veces puede provocar la pérdida total de este si es afectado en sus periodos fonológicos más vulnerables a la escasez de agua.

Condiciones para que se produzca una sequía

- Manchas solares.
- Alteraciones en la circulación de los vientos generados por modificaciones en el albedo superficial.
- Existencia de una espesa capa e polvo en la atmósfera.
- Cambios en la temperatura superficial del océano y mares.
- Incremento del contenido de anhídrido carbónico en la atmósfera y otros gases de efecto invernadero
- Anomalías en los patrones de circulación atmosférica

La sequía puede presentarse en el tiempo (ausencia de precipitación en el período de lluvias), y en el espacio (afectando a zonas más o menos amplias). Normalmente, se produce con ciclos de recurrencia de 2 y hasta 7 años. Su ocurrencia no se detecta fácilmente, sino que se le reconoce por sus efectos.

Causas y tipo de sequías

La sequía es un fenómeno temporal que resulta de la escasez o mala distribución prolongada de la precipitación. Las anomalías de pre-

cipitación se asocian generalmente, con alteraciones en el comportamiento de los sistemas meteorológicos que controlan el clima en los niveles de macroescala, mesoescala. En consecuencia, algunas sequías son de naturaleza localizada y sólo duran períodos cortos. Otras, están extendidas por zonas muy grandes y persisten durante largos lapsos de tiempo.

Sin embargo, actualmente estas tierras secas, son el escenario de agudos desajustes e incluso de hambruna drásticas en muchos lugares, a pesar de la larga tradición de la adaptación humana. Las sequías normalmente infringen a las economías nacionales grandes daños, dando lugar a condiciones difíciles para los habitantes de las zonas secas.

En la mayoría de las regiones agrícolas, las sequías traen con frecuencia grandes catástrofes para la agricultura y la población. En tiempo de sequía, la falta de la satisfacción de las necesidades hídricas a los cultivos puede causar sensibles bajas en los rendimientos. Por ejemplo, (según FAO 1980) para el cultivo del maíz un déficit del 40% de las necesidades hídricas en el periodo de la floración puede reducir el rendimiento hasta un 80%.

La sequía surge por la combinación de insuficiencia de lluvias y evaporación en exceso, lo cual con un bajo nivel de agrotecnia, provoca déficit entre la necesidad de agua de las plantas (Evapotranspiración Máxima, ETM) y el consumo real de estas (Evapotranspiración Real, ETR). El déficit presentado determina el criterio básico de la calificación de la intensidad de la sequía. La necesidad de agua por las plantas está definida por las condiciones meteorológicas, las particularidades biológicas de las plantas y por el nivel de agrotecnia utilizado.

La temperatura alta y la baja humedad del aire condicionan una evaporación intensiva desde la superficie del suelo y una mayor transpiración de las plantas, lo que implica un elevado gasto del agua del suelo. La reserva del agua del suelo no se repone con las precipitaciones atmosféricas en este período. Surge entonces un déficit de agua y de esta manera empieza la sequía.

En Nicaragua la sequía se ha manifestado de diferentes formas, afectando particularmente a las Regiones del Pacífico, Norte y Central del país, aunque no de forma generalizada.

Existe una sequía estacional que abarca el período de Noviembre a Abril y otra intraestacional conocida como Canícula (15 de Julio a 15 de Agosto aproximadamente), la cual se presenta en la zona del Pacífico, Norte y Central del país. En el período lluvioso también se producen períodos de varios días consecutivos sin

La sequía es un componente ligado a la Variabilidad Climática y se da en todas partes del globo. No obstante, aparecen con mayor frecuencia y probabilidad, en las regiones semiáridas y subhúmedas.

La sequía está estrechamente ligada con las anomalías Océanos Atmosféricas que se manifiestan en el Océano Pacífico Ecuatorial Central, (El Niño Oscilación del Sur) y con el comportamiento irregular de los anticiclones marítimos y continentales, es decir, con los cambios de la presión atmosférica y alteraciones en la circulación general de la atmósfera.

lluvias (2 a 8 o más), que se llaman períodos caniculares errantes. Esto ocurre por el dominio de la influencia de los sistemas de altas presiones en nuestra área, que originan inhibiciones de los sistemas productores de lluvia.

Las características orográficas juegan también un papel importante en la problemática de la sequía local. Tal es el caso de la zona occidental de la Región del Pacífico, la que es cortada paralelamente a sus costas por la cadena volcánica de los Marribios, incidiendo sobre ella los vientos cargados de humedad que predominantemente vienen del Este / Noreste, dejando la humedad a barlovento, provocando que el aire a sotavento llegue seco (efecto Fohen); por otro lado, la Región Central es predominantemente montañosa, determinándose un comportamiento microclimático propio de dicha características.

La sequía está estrechamente ligada con las anomalías Océanos Atmosféricas que se manifiestan en el Océano Pacífico Ecuatorial Central, (El Niño Oscilación del Sur) y con el comportamiento irregular de los anticiclones marítimos y continentales, es decir, con los cambios de la

presión atmosférica y alteraciones en la circulación general de la atmósfera.

Estas causas originan variaciones espacio temporales de las precipitaciones, que algunas veces están relacionadas con el ENOS. En estudios realizados, se ha determinado que la frecuencia de afectación de este fenómeno es irregular (2 a 7 años), y está conformado por eventos cálidos (El Niño) y fríos (La Niña), lo cual genera perturbaciones atmosféricas que resultan en impactos climáticos a escala regional y global consistentes en: Sequías, lluvias intensas, períodos de calor y frío, etc.

Efectos de la sequía

Se reduce la oferta de agua (precipitación irregular, muchos días secos, eventos lluviosos fuertes pero cortos que afectan la infiltración de aguas de escorrentía, etc.) y aumenta la demanda de agua (prolongación de estación seca, mayor temperatura, etc.). Los efectos anteriores se refuerzan entre sí (más necesidad y menos disponibilidad) y el recurso hídrico se torna crítico.

Subsector agrícola

- Se reduce la cantidad y se afecta la calidad de la producción.
- Aumenta la incidencia de plagas y enfermedades.
- Resurgimiento de plagas secundarias.
- En zonas críticas, puede llevar a la suspensión de siembras.
- Limitación de opciones de riego por insuficiencia de agua.

Subsector pecuario

- Disminuye la disponibilidad forrajera.
- Aumenta la mortalidad del ganado.
- Deterioro en índices de productividad (fertilidad, peso, edad de matanza).
- Costos extraordinarios por alimentación, agua y traslado de animales.

Subsector forestal

- Suspensión de nuevas siembras en zonas críticas
- Plantaciones jóvenes son afectadas por la escasez de agua.
- Utilización desmedida del bosque para uso energético.

Seguridad alimentaria

- Menor disponibilidad de producción para el consumo en finca
- Menores ingresos asociados al desempleo
- Mayores precios de alimentos
- Riesgo de abastecimiento y de precios en los mercados internacionales

Efectos diferidos (impacto a la base productiva)

- Erosión deteriora la productividad de la tierra
- Migraciones afectan la disponibilidad de mano de obra
- Pérdida de fuentes de agua
- Reducción de la producción de semillas, almacigales y viveros afectan producción futura
- Reducción forzada en el pie de cría (por muerte o venta)
- Baja eficiencia reproductiva en el subsector pecuario
- Muerte de alevines afecta futuras capturas
- Se limita acceso futuro a recursos financieros por incumplimiento de obligaciones bancarias
- Disminución de disponibilidad de árboles

Otros efectos

- Proliferación y sobre explotación de pozos
- Conflictos entre usuarios del agua
- Racionamiento de servicios básicos (agua, luz, educación)
- Enfermedades por compartir fuentes de agua animales y personas
- Aumenta la depredación por concentración de animales en fuentes de agua
- Alteración de los controladores biológicos
- Inseguridad de abastecimiento o elevación de precios a nivel internacional (puede ser ventajoso dependiendo de la dirección del comercio)
- Transporte internacional afectado. Por ejemplo el Canal de Panamá (limitación de paso o modificación de tarifas)

2.3 CRITERIOS RECOMENDADOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR SEQUÍA

Metodología propuesta.

Intensidad del evento

Obtenidos mediante la aplicación del método escogido (Índice de Desviación de la Precipitación), obteniéndose tres niveles de intensidad:

Niveles de intensidad

Déficit de -15 % y -30: **Débil**

Déficit de -30 % y -45%: **Moderado**

Déficit de mas -45 %: **Severo**

Probabilidad de ocurrencia del evento

En la aplicación del método la probabilidad es la que tiene el mayor peso, seguida del nivel de la intensidad. El criterio de la probabilidad o periodo de retorno es tomado en base a la probabilidad de ocurrencia de los déficit de lluvia en la serie de precipitación utilizada en cada una de las estaciones mediante la ecuacion:

$p = m/n+1$ (periodo de retorno del m-esimo evento de los n registrados).

La probabilidad de ocurrencia de los niveles de intensidad, se obtienen en forma separada para cada una de las estaciones meteorológicas a utilizar, tomado en cuenta el numero de casos presentados con déficit de lluvias mayores o iguales al 15.0%.

Probabilidad / Ocurrencia

Mayor del 45 %: **Alta**

Entre -45% y 30%: **Media**

Entre -30% y 15 %: **Baja**

Rangos / Niveles de amenaza

Amenaza

Amenaza **Alta**

Amenaza **Media**

Amenaza **Baja**

Los límites entre niveles de amenazas, se obtienen relacionando los rangos de intensidad del fenómeno con los de probabilidad, en base a las siguientes consideraciones:

1. **Amenaza alta:** cuando la probabilidad de ocurrencia es mayor del 45 %, con cualquier nivel de intensidad.
2. **Amenaza media:** cuando la probabilidad de ocurrencia se ubica entre 30% y 45%, con los niveles de intensidad alto y medio.
3. **Amenaza media:** cuando la probabilidad se ubica entre 15 % v 30 % de ocurrencia, con un nivel de intensidad alto.
4. **Amenaza baja:** cuando la probabilidad de ocurrencia se ubica entre 30% y 45% de ocurrencia, con un nivel de intensidad bajo.
5. **Amenaza baja:** cuando la probabilidad de ocurrencia se ubica entre 15% y 30%, con un nivel de intensidad medio y bajo.

El siguiente cuadro muestra los grados de amenaza en función de la recurrencia y la severidad del fenómeno en estudio:

Amenaza por sequía meteorológica				
		Intensidad		
		Def > 45%	Def > 30 < 45%	Def 15 - 30%
Probabilidad	> 45 %	Alta	Alta	Alta
	> 30 < 45%	Media	Media	Baja
	15 - 30%	Media	Baja	Baja
	< 15%			

Significado para el ordenamiento territorial.

- En el caso de las zonas bajo la **Amenaza Alta**, se considera la presencia de la sequía al menos cada dos años, la cual puede tener cualquiera de los tres niveles de intensidad.
- En el caso, de las zonas bajo la **Amenaza Media**, se considera la presencia de la sequía de dos a tres años, la cual puede tener niveles de intensidad media y alta.
- En el caso, de las zonas con **Amenaza Baja**, se considera la presencia de la sequía entre tres y 5 años, la cual puede tener niveles de intensidad media y baja.

Amenaza Alta
Amenaza Media
Amenaza Baja
Sin Amenaza

Reconociendo que Nicaragua es un país en la que buena parte de su economía es sostenida por los productos agrícolas, los estudios hasta hoy realizados indican que el territorio es afectado muy frecuentemente por sequía, en los cuales se presentan diferente estados de intensidad temporal y espacial.

En este sentido el conocimiento de su comportamiento reviste una súbita importancia, lo que permitirá obtener una planificación más adecuada de las actividades agropecuarias y forestales así como el tipo de agrotecnia a utilizar etc. Además permite una mejor utilización de los suelos, combinada con las características climáticas de una zona en particular.

El conocimiento previo de los riesgos de ocurrencia de sequía en los territorios es vital para la escogencia de variedades y fechas de siembras de los rubros agrícolas, y más aun considerar la posibilidad de no dirigir proyectos productivos agropecuarios a zonas de alto riesgo y de buscar alternativas productivas no agrícolas.

2.4 METODOLOGÍAS EXISTENTES PARA LA EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR SEQUÍA

Evaluación de la amenaza:

Es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un tiempo específico y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables.

Algunas metodologías existentes para evaluar el comportamiento de la sequía

1. Índice de desviación de la precipitación respecto a su normal.
2. Índice de Palmer
3. Es el Índice de Aridez Inverso de Stentz, El Cociente
4. $I_e = E / E_o$ empleándose el Índice del Pnuma ($I_p = P / E_o$) como predictor.
5. Índice de Mai.
6. Método de los deciles de Gibb y Maher

Existen una diversidad de métodos y metodologías para evaluar el comportamiento de la sequía e identificar aquellas zonas que se encuentran o están propensas a este tipo de amenaza natural. Sin embargo, el uso de los mismos está sujeto a la disponibilidad y tipo de información con que se cuenta.

En los estudios realizados por INETER se ha utilizado el Método de los deciles, debido a que muestra una buena adaptabilidad al territorio, permitiendo delimitar las áreas propensas a ser afectadas por déficit de lluvia, lo que a juicio de expertos permite hacer valoraciones, si la zona es afectada en diferentes niveles de intensidad de la sequía, y sus implicaciones en la sequía agrícola e hídrica.

Sin embargo, aunque el método, es de fácil aplicación, el mismo no identifica claramente la probabilidad de ocurrencia y la comprensión al usuario se dificulta. Debido a estos inconvenientes se optó por utilizar el método Índice de desviación de la precipitación respecto a su normal (IDP) por ser el que más se ajusta en

la identificación de los niveles de amenaza y su representación a nivel de municipios. No obstante los porcentajes de déficit que identifican ambos métodos son muy similares.

Descripción breve de la metodología de elaboración.

Para la elaboración del mapa de amenaza por sequía meteorológica, se utilizó el **Índice de Desviación de la Precipitación respecto a su Normal**.

Este índice es de fácil aplicabilidad y ha sido utilizado en la Dirección General de Meteorología de INETER. Consiste en analizar y comparar el comportamiento y variabilidad de las precipitaciones, con el fin de determinar la existencia de déficit de lluvias en las estaciones meteorológicas que son utilizadas. Dicho Índice de Desviación de la Precipitación (IDP), indica el porcentaje de precipitación que se sitúa tanto por debajo como por encima de la norma histórica de cada una de las estaciones. Los porcentajes resultantes del cálculo de los índices de las estaciones se promedian para obtener el índice de desviación de la precipitación de la zona.

El Índice tiene la siguiente expresión:

$$I = ((P/PN)-1) * 100$$

Donde:

PN = Precipitación normal del periodo.

P= Precipitación total del periodo.

Dicho índice se ha calculado para analizar el déficit de precipitación anual, sin embargo es aplicable mensualmente o durante un periodo determinado de tiempo. Para comprender los efectos de los resultados del índice, se le ha asignado la siguiente interpretación.

Entre -15 % y -30 de déficit:	Sequía Débil
Entre -30 % Y -45% de déficit:	Sequía Moderada
Mayor que -45 % de déficit:	Sequía Severa

2.5 LEYENDAS Y FORMATOS RECOMENDADOS PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE AMENAZA POR SEQUÍA

Los mapas deberán ser elaborados tomando en consideración los lineamientos del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), a través de la Dirección General de Geodesia y Cartografía que está autorizada para coordinar, promover, desarrollar y regular la realización de los trabajos geodésicos, cartográficos y fotogramétricos en todo el territorio nacional (Cap. II, Arto. 4; Ley N° 311, Ley Orgánica, Decreto N° 120-99, Reglamento a la Ley N° 311, La Gaceta, diario Oficial.

Contenido general de los mapas

De acuerdo a las especificaciones de la Dirección General de Geodesia y Cartografía, la Proyección marco interno y externo, el mapa debe de contar los siguientes requisitos mínimos:

- La proyección usada en Nicaragua para todos los mapas es la Proyección Transversal de Mercator.
- El esferoide de Clark de 1866 o el WGS 84 sirve como superficie de referencia para la proyección de los mapas.
- Las líneas de paralelos y meridianos deben ser representadas en forma completa o bien intersección de estas.
- El marco interno deberá ser coincidente con las líneas extremas norte-Sur de paralelos y Este-Oeste de meridianos.
- Los valores de los paralelos y meridianos deber ser dados positivamente en grados y minutos y asociados solamente al marco interno.
- Se sugiere que los rótulos de los valores sean de tipo Arial o Helvética.
- El marco externo si se requiere debe ser dibujado como un rectángulo con una línea más gruesa y equidistante del marco interno. El marco externo debe ser representado en forma independiente al marco interno.
- En caso de que las líneas de paralelos y meridianos no sean dibujadas en forma completa, representar las intersecciones de estas con líneas de **1.0 cm x 1.0 cm** y en la intersección con el marco interno dibujar líneas de **3 mm** de largo.

Contenido temático de los mapas

Zonas de amenaza alta, se representan con el color rojo.

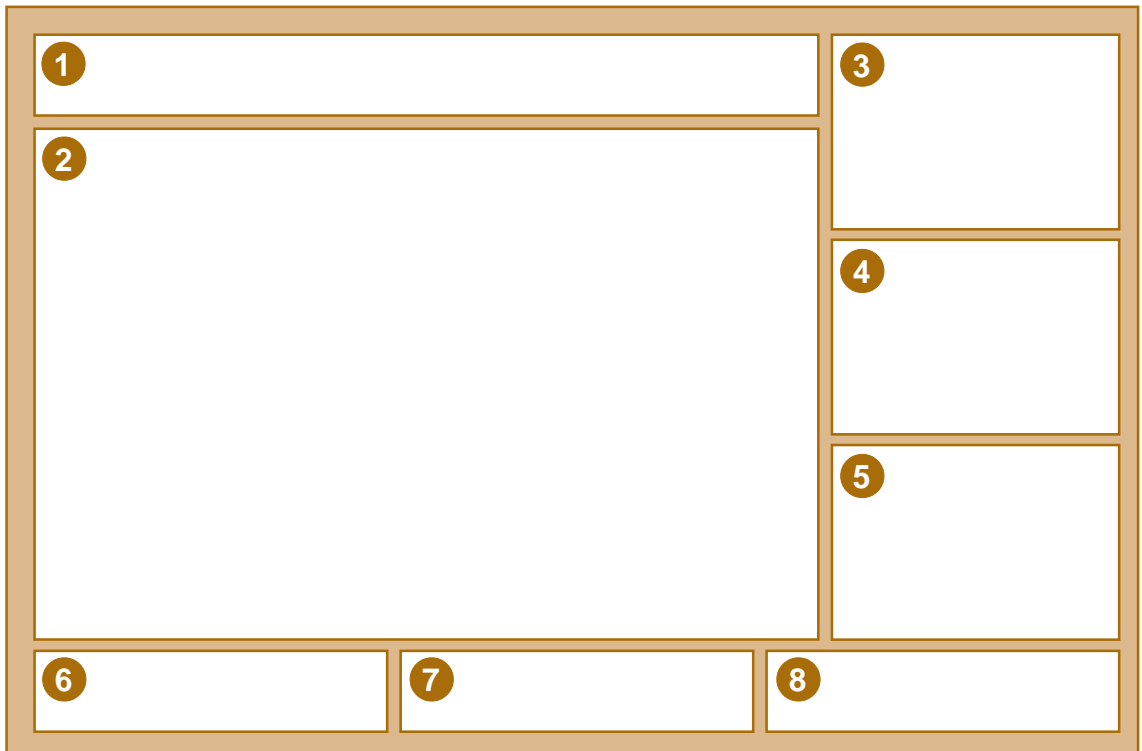
Zonas de amenaza media, se representan con el color naranja.

Zonas de amenaza baja, se representan con el color amarillo.

Zonas de amenaza muy baja o sin amenaza se representan de color verde claro.

Formato de los mapas

La forma y tamaño del mapa así como la distribución de la información que contiene el mapa, estará en dependencia de la forma del área a cartografiar, sin embargo en la medida de lo posible se tratará de utilizar un layout horizontal que contenga la siguiente información:



- 1 Zona de título, lista de autores y personas que han contribuido, logotipos de las instituciones
- 2 Cuerpo del mapa temático conteniendo el Norte, y la malla con las coordenadas geográficas y UTM, Curvas de nivel principales y secundarias, red vial, red hídrica, poblados y caseríos e infraestructura importante.
- 3 Leyenda con la explicación de los símbolos utilizados; tanto los símbolos cartográficos básicos como los temáticos, presentados de forma separada y claramente descrita.
- 4 Texto en el cual se explica los objetivos del mapa y la metodología utilizada o el procedimiento de elaboración del mapa y su nivel de precisión. También incluir resumen de los resultados y los criterios utilizados para elaborar el mapa con gráficos y / o fotos.
- 5 Mapa de Nicaragua con la ubicación del área de estudio.

- 6 Declinación magnética, fuente de datos básicos, referencias, sistema de coordenadas y datum utilizados
- 7 Escala gráfica y numérica
- 8 Mosaico de hojas topográficas que abarcan la ubicación del área de estudio.

Escala de los mapas

Conforme lo establecido por la UNESCO, 1976 en cuanto a la clasificación de la escala de los mapas. Los mapas a escala 1: 50 000 son considerados como escala media, escala grande 1:10,000 y menores. Los mapas para planificación municipal a escala 1: 10,000 a 1: 50,000 son suficientes, no obstante para planeamiento urbano deben ser escala mas grandes, mayores a 1:10,000.

Las amenazas cartografiadas en mapas a escala 1:50,000 no pueden ser utilizadas para el análisis de sitios muy particulares, estudios de detalle deben recomendarse en esos casos.

Salida de los mapas para los usuarios

Considerando que existen diferentes usuarios para los mapas de amenazas resultantes, estos deben ser editados en dos diferentes formas:

- 1 **Mapa para los especialistas:** En este el autor tiene la libertad de colocar toda la información técnica y científica generada por el estudio, con el fin de que pueda ser analizada, actualizada y revisada por expertos. Información importante puede ser la siguiente: Datos de velocidad de las masas inestables, direcciones del movimiento, diferenciar escarpes, cuerpo del deslizamiento y zona de impacto. Datos de piezómetros, geofísicos, sísmicos, de precipitaciones, correlaciones, etc, y toda aquella información que se considere importante. En este caso apegarse a las leyendas de normas internacionales puede ser una buena opción.

Contenido mínimo del informe técnico

Para la presentación de un informe relacionado con estudios de amenaza por Sequía Meteorológica estos deberán contener al menos los siguientes aspectos:

- a) Resumen ejecutivo.
- b) Introducción.
- c) Antecedentes.
- d) Revisión Bibliográfica
- e) Metodología Utilizada.
- f) Características climáticas de la zona.
- g) Breve análisis del régimen de Precipitación.
- h) Análisis del mapa de amenaza.
- i) Conclusiones.
- j) Bibliografía.

- 2 Mapa para los gobiernos municipales:** En este caso, el mapa debe ser lo más sencillo posible, limitar el uso de simbologías a las mínimas necesarias, así como los colores a utilizar, limitados a cuatro en correspondencia con las zonas de amenazas cartografiadas: alta, media baja y muy baja o nula.

PARTE III

**Validación
metodológica:
Estudio de
caso,
municipio de
Tipitapa**

Para validar la Metodología propuesta en este documento de “Recomendaciones técnicas para la elaboración de Mapas de Amenaza por Sequía”, se escogió en consenso con los participantes el municipio de Tipitapa

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MUNICIPIO

El Municipio Tipitapa perteneciente al departamento de Managua tiene una posición geográfica ubicada entre las coordenadas 12° 11' Latitud Norte y 86° 05' Longitud Oeste, con una altitud sobre el nivel del mar de 50.4 metros, su superficie es de 975.17 kms² con una densidad de población 112.2 hab./km², su clima es seco (savana tropical) con temperaturas promedio de 23° c en la parte de la zona norte.

La población total del municipio al año 2000 es de 108, 457 habitantes, tomando como base la proyección del censo nacional de población y vivienda del 95. Población urbana : 91,632 habitantes Población rural : 16,825 habitantes

Municipio: criterios de selección para la validación metodológica

- Existencia de información meteorológica.
- Existencia de información de suelos.
- Características orográficas.
- Existencias de complejos agroindustriales y actividades de carácter agropecuarias.
- Datos de rendimientos de los cultivos presentes en el municipio.
- Cuerpos de aguas para la implementación de actividades de riego para la agricultura.
- Niveles de Pobreza.
- Potencial de desarrollo.



Uso potencial del suelo

La vegetación del municipio varía según sus zonas, en la zona norte la vegetación es esencialmente de matorral bajo. El uso potencial del suelo es para ganadería de carácter extensivo y de cultivos de pastos para la protección de los suelos y árboles con fines energéticos.

La vegetación de la zona central o noreste ha sido sustituida por cultivos anuales, el suelo es apto para cultivos de caña de azúcar, ajonjolí, sorgo y ganadería tecnificada.

La zona Sur conserva la mayor parte de la vegetación del municipio, predominan árboles perennes y arbustos, los suelos son propios para el cultivo del maíz, yuca, sorgo, ajonjolí y la crianza de ganado, así como los cultivos de musáceas.

Actividades económicas

Durante la década de los 70 y 80', el municipio se destacó por contar con un fuerte sector ganadero, se estableció como zona de desarrollo ganadero debido a la cercanía del agua y buenos pastizales. Dentro de la agricultura los principales cultivos eran el algodón, caña de azúcar, sorgo, ajonjolí, maíz, frijoles y hortalizas.

Los primeros años de la década de los 90, significaron un descenso en los niveles productivos y en el aprovechamiento de la tierra de la jurisdicción.

— *Sector Pecuario:* El municipio cuenta con 5,000 cabezas de ganado destinadas mayormente a la producción de carne.

— *Sector Industrias:* Tipitapa cuenta

Entre los problemas de medio ambiente más serios que enfrenta el municipio encontramos el despale indiscriminado que se realiza por parte de comercializadores de leña, razón por la que se hace necesario impulsar proyectos de reforestación que mejoren las condiciones del ambiente y que a su vez protejan las especies de flora y fauna del municipio que se encuentran en peligro de extinción.



con las siguientes industrias:

- INDUMETASA
- ALTISA
- ACEITERA CHILAMATILLO
- MADESA
- HUGO AREVALO
- QUIMICA BORDEN
- PROINCASA
- INDEGRASA
- AVICOLA LA ESTRELLA
- PLYWOOD
- AGROINSA
- AVICOLA TAMI
- PEDRERA
- INSECSA
- PROINCO

Por falta de financiamiento y la utilización de maquinaria obsoleta algunas de estas empresas trabajan medio tiempo.

3.2 METODOLOGÍA

Para la elaboración del mapa de amenaza por sequía meteorológica, se utilizó el **Índice de desviación de la precipitación respecto a su normal**, tal y como se describe en la página 24.

Para la implementación del método utilizado en la elaboración del Mapa de Amenaza por Sequía fue necesario implementar los siguientes pasos metodológicos:

Paso 1: Localización y descripción de las estaciones

En calidad de información básica para el presente estudio, se utilizaron ocho estaciones meteorológicas, cuyos datos se resumen en la tabla N^o1, entre los que figuran coordenadas, código, nombre, tipo de estaciones, períodos, etc. La ubicación de las estaciones climatológicas fueron seleccionadas, de tal manera que los datos observados fuesen representativos de las distintas condiciones climáticas de la Región en estudio.

Tabla 1: Estaciones seleccionadas

Código	Nombre	Tipo	Long - Lat	Elevación
69025	San Francisco Libre	HMO	12°29' 54" 86°16' 54"	50msnm
69027	Aeropuerto Managua	HMP	12°08' 35" 86°09' 49"	55msnm
69044	Panaloya	PV	12°07' 00" 86°52' 57"	32msnm
69060	Bajo Los Ortigas	PV	12°32'24" 86°58' 24"	280msnm
69062	El Trapiche	PV	12°18'18" 86°49' 18"	120msnm
69087	Los Placeres	EP	12°33'36" 86°03' 00"	48msnm
69104	Saimsa	HMO	12°03'40" 86°06' 10"	190msnm
69130	Timal	AG	12°14'40" 86°01' 55"	70msnm

Paso 2: Recopilación y selección de la información

Para la realización de éste estudio, se procedió a calcular los datos promedios mensuales de los diferentes parámetros, correspondientes a un período de 30 años de registros (1971-2000).



Paso 3: Características de los datos climáticos

- **Emplazamiento de los instrumentos**
Para que las observaciones de las variables climatológicas de diferentes estaciones y de distintos períodos sean comparables entre sí, es necesario que la instalación de los instrumentos sea similar.
- **Simultaneidad, longitud y continuidad de los registros**
Al comparar los datos promedios de dos estaciones diferentes, es necesario que los años promediados sean los mismos. La longitud del registro está determinada por la variabilidad del parámetro: cuanto más variable sea (como el caso de la precipitación), mayor debe ser el período de observación. La continuidad es importante, pues una estación que funciona durante períodos interrumpidos puede producir valores medios erróneos y/o dudosos.
- **Limitaciones**
La necesidad de tener alguna referencia climática en el municipio donde existen pocos registros e incompletos, obliga a recurrir a series de datos que no cumplen con los requisitos de simultaneidad, continuidad o longitud. A veces, es incluso necesario inferir un dato a partir de otro. A continuación, se describen los métodos y consideraciones utilizadas en el procesamiento de las series de datos que sirvieron de base a este trabajo.

Paso 4: Tratamiento de los datos

- **Análisis de consistencia**
La información climatológica constituye la base de cualquier estudio climatológico y éste a su vez, es el fundamento de los estudios relacionados con el desarrollo económico del país. Debido a esto, es necesario contar con una metodología para analizar la consistencia de los datos mensuales de precipitación, pues de lo contrario, un error significativo podría producirse en los análisis que se hagan. Para realizar el análisis de consistencia a la precipitación mensual, en este trabajo se procedió a aplicar el Método de doble masa, a fin de determinar si hay inconsistencia en la información disponible.

Dicho análisis, se basa en el principio de que si la información anual acumulada en una estación, es graficada contra la información anual acumulada de los valores promedios de todas las estaciones (estación base), se obtiene aproximadamente una línea recta si la información es consistente. Así, los posibles errores se pueden detectar por el quiebre o quiebres que presente el gráfico, es decir, se definen dos o más períodos con comportamiento aparentemente diferente. Sin embargo, el hecho de que el gráfico muestre aproximadamente una línea recta no garantiza totalmente que la información sea consistente. De tal forma, que es necesario hacer el análisis estadístico, tanto en la media, como en la desviación estándar de los dos períodos definidos, para determinar si éstos son iguales o diferentes estadísticamente. Si los períodos son iguales, la serie es consistente y si son diferentes, la serie es inconsistente, en cuyo caso debe corregirse.

- Deducción de datos faltantes

En muchos casos, es necesario completar datos faltantes de un registro a partir de datos registrados en otra u otras estaciones, o extender un registro corto, en base a otros registros más largos.

Para poder obtener los datos mensuales de las estaciones con datos incompletos, se analizaron y se correlacionaron éstos con los observados en las estaciones cercanas, con el fin de escoger entre éstas, aquellas estaciones que tuvieran datos semejantes a las estaciones incompletas y con ellas calcular los datos faltantes. Para la precipitación, se utilizó el método de la proporción, así como el método de correlación y regresión lineal teniendo como estaciones base: la del Aeropuerto Internacional de Managua, para el relleno de datos de precipitación de las estaciones San Francisco Libre con un coeficiente de regresión superior a 0.75.



Paso 5: Levantamiento de campo

En la elaboración de cualquier estudio de amenazas de carácter hidrometeorológico es de primordial importancia tener un conocimiento de la posición, ubicación y entorno del lugar en que se encuentran las estaciones seleccionadas, el comportamiento del clima y las características orográficas del mismo, ya que permite conocer las realidades de las características climáticas típicas de la zona en estudio.

Este tipo de información fue recopilada mediante una visita al municipio y entrevistas realizadas a personas que tienen mayor tiempo de estadía en lugar visitado.

Paso 6: Elaboración del mapa de amenaza por sequía

Aunque la precipitación en el municipio presenta ciertos patrones en su comportamiento, no existe una relación tan sencilla entre la precipitación y algún otro parámetro, como la observada entre la temperatura y la elevación. Esto dificulta el trazado de isoyetas en las zonas sin datos, originando incertidumbres sobre cuál es la forma más realista de distribuirlas.

A pesar de tales limitaciones, existe una gran seguridad sobre la ubicación de los máximos y mínimos de precipitación, lo cual es un elemento de gran ayuda para el especialista. Ya que estos núcleos de máximos y mínimos, permiten hacer comparaciones entre diferentes zonas del municipio.

Para la elaboración del mapa de amenaza fue necesario realizar una gira de campo con el objetivo de conocer mediante observación visual y encuestas el comportamiento del régimen de lluvia del municipio, así como las características orográficas que influyen en el comportamiento espacial de las precipitaciones.

En la gira de campo se realizaron 56 entrevistas en las distintas comarcas y comunidades del municipio.

Características climáticas del municipio de Tipitapa.

Régimen de precipitación

La precipitación media anual, muestra que el municipio de Tipitapa se encuentra ubicado entre las isólinas de 1000 mm y 1150 mm, aumentando la precipitación de Norte a Suroeste.

Del acumulado medio anual de precipitación para todo el Municipio, el 91.6% se distribuye entre los meses del período lluvioso (Mayo-Octubre), el 8.4% restante precipita en los meses del período seco (Noviembre-Abril), correspondiendo la mayor cantidad de lluvia al mes de Noviembre; el cual es considerado como el mes de transición del período lluvioso al período seco.

El Municipio de Tipitapa presenta un período lluvioso muy bien definido de Mayo a Octubre, en el transcurso de dicho período se presentan dos picos máximos de precipitación; ocurriendo el primer máximo en los meses de Mayo y Junio. El segundo máximo mensual, ocurre en Septiembre.

En la distribución anual de la precipitación, ambos máximos están vinculados a los desplazamientos propios de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que en esos meses se encuentra en sus posiciones más septentrionales así, como por la débil cortante vertical del viento. Los acumulados de lluvia que se presentan en Septiembre, son mayores a los de Mayo y Junio, debido a que la ZCIT en Septiembre observa su posición latitudinal más alta, llegando a alcanzar posiciones promedios hasta de 10.5° de latitud Norte.

Si se divide el período lluvioso en dos subperíodos, de tal forma que al primer subperíodo le correspondan los meses de Mayo, Junio y Julio y al segundo los meses de Agosto, Septiembre y Octubre; se obtiene que del 91.6% de las precipitaciones que ocurren entre Mayo y Octubre, el 42% corresponde al primer subperíodo lluvioso (Mayo-Julio) y el 49.6%, al segundo subperíodo (Agosto-Octubre). Esta diferencia, se debe a que en el primer subperíodo lógicamente se da inicio al período lluvioso en Mayo, pero éste se inicia normalmente en la segunda quincena del mes, mientras que el segundo subperíodo abarca los meses de Septiembre y Octubre considerados según las estadísticas, como meses bien lluviosos. Así mismo, en este segundo subperíodo la cantidad de días con precipitación es relativamente mayor que en el primero.



En el Municipio de Tipitapa se presenta un mínimo estival en el transcurso del período lluvioso en los meses de Julio y Agosto. Esta disminución, se conoce en el lenguaje popular como “Canícula” o “Veranillo” y está relacionada con el retiro de la ZCIT hacia el Sur y al aumento de la velocidad de los vientos alisios.

Generalmente, en el municipio el mínimo estival de las precipitaciones tiene una duración media de tres décadas, y se extiende desde el 20 de Julio al 11 de Agosto, como promedio.

Un aspecto de sumo interés al estudiar las características del régimen de precipitación, es la ocurrencia de días con precipitación. Este elemento es muy útil para las labores agrícolas, así como para planificar un mejor aprovechamiento del riego y la adecuada explotación de las actividades que requieren de esta información.

Temperatura del aire

Una de las principales características en el régimen térmico es el efecto del relieve de la zona sobre la temperatura del aire, donde su variación estacional es muy insignificante para la mayoría de las actividades humanas; por este motivo se analizaron las temperaturas extremas y las horarias con el objetivo de obtener una mejor visión de la distribución espacial de este elemento.

Al analizar la marcha anual de la temperatura media se obtuvo que las temperaturas más elevadas se registran en los meses de Abril y Mayo, con valores que oscilan entre 27.1 °C y 30.3 °C , registrándose los valores máximos hasta de 30.3 °C, en el mes de Abril. Las temperaturas medias más bajas ocurren entre Diciembre y Enero, oscilando los valores entre 24.3 °C y 26.6 °C.

Al analizar la marcha anual de la temperatura media se obtuvo que las temperaturas más elevadas se registran en los meses de Abril y Mayo, con valores que oscilan entre 27.1 °C y 30.3 °C , registrándose los valores máximos hasta de 30.3 °C, en el mes de Abril. Las temperaturas medias más bajas ocurren entre Diciembre y Enero, oscilando los valores entre 24.3 °C y 26.6 °C.

También, es notorio un descenso de la temperatura a partir de Junio, siendo más acentuado en Septiembre y Octubre, como resultado del acercamiento de la Zona de Convergencia Intertropical al territorio nacional, ya que como factor sinóptico influye en forma decisiva en el establecimiento y fortalecimiento del período lluvioso, provocando la ocurrencia de máximos mensuales de precipitación; lo que ocasiona un aumento de la cobertura nubosa y por ende reduce la incidencia directa de la radiación solar, lo cual disminuye los valores de temperatura del aire.

La oscilación media anual de la temperatura del aire, entre el mes más cálido y el más frío en la región, se mantiene entre 2.4 °C y 3.2 °C; esta diferencia es tres a cuatro veces inferior a la diferencia entre los valores absolutos máximos y mínimos diarios. Esta característica de los climas tropicales, dificulta la caracterización del régimen térmico, partiendo del estudio de su comportamiento estacional.

Radiación solar

Nicaragua se encuentra en una minúscula zona que recibe una mayor cantidad anual de radiación solar en los límites de la atmósfera. Sin embargo, esto no significa que la proporción que llega a la superficie terrestre sea equivalente a la que incide en los límites exteriores de la atmósfera.

El comportamiento de la Radiación Solar indica que el máximo de radiación incidente se presenta en el trimestre Marzo-Mayo, lo que origina también en esta época del año el máximo anual de la temperatura del aire. En Mayo con el establecimiento del período lluvioso y como resultado del aumento de la nubosidad, se presenta una disminución en las magnitudes mensuales de la radiación solar incidente, hasta alcanzar su mínimo anual en el mes de Diciembre, cuando el sol alcanza su máximo declinación hacia el Sur (período de máxima inclinación de los rayos solares sobre el territorio nacional).

No obstante, en todos los meses del año, la intensidad de la radiación solar incidente es considerable y puede afirmarse que dicho régimen garantiza una adecuada explotación energética durante la mayor parte del año.

El comportamiento de la Radiación Solar indica que el máximo de radiación incidente se presenta en el trimestre Marzo-Mayo, lo que origina también en esta época del año el máximo anual de la temperatura del aire.

Humedad relativa

Se determinó que los valores mínimos de la humedad relativa en el municipio tienen lugar en los meses de Marzo y Abril. El comportamiento de la marcha anual de la humedad relativa media, muestra que los valores máximos mensuales se registran en los meses de Septiembre y Octubre, tales valores oscilan entre el 75 a 77 %.

Evaporación

Los totales anuales de evaporación en el Municipio de Tipitapa y sus alrededores, se encuentran ubicados entre el rango de los 2387 mm y los 2761 mm, estos totales anuales de evaporación exceden a los acumulados anuales de precipitación, sobre todo en las localidades de menor precipitación, indicando a simple vista un déficit de humedad. Los máximos mensuales de evaporación se presentan en los meses de Marzo y Abril.

Nubosidad

De acuerdo a los datos, se aprecia que los máximos de nubosidad se presentan durante los meses del período lluvioso (Mayo - Octubre), con un valor promedio de seis (6) octas en ambas estaciones. Al iniciarse el período seco (Noviembre), la nubosidad comienza a disminuir hasta alcanzar un valor promedio de tres (3) octas, principalmente en los meses de Enero a Marzo. Este mínimo, está en correspondencia con una mayor estabilidad de la atmósfera en este período, que es cuando los vientos en altura se incrementan, impidiendo en muchas ocasiones las formaciones nubosas.

Insolación

Este parámetro meteorológico es altamente dependiente de la nubosidad, ya que la cantidad de horas con brillo solar y la nubosidad son elementos íntimamente ligados; creando situaciones de incertidumbre que hacen de la insolación un parámetro de difícil medición y aplicabilidad. De la mayor o menor cantidad de cubierta nubosa y de su espesor, depende la mayor o menor cantidad de insolación sobre la superficie.

Basados en los datos se determinó que los máximos valores de insolación se registran en el período seco; presentándose la mayor cantidad de horas de luz solar en el mes de Marzo, con un valor de 9.2 y 9.0 horas y décimas.

Presión y Viento

Para el análisis de estos parámetros se trabajó solamente con la estación de Managua, por ser la única que poseía información disponible y fiable. La marcha anual de estos parámetros presenta sus valores máximos durante la época seca.

La presión atmosférica y la velocidad media del viento, registran en el mes de Enero y Marzo sus valores máximos de 754.6 (hPa) y 3.0 m/s respectivamente. En los meses subsiguientes, dichos valores disminuyen paulatinamente, sin embargo la presión atmosférica decrece hasta el mes de Mayo, mientras que el viento alcanza sus valores mínimos en Octubre con un valor de 1.0 m/s.

Clasificación climática

Los resultados obtenidos de aplicar la clasificación Climática de Köppen podemos afirmar que el clima predominante es el de Sábana Tropical (Aw), que se caracteriza por presentar una marcada estación seca que dura de 4 a 6 meses. Cabe señalar, que durante el período seco es cuando el clima de Sábana Tropical (Aw), define con claridad sus características.

3.3 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.

A la información anual de los acumulados de precipitación de ocho estaciones meteorológicas, se les aplicó el índice desviación de la precipitación, determinándose que de los 30 años analizados, en 13 de estos se han registrado déficits en los acumulados anuales de lluvia anual mayor del 15.0%, en 11 de los 13 casos corresponden a años con la influencia del evento El Niño.

Las zonas Norte y Sur del Municipio de Tipitapa presentan niveles de amenaza altos por sequía meteorológica, en cambio la zona central presenta niveles de amenaza baja.

Tabla 3.0
Índice de desviación de precipitación anual
de las estaciones seleccionadas.

Año	69025.0	69027.0	69044	69060	69062	69087	69104	69130
	IDP	IDP	IDP	IDP	IDP	IDP	IDP	IDP
1971	12.6	11.5	22.7	-6.2	-3.0	-31.4	23.4	10.1
1972	-73.0	-42.3	-44.7	-43.9	-51.9	-67.4	-44.4	-27.0
1973	24.9	50.2	43.7	30.2	39.7	19.6	44.5	36.8
1974	-2.4	-25.1	-20.0	-12.5	-22.8	-24.9	-19.6	-15.2
1975	16.4	17.6	-12.4	12.7	50.3	-2.0	-11.8	14.3
1976	-39.5	-35.8	-38.8	-20.3	-52.1	-29.3	-38.4	-22.6
1977	-44.5	-30.0	-36.5	-40.9	-23.5	-26.3	-36.1	-18.5
1978	-18.4	-13.1	-9.8	4.9	26.6	-30.0	-9.2	-6.9
1979	24.4	-8.8	14.5	60.0	4.5	37.6	15.2	-3.9
1980	2.1	18.6	30.3	26.1	41.3	37.2	31.0	15.0
1981	35.0	10.8	-1.0	9.0	6.0	10.4	-0.5	9.6
1982	13.5	16.6	-9.7	17.0	5.2	-1.4	-9.1	13.6
1983	-23.4	-30.5	-29.4	-39.6	-23.9	-47.0	-28.9	-18.9
1984	-17.7	-0.8	24.8	-18.9	-10.3	-16.4	25.5	1.6
1985	-2.5	8.7	3.3	-5.5	-0.7	21.9	3.9	8.1
1986	-20.6	-33.3	-38.2	-5.8	-46.3	-4.2	-37.8	-20.8
1987	-27.4	-4.9	-26.5	-24.0	-25.9	-43.5	-26.0	-1.3
1988	74.1	44.8	50.1	12.3	53.0	74.3	50.9	33.1
1989	-37.1	-32.7	-46.2	-1.6	4.8	-20.5	-45.8	-20.4
1990	-39.8	-34.9	-33.5	-28.7	-15.7	-32.3	-33.1	-21.9
1991	-7.2	-15.5	-63.9	-24.9	-1.4	15.9	-63.7	-8.5
1992	-29.7	-39.2	-26.2	-55.5	-16.1	16.1	-25.8	-24.9
1993	-6.0	22.0	44.1	8.2	27.0	18.5	44.9	17.3
1994	-61.9	-15.0	-36.5	-5.2	-11.0	-12.6	-36.1	-8.2
1995	95.6	17.2	11.0	26.1	14.9	82.0	11.6	14.0
1996	78.0	38.6	29.7	31.7	38.0	71.6	30.4	28.8
1997	0.2	-25.7	-43.1	24.5	-24.8	-15.8	-42.8	-15.6
1998	110.8	34.9	64.5	109.8	4.4	64.8	65.4	26.3
1999	36.5	8.1	-5.0	54.7	-8.5	70.3	-4.4	7.7
2000	-26.3	-17.5	-28.7	47.2	-12.7	-20.7	-28.3	-9.9

Tabla 3.1: Índice de desviación de precipitación anual ordenado de las estaciones seleccionadas.

Para el cálculo de la probabilidad e intensidad de la sequía meteorológica

Nº	69025 IDP	69027 IDP	69044 IDP	69060 IDP	69062 IDP	69087 IDP	69104 IDP	69130 IDP	PROB SEQUIA
1	-73,0	-42,3	-63,9	-55,5	-52,1	-67,4	-63,7	-27,0	3%
2	-61,9	-39,2	-46,2	-43,9	-51,9	-47,0	-45,8	-24,9	7%
3	-44,5	-35,8	-44,7	-40,9	-46,3	-43,5	-44,4	-22,6	10%
4	-39,8	-34,9	-43,1	-39,6	-25,9	-32,3	-42,8	-21,9	13%
5	-39,5	-33,3	-38,8	-28,7	-24,8	-31,4	-38,4	-20,8	17%
6	-37,1	-32,7	-38,2	-24,9	-23,9	-30,0	-37,8	-20,4	20%
7	-29,7	-30,5	-36,5	-24,0	-23,5	-29,3	-36,1	-18,9	23%
8	-27,4	-30,0	-36,5	-20,3	-22,8	-26,3	-36,1	-18,5	27%
9	-26,3	-25,7	-33,5	-18,9	-16,1	-24,9	-33,1	-15,6	30%
10	-23,4	-25,1	-29,4	-12,5	-15,7	-20,7	-28,9	-15,2	33%
11	-20,6	-17,5	-28,7	-6,2	-12,7	-20,5	-28,3	-9,9	37%
12	-18,4	-15,5	-26,5	-5,8	-11,0	-16,4	-26,0	-8,5	40%
13	-17,7	-15,0	-26,2	-5,5	-10,3	-15,8	-25,8	-8,2	43%
14	-7,2	-13,1	-20,0	-5,2	-8,5	-12,6	-19,6	-6,9	47%
15	-6,0	-8,8	-12,4	-1,6	-3,0	-4,2	-11,8	-3,9	50%
16	-2,5	-4,9	-9,8	4,9	-1,4	-2,0	-9,2	-1,3	53%
17	-2,4	-0,8	-9,7	8,2	-0,7	-1,4	-9,1	1,6	57%
18	0,2	8,1	-5,0	9,0	4,4	10,4	-4,4	7,7	60%
19	2,1	8,7	-1,0	12,3	4,5	15,9	-0,5	8,1	63%
20	12,6	10,8	3,3	12,7	4,8	16,1	3,9	9,6	67%
21	13,5	11,5	11,0	17,0	5,2	18,5	11,6	10,1	70%
22	16,4	16,6	14,5	24,5	6,0	19,6	15,2	13,6	73%
23	24,4	17,2	22,7	26,1	14,9	21,9	23,4	14,0	77%
24	24,9	17,6	24,8	26,1	26,6	37,2	25,5	14,3	80%
25	35,0	18,6	29,7	30,2	27,0	37,6	30,4	15,0	83%
26	36,5	22,0	30,3	31,7	38,0	64,8	31,0	17,3	87%
27	74,1	34,9	43,7	47,2	39,7	70,3	44,5	26,3	90%
28	78,0	38,6	44,1	54,7	41,3	71,6	44,9	28,8	93%
29	95,6	44,8	50,1	60,0	50,3	74,3	50,9	33,1	97%
30	110,8	50,2	64,5	109,8	53,0	82,0	65,4	36,8	100%
	41,9	41,9	45,2	29,0	32,3	41,9	45,2	32,3	

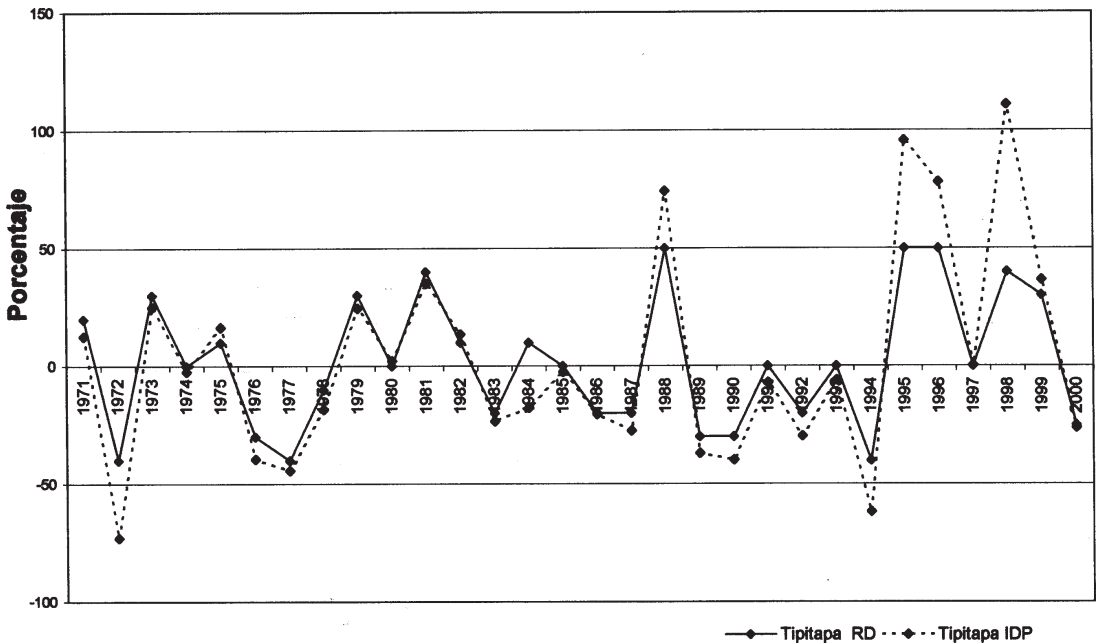
Conociendo la frecuencia y el grado de severidad del comportamiento de la sequía se determinaron los tres niveles de amenaza (Alto, Medio y Bajo), resultando que el municipio de Tipitapa presenta un nivel de amenaza bajo en la parte central y oriental del municipio; las zonas que presentan un nivel de amenaza medio están ubicadas al Norte y Sur de la zona de amenaza baja; mientras que el resto del municipio presenta niveles de amenaza alta a ser afectada por la sequía.

Tabla 3.2
Precipitación media anual

Nombre	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	N	Anual
San Francisco Libre	2	1	3	3	158	189	94	122	257	222	64	4	1134
Aeropuerto Managua	4	1	3	3	145	202	138	132	212	249	52	11	1160
Panaloya	4	1	4	4	109	155	105	127	234	165	44	7	964
Bajo Los Ortegas	9	4	6	6	140	178	88	114	235	168	63	12	1031
El Trapiche	5	3	0	0	127	162	129	172	308	178	66	22	1075
Los Placeres	4	2	8	8	164	168	70	106	217	181	54	4	1004
Saimsa	10	5	9	9	127	165	119	157	220	240	44	4	1112
Timal	4	27	1	1	116	191	149	186	260	239	54	7	1169

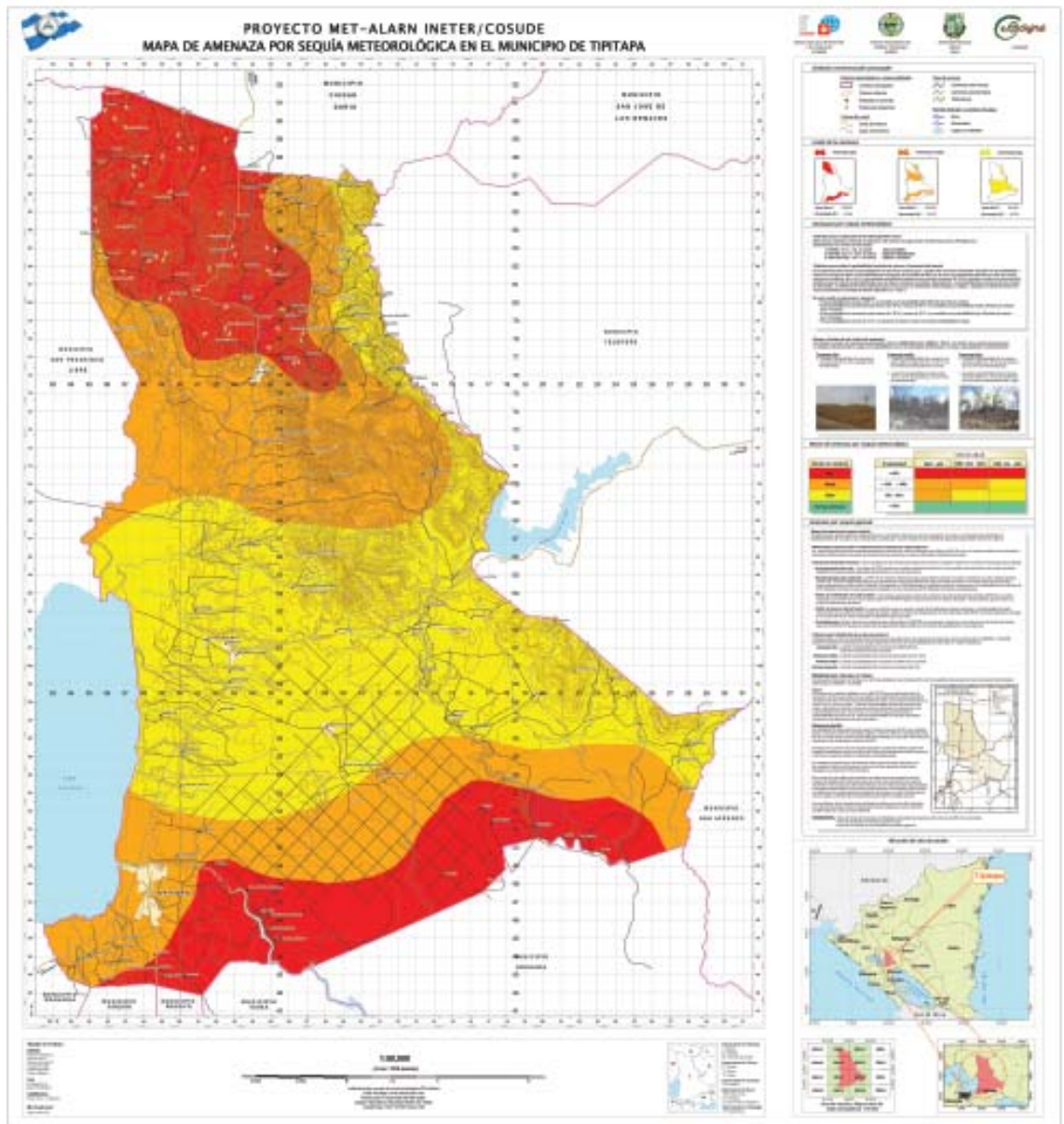
Los resultados de la aplicación del método IDP (Índice de desviación de la precipitación), son consistentes con el método de los deciles, tal como se muestra en el siguiente gráfico:

Comparación de resultados mediante el método de deciles y el índice de desviación de la precipitación (IDP)



Los niveles de amenaza determinados para el municipio de Tipitapa se muestran en el siguiente mapa.

3.4 MAPA DE AMENAZA POR SEQUÍA METEOROLÓGICA DEL MUNICIPIO DE TIPITAPA.



3.4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

- 1 La aplicación de la presente normativa permite estandarizar los criterios mínimos para evaluar la amenaza de sequía meteorológica.
- 2 Existe una suficiente base de datos para su aplicación en los distintos municipios del país.
- 3 La aplicación permitirá realizar el estudio más detallado de la sequía a una escala de 1:50 000.
- 4 La implementación del método propuesto identifica claramente tres niveles de amenaza (Alta, Media y Baja).
- 5 La metodología aplicada ha sido comparada con otros métodos, determinándose que esta cumple con los objetivos que se plantearon para el desarrollo de esta normativa, ya que su aplicación es sencilla y comprensible para el personal que no es especialista en la materia.
- 6 La metodología fue presentada a un grupo multidisciplinario en cuatro talleres; en donde fue ampliamente discutida e incorporadas sus observaciones.
- 7 Los resultados obtenidos de la ejecución de la metodología permitirán, contar con una herramienta para el ordenamiento del territorio y la prevención y mitigación ante la presencia del fenómeno. Igualmente les permitirá a las instituciones encargadas de velar por el sector agrícola, la implementación de las técnicas adecuadas en la agricultura.
- 8 La metodología propuesta en este documento no es rígida únicamente para la elaboración de los mapas de amenaza; sino que es aplicable para la consecución de otros resultados.
- 9 Los criterios propuestos son lo suficientemente flexibles para su aplicación con otro tipo de metodología
- 10 La metodología y los resultados obtenidos fueron validados in situ en el municipio de Tipitapa.

La aplicabilidad del método utilizado y los resultados obtenidos del mismo, permitirán, elaborar mapas de amenaza a nivel mensual, lo que permitirá conocer los meses del año en que los niveles de amenaza por sequía es mayor para cada municipio, lo que proporcionará mayores elementos sobre el comportamiento de este fenómeno. A este nivel de detalle, un mapa de amenaza por sequía brinda información importante para ser considerada en el ordenamiento del territorio, para la toma de decisiones y la elaboración de políticas de prevención y mitigación del fenómeno.

3.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autores consultados

- Gutiérrez, M., 1994: Sequía Meteorológica en Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Managua Nic.
- Grandoso, H., A.V. de Montero y V. Castro., 1981: Características de la atmósfera libre sobre Costa Rica y sus relaciones con la precipitación. Informe semestral (Enero - Junio 1981). Instituto geográfico Nacional. San José Costa Rica.
- Halpert, M.S., G.D. Bell, V.E. Kousky, and C.F. Ropelewski, 199: Fifth Annual Climate Assessment 1993. Camp Spring, M.D.: Climate Analysis Center, National Weather Service.
- Mosino, P y Garcia, E. Evaluación de la Sequía Intraestival en la República Mexicana. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F
- Ramírez, P., 1983: Estudio Meteorológico de los Veranillos en Costa Rica. Nota de Investigación. Instituto Meteorológico Nacional.
- Reyes, L.. 1970: La lluvia en Centroamérica y su Variación Estacional. Proceedings of the International Seminar of Tropical Meteorology. Campinas Brasil. WMO Ginebra Suiza. 1970.
- Suarez, M.E., 1985: Sequías Meteorológicas en Costa Rica. Tesis de Opción a Licenciatura en Meteorología.
- Palca, J., 1986: Could this be an El Niño .
- Pezet, F.A., 1895: The Counter current El Niño on the coast of northern Peru. Boletines del Sociedad Geográfico.
- Philander, S.G., 1989: El Niño and Nina, and the southern oscillation. Academic Press, San Diego.
- Philander, G., 1995: Letters to the editor. Bulletin of the American Meteorological Society.
- Portig, W.H., 1960: Contribución a la meteorología en Centroamérica especialmente en El Salvador. Deutscher Wetterdienst Seeweterant, Einzelveroff.
- Portig, W.H., 1965: Central American Rainfall. The Geographical Review Vol. LV, N° 1.
- Quinn, W., V.T. Neal, and S.E.A. Mayolo, 1987: El Niño occurrences over the past four and a half centuries. Journal of Geophysical Research .

Otras publicaciones consultadas

- Drought and Agriculture, technical N° 138. WMO N° 392 Secretariat of the WMO. Geneva Switzerland.
- Mitigación de Desastres Naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado Sanitario. OPS.
- Special Environmental Report N° 5 DROUGHT WMO. N° 403, Secretariat of the WMO Geneva Switzerland, 1975.

3.6 GLOSARIO DE TÉRMINOS

ANTROPICO: De origen humano o de las actividades del hombre, incluidas las tecnológicas.

EFFECTOS DIRECTOS: Aquellos que mantienen relación de causalidad directa con la ocurrencia de un evento o fenómeno físico, representados usualmente por el daño en las personas, los bienes, servicios y en el ambiente o por el impacto inmediato en las actividades sociales y económicas.

EFFECTOS INDIRECTOS: Aquellos que mantienen relación de causalidad con los efectos directos, representados usualmente por impactos concatenados o posteriores sobre la población, sus actividades económicas y sociales o sobre el ambiente. Por ejemplo, pérdidas de oportunidades productivas, de ingresos futuros, etc.

EVENTO (PERTURBACION): Suceso o fenómeno natural, tecnológico o provocado por el hombre que se describe en términos de sus características, su severidad, ubicación y área de influencia. Es el registro en el tiempo y el espacio de un fenómeno que caracteriza una amenaza. Es importante diferenciar entre un evento potencial y el evento mismo, una vez éste se presenta.

INTENSIDAD: Medida cuantitativa y cualitativa de la severidad de un fenómeno en un sitio específico

ANEXOS

4. Formato de la encuesta realizada en el municipio de Tipitapa .

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
ENCUESTA PARA RECOLECCION DE INFORMACION CLIMATOLOGICA Y
AGROCLIMATICA

1. Información General

- 1.1. Nombre de la propiedad: _____
1.2. Departamento: _____
1.3. Municipio: _____
1.4 Comarca: _____
1.5. Localización Lat. Long.(UTM): _____
1.6. Tipo y característica del suelo: _____
1.7. Pendiente: _____ Elevación (msnm): _____
1.8. Tipo de vegetación y fauna predominante: _____

2. Climatología:

Seco Normal Húmedo

- 2.1. Característica de la ubicación geográfica de la zona: _____
2.2. Principales accidentes geográficos y cuerpos de agua existentes: _____
2.3. Antecedentes del comportamiento de las precipitaciones: _____
2.4. Antc. Del comportamiento de las temperaturas: _____
2.5. Antc. del comportamiento de los vientos: _____
2.6. Historia y tipo de los desastres naturales que han afectado a la localidad: _____
2.7. Pérdidas económicas causada por tipos de desastres: _____

Sequía. Duración Intensidad Frecuencia Meses de Afectación /Epoca del año

Huracanes: _____.

Vientos. _____

Precipitaciones. _____

2.8. Principales efectos climáticos sobre la zona:

3. Agroclimatología:

- 3.1. Actividad económica predominante: _____
- 3.2. Tipo de cultivo existente: _____
- 3.3. Preparación y tratamiento del suelo antes de la siembra: _____
- 3.4. Tipo de variedad del cultivo: _____
- 3.5. Fecha de siembra: _____
- 3.6. Duración del ciclo vegetativo: _____
- 3.7. Tipo de siembra: _____
- 3.8. Norma de siembra de las semillas kg/ha: _____
- 3.9. Agrotecnia durante el desarrollo del cultivo y trabajos de campo: _____
- 3.10. Tipo de plagas: _____
- 3.11. Tipo de enfermedades en las plantas: _____
- 3.12. Trabajo agrícolas de campo más comunes: _____
- 3.13. Rendimientos por cultivos: _____
- 3.14. Influencia del clima en la realización de los trabajos de campo: _____
- 3.15. Fenómenos meteorológicos mas frecuentes que afectan al cultivo: _____

4. Estaciones meteorológicas de referencia.

- 4.1. Características de ubicación de la estación meteorológica: _____
- 4.2. Calidad de las observaciones meteorológicas: _____.
- 4.3. Entorno de la estación meteorológica: _____
- 4.4. Periodo de registro y continuidad de la información: _____