

## **Vulnerabilidad de la Zonas Urbanas de Nicaragua ante las Inundaciones provocadas por el Cambio y la Variabilidad Climática.**

Yelba Flores Meza

---

*Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua, CIRA/UNAN. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua. [yelba.flores@cira-unan.edu.ni](mailto:yelba.flores@cira-unan.edu.ni)*

### **Resumen.**

El trabajo representa una evaluación de la vulnerabilidad de las poblaciones en los centros urbanos de Nicaragua. Se presume que el cambio y la variabilidad climática aumentan esta vulnerabilidad dada la exposición y susceptibilidad de las poblaciones en área urbanas. Se evalúa la vulnerabilidad de acuerdo a la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Dado que los centros urbanos presentan un crecimiento desordenado, el sistema de abastecimiento potable y alcantarillado sanitario no cubre las necesidades al ritmo actual de crecimiento de las poblaciones. El manejo inadecuado de cuenca provoca incremento en el escurrimiento, lo cual causa las inundaciones en las partes baja. Los resultados indican que se debe trabajar en la búsqueda de soluciones integrales de gestión de cuenca, enfatizando en estudios a detalle tanto geológicos, como hidrológicos y climáticos para obtener una base sólida de planificación y ordenamiento del territorio que drene hacia las ciudades.

**Palabras claves:** Cambio Climático, Zona Urbana, Vulnerabilidad, Medidas de Adaptación.

### **Introducción.**

La posición geográfica de Nicaragua entre los Océanos Pacífico y Atlántico, así como la forma geométrica que presenta y el lugar que ocupa en el istmo centroamericano hacen que la región esté expuesta a los eventos de cambio climático global y se experimente una variabilidad climática marcada.

El clima de Nicaragua se ubica en la clasificación climática de Köppen como Ecuatorial con veranos secos, sin embargo, la tendencia actual de variabilidad climática y el cambio climático global hace que se presenten eventos extremos recurrentes, derivado de complejos sistemas Meteorológicos formadores del clima de Nicaragua. (INETER, Dirección de Geofísica, 2005). El país está afectado directamente por los eventos extremos de sequías y precipitaciones intensas que provocan inundaciones, lo cual lo hace vulnerable a la variabilidad y el cambio climático.

Los eventos de cambio y variabilidad climática afectan a los centros urbanos. La mayoría de éstos están localizados en las partes bajas de las cuencas, zonas de inundación o valles intramontanos, por lo que están sujetos a inundaciones continuas. Pandiella, (2009). Si el

fenómeno se refiere a la sequía, el crecimiento acelerado y desordenado de las ciudades aumenta el desabastecimiento del vital líquido, así como de las enfermedades por falta de agua. La problemática tiene su origen en diversos factores naturales como los cambios en la dinámica de precipitación y antropogénicos, principalmente en la falta de gestión integrada de cuencas.

El tema forma parte de la caracterización para Nicaragua del libro “El Agua Urbana en el Continente Americano” de la Inter-American Network of Academies of Science, IANAS. El objetivo principal es evaluar cómo afecta el cambio y la variabilidad climática a los principales centros urbanos de América.

En este trabajo se ha utilizado la metodología de evaluación de vulnerabilidad tomando en cuenta la exposición referida a los factores naturales, la sensibilidad provocada por las actividades del ser humano y la capacidad de adaptación que abarca los aspectos organizativos de los centros urbanos. La zona de estudio es todo el territorio nacional, pero principalmente las principales ciudades afectadas en Nicaragua ante los eventos de variabilidad y cambio climático, principalmente por inundaciones.

De acuerdo a la Metodología empleada las ciudades más vulnerables son las de Estelí y Matagalpa. Enfocadas en esta categoría debido a la situación geográfica de las mismas y al deterioro del paisaje por deforestación, sumado al deficiente sistema de drenaje de estas ciudades. La mitigación y adaptación, deben enfocarse a la recuperación del paisaje y al ordenamiento del drenaje pluvial de la ciudad.

### **Zona de estudio.**

La zona de estudio es todo el territorio nacional, enfocando el análisis en las principales ciudades afectadas por inundaciones.



Figura 1. Ciudades Afectadas por Inundaciones. INETER, (2000)

## **Materiales y Métodos.**

Se realizó un análisis de información existente para la exposición, sensibilidad y adaptación al cambio y la variabilidad climática de las principales ciudades, para determinar su vulnerabilidad. La evaluación está basada en la definición de vulnerabilidad IPCC, (2001) la cual se presenta en función de la exposición la sensibilidad y la capacidad de adaptación del sistema. Los valores los determinó Baca (2012), donde se asignan valores para los diferentes atributos y niveles de vulnerabilidad en alto=3, medio=2 y baja=1, con los cuales se trabaja la fórmula de vulnerabilidad. Ecuación 1.

$$(1) \quad \text{Vulnerabilidad} = \text{Exposición} + \text{Sensibilidad} - \text{Capacidad}$$

Los factores de vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación) se evalúan asignándole tres rangos cualitativos (alto, medio y bajo) y se les asigna un valor cuantitativo (1,2 y 3). Tabla 1.

Tabla 1. Rangos y valores para los atributos de la vulnerabilidad.

Atributos	Rango (A, M, B) / Valor (3,2,1)
Exposición (E)	Alto (3), Medio (2) Bajo (1)
Sensibilidad (S)	Alto (3), Medio (2) Bajo (1)
Capacidad de adaptación (CA)	Alto (3), Medio (2) Bajo (1)

Cada uno de los atributos representa un complejo de factores a los que se le asigna un rango con su respectivo valor, lo cual se aplica en la fórmula de vulnerabilidad, obteniéndose un valor cuantitativo denominado índice de vulnerabilidad.

### ***Factores de Exposición.***

Como factores de exposición se tomó la ubicación de las ciudades de acuerdo al relieve, exposición a las sequías o inundación de acuerdo a la recurrencia de estos fenómenos en el área y finalmente la exposición de acuerdo al tipo de suelo donde se asienta la ciudad.

### ***Factores de sensibilidad.***

La sensibilidad se relaciona a las condiciones de vida de la población y las creadas en la cuenca de acuerdo a las actividades económicas de la zona. Así los factores de sensibilidad son el uso de suelo en las áreas que drenan a la ciudad, la red de drenaje pluvial y las condiciones de vivienda de la población, así como la densidad de población de la ciudad.

### ***Factores de Capacidad de Adaptación.***

La capacidad de adaptación se ha medido de acuerdo a la organización de la población a la existencia de planes de riesgo, planes de desarrollo de ciudades, planes de drenaje pluvial.

## **Resultados.**

Se evaluaron seis ciudades en Nicaragua que históricamente han sido afectadas tanto por sequía, como por inundaciones y en algunos casos por ambos eventos, así también los eventos asociados a estos fenómenos.

En general las ciudades del pacífico y algunos valles de la región central, están afectadas por eventos de sequía principalmente, mientras que las de la región Central y Atlántico están sujetas a perennes inundaciones. Algunas ciudades ubicadas en los valles intramontanos pueden ser objeto de inundaciones y sufrir etapas de sequía.

### ***Exposición.***

La capital de Nicaragua, Managua, presenta un grado de exposición alta a las inundaciones, está ubicada la parte baja de la cuenca sur del Lago Xolotlán. Se desarrolla en las riberas de este lago. Este cuerpo de agua recibe las aguas de drenaje desde las montañas del norte y las Sierras del sur de Managua.

El crecimiento de la ciudad de Managua históricamente ha sido desordenado desde el terremoto de 1972. Eventos posteriores causaron migración intensa a la ciudad lo que desató la instalación de una serie de asentamientos en toda la ciudad, sin planificación urbana. Esta situación se generaliza para todas las demás ciudades analizadas. INIFOM, (2013).

Durante los últimos años han ocurrido una serie de eventos climáticos durante los cuales el Lago Xolotlán, en cuyas orillas se desarrolla Managua, ha elevado su nivel y ha ocupado amplia área de la zona de inundación, la cual había estado seca en épocas pasadas. (Hasta 1988), SERVIR, (2010). Las demás ciudades se asientan en zonas bajas y generalmente a orillas de ríos, los cuales de la misma manera han recuperado su planicie de inundación.

La sequía afecta principalmente el suministro de agua debido a que los pozos no son totalmente penetrantes y la baja de nivel, así como la eficiencia de la bomba, provoca el desabastecimiento del vital líquido. ENACAL, (2014).

Los deslizamientos y derrumbes provocados por exceso de lluvias afectan principalmente a las ciudades ubicadas en los valles de la región central, los cuales están rodeados de zonas con pendiente elevada y suelos incorporados a la agricultura. INETER, (2010).

El tipo de suelo se asocia a la exposición debido a la capacidad de infiltración que pueda presentar, en zonas rocosas se considera una exposición alta. Finalmente se obtiene un promedio de exposición de factores cuyos resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Exposición de las Ciudades más afectadas por eventos Climáticos.

Ciudad	Región	Inundaciones	Sequía	Deslizamientos	Tipo de Suelo	Promedio
Managua	Pacífico	3	2	1	1	2
Estelí	Central	3	2	3	3	3
Granada	Pacífico	3	2	1	1	2
Matagalpa	Central	2	3	3	3	3
Bluefields	Atlántico	2	1	1	2	2
Puerto Cabezas	Atlántico	2	1	1	2	2

Seguidamente se analizaron los factores antropogénicos de sensibilidad que directamente hacen sinergia con los de exposición e influyen en la vulnerabilidad de las poblaciones.

Sin un sistema de drenaje pluvial adecuado aumenta la vulnerabilidad a las inundaciones, debido al crecimiento desordenado los sistemas de drenaje se han construido atendiendo a las emergencias por sector y no con visión de cuenca, drenaje natural y suelos por lo que todas las ciudades presentan una sensibilidad alta. El uso de suelo influye ya que la deforestación aumenta la escorrentía. El tipo de vivienda obviamente influye enfocado en los materiales de construcción y normas de construcción. El futuro desarrollo de la ciudad, planificado o no, es altamente sensible porque el crecimiento es acelerado y con poco control. La sensibilidad entonces se obtiene entre media y alta. La Tabla 3 resume los datos obtenidos.

Tabla 3. Sensibilidad de las ciudades más afectadas en Nicaragua.

Ciudad	Red de Drenaje Pluvial	Uso de Suelo Parte Alta	Tipo de Vivienda	Futuro Desarrollo	Sensibilidad
Managua	3	2	2	3	3
Estelí	3	2	2	3	3
Granada	3	2	1	3	2
Matagalpa	3	2	2	2	2
Bluefields	3	2	3	2	3
Puerto Cabezas	3	2	3	2	3

La capacidad de Adaptación se considera casi la misma en todo el país, por lo que en promedio se obtienen los mismos resultados para las principales ciudades de Nicaragua. Las medidas de conservación son tradicionalistas sin enfoque territorial. Las bases de datos están desactualizadas al contar con información a escala regional. La Capacidad organizativa es principalmente para dar respuesta directa al desastre y no a la prevención. Las políticas ante el cambio climático no abordan a profundidad el tema de las ciudades. No hay sistema de alerta establecidos ante las inundaciones que afecten los centros urbanos. Tabla 4.

Tabla 4. Capacidad de Adaptación de las Ciudades Afectadas en Nicaragua.

Ciudad	Medidas de Conservación	Base de Datos	Capacidad Organizacional	Políticas ante el cambio climático	Sistemas de Alerta	Promedio
Managua	2	2	1	2	3	2
Estelí	3	2	1	2	3	2
Granada	2	2	2	2	3	2
Matagalpa	3	2	2	2	3	2
Bluefields	1	2	2	2	3	2
Puerto Cabezas	1	2	2	2	3	2

De acuerdo a lo evaluado se obtiene la vulnerabilidad al cambio climático de las áreas urbanas más afectadas de Nicaragua, utilizando la ecuación 1. Tabla 5.

Tabla 5. Vulnerabilidad de Ciudades Afectadas en Nicaragua.

Municipio	Exposición	Susceptibilidad	Capacidad de Adaptación	Índice de Vulnerabilidad
Managua	2	3	2	3
Estelí	3	3	2	4
Granada	2	2	2	2
Matagalpa	3	2	2	3
Bluefields	2	3	2	3
Puerto Cabezas	2	3	2	3

De esta manera se observa que todas las ciudades a excepción de Granada se presentan altamente vulnerables al cambio climático en todos los ámbitos. Las demás ciudades y podría decirse que en general todos los centros urbanos de Nicaragua pueden presentar vulnerabilidad media a alta.

## **Discusión.**

La vulnerabilidad de los centros urbanos a la variabilidad y el cambio climático es producto de la sinergia de una serie de factores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. En Nicaragua, (INETER, 2000), determinó las principales ciudades sujetas a inundaciones históricas.

Las ciudades más vulnerables se localizan en valles intramontanos, rodeadas de elevaciones rocosas con poca o nada cobertura vegetal. Las lluvias intensas provocan deslizamientos y derrumbes, lo que expone a estas ciudades a la acumulaciones de sedimentos en sus partes bajas, muchas veces con resultados catastróficos. Aunque muchas veces estos eventos se atribuyen al cambio climático, es sin embargo una consecuencia principal del mal manejo de suelos. Ferreira, (2009). La Ciudad de Managua está sujeta a inundaciones constantes, principalmente en la ribera del Lago Xolotlán, el cual cuenta con un área de drenaje aproximada de 1,005.6 Km<sup>2</sup>. Desde el sur, los suelos degradados en rocas friables y las lluvias intensas, sumada a la deforestación pueden causar flujo de detritos hacia la ciudad. Barreto, (2010).

Aproximadamente la mitad de la población viven en áreas urbanas. Un crecimiento rápido y a menudo no planificado, es asociado a la pobreza, degradación ambiental y una demanda de la población que supera la capacidad de los servicios. Pandiella, (2009). El incremento de la población y los asentamientos en las ciudades de Nicaragua, provocan que la red de drenaje supere su capacidad de flujo, provocando las inundaciones en las ciudades. No es posible coordinar el crecimiento urbano con la instalación o modernización del sistema de drenaje, lo que produce mayores escorrentías, provocando inundaciones en las partes bajas. El desarrollo futuro de las urbanizaciones es complicado debido a los enfoques tradicionales, en los cuales se toma en cuenta poco o nada del entorno ambiental. Esto contribuye a que las ciudades sigan siendo afectadas.

Los nuevos pobladores de las ciudades a menudo son trabajadores del campo que emigran buscando mejores condiciones. Las viviendas ocupadas por los inmigrantes se construyen de cualquier tipo de material, sin tomar en cuenta el riesgo que corren. En general los asentamientos se construyen en zonas de mayor vulnerabilidad, cerca de cauces o zonas planas. Este grupo poblacional es el más vulnerable a los desastres. Pandiella, (2009).

En cuanto a la capacidad de adaptación, la principal actividad es reforestar partes altas, sin un debido estudio que indique si estas funcionan como área de recarga. Un área de recarga debe ser evaluada desde las formaciones geológicas, el uso, tipo y profundidad del suelo. Las propiedades del suelo y del acuífero incluyendo el proceso de recarga varían de un lugar Balek, (1988). Las bases de datos para tal fin, están generalizadas a nivel nacional, por lo que no es posible determinar a detalle las zonas de recarga a fin de captar naturalmente el agua de lluvia y disminuir las escorrentías que provocan inundación.

Las políticas en este tema, se formulan con carácter general, al no contar con la base científica de apoyo para determinar las diferentes normas y reglamentos de urbanización, se trabaja con lineamientos generales.

De esta manera resulta que las ciudades más vulnerables a las inundaciones que pueden causar desastres, son Matagalpa y Estelí, dada su ubicación entre montañas, deterioro de las cuencas hidrográficas y falta de políticas en materia de urbanización.

En el Foro Necesidad de una gestión integrada de inundaciones urbanas en América Latina: casos en Argentina, El Salvador y Nicaragua, México, 2007, se abordó los problemas que sufren los centros urbanos y se determinaron una serie de recomendaciones para mitigar estos problemas, las cuales se transcriben:

- *Generar un cambio de visión a todos los niveles en relación a las causas de las inundaciones y sus posibles soluciones.*
- *Promover la definición de políticas nacionales en materia de drenaje urbano, asociadas a la preservación del ambiente urbano y rural (cuencas).*
- *Encarar acciones junto a los tomadores de decisión y los profesionales.*
- *Promover las acciones asociadas a la gestión local de riesgo.*
- *Realizar un tratamiento objetivo del cambio climático en relación con las inundaciones urbanas.*

## **Conclusiones.**

La exposición de los centros urbanos en Nicaragua a los efectos del cambio climático está condicionada por el tipo de terreno y la naturaleza a sufrir de inundaciones y sequía.

Los centros urbanos están localizados en las partes bajas de los terrenos, por lo que la Sensibilidad ve incrementada debido al deterioro del suelo en las partes altas. Los sistemas de drenaje no satisfacen las demandas de una población en constante aumento. Las viviendas en muchos casos son construidos con materiales de fácil deterioro, especialmente con habitantes que se ubican a orillas de cauces. El futuro de los centros urbanos presenta una difícil etapa debido a las dificultades de ordenamiento territorial por los enfoques tradicionalistas de desarrollo.

Por falta de una base científica de sustento a las normativas de desarrollo, las regulaciones se presentan de manera general, lo que no responde a la mitigación de la vulnerabilidad de los centros urbanos. En este sentido no es posible la implementación dirigida de un sistema de alerta temprana.

La organización para atención de desastres trabaja principalmente durante los eventos, sin un seguimiento de los factores que conllevan a estos desastres. La vulnerabilidad de los centros urbanos en Nicaragua es alta, principalmente de las ciudades ubicadas en valles de regiones montañosas, seguidos de las ubicadas a orillas de los lagos y las de la costa Caribe nicaragüense. Se debe trabajar en los detalles que causan los efectos adversos del cambio y la variabilidad climática, para poder mitigar los desastres en los centros urbanos.

## Literatura Citada.

- Baca M., L. P. (2012). *Vulnerabilidad y estrategias de adaptación al cambio climático en los medios de vida de las familias de Nicaragua, El Salvador, Guatemala y México*. Centro Internacional de Agricultura. Managua.
- Balek. (1988). *Groundwater Recharge Concepts*.
- Barreto, P. E. (2010). !Managua, Managua; Aluvión de 1876, ¿Managua podría ser destruida por otro aluvión? *Wordpress* .
- ENACAL. (2014). *Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados*.
- Ferreira, A. (2009) (MarcadorDePosición4). *Pérdida de nutrientes en los suelos*. Obtenido de Antonio´s Ferreira Blog.
- INETER. (2000). Dirección General de Recursos Hídricos, Mapa de Peligros por Inundaciones. <http://web-geofisica.ineter.gob.ni/mapas/Nicaragua/inundacion/index.html>
- INETER. (2010). *INETER*. Recuperado el 2014, de Sitio web de INETER: [www.ineter.gob.ni](http://www.ineter.gob.ni)
- INETER, Dirección de Geofísica. (2005). *Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales*. [www.ineter.gob.ni](http://www.ineter.gob.ni)
- INIFOM. (2013). *Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal* .
- IPCC. (2001). *Vulnerability and Adaptation to Climate*.
- Pandiella, J. H. (2009) (MarcadorDePosición3). *Adapting Cities to Climate Changes*. Ciudad y editorial
- SERVIR. (2010). *SERVIR GLOBAL - The Regional Visualization and Monitoring System*. Obtenido de SERVIR: [ww.servir.net](http://ww.servir.net) mes, día.