



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
Unidad Cuajimalpa



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
Unidad Cuajimalpa

Comunidad académica comprometida  
con el desarrollo humano de la sociedad.

28 de mayo de 2018  
Dictamen 06/18

## DICTAMEN QUE PRESENTA LA COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN Y DISEÑO.

### ANTECEDENTES

- I. El Consejo Divisional de Ciencias de la Comunicación y Diseño, en la sesión 08.18, celebrada el 16 de mayo de 2018, integró esta Comisión en los términos señalados en el artículo 55 de Reglamento Interno de los Órganos Colegiados Académicos.
- II. El Consejo Divisional designó para esta Comisión a los siguientes integrantes:
  - a) Órganos personales:
    - ✓ Dr. Jesús Octavio Elizondo Martínez, Jefe del Departamento de Ciencias de la Comunicación;
    - ✓ Mtro. Luis Antonio Rivera Díaz, Jefe del Departamento de Teoría y Procesos del Diseño;
    - ✓ Dr. Carlos Joel Rivero Moreno, Jefe del Departamento de Tecnologías de la Información.
  - b) Representantes propietarios:
    - Personal académico:
      - ✓ Mtro. Daniel Cuitláhuac Peña Rodríguez, Departamento de Ciencias de la Comunicación;
      - ✓ Dr. Alfredo Piero Mateos Papis, Departamento de Tecnologías de la Información;
      - ✓ Dra. Dina Rochman Beer, Departamento de Teoría y Procesos del Diseño.

1

### CONSIDERACIONES

- I. Con fecha 23 de mayo de 2018, la Comisión recibió, para su análisis y discusión, el informe de actividades académicas desarrolladas por el **Dr. Sazcha Marcelo Olivera Villarroel**, durante el disfrute del periodo sabático comprendido del 9 de septiembre



División  
Ciencias de la  
Comunicación y  
Diseño

#### Unidad Cuajimalpa

DCCD | División de Ciencias de la Comunicación y Diseño  
Torre III, 5to. piso. Avenida Vasco de Quiroga 4871,  
Colonia Santa Fe Cuajimalpa. Delegación Cuajimalpa de Morelos,  
Tel. +52 (55) 5814-6553. C.P. 05300, México, D.F.  
<http://dccd.cua.uam.mx>





de 2016 al 8 de noviembre de 2017, aprobado en la sesión 06.16 celebrada el 6 de junio de 2016, mediante el acuerdo DCCD.CD.11.06.16.

II. La Comisión de Investigación sesionó el día 28 de mayo de 2018, fecha en la que concluyó su trabajo de análisis y evaluación del informe, con el presente Dictamen.

III. La Comisión contó, para su análisis, con los siguientes elementos:

- Programa de actividades académicas por desarrollar durante el periodo sabático.
- Evaluación general.

IV. La Comisión evaluó el informe de actividades académicas y las constancias y documentos que demuestran las actividades realizadas por el **Dr. Sazcha Marcelo Olivera Villarroel**, durante el disfrute del periodo sabático comprendido del 9 de septiembre de 2016 al 8 de noviembre de 2017, aprobado en la sesión 06.16 celebrada el 6 de junio de 2016, mediante el acuerdo DCCD.CD.11.06.16. De lo anterior, llegó a la conclusión de que se cumplió satisfactoriamente con el programa de actividades.

## DICTAMEN

### ÚNICO:

Se recomienda al Consejo Divisional dar por recibido el informe del periodo sabático del **Dr. Sazcha Marcelo Olivera Villarroel**, en términos del artículo 231 del Reglamento de Ingreso, Promoción y Permanencia del Personal Académico.

### VOTOS:

Integrantes	Sentido de los votos
Dr. Jesús Octavio Elizondo Martínez	
Mtro. Luis Antonio Rivera Díaz	
Dr. Carlos Joel Rivero Moreno	A favor
Mtro. Daniel C. Peña Rodríguez	A favor





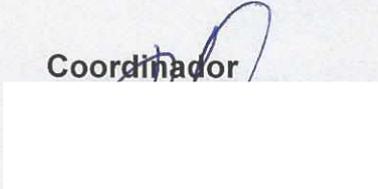
Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**  
Unidad Cuajimalpa

*Comunidad académica comprometida  
con el desarrollo humano de la sociedad.*

<b>Integrantes</b>	<b>Sentido de los votos</b>
Dr. Alfredo Piero Mateos Papis	A favor
Mtra. Brenda García Parra (Representante Suplente)	A favor
<b>Total de los votos</b>	<b>4 votos a favor</b>

Coordinador

  
**Dr. Raúl Roydeen García Aguilar**  
Secretario del Consejo Divisional de  
Ciencias de la Comunicación y Diseño



División  
Ciencias de la  
Comunicación y  
Diseño

**Unidad Cuajimalpa**

DCCD | División de Ciencias de la Comunicación y Diseño  
Torre III, 5to. piso. Avenida Vasco de Quiroga 4871,  
Colonia Santa Fe Cuajimalpa. Delegación Cuajimalpa de Morelos,  
Tel. +52 (55) 5814-6553. C.P. 05300, México, D.F.  
<http://dccd.cua.uam.mx>

Marzo 5, 2018

DTPD.051.18

**Dr. Raúl Roydeen García Aguilar.**  
Secretario Académico.  
División de Ciencias de la Comunicación y Diseño.  
**Lic. Andrea Zepeda Martínez**  
Jefatura de la Oficina Técnica de Consejo Divisional  
Presente.

**Estimados ambos:**

Adjunto a la presente encontrarán el informe de año sabático, periodo julio de 2016 a noviembre de 2017, del Doctor Sazcha Marcelo Olivera Villarroel. Asimismo, se adjunta al presente oficio una breve descripción de sus productos, así como, cuatro artículos elaborados durante el lapso que se reporta.

Debo aclarar que el retraso en la entrega de la presente documentación se debió a que el Doctor Olivera sufrió un accidente que requirió de atención quirúrgica y una convalecencia en los meses de enero y febrero del 2018.

Quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.

**Atentamente**  
Casa abierta al tiempo

**Mtro. Luis Antonio Rivera Díaz**  
Jefe de Departamento  
Depto. Teoría y Procesos del Diseño.



LARV\*v

*México, Enero de 2018*

*Luis Antonio Rivera Díaz  
Jefe de Departamento  
Teoría y Procesos del diseño*

***Presente.-***

Ref. Informe sabático - Sazcha Marcelo Olivera Villarroel De julio de 2016 a noviembre de 2017

A tiempo de saludarlo, adjunto las actividades desarrolladas en mi periodo sabático desarrollado entre julio de 2016 a noviembre de 2017. Las actividades se desarrollaron en la estancia sabática en la University of Maryland Center for Environmental Science, en colaboración con el Profesor Slava Lyubchich. Siendo parte del desarrollo del proyecto de CONACYT número: 00000000246157 y con título: Cambio climático y su impacto sobre el diseño de vivienda y edificios y las necesidades de modificación de las NOM-020-ENER-2011 y NOM-008-ENER-2001.

Durante la estancia se desarrollaron diversos métodos de cálculo sobre eventos extremos y se espera desarrollar diversas publicaciones a futuro.

in más adjunto los artículos publicados en el transcurso de la estancia, así como los eventos de divulgación a los que asistí.

Un saludo

***Marcelo Olivera Villarroel***

***Profesor Investigador***

#### ARTICULO ESPECIALIZADO DE INVESTIGACION

PAYMENT FOR ENVIRONMENTAL SERVICES: THE FOREST RESOURCES  
MANAGEMENT. *Интеллект. Инновации. Инвестиции*, 2016, no 12, p. 138-144.

COAUTOR(ES): Ricardo Hernández. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29032805>

Extreme Weather Events and Road Accidents in Mexico. SUBTITULO: Book of Abstracts of the  
TIES-GRASPA 2017 Conference. PUBLICACION: TIES. CIUDAD: Bergamo. ACEPTACION:  
2017/05/19. PUBLICACION: 2017/07/27. PAG. INICIAL: 61. PAG. FINAL: 61. PAIS: Italia. IDIOMA:  
Inglés. COAUTOR(ES):Slava Lyubchich [https://graspa.org/wp-content/uploads/2017/07/TIES-GRASPA2017\\_BOA.pdf](https://graspa.org/wp-content/uploads/2017/07/TIES-GRASPA2017_BOA.pdf)

TITULO: Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia: Casos de Estudio . CIUDAD: México.

CAPITULO: Fuego e Inundaciones, Paisajes Culturales en las Llanuras Amazónicas.

ACEPTACION: 2017/02/14. PUBLICACION: 2017/07/06. VOLUMEN: 1. NUMERO: 1. PAG.

INICIAL: 189. PAG. FINAL: 223. PAIS: México. IDIOMA: español. COAUTOR(ES):Pilar Fuerte

#### 4 TRABAJOS PRESENTADOS EN EVENTOS ESPECIALIZADOS

NOMBRE DEL EVENTO: TIES - GRASPA 2017 on Climate and Environment NOMBRE DEL

TRABAJO: Extreme Weather Events and Road Accidents in Mexico .

FECHA: 2017/07/24.

NOMBRE DEL EVENTO: 7° COLOQUIO INTERNACIONAL con la temática de Administración –  
Finanzas -Mercadotecnia & Gestión Empresarial

NOMBRE DEL TRABAJO: Servicios ambientales: Entre la conservación y el uso de los recursos.  
Recomendaciones de política p. FECHA: 2017/10/05.

NOMBRE DEL EVENTO: 7° COLOQUIO INTERNACIONAL con la temática de Administración –  
Finanzas -Mercadotecnia & Gestión Empresarial

NOMBRE DEL TRABAJO: Valorando las características de los objetivos. Lo hedónico del diseño  
y el consumo. FECHA: 2017/10/05.

NOMBRE DEL EVENTO: II Open Science Conference of the Programme of Ecosystem Change  
and Society NOMBRE DEL TRABAJO: Fire and Floods, Cultural  
Landscapes in the Amazonian Floodplains. FECHA: 2017/10/07.

Las actividades de la estancia se desarrollaron en la University of Maryland Center for Environmental Science, en colaboración con el Profesor Slava Lyubchich. Siendo parte del desarrollo del proyecto de CONACYT número: 000000000246157 y con título: Cambio climático y su impacto sobre el diseño de vivienda y edificios y las necesidades de modificación de las NOM-020-ENER-2011 y NOM-008-ENER-2001.

La estancia tenía como objetivo la investigación y desarrollo de metodologías para analizar eventos extremos en México. Durante la estancia se desarrolló un sistema de análisis usando la distribución Weibull que permite analizar la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno en este caso lluvias extremas. La información generada alimenta modelos de comportamiento térmico de edificios y permite desarrollar proyecciones y escenarios ante el cambio climático a 40 años. La metodología actualmente se encuentra en revisión y se adjunta al presente reporte un borrador de la misma.

La información se usa en parte en dos presentaciones de artículos de congresos respecto a COSTO-BENEFICIO DEL AISLAMIENTO TÉRMICO EN VIVIENDA EN MÉXICO Y EL SUBSIDIO AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA y CAMBIO CLIMÁTICO Y EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN VIVIENDA EN CUARENTA Y UN POBLACIONES DE MÉXICO, ambos presentados en el congreso de la ANES en 2017, se adjuntan.

Durante el desarrollo de la metodología de análisis se vio la funcionalidad de los datos recabados para el desarrollo de otras investigaciones conexas, entre ellas se completó una análisis sobre eventos extremos y resiliencia en Bolivia, la cual fue publicada en el artículo Fuego e Inundaciones, Paisajes Culturales en las Llanuras Amazónicas, se adjunta. Así como el artículo sobre pago de servicios ambientales en México que surgió como resultado del análisis del manejo de eventos extremos en comunidades forestales mexicanas, la cual se desarrolló en el artículo PAYMENT FOR ENVIRONMENTAL SERVICES: THE FOREST RESOURCES MANAGEMENT, se adjunta la publicación.

# Fuego e inundaciones, paisajes culturales en las llanuras amazónicas

---

*Sazcha Marcelo Olivera-Villarroel  
María del Pilar Fuerte-Celis*

## **1. Introducción**

Fuego y agua - incendios e inundaciones si bien son fenómenos contrapuestos en la naturaleza, conforman los disturbios o perturbaciones más comunes que modifican la dinámica de los ecosistemas. El término “perturbación” o “disturbio” puede definirse como un evento más o menos discreto en el tiempo y en el espacio que altera la estructura de las poblaciones, de las comunidades o del ecosistema; produciendo cambios en la disponibilidad de recursos o en el ambiente físico (Pickett et al., 1999).

La ocurrencia de estos fenómenos, suelen estar ligados a orígenes de orden natural condicionados en gran medida por factores climáticos como temperatura, precipitación, humedad del suelo y velocidad del viento y a alteración de origen antrópico, que van desde descuidos a incendios provocados para fines de producción agrícola y pecuaria.

En las sabanas y las fronteras agrícolas, el manejo de incendios está supeditado a la modificación del medio para permitir la ampliación de los terrenos de cultivo o la prevalencia de un tipo particular de flora y fauna. Este es el caso de las grandes llanuras del Beni dentro de la cuenca del amazonas en Bolivia, donde una de las principales causas de los incendios es la regeneración de pastizales y el control de especies arbustivas (Baudoin et al, 2012).

Los incendios afectan la composición de especies, el balance de energía y agua de un ecosistema. Los principales factores que favorecen el inicio de un incendio están asociados al origen de los incendios (naturales o antrópicas), mientras que la combustión, propagación y duración de los incendios son influenciadas principalmente por factores ambientales (e.g. condiciones meteorológicas y topográficas, características del material combustible).

Así como por ciertos factores antrópicos como la accesibilidad y presencia de vías que actúen como barreras ‘cortafuego’ que modifican la propagación de los incendios (Di Bella, 2008). En las grandes llanuras las condiciones topográficas y la abundancia de biomasa disponible favorecen la ocurrencia de incendios, como parte de los procesos de sucesión de especies y las dinámicas de estructuración de poblaciones en estos ecosistemas.

Las inundaciones por su parte, son uno de los fenómenos más dramáticos que afectan tanto a la población humana como a los recursos naturales. Generalmente, se las asocia a eventos meteorológicos extremos aunque muchas veces es la acción humana, con el mal manejo de las cuencas hídricas, la que favorece la ocurrencia y aumenta la duración o la intensidad de las inundaciones (Di Bella, 2008).

Estos dos fenómenos condicionan en gran medida la riqueza y complejidad de los ecosistemas de sabanas en la región del Beni, los incendios de origen antrópico que propician la preparación de tierras agrícolas, los cuales pueden abarcan grandes extensiones y salirse de control perturbando las condiciones locales del paisaje, destruyendo hábitats completos y disminuyendo la biodiversidad local (Markos, 2012). Y en términos espaciales generan un gran paisaje de sabanas que no puede ser entendido sin la interacción de las condiciones geográficas y el manejo antrópico del medio.

Entender el fenómeno fuego e inundaciones nos permite entender la relación entre los habitantes de esta región construida por las relaciones culturales, el manejo de recursos naturales y los retos a los que se enfrenta. Siendo los retos más importantes la variabilidad climática, los incrementos en los flujos de migraciones de grupo humanos ajenos a las relaciones culturales que tienen los habitantes locales con los paisajes que prevalecen en esta región.

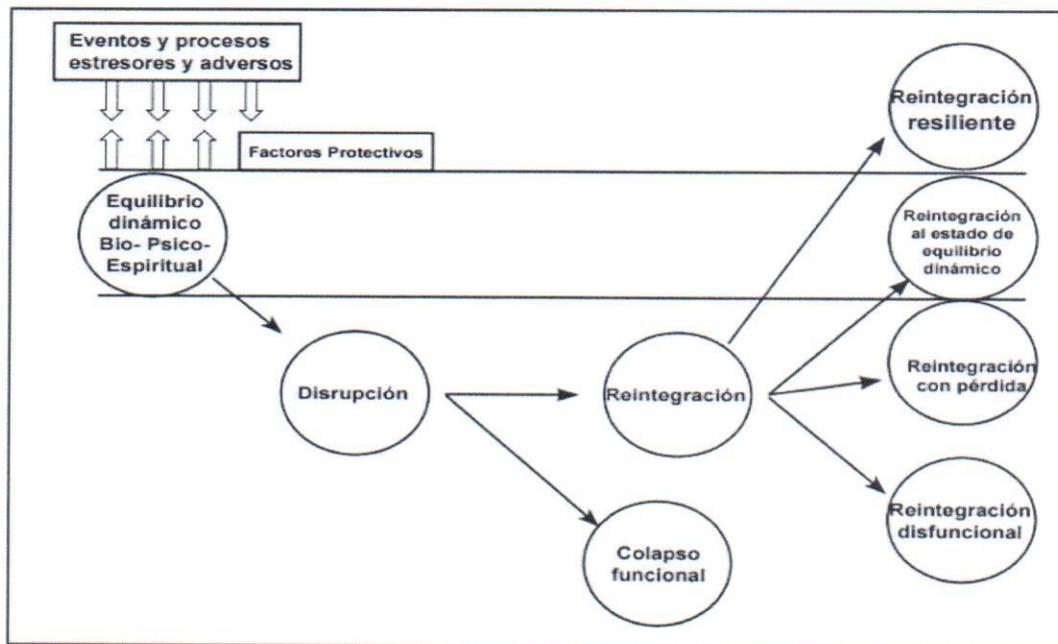
El trabajo pretende abordar esta relación entre ambiente y comportamiento humano y darle una visión desde la conceptualización de resiliencia y su relación con la diversidad, conectividad y retroalimentación del ambiente, así como su relación con la construcción y entendimiento de fenómenos de larga duración o variables lentas.

## **2. Resiliencia y paisajes culturales, entre diversidad y conectividad**

La estabilidad de un sistema depende de diferentes características complementarias entre sí que permiten al sistema volver a un estado de equilibrio después de una perturbación. En el caso de sistemas humanos y naturales Walker et al. (2004) definen las características necesarias entre sí para la estabilidad del sistema como: la resiliencia, la adaptabilidad y la capacidad de transformación. Donde entendemos a la adaptabilidad como la capacidad de modificar un sistema de manera que mejore su capacidad de resiliencia, y a la capacidad de transformación como la facultad de realizar un cambio radical cuando el sistema existente ya no es viable.

En este sentido, el término «resiliencia» puede ser definido como la capacidad de los sistemas de responder a las fuerzas externas y de resistir ante esas fuerzas externas Hollings (1973), la resiliencia es una medida de la magnitud de los disturbios que puede absorber un sistema para pasar de un equilibrio a otro (Common y Stagl, 2008); no debiendo confundirse los conceptos estabilidad y resiliencia; por lo que un sistema puede ser resiliente y aun así fluctuar mucho al carecer de otras características que lo haga estable.

En su acepción positiva, la resiliencia representa para los sistemas humanos la capacidad de mantener seguridad y acceso a las necesidades básicas no obstante disrupciones del medio que tenía una estabilidad previa como sistema (Orr, 1992; Alinovi et al., 2010). Diferentes autores como Orr (1992) y Adger (2000) plantean la pregunta si la resiliencia social y ecológica están relacionadas entre sí, encontrando evidencias concluyentes que los ecosistemas resilientes son de suma importancia para aquellos grupos sociales que dependen directamente de los recursos naturales para sus necesidades básicas (Royal Society, 2008).



Esquema 1. El Modelo de Resiliencia. Fuente: Richardson 2002.

Un ejemplo citado por Markos (2012), permite evaluar la resiliencia de ecosistemas usando indicadores sobre las características principales de estos sistemas a nivel regional: conectividad, diversidad y biomasa. Estos tres indicadores permiten evaluar la vulnerabilidad de un ecosistema a shocks (incendios, sequías, inundaciones, vientos, plagas y enfermedades, etc.).

El ejemplo citado muestra la sucesión de hechos ante incendios de una superficie de bosque o sabana la cual al recuperarse de un incendio podría ser colonizada por un gran número de especies de rápido crecimiento y pequeña biomasa. Si se observa el esquema 1, estos procesos pueden entenderse como una reintegración a un estado de equilibrio dinámico, donde la estabilidad buscada depende de la regeneración de un tipo particular de especies en este las pasturas del ecosistema.

“Las plantas crecen, la biomasa aumenta, los nichos ecológicos se llenan, la conectividad del ecosistema aumenta y el número de especies se reduce por competencia. A medida que la biomasa y la conectividad aumentan y la biodiversidad merma, los ecosistemas se convierten en “accidentes a la espera de ocurrir” (Gunderson y Holling, 2002), donde: “problemas cada vez más pequeños pueden tener impactos cada vez más grandes” (Fraser, 2007). Por lo que el concepto de estabilidad de estos ecosistemas está íntimamente relacionado con los conceptos de fluctuación y cambio (Holling, 1986; Olsson, 2003)”.

Así Markos (2012) señala que si bien la gestión humana de los hábitats tiende generalmente a simplificar los sistemas naturales maximizando la provisión de algunos bienes y servicios,

afecta directamente otros servicios ecológicos que suelen ser provistos por ecosistemas más complejos. (FAO, 2003).

Los ecosistemas intervenidos por la gestión humana producen más de un bien requerido por las necesidades humanas que de los demás bienes requeridos por el ecosistema, perdiendo diversidad y redundancia y elevando la vulnerabilidad de los ecosistemas (Altieri, 1999; FAO, 2003; Pérez, 2007). Los sistemas agrícolas mixtos son más resilientes a los cambios ambientales y shocks que los de monocultivos (Altieri, 1999; FAO, 2003).

La conectividad es otro concepto clave para entender la resiliencia y estabilidad de un ecosistema; ya que es fundamental para reintegrar ecosistemas fragmentados por la acción antrópica y permitir su funcionamiento no obstante las interrupciones, por ejemplo creando corredores ecológicos que conecten ecosistemas aislados entre sí para favorecer el desplazamiento de fauna a fines alimenticios o reproductivos.

Mayor productividad en los sistemas naturales modificados y simplificados por la acción humana, representan una biomasa muy elevada en particular en sistemas agrícolas y pecuarios, mientras que la diversidad es nula, lo cual según Markos (2012) torna a estos sistemas en ejemplos paradigmáticos de “accidentes a la espera de ocurrir”, que pueden modificar el ecosistema circundante y afectar al paisaje de una región.

Las transformaciones en el paisaje orientadas a la explotación de un sistema simplificado también incrementan la vulnerabilidad y disminuyen la resiliencia, impactando de manera negativa en la biodiversidad. En este marco, el paisaje se define como la visualización geográfica de una región que incluye las características biofísicas de un ecosistema y en el caso de un paisaje antrópico esta definición incluye los atributos culturales e institucionales incluidos en la región (Rietbergen-McCracken, Maginnis y Sarre, 2007).

De esta manera, un cambio en el paisaje, como un incendio o una inundación, implican un cambio en la biodiversidad, en la continuidad y en la resiliencia, y en los servicios que provee desde el punto de vista antrópico o natural. Los paisajes antrópicos, en este sentido son una construcción entre las características propias de los ecosistemas y las modificaciones humanas.

Como se mencionó dicha modificación tiene como intención incrementar la producción de alimentos de origen vegetal o animal. Estos cambios en el largo plazo repercuten en la estructura del ecosistema y generan paisajes culturales donde el sistema natural debe ser entendido junto con las intervenciones humanas. La pérdida de hábitats, la fragmentación y pérdida de conectividad funcional de los espacios naturales causada por el desarrollo de infraestructuras, la expansión urbana y la intensificación agraria es una de las principales causas de la pérdida de diversidad biológica.

Por lo que la literatura se refiere a la pérdida de hábitat y al aislamiento de los hábitats con el término fragmentación. La fragmentación de los hábitats junto con la poca movilidad de especies son las principales causas de extinción de especies en peligro (Harris, 1984; Wilson, 1988; Saunders y Hobbs, 1991; Alverson et al., 1994; McCullough, 1996; Pickett et al., 1997; Fiedler y Kareiva, 1998).

La fragmentación del paisaje es la última etapa de un proceso de alteración del hábitat en el que la disminución de su superficie, la subdivisión de hábitats se hacen mayores hasta llegar el punto en el que el paisaje pierde su funcionalidad, al quedarse los elementos aislados unos de otros. El proceso de alteración del paisaje se da en dos etapas: la que la pérdida de hábitat y su deterioro son estimables pero no inciden de forma irreversible sobre el funcionamiento del paisaje, y una segunda etapa donde se da el aislamiento de los retazos de hábitats o fragmentación del paisaje, donde la conectividad entre los elementos remanentes del paisaje es prácticamente nula (Martínez et al., 2009).

La pérdida de hábitat es consecuencia en muchos casos de demandas territoriales para el crecimiento urbano o la expansión agrícola, simplificando los ecosistemas para brindar mayor cantidad de servicios ambientales usados por los sistemas antropogénicos. Mientras que el problema de la conectividad puede encararse desde un punto de vista de continuidad y coherencia territorial con soluciones que demandan pequeñas áreas de territorio.

La conectividad se define como una propiedad del paisaje que hace posible el flujo de materia, energía y organismos, entre diversos ecosistemas, hábitats o comunidades (Martínez et al, 2009). La conectividad se traduce en un incremento del intercambio de individuos entre poblaciones, un incremento de la persistencia local y regional de las poblaciones, reduciendo así la tasa de extinción y aumentando la tasa de colonización. La conectividad puede definirse también como el parámetro del paisaje que mide en qué medida las subpoblaciones se encuentran conectadas y por tanto funcionan como una unidad (Merriam, 1984; Taylor et al., 1993; With et al., 1997).

Este es el caso de las llanuras del Beni, en la zona central de la cuenca amazónica en Bolivia, donde la existencia de grandes sabanas y pastizales no puede ser entendida sin la intervención humana (Markos, 2012). Esta región está expuesta a inundaciones cíclicas producidas por las lluvias en la región andina e incendios naturales cuando dichas lluvias se retrasan y tormentas eléctricas pueden llegar a producir grandes incendios.

Las comunidades indígenas de la región notaron que después de los grandes incendios y la ocurrencia de inundaciones extensas, la abundancia de grandes herbívoros se incrementaba; por lo que provocar incendios en las épocas de sequías previas a la época de inundaciones, paso a formar parte de las prácticas culturales de estos grupos para modificar su ambiente. Simplificando el ecosistema y potenciando las pasturas en desmedro de la sucesión de bosques y matorrales que suele suceder en forma natural después de los incendios en la cuenca amazónica.

En la época de la colonia con el arribo de ganado vacuno, la práctica de regeneración de pasturas implementada por los indígenas fue adoptada por los colonizadores españoles y extendió el paisaje cultural de las sabanas hacia la parte central de la cuenca del río Mamore afluente del río Amazonas, limitada por las zonas húmedas donde la sucesión de incendios a pasturas no es factible por el tipo de vegetación y características climáticas que impiden la propagación de estos incendios.

Las prácticas culturales destinadas a incrementar la cacería de herbívoros mayores y luego a la cría extensiva de ganado vacuno han generado un ecosistema con una alta fluctuación en el tipo de cobertura vegetal, condicionada a eventos climáticos y la intervención humana. A pesar de ello es un ecosistema resiliente desde el punto de vista humano. Puesto que garantiza la provisión de servicios ambientales para la satisfacción de las necesidades humanas.

Así el manejo de un ecosistema a través del fuego puede llevar a la pérdida de biodiversidad de una región en general. Entendiéndose como biodiversidad: a “la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes. “Los seres humanos al aprovechar la variabilidad genética y domesticar por medio de la selección artificial a varias especies; han creado una multitud de razas de diferentes géneros. Las variedades de especies domésticas, los procesos empleados para crearlas y las tradiciones orales que las mantienen son parte de la biodiversidad cultural” (CONABIO, 2016). Por lo que el manejo de un ecosistema que condiciona la prevalencia de cierto tipo de especies en desmedro de otras se puede entender como biodiversidad cultural y por ende generan junto con su entorno específico un paisaje cultural.

Los elementos disruptivos usados por las prácticas culturales y los elementos cíclicos climáticos, como lo son los incendios y las inundaciones como elementos de choque que modifican el ambiente para llevarlo a un estado de recuperación que favorece la biodiversidad y la conectividad de ciertos elementos del sistema en desmedro de otros.

### **Entre el corto y el largo plazo, conceptualizando variables lentas y rápidas en las sabanas tropicales**

En hábitats como las sabanas y las pasturas la conectividad de especies y animales parece estar garantizado, aunado a ello los ríos y arroyos que atraviesan la región actúan junto con las grandes inundaciones como carreteras para la movilidad de animales y plantas a lo largo de la región. Lo que genera una estabilidad cíclica que genera un paisaje cultural en sí mismo que funciona en una relación compleja entre humanos y hábitats, donde operan variables rápidas y variables lentas.

“En los sistemas en general operan variables rápidas y variables lentas (Reynolds et al., 2007). Mientras las variables rápidas son aquellas capaces de experimentar cambios frecuentes en el corto plazo (productividad de la pastura, rendimiento de carne o leche, rentabilidad anual), las variables lentas son aquellas que sufren cambios perceptibles solo en el largo plazo (cobertura vegetal, composición de la vegetación, materia orgánica de los suelos). Las variables rápidas muestran una alta sensibilidad a la acción humana y son el foco de prácticas agronómicas muy generalizadas (fertilización, control de plagas, suplementación, labranzas, riego).

Por su parte, si bien las variables lentas muestran una baja sensibilidad a la intervención humana de corto plazo, una acción antrópica prolongada puede generar eventos catastróficos no predecibles (desertificación, contaminación, sedimentación), no siempre reversibles. La acción humana sostenida sobre las variables lentas puede determinar que éstas sean empujadas más allá de ciertos umbrales críticos de estabilidad y disparar cambios no-lineales, de naturaleza catastrófica, en el sistema. (Stafford and Reynolds, 2002)”. Tabla 1.

Tabla 1. Ejemplos de variables relativamente “rápidas” y “lentas”

Sistema	Rápido	Lento	Muy Lento
Dinámica plagas-especies herbáceas	Insectos	Follaje	Arbustos
Suelos de pastizales	Contenido de humedad	de Capacidad de retención de agua	de Fertilidad
Dinámica del fuego en los pastizales	Intensidad	Combustible	Balance arbustos – especies herbáceas
Sabanas	Pastos Anuales	Pastos perennes	Arbustos y pastoreo
Productividad de las fincas familiares	Producción de grano	Valor del ganado	Composición genética del hato
Economía de las fincas familiares	Ingreso disponible neto	Tasa de interés	Riqueza de capital
Economía de Argentina	Tasa de interés	Eficiencia de exportación	de Globalización del mercado

Fuente: Stafford and Reynolds, 2002.

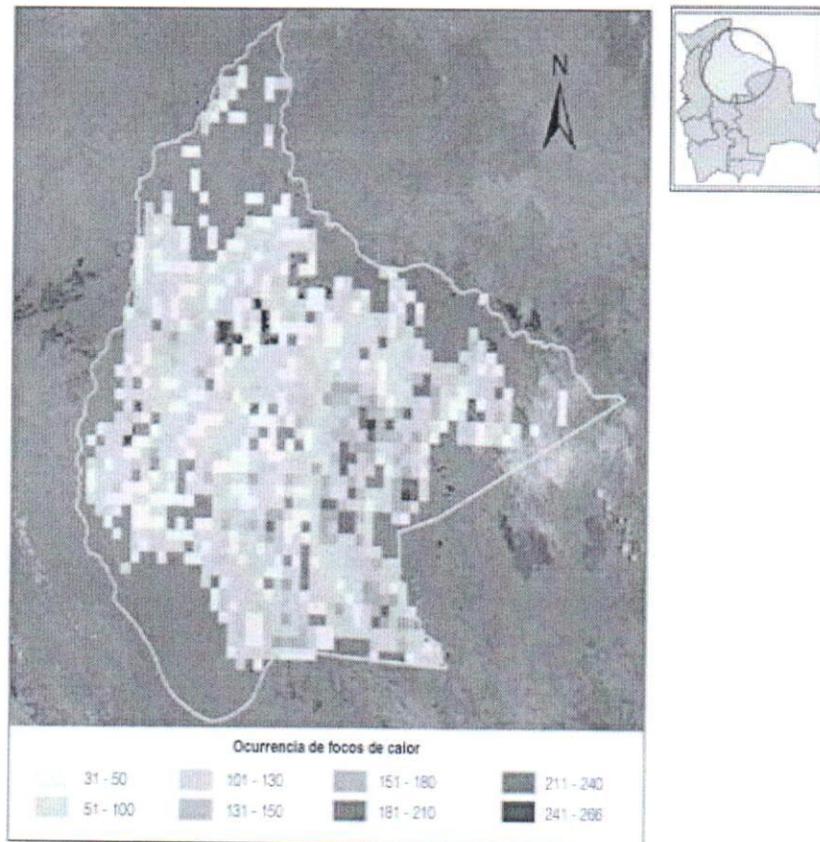
### 3. Métodos

Para analizar los fenómenos presentados, es decir, la ocurrencia de incendios e inundaciones y sus relaciones con el paisaje en las sabanas amazónicas, se utilizaron sensores remotos e imágenes satelitales que permitieron analizar la sucesión de estos fenómenos de incendios e inundaciones. Brindando elementos de análisis para entender la variabilidad climática que afecta a esta región y comprenda las prácticas culturales de los habitantes de la zona. Las prácticas culturales de los habitantes de esta región se basan en gran medida en la comprensión y manejo de las condiciones climáticas para favorecer los aprovechamientos de sucesión natural de este ecosistema ante grandes interrupciones como incendios e inundaciones.

#### 3.1 Análisis Espacial

El Beni es el segundo departamento en extensión territorial de Bolivia: con 213.564 km<sup>2</sup>, representa cerca del 20% de la superficie total del país. Encontrándose completamente ubicada dentro la cuenca amazónica, el Beni se caracteriza por ser una región de poca pendiente, perteneciente a las planicies centrales de la región amazónica, por lo que queda sujeto a

inundaciones anuales de baja escala o a grandes inundaciones cada cierto número de años, que cubren grandes extensiones de esta región, ver mapa 1. Se usa como base de información una serie de estudios desarrollados por las fundaciones PIEB y FAN en Bolivia entre 2000 a 2010. Usando para ello el análisis de imágenes de focos de calor del sistema MODIS.



Mapa1. Focos de Calor en Bolivia región de sabanas en el Departamento del Beni. Cantidad de focos de calor por pixel (2000-2010)

Fuente: Baudoin et al, 2012

“El término ‘foco de calor’ se utiliza generalmente para definir un área que presenta una temperatura de superficie anómala. En la mayoría de los casos se asocia la presencia de un foco a la existencia potencial de un fuego o incendio. La detección de focos de calor se basa en la capacidad de algunos sensores remotos de capturar la energía emitida por la superficie en las longitudes de onda correspondientes al infrarrojo medio y térmico” (Bella et al., 2008).

La cantidad de focos de calor para los años 2000-2011 para la región del Beni, se obtuvieron a través de la página web del sensor MODIS —Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer—, sensor que cuenta con un canal creado específicamente para la detección de fuegos del sistemas de satélites TERRA de la Agencia Nacional del Espacio y Aeronáutica (NASA) (Csiszar et al. 2008).

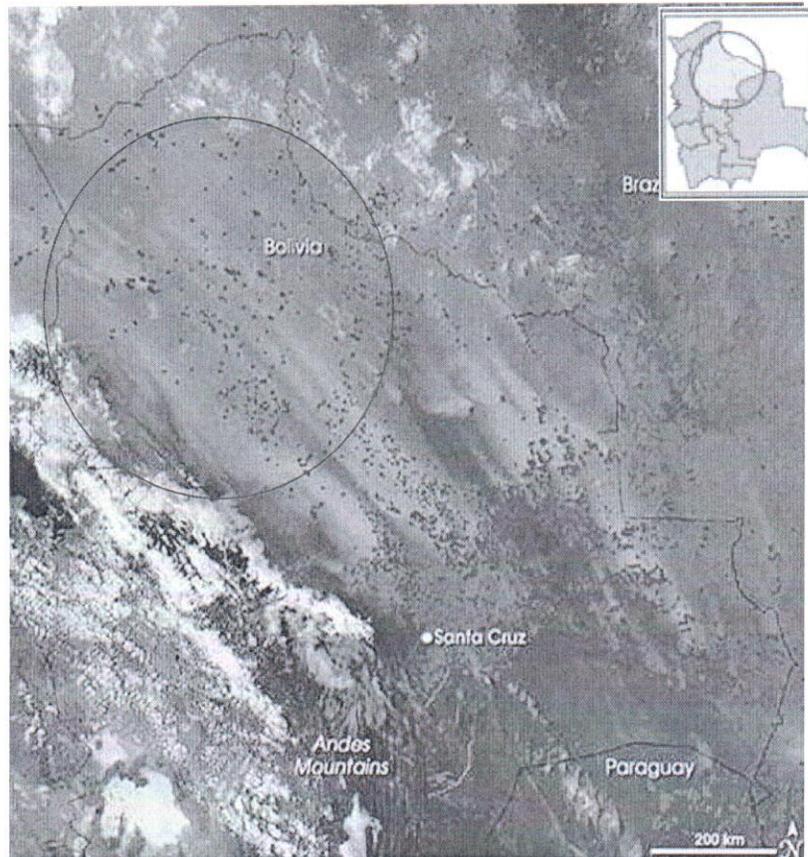
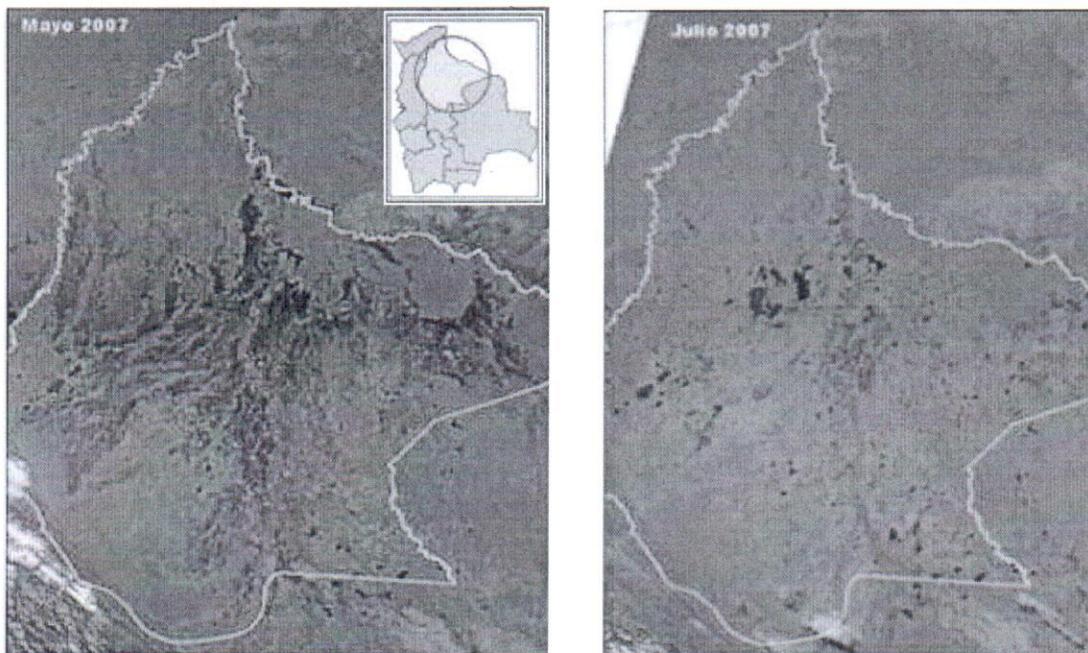


Imagen 1. Bolivia: imagen satelital de los focos de calor<sup>1</sup>

Mientras que la información sobre inundaciones se obtuvo de imágenes satelitales que usan una combinación de bandas 721 a una resolución de 500 m e imágenes satelitales con una combinación de bandas 321 (color real) que permitió al estudio diferenciar los cuerpos de agua y la inundación en época húmeda y el cambio en época seca. Todas estas imágenes permitieron apreciar los focos de calor e inundaciones y ver los efectos del clima en dichos fenómenos y asociar la intervención humana en los incendios ocurridos en la región en los años de estudio. Permitiendo entender las necesidades de resiliencia, movilidad, conexión y biodiversidad de esta región (Csiszar et al. 2008).

---

<sup>1</sup> Fuente: <http://madalbo.blogspot.com/2010/08/los-incendios-se-extienden-en-109.html>



Mapa 2: Beni. Imágenes satelitales de inundación durante la época húmeda (izquierda) y época seca (derecha) Fuente: Baudoin et al, 2013

“La vegetación dominante está representada por formaciones de sabanas (grandes regiones de pastos nativos), bosques semidecíduos continuos o en islas, bosques de palmeras, bosques ribereños (*ripario*) y bosques de várzea, entre otros (Beck y Moraes 2004). La configuración y dinámica inundaciones e incendios de las comunidades vegetales son el resultado de los aportes abruptos y graduales de agua, que sobrepasan estacionalmente la capacidad del curso del río y que, junto con el aporte de las precipitaciones locales, generan todos los años algún grado de inundación” (Navarro 2002, Pouilly *et al.* 2004).

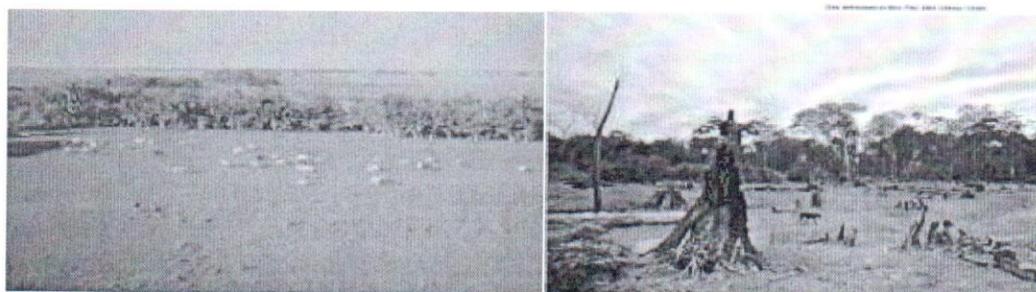


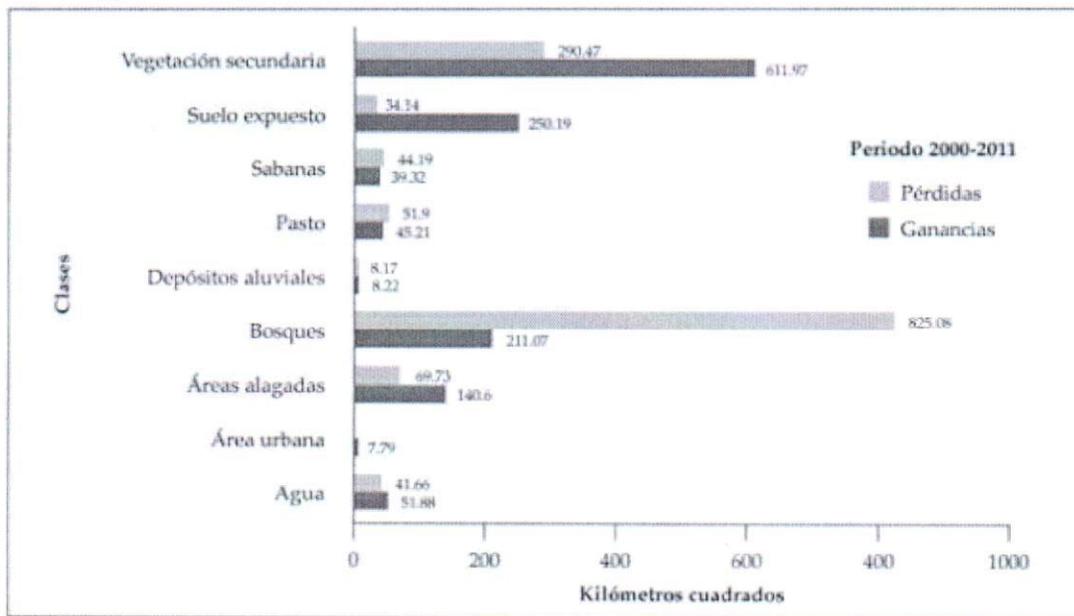
Imagen 2. Imágenes de cambios de uso de suelo departamento del Beni<sup>2</sup>

<sup>2</sup> [www.mirabolivia.org](http://www.mirabolivia.org)

#### 4. Discusión y análisis

La revisión de los conceptos de resiliencia, conexión, estabilidad de un ecosistemas y sus efectos en la biodiversidad y composición de un paisaje pueden dar luces sobre la conceptualización de un entorno en constante cambio como son las llanuras amazónicas. En la metodología utilizada los estudios desarrollados entre 2000 – 2010, muestran la ocurrencia de un número creciente de incendios de origen antrópico e inundaciones periódicas que dan como resultado modificaciones sustanciales de este paisaje cultural que pueden resumirse en el grafico 1.

Grafico 1. Pérdidas y ganancias de coberturas de suelo en la región Norte del departamento del Beni, periodo 2000-2011.



Fuente: Peralta-Rivero et al., 2015

En el periodo de análisis se observa una gran pérdida de cobertura boscosa que se traduce en la ganancia de dos clases de suelo: la vegetación secundaria y el suelo expuesto. Ambos tipos de cobertura significan la ocurrencia de grandes incendios y el avance la frontera agrícola y la ganadería, que usa las regiones boscosas como fuente de tierras destinadas a la producción agrícola de oleaginosas o la producción extensiva de ganado vacuno. Provocando ambas actividades la desertificación de suelos y la pérdida de biodiversidad inherente al fenómeno, con casi el 30% del cambio de cobertura vegetal en el región.

En el caso de la desertificación la resiliencia del ecosistema entra en otra dinámica negativa; donde a pesar de existir condiciones para el establecimiento de otro tipo de vegetación; la existencia de interrupciones como el fuego, el maquinado del suelo o el pastoreo intensivo han mermado la capacidad del ecosistema de recuperarse. Mientras que en el caso de la vegetación secundaria y en los procesos de recuperación del bosque, se ve

la resiliencia del ecosistema para tratar de volver a equilibrios anteriores a pesar de las disrupciones en el paisaje.

Tabla 2. Contribución de las tres causas directas a la deforestación 2000-2005-2010 en las tierras bajas de Bolivia.

	Agricultura mecanizada	Agricultura a pequeña escala	Ganadería en pastos sembrados	Total
Conversión 2000 – 2005	313.802 ha	188.818 ha	397.993 ha	900.613 ha
Promedio anual*	62.760 ha	37.764 ha	79.599 ha	180.123 ha
Contribución en %	34.8%	21.0%	44.2%	100%
Conversión 2005 – 2010	221.494 ha	143.198 ha	537.236 ha	901.928 ha
Promedio anual	44.299 ha	28.640 ha	107.447 ha	180.386 ha
Contribución en %	24.6%	15.9%	59.7%	100%
Conversión 2000 - 2010	0.54 millones ha	0.33 millones ha	0.94 millones ha	1.8 millones ha
Contribución en %	29.7%	18.4%	51.9%	100%

#### Factores determinantes para el cambio de uso de suelo

	Agricultura mecanizada	Agricultura a pequeña escala	Ganadería
Humedad en exceso	-3.03	0.21	-0.79
Riesgo de sequía	-1.27	-4.33	-0.37
Suelos fértiles	1.78	1.18	0.83
Suelos ferralíticos	-4.94	-1.69	-0.32
Pendiente	-2.19	-0.72	-0.77
Costo transporte exportación	-0.39	0.14	-0.19
Costo transporte a mercados locales	-0.38	-1.51	-1.30
TCOs	-4.71	-0.53	-1.29
Áreas protegidas nacionales	-4.01	-0.39	-1.75
ANMIs	-4.14	0.51	-1.53
Concesiones forestales	-1.40	0.01	-0.82

Coefficientes estandarizados del modelo espacial (con valores de significancia por encima del 95%). Abreviaciones: TCOs = Territorios Comunitarios de Origen, ANMIs = Área Natural de Manejo Integrado.

Fuente: Müller et al. 2014

Las principales causas de dichas pérdidas pueden resumirse en la tabla 2. Donde se observa que en la región de sabanas y llanos tropicales las principales actividades que contribuyen al cambio de uso de suelo son la agricultura mecanizada con el 29.7% de la ocupación de la cobertura vegetal, la agricultura a pequeña escala con un 18,4% y la ganadería con el 51.9% dichos cambios producen a través del manejo del fuego y las inundaciones cambios en el uso del suelo que favorecen condiciones de crecimiento y de pastos nativos y cultivados

con la finalidad de incrementar la biomasa de las región y producir ganado vacuno e incrementar la proliferación de grandes herbívoros nativos.

Los factores determinantes de dichos cambios se ven favorecidos por la existencia de regiones con suelos fértiles donde estas actividades compiten por el suelo en desmedro de los bosques o sabanas naturales establecidas en estas zonas. La existencia de grandes áreas inundables es condicionante, para que estas actividades no proliferen en las zonas afectadas recursivamente por inundaciones.

Por lo que a pesar de la ocurrencia de incendios las regiones que suelen ser anegadas por los flujos de agua se ven ignoradas para el avance de la frontera agrícola y pecuaria, generando regiones de conexión de especies nativas circundantes a los grandes ríos y humedales de la región. Otras características que limitan la expansión de la frontera agrícola son la existencia de grandes áreas protegidas, sistemas de tierras con manejo integrado donde las actividades agrícolas extensivas y la ganadería no son permitidas.

Mientras que la existencia de territorios comunitarios de origen, donde las prácticas culturales de los grupos indígenas de la región favorecen la conservación del paisaje tradicional. Y el manejo del fuego previo a las inundaciones en vez de afectar la composición del ecosistemas, lo favorecen al disuadir a las principales actividades disruptivas de este medio de afectar tanto al bosque como a la sabana.

## **5. Conclusiones**

El avance de la frontera agrícola y pecuaria y sus efectos de largo plazo en la composición de un paisaje y sus impactos en la biodiversidad y capacidad de recuperación de un ecosistema, son evidenciados en los resultados de los estudios de largo plazo desarrollados en las sabanas de Bolivia. Donde se observa la intensidad de las disrupciones de origen humano como los incendios y los efectos de las inundaciones provocadas por las grandes precipitaciones pluviales en las regiones montañosas aledañas a la cuenca del río Amazonas en Bolivia.

Dichos fenómenos de origen antrópico y natural se combinan históricamente y generan un gran paisaje cultural que es resiliente en forma positiva; ya que periódicamente fluctúan en la regeneración de grandes extensiones de pastizales usadas históricamente para la caza de herbívoros mayores y la cría de ganado vacuno.

La intromisión en este ecosistema por la presencia de agricultura mecanizada y pequeños campesinos que usan el fuego; no para la regeneración de pastos; sino para el avance la frontera agrícola tradicional. Agricultura dominada por monocultivos de oleaginosas y agricultura de roza, tala y quema. Que en conjunto provocan la pérdida de cobertura boscosa y la aparición de grandes bloques de vegetación secundaria que no favorecen al paisaje cultural circundante. Y por lo tanto tampoco a la biodiversidad de la región al afectar variables que determinan la resiliencia de estos ecosistemas como la fertilidad y el manejo de humedad del suelo.

Por lo que tratar de entender las otras directrices de manejo de la biodiversidad de esta ecosistemas, las condicionantes de la resiliencia de estos paisajes culturales, la conexión de eco-tipos por la fluctuación de las inundaciones, y la estructura misma de esta paisaje cultural construido por los habitantes, la periodicidad de fuegos e inundaciones es vital para conservarlos y sostenerlos en las condiciones actuales de incremento de las necesidades humanas por alimentos de origen agrícola y pecuario.

Las grandes sabanas de la cuenca del río Amazonas brindan más servicios ambientales a la región que la provisión de alimentos o proteína de origen animal. La regulación de las grandes inundaciones, la conexión entre los sistemas forestales de pie de montaña y los bosques de galería de la región central de la cuenca amazónica. Dependen en gran medida de la salud de estos ecosistemas que permiten el paso de los grandes herbívoros y la diseminación de semillas y con ellos la conservación de la biodiversidad del paisaje no solo de las grandes llanuras sino de toda la cuenca del río Amazonas.

## Bibliografía

- Adger, W.N. (2000). Social and ecological resilience: are they related? En *Progress in Human Geography*, 24(3), 347-364. DOI: 10.1191/030913200701540465
- Alinovi, L., Mane, E., y Romano, D. (2010). Measuring Household Resilience to Food Insecurity: Application to Palestinian Households. En Benedetti, R., Bee, M., Giuseppe, E., Piersimoni, F. (eds.), *Agricultural Survey Methods*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Altieri, M.A. (1999). *Agroecología, Bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Nordan-Comunidad.
- Alverson, D.L., Freeberg, M.H., Murawski, S.A., y Pope, J.G. (1994). *A global assessment of fisheries bycatch and discards*. Rome: FAO.
- Baudoin Weeks, M., Domic Rivadeneira, A., Tejeda Pérez, W., Ortuño Riveros, N., Palabral Aguilera, A., Ramírez Rodríguez, E., Bustillos Cayoja, R., y Calderón Ruso, J. (2012). *Inundaciones e incendios, Elementos para un acercamiento integral al problema en el Beni* (pp.27-75). La Paz, Bolivia: Embajada Real de Dinamarca; Fundación PIEB.
- Beck, S.G., y Moraes, M. (2004). Características biológicas generales de la llanura del Beni. En Pouilly, M., Beck, S., Moraes, M., Ibañez, C. (eds.) *Diversidad ecológica en la llanura de inundación del Río Mamoré, Importancia ecológica de la dinámica fluvial*. Santa Cruz, Bolivia: Centro de Ecología Simón I. Patiño.
- Common, M., y Stagl, S. (2008). *Introducción a la economía ecológica*. Barcelona: Editorial Reverté.
- CONABIO (Consultado en 2016): [http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que\\_es.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html)
- Csiszar, I.A., y Schroeder, W. (2008). Short-term observations of the temporal development of active fires from consecutive same-day ETM+ and ASTER imagery in the Amazon: Implications for active fire product validation. En *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 1(4), 248-253. Recuperado de:

- [https://geog.umd.edu/sites/geog.umd.edu/files/pubs/ciszar\\_and\\_schroeder\\_2008\\_iee\\_e.pdf](https://geog.umd.edu/sites/geog.umd.edu/files/pubs/ciszar_and_schroeder_2008_iee_e.pdf)
- Di Bella, C.M., Posse, G., Beget, M.E., Fisher, M.A, Mari, N., y Veron, S. (2008). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. *Ecosistemas*, 17(3), 39-52. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/540/54017106004/>
- Fielder, P.L., y Kareiva, P.M. (Eds.). (1998). *Conservation Biology*. DOI: 10.1007/978-1-4615-6051-7
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2003). *Agricultura Orgánica, Ambiente y Seguridad Alimentaria*. Roma: Autor.
- Fraser, E.D.G., (2007). Food system vulnerability: Using past famines to help understand how food systems may adapt to climate change. En *Ecological Complexity*, 3, 328-335. DOI: 10.1016/j.ecocom.2007.02.006
- Harris, L.D. (1984). *The fragmented forest, Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hobbs, R.J., y Saunders, D.A. (1991). Re-integration fragmented landscapes – a preliminary framework for the Western Australia wheatbelt. En *Journal of Environmental Management*, 33(2), 161-167. DOI: 10.1016/S0301-4797(05)80092-1
- Holling, C.S. (1986). The resilience of terrestrial ecosystems, local surprise and global change. En Clark, W.C., y Munn, R.E. (eds.) *Sustainable Development of Biosphere*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Holling, C.S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. En *Annual Review of Ecology and Systems*, 4, 1-23. DOI: 10.1146/annurev.es.04.110173.000245
- Holling, C.S., y Gunderson, L.H. (Eds.). (2002). *Resilience and adaptive cycles*. En *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Washington, D.C.: Island Press.
- Leguía Aliaga, J.D., Villegas Quino, H., y Aliaga Lordemann, J. (2011). Deforestación en Bolivia: una aproximación espacial. En *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, 15, 7-44. Recuperado de: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2074-47062011000100001](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-47062011000100001)
- Markos, A. (2012). *Las civilizaciones hidro-agrícolas de Moxos en la Amazonia Boliviana*. La Paz, Bolivia: OXFAM.
- Martínez, C., Múgica de la Guerra, M., Castell, C.y de Lucio, J.V. (2009). Conectividad ecológica y áreas protegidas. Herramientas y casos prácticos. EUROPARC-España. Ed. FUNGOBE. Madrid, España. 86 p.
- McCullough, D.R. (1996). Spatially structured populations and harvest theory. En *The Journal of Wildlife Management*, 60(1), 1-9. DOI: 10.2307/3802033
- Merriam, H.G. (1984). Connectivity: A fundamental ecological characteristic of landscape pattern. En *Proceedings of the First International Seminar on Methodology in Landscape Ecological Research and Planning* (pp.5-15). Roskilde, Denmark: International Association for Landscape Ecology.
- Muller, R., Larrea-Alcázar, D.M., Cuéllar, S., y Espinoza, S. (2014). Causas directas de la deforestación reciente (2000-2010) y modelado de dos escenarios futuros en las tierras bajas de Bolivia. En *Ecología en Bolivia*, 49(1), 20-34. Recuperado de:

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282014000100003](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282014000100003)

- Navarro, G. (2002). Vegetación. En Navarro, G. y Maldonado, M. (eds.) *Geografía ecológica de Bolivia: Vegetación y ambientes acuáticos*. Cochabamba, Bolivia: Centro de Ecología Simón I. Patiño.
- Olsson, P. (2003). Building capacity for resilience in social- ecological systems. (Tesis Doctoral). Stockholm University. Suecia.
- Orr, D.W. (1992). *Ecological literacy, Education and the transition to a postmodern world*. Albany: State University of New York Press.
- Oxfam Internacional. (2009). *Bolivia, Cambio climático, pobreza y adaptación*. La Paz, Bolivia: Autor.
- Peralta-Rivero, C., Torrico-Albino, J.C., Vos, V.A., Galindo-Mendoza, M.G., y Contreras-Servín, C. (2015). Tasas de cambios de coberturas de suelo y deforestación (1986-2011) en el municipio de Riberalta, Amazonía boliviana. En *Ecología en Bolivia*, 50(2), 91-114. Recuperado de: [http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v50n2/v50n2\\_a03.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v50n2/v50n2_a03.pdf)
- Perez Arrarte, C. (2007). *Plantaciones forestales e impactos sobre el ciclo del agua, Un análisis a partir del desarrollo de las plantaciones forestales en Uruguay*. Montevideo: Grupo Guayubira.
- Pickett, S.T.A., Wu, J., y Cadenasso, M.L. (1999). Patch dynamics and the ecology of disturbed ground: A framework for synthesis. En Walker, L.R. (ed.) *Ecosystems of Disturbed Ground*, (pp.707-722). Amsterdam: Elsevier.
- Pickett, S.T.A., Burch, W.R., Dalton, S.E., Foresman, T.W., Grove, J.M., y Rowntree, R. (1997). A conceptual framework for the study of human ecosystems in urban areas. En *Urban Ecosystems*, 1(4), 185-199. DOI: 10.1023/A:1018531712889
- Pouilly, M., Yunoki, T., y Rosales, C. (2004). Trophic structure of fish assemblages from Mamoré River floodplain lakes (Bolivia). En *Ecology of Freshwater Fish*, 13(4), 245-257. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2004.00055.x
- Reynolds, J.F., Stafford Smith, D.M., Lambin, E.F., Turner II, B.L., Mortimore, M., Batterbury, S.P.J., Downing, T.E., Dowlatabadi, H., Fernández, R.J., Herrick, J.E., Huber-Sannwald, E., Jiang, H., Leemans, R., Lyman, T., Maestre, F.T., Ayarza, M., y Walker, B. (2007). Global Desertification: Building a science for dryland development. En *Science*, 36(5826), 847-851. DOI: 10.1126/science.1131634
- Rietbergen-McCracken, J., Maginnis, S., y Sarre, A (Eds.). (2007). *The forest landscape restoration handbook*. London; Sterling, VA: Earthscan.
- Royal Society. (2008). *Biodiversity-climate interactions: adaptation, mitigation and human livelihoods*. Recuperado de: [https://royalsociety.org/~media/Royal\\_Society\\_Content/policy/publications/2007/7991.pdf](https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2007/7991.pdf)
- Stafford Smith, D.M., y Reynolds, J.F. (Eds.). (2002). Desertification: A new paradigm for an old problem. En *Global desertification: Do humans cause deserts?* (pp. 403-424). Berlín: Dahlem University Press.
- Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein, K. y Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), 571-571. DOI: 10.2307/3544927
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R., y Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. En *Ecology and Society*, 9(2), [5].

Recuperado de: <http://www.uu.nl/sites/default/files/resilience-adaptability-and-transformability.pdf>

Wilson, E.O. (Ed.). (1988). *Biodiversity*. Washington: National Academy Press.

With, K.A., Gardner, R.H., y Turner, M.G. (1997). Landscape connectivity and population distributions in heterogeneous environments. *Oikos*, 78(1), 151-169. DOI: 10.2307/3545811



**SEMANA NACIONAL  
DE ENERGÍA SOLAR 2017**  
Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre  
Guadalajara, Jalisco.  
MÉXICO

## **CAMBIO CLIMÁTICO Y EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN VIVIENDA EN CUARENTA Y UN POBLACIONES DE MÉXICO**

**Christopher L. Heard, Sazcha M. Olivera Villarroel y Esperanza García López**

Departamento de Teoría y Procesos del Diseño, División de Ciencias de la Comunicación y Diseño, Unidad Cuajimalpa, Universidad Autónoma Metropolitana, Avenida Vasco de Quiroga 4871, Colonia Santa Fe de Cuajimalpa, Delegación Cuajimalpa de Morelos, Ciudad de México, 05348, México,  
+52 (55) 5814 6500 Ext. 3535, [cheard@correo.cua.uam.mx](mailto:cheard@correo.cua.uam.mx)

### **RESUMEN**

El presente estudio analiza el impacto potencial del cambio climático en el consumo de energía eléctrica en viviendas urbanas para cuarenta y un poblaciones de la República Mexicana. Como estudio de caso, se modeló el consumo eléctrico y el efecto del clima para una casa tipo de dos pisos con un total de 93.5m<sup>2</sup> de construcción. Para la simulación se usan datos meteorológicos de años típicos para cada una de las poblaciones analizadas (Typical Meteorological Year -TMY en inglés) desarrollado para ASHRAE para su uso en México. Se aplicó la metodología de Belcher et al (2005), modificada a las características de México, para estimar el efecto del cambio climático de manera puntual derivado de los resultados publicados del modelo regional HAD3 sobre escenarios futuros de cambio climático. De esta manera se obtuvieron TMY para cuarenta y un poblaciones de México para los años 2020, 2050 y 2080. Se simuló el comportamiento térmico de la casa tipo equipada para el uso característico de una familia de 5 miembros, la simulación se realizó en DOE2.2 con interface gráfico de eQuest para los cuarenta y un sitios propuestos. Los resultados son presentados en forma de estimaciones de kWh consumidos mensualmente para los años 2020, 2050 y 2080. Dada la longevidad de una construcción es muy importante que su diseño contemple las condiciones bajo las cuales operará durante toda su vida útil. Los resultados muestran que aunque en ciertas regiones de la Republica se estima reducciones en las temperaturas promedios a mediados del presente siglo, al final del siglo se aprecian incrementos generalizados de las temperaturas y por lo tanto en el consumo de energía relacionada a aire acondicionado.

### **ABSTRACT**

This study analyses the potential impact of climate change on the consumption of electrical energy in urban dwellings for forty one settlements in Mexico. As a case study, electric power consumption and the effect of climate was modeled for a two storey 93.5m<sup>2</sup> house. For the simulation typical meteorological year data (TMY) files developed for ASHRAE for Mexico were used. The modifications resulting from applying the methodology of Belcher et al (2005) to estimate the local climate change scenarios derived from published results of the regional climate change model HAD3. In this way TMY files for the forty one Mexican settlements for the years 2020, 2050 and 2080 were obtained. The thermal behaviour if the house was simulated for the forty one places in DOE2.2 with the eQuest graphical interface with typical use and equipment for a family of five. The results are presented in the form of estimations of monthly kWh consumed for the base year and 2020, 2050 and 2080. Given the longevity of a construction it is very important that their design contemplates the conditions under which they will operate during their whole working life. The results show that although for certain regions of the Republic there are estimated reductions in temperature at mid-century, at end of the century the general increase in temperatures will recover and thus the consumption of energy for air conditioning.

Palabras claves: Cambio climático, vivienda, aire acondicionado, simulación térmica, modelado meteorológico.

### **Introducción**

Dada la larga vida útil de las construcciones, incluyendo las viviendas, el cambio climático tendrá efectos sobre su comportamiento durante el transcurso de su vida útil. El empleo de aire acondicionado en casas habitación es inevitable en muchas regiones de México; ya que las condiciones de temperatura ambiental exceden los rangos de lo confortable, durante todo el día en ciertas estaciones del año, imposibilitando lograr confort térmico con medidas pasivas de diseño. El cambio climático extenderá la necesidad del uso de aire acondicionado a nuevos lugares y se requerirá más capacidad de enfriamiento en las actuales instalaciones. En este contexto se puede contar con la existencia de datos meteorológicos en forma de años típicos (TMY<sup>1</sup>) desarrollados para ASHRAE para su uso en México. Cubriendo cuarenta y un ciudades para un periodo quince o veinte años dependiendo de la disponibilidad de datos horarios de cada ciudad.

### **Metodología**

Hay distintas maneras de estimar el impacto del cambio climático sobre el confort térmico y las necesidades de enfriamiento o calefacción de edificios y viviendas. En esencia hay dos grandes vertientes: métodos que dan resultados una distribución probabilística y métodos que dan un solo valor. En ambos casos es necesario generar archivos de datos meteorológicos representativos de las condiciones a futuro en



## SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR 2017 Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre  
Guadalajara, Jalisco.  
MÉXICO

una estructura que permita su uso en las simulaciones térmicas de una vivienda, es decir datos horarios de por lo menos temperaturas, humedad relativa, viento (magnitud y dirección) y radiación solar (directa y difusa).

Existen varias maneras de ajustar los datos de años típicos particulares a una región específica, para estimar los posibles efectos del cambio climático. Dichas metodologías generan diferentes rangos de confiabilidad en los resultados obtenidos, influyendo tanto en los datos meteorológicos como el impacto sobre la simulación del comportamiento térmico de edificios y casas. No obstante cabe recordar que el objetivo del estudio es desarrollar indicadores del impacto potencial del cambio climático sobre el uso de energía eléctrica en aire acondicionado y no la generación de nuevas herramientas. Por tal razón se eligió una metodología para lo cual existe una herramienta desarrollada por un grupo de investigación en Inglaterra y cuyo requerimientos de datos se pudo cumplir con cabalidad.

Una de las metodologías fueron desarrolladas en el proyecto PROMETHEUS<sup>2</sup> del Centre for Energy and the Environment, University of Exeter, Reino Unido, método que dependen de un modelo a nivel local capaz de producir años típicos de datos meteorológicos futuros con una probabilidad asociada. Para el Reino Unido existe un modelo para regiones geográficas a menor escala que los modelos regionales de cambio climático disponibles para México, por lo que se utilizaron múltiples corridas para desarrollar una distribución probabilística de escenarios de cambio climático para ciudades en el Reino Unido. Por lo no fue factible usar una metodología de dicha naturaleza para el estudio.

Una manera alternativa es de modificar los archivos de datos meteorológicos de años típicos de ciudades en función de las predicciones de modelos generales regionales del impacto del cambio climático requiere contar con resultados de estimaciones del impacto del cambio climático que incluyen todos los parámetros meteorológicos necesarios para la simulación térmica de edificios: temperatura, humedad, viento y radiación solar. El sistema desarrollado por el Sustainable Energy Research Group en la Universidad de Southampton, Reino Unido<sup>3</sup> cumple con las condiciones requeridas por la metodología seleccionada, usando el sistema generado en forma integrada para estimar el efecto del cambio climático de manera puntual derivado de los resultados publicados del modelo regional HAD3 sobre escenarios futuros de cambio climático (Belcher et al 2005)<sup>4</sup>. Este método tiene la ventaja de tener requerimientos computacionales modestos. Los archivos meteorológicos conservan las mismas características temporales que los TMY originales. Esto no es necesariamente una ventaja dado que el cambio climático puede cambiar las distribuciones y magnitudes de los parámetros meteorológicos. Eames et al<sup>5</sup> (2012) han comparado los resultados de ambas estrategias para tres ciudades en el Reino Unido y concluyeron que ambos métodos tienen potencial en el modelado de edificios para la generación de escenarios de comportamiento ante el cambio climático.

La simulación se realizó en DOE2.2 con interface gráfico de eQuest para los cuarenta y un sitios propuestos Las características de la vivienda base para el estudio se encuentran en Heard et al<sup>6</sup>(2017). Se considera que el equipamiento de la vivienda y su uso es el mismo para todos los escenarios del estudio; aunque se sabe que este supuesto no considera el cambio tecnológico a futuro. No obstante, de que los equipos básicos de una vivienda pueden mejorar su eficiencia notablemente (por ejemplo: refrigeradores y sistemas de iluminación), los costumbres de uso y los nuevos equipos (por ejemplo: sistemas de entretenimiento, equipos para la salud y equipos de cocina) cambiarán mucho en el lapso de tiempo del estudio. Otro supuesto dentro el estudio considera que solamente se usa el aire acondicionado durante el periodo de tarifas de verano.

### Resultados

Para cada tarifa de energía eléctrica de uso doméstico, se graficaron los consumos de energías estimados en kWh mensuales. En la figura 1 se puede ver los resultados para las poblaciones de tarifa 1. Es notable que la mayoría de estas poblaciones muestren un incremento de consumo de energía con mayor tendencia entre 2050 y 2080. En el caso del Estado de Durango no se muestra un incremento entre el año base y el año 2020 pero sí en los subsecuentes escenarios (2050 y 2080) existen incrementos en el uso de energía de aproximadamente 50 y 100% relativo al caso base. En el caso de la Ciudad de México se nota un cambio muy marcado entre 2050 y 2080 y de manera parecida para Puebla y Tulancingo. En las primeras dos ciudades la adquisición de sistemas de aire acondicionado se hace evidente debido al número de viviendas potencialmente afectadas por rachas de calor que generan bajos niveles de confort.

A la medida que se analizan rangos tarifarios diferentes, 1A a 1F, el impacto proporcional del cambio climático sobre el consumo de energía estimado para aire acondicionado es menor. Sin embargo en términos absolutos, si es un aumento importante en el consumo de energía considerando la cantidad poblaciones que tienen este rango de tarifas.



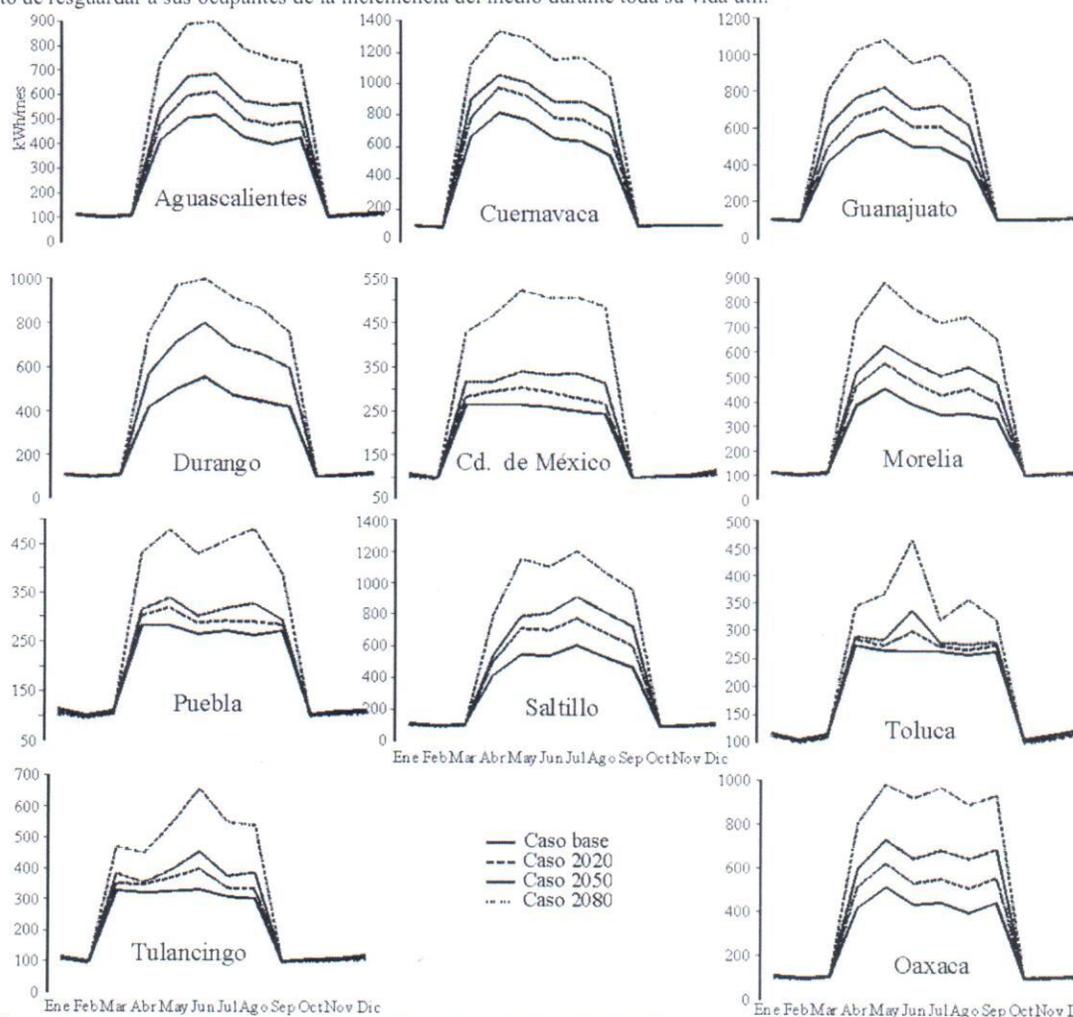
# SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR 2017 Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre  
Guadalajara, Jalisco,  
MÉXICO

## Discusión y conclusiones

Como se dijo anteriormente los resultados obtenidos muestran altos niveles de incertidumbres en cómo se equiparán y usarán las viviendas en el futuro, sobre todo ante los cambios tecnológicos cada vez más rápidos. Es probable que los costos de energía eléctrica y el costo de su almacenamiento serán mucho menores que hoy en día. Sin embargo existen límites físicos de cuanto energía se puede cosechar del medio ambiente sin tener impactos ambientales inaceptables. Por lo tanto, evitar el consumo excesivo de energía en el aire acondicionado de vivienda en México es prioritario, no solamente por el impacto ambiental en los sistemas de energía renovables. El uso masivo de equipos de aire acondicionado, resultará en el desecho de la energía motriz de los mismos dentro las ciudades después de recolectarlo en zonas rurales. La escala de esta transferencia tendrá impactos significativos sobre el efecto de isla de calor que tiene características para propiciar un círculo vicioso.

La falta de confort térmico en vivienda tiene efectos muy graves sobre la calidad de vida y como consecuencia el desempeño en el ámbito laboral, dado que el sobrecalentamiento afecta seriamente la calidad del sueño y por lo tanto la salud y las capacidades laborales durante el día<sup>7,8</sup>. Los cambios en las características térmicas de una vivienda una vez construida es mucho más costosa que la incorporación de un buen diseño térmico desde el diseño y construcción original. Ante los efectos reales y muy significativos del cambio climático durante la vida útil de la vivienda de interés social es de suma importancia lograr un diseño y su ejecución tal que asegure que son adecuados para el propósito de resguardar a sus ocupantes de la inclemencia del medio durante toda su vida útil.





# SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR 2017 Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre  
Guadalajara, Jalisco.  
MÉXICO

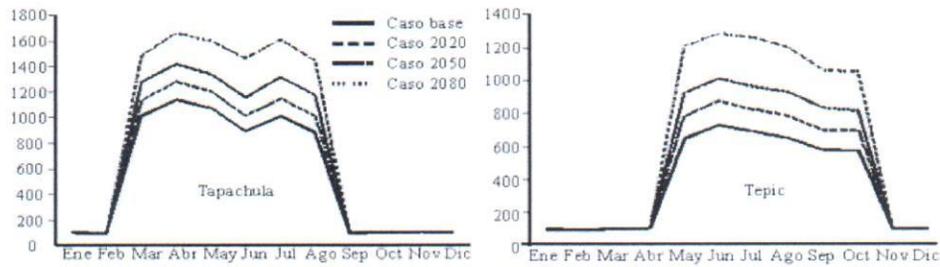


Figura 2 Consumo de electricidad estimado para la casa ejemplar para tarifa 1A para el presente y los años 2020, 2050 y 2080.

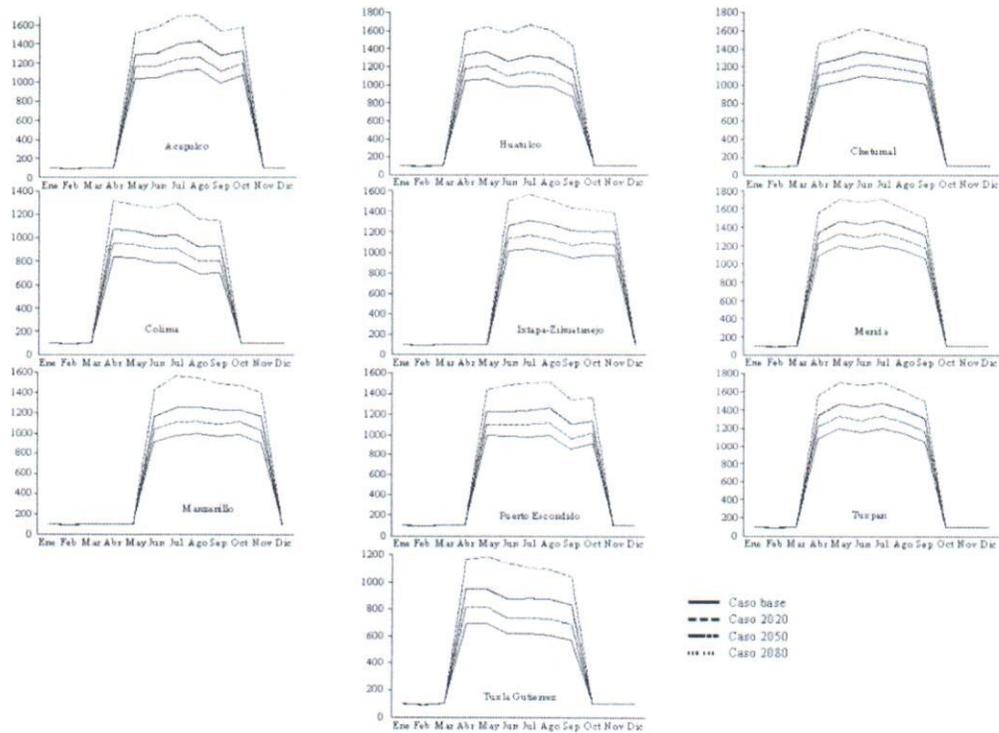


Figura 3 Consumo de electricidad estimado para la casa ejemplar para tarifa 1B para el presente y los años 2020, 2050 y 2080.



# SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR 2017 Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre  
Guadalajara, Jalisco.  
MÉXICO

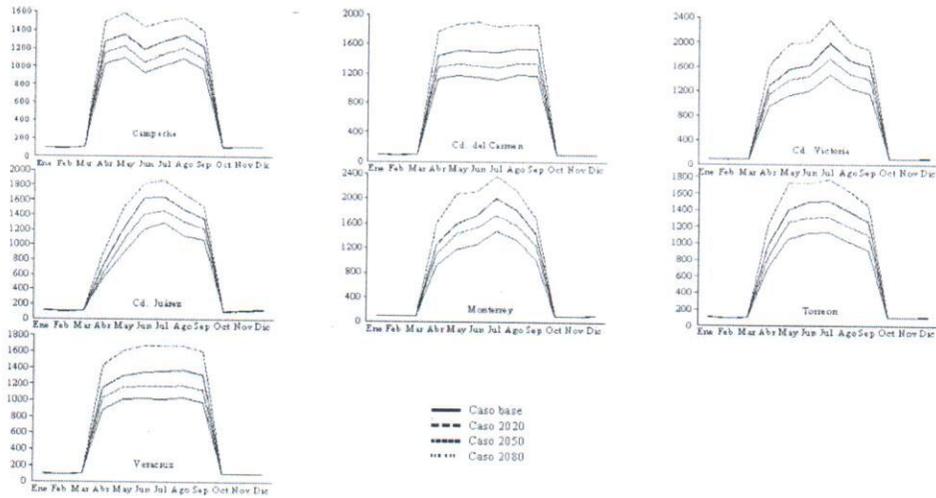


Figura 4 Consumo de electricidad estimado para la casa ejemplar para tarifa 1C para el presente y los años 2020, 2050 y 2080.

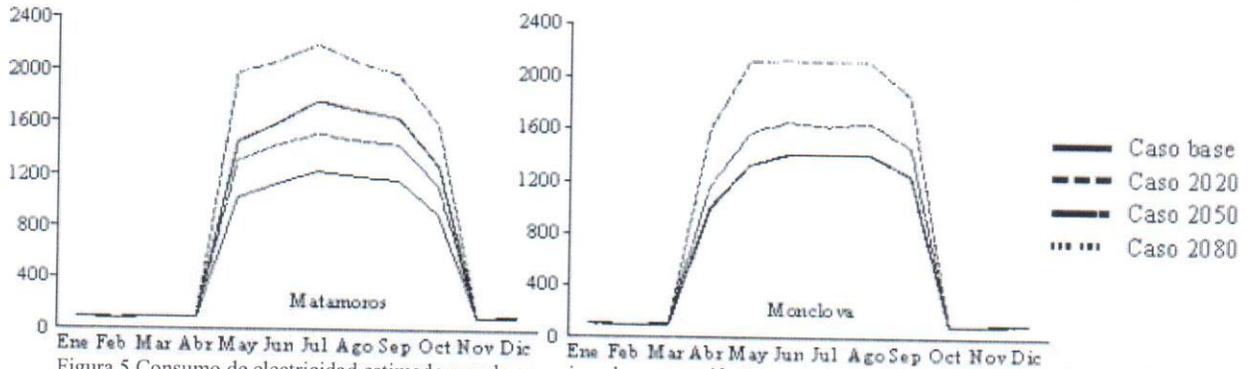


Figura 5 Consumo de electricidad estimado para la casa ejemplar para tarifa 1D para el presente y los años 2020, 2050 y 2080.

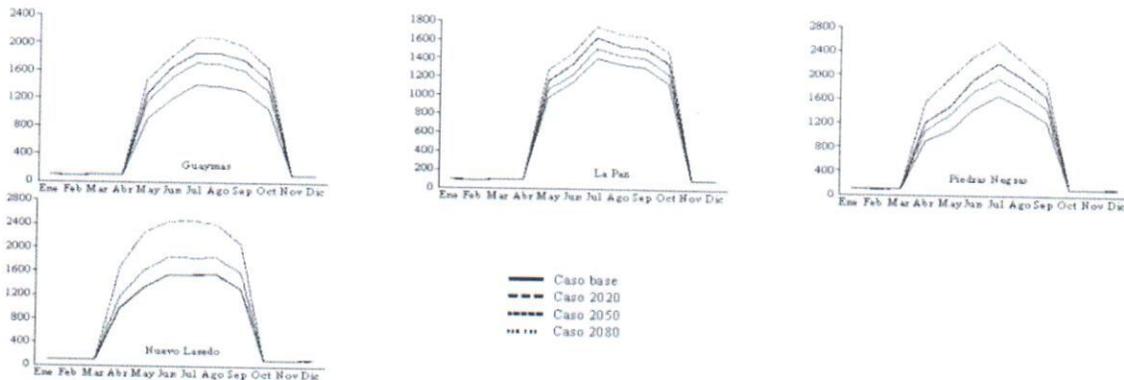


Figura 6 Consumo de electricidad estimado para la casa ejemplar para tarifa 1E para el presente y los años 2020, 2050 y 2080.



## SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR 2017 Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre  
Guadalajara, Jalisco.  
MÉXICO

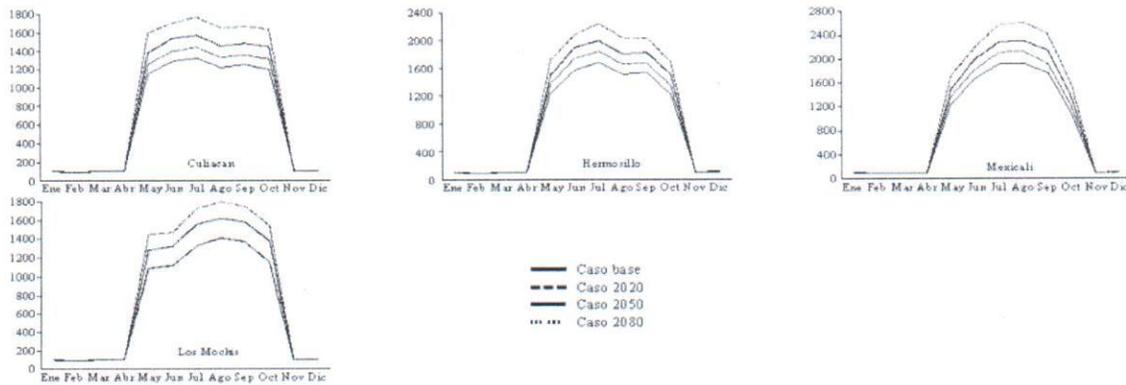


Figura 7 Consumo de electricidad estimado para la casa ejemplar para tarifa 1F para el presente y los años 2020, 2050 y 2080.

- 1 University of Exeter, Weather Files for Current and Future Climate, [http://www.exeter.ac.uk/media/universityofexeter/schoolofengineeringmathematicsandphysicalsciences/research/cee/lchsmodul\\_e1notes/Weather\\_Files.pdf](http://www.exeter.ac.uk/media/universityofexeter/schoolofengineeringmathematicsandphysicalsciences/research/cee/lchsmodul_e1notes/Weather_Files.pdf) consultado 20 de abril 2017.
- 2 PROMETHEUS The Use of Probabilistic Climate Change Data to Future-proof Design Decisions in the Building Sector [En línea] // Centre for Energy and the Environment, University of Exeter, Reino Unido., - 2008. - 22 de julio de 2014. - <http://emps.exeter.ac.uk/research/energy-environment/cee/projects/prometheus/>.
- 3 M. F. Jentsch, Technical reference manual for the CCWeatherGen and CCWorldWeatherGen tools Version 1.2, Sustainable Energy Research Group, University of Southampton, Nov. 2012, [http://www.energy.soton.ac.uk/files/2013/06/technical\\_reference.pdf](http://www.energy.soton.ac.uk/files/2013/06/technical_reference.pdf)
- 4 SE Belcher, JN Hacker and DS Powell, Constructing design weather data for future climates, Building Serv. Eng. Res. Technol. 26,1 (2005) pp. 49 /61.
- 5 M. Eames, T. Kershawa, D. Coley, A comparison of future weather created from morphed observed weather and created by a weather generator, Building and Environment 56 (2012) 252/264.
- 6 C. L. Heard, S. M. Olivera Villarroel, E. García López, Costo-beneficio del aislamiento térmico en vivienda en México y el subsidio al consumo de energía eléctrica, Memorias Semana Nacional de Energía Solar 2017 en Prensa.
- 7 Joanne C. Sandberg • Jennifer W. Talton • Sara A. Quandt • Haiying Chen • Maria Weir • Walkiria R. Doumani • Arjun B. Chatterjee • Thomas A. Arcury, Association Between Housing Quality and Individual Health Characteristics on Sleep Quality Among Latino Farmworkers, J Immigrant Minority Health (2014) 16:265–272.
- 8 Kazue Okamoto-Mizuno, Koh Mizuno, Saeko Michie, Akiko Maeda, Sachiko Iizuka, Effects of Humid Heat Exposure on Human Sleep Stages and Body Temperature, Sleep, Vol. 22, No. 6, 1999.

# INCREASES IN THE EXTREME RAINFALL EVENTS USING THE WEIBULL DISTRIBUTION

SAZCHA MARCELO OLIVERA-VILLARROEL<sup>^</sup>, CHRISTOPHER HEARD<sup>^</sup>

February 21, 2018

## Abstract

The frequency of extreme weather events, such as severe floods, storms, hurricanes, and droughts, seems to have increased in recent years. The analysis of trend and other changes in the distribution of these phenomena uses the extreme value theory (EVT), especially for the events which behavior does not conform to the Gaussian distribution. Thus, this study proposes the use of the Weibull distribution for the evaluation of extreme events in precipitation. A correct assessment of probabilities of extreme precipitation events and their changes is important for stakeholders, particularly in agriculture, infrastructure, tourism, and insurance. This paper provides a simple approach to show the trends in this type of phenomena in a specific region. The methodology has an additional virtue as it enables the calculation of probabilities of change in extreme events. With this, it is feasible to develop a new type of work methodologies and analyses in the context of climate change. The database used to demonstrate the approach includes daily precipitation in the western part of Mexico from 1958 to 2004 at the spatial resolution of 0.5°.

*Keywords:* Extreme weather event, Precipitation, Climate change, Weibull distribution, México

*Short title:* Increases in the extreme rainfall events

*Article category:* Special Issue

---

<sup>^</sup> Department of Design Theory and Processes, UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA - CUAJIMALPA. E-mail: satzcha@msn.com

<sup>^</sup> Department of Design Theory and Processes, UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA - CUAJIMALPA. E-mail: cheard@prodigy.net.mx

## 1. Introduction

The number of extraordinary climatic events such as severe floods, storms, hurricanes, droughts and other extreme weather seems to have increased in recent years. Testing these changes depends on the distribution of the variables, especially when the focus is on the long-term trends in extreme events. The main effect of these changes can be seen in rising insurance losses and disaster trends (Hoeppe, 2016; Francis & Hengeveld, 1998; Meehl et al, 1999; De Bruijn, 2005 & 2008, Holland & Webster, 2007; Smith & Katz, 2013).

However, the use of only the above mentioned reasoning introduces errors in the analysis. Pielke and Landsea (2008) have suggested that the increase in insurance losses caused by hurricanes can be attributed to other factors such as: inflation, population growth in vulnerable areas, and increasing prosperity of the people affected. Nevertheless, in other kinds of extreme events the economic impact has declined in 1990s (Hay et al, 2016; Francis & Hengeveld, 1998).

Another line of research uses disaster trends and estimates averages or tendencies assuming a Gaussian distribution. The main disadvantage of this approach is that not all extreme events follow this type of distribution. The evidence for the use of these methodologies that presume Gaussian distribution is poor in that they do not allow general conclusions to be reached about changes in extreme events (Moore et al, 2015; Francis & Hengeveld, 1998, Stern, 2007, Meehl et al, 1999).

An additional option for analyzing extreme events is to use the Extreme Value Theory (EVT). This theory deals with behavior of “extreme deviations from the median of probability distributions” of finite time series from a collection of random observations, assumed to be independent and identically distributed (iid) and tries to assess the type of probability distributions generated by the processes (Beker, 2014; Salzano, 2008).

The Fisher–Tippett–Gnedenko theorem is a general result in extreme value theory concerning the asymptotic distribution of extreme order statistics. The maximum of a sample of iid random variables after proper renormalization converges in distribution to one of three parametric distributions, the Gumbel distribution, the Fréchet distribution, or the Weibull distribution (Fisher and Tippett, 1928; Gnedenko, 1943). The selection of the kind of distribution depends on the behavior of the variables that are analyzed (Lyubchich & Gel, 2017). The Gumbel distribution is defined on the interval  $(-\infty, +\infty)$ . The Fréchet distribution has a lower limit near to zero.

The parameters of Weibull distribution have no upper bounds and so must be estimated, while the lower bounds are zero. In this research, the Weibull distribution was used because the majority of days does not have rain, while the extreme precipitations are extraordinarily large and vary greatly from region to region; the use of the Weibull distribution has previously been reported for analyzing climate data (Kotz & Nadarajah, 2000).

Holland (2009) employed the Weibull distribution to evaluate the increase of the proportion of very intense hurricanes, and Pavia & O’Brian (1986) utilized this distribution to study wind speeds around the world.

The central problem is the estimation of the parameters and the quality of data. In general, the methodology requires extensive historical data for spatio-temporal comparisons and identifying possible changes in the distributions. With respect to the estimation of parameters, the relative efficiency of traditional estimations is only about 60-80%, and errors in the calculations can occur if the data are of insufficient quality for this type of analysis (Zhang et al, 2008; Smith, 2009; Golroudbary et al, 2016).

The main contributions of this article include. 1) We showed that the methodology not only can model the probabilities of extreme precipitation events but also be used to show the changes in both the probabilities of such events but also their intensity 2) A robust parameter estimation method is demonstrated based on detailed precipitation data for five states in western Mexico.

The remainder of the paper is organized as follows. In Section 2, we present the Weibull methodology as well as the development of a calculation approximation of the estimators of the Weibull distribution from the application the Least Squares Estimation and Maximum Likelihood Methods. Section 3 presents the database and study area; the research was focused on the states of Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero and Oaxaca, located in western Mexico. Section 4 shows the results and the implication in the distribution changes of precipitation; in the section 5 we concluded.

## *2. Estimating the Weibull Distribution*

The Cumulative Distribution Function (CDF) of a Weibull random variable is expressed by

$$F_{(t)} = 1 - e^{-(x/\alpha)^\beta} . \quad (2.1)$$

The Weibull CDF can be linearized by taking natural logarithm twice on both sides of (2.1),

$$\ln [-\ln(1-F_{(t)})] = \beta \ln x - \beta \ln \alpha \quad (2.2)$$

The values of  $F_{(t)}$ , depend of the unknown parameters  $\alpha$  (Weibull Characteristic factor in this case mm per day) and  $\beta$  (Weibull Shape Factor), and hence can only be estimated. Several estimators for  $F_{(t)}$  have been proposed depending the type of data, the Bernard estimator (2.3) is most widely used. This estimator is a median rank approximation;

other expressions of mean and median rank are often used in the literature to estimate  $F_{(t)}$ ,

For example The Blom(2.4), Weibull (2.5) and Filliben (2.6)estimators, (Nielsen, 2011):

$$\text{Bernard estimator} \quad F_{(i,n)} = \frac{i-0.3}{n+0.4} \quad (2.3)$$

$$\text{Blom estimator} \quad F_{(i,n)} = \frac{i-0.5}{n+0.25} \quad (2.4)$$

$$\text{Weibull estimator} \quad F_{(i,n)} = \frac{i}{n+1} \quad (2.5)$$

$$\text{Filliben estimator} \quad F_{(i,n)} = \begin{cases} \frac{i-0.3175}{n+0.365} & i \leq n-1 \\ 0.5^{1/n} & i = n \end{cases} \quad (2.6)$$

The use of estimators for  $F_{(t)}$  is prone to introducing biases in estimates of parameters  $\alpha$  and  $\beta$ . In the literature, researchers usually choose an estimator that gives the highest efficiency, but iteration of different estimators is also common.

### 2.1. The Least Squares Estimation and Maximum Likelihood Methods

The main methodologies that have been used for parameter estimations are: graphical estimation, method of moments, least squares estimation (LSE), and maximum likelihood estimation (MLE). Different parameter estimation methods may result in very different estimates. It is therefore important to have objective criteria to instruct the selection of one estimation method over the alternatives. Common criteria include minimum variance or MSE, consistency, sufficiency and simplicity (Zhang, 2008).

Following Zhang (2008), the calculation of LSE to estimate the two parameters based on the linearized Weibull CDF in (2.2) is as follows:

Setting  $X=\ln x$  and  $Y=\ln[-\ln(1- F_{(t)})]$ , results in a simple equation

$$Y = \beta X - \beta \ln \alpha \quad (2.7)$$

Rewriting  $Y = \beta X - \beta \ln \alpha$ , where  $A= -\beta \ln \alpha$ ,  $B= \beta$  and  $\varepsilon$  is the error term

$$Y = A + BX + \varepsilon \quad (2.8)$$

The least squares estimator, denoted by  $\alpha$  and  $\beta$ , is that value of Y that and it is obtained from the minimization process of:

$$\min SS = \sum_{i=1}^n [y_i - (\beta x_i - \beta \ln \alpha)]^2 \quad (2.9)$$

The least squares criterion is a computationally convenient measure of fit. It corresponds to maximum likelihood estimation when the noise is normally distributed with equal variances (Van de Geer, 2001). The specific equations for  $\alpha$  and  $\beta$  can be seen in Appendix – Figure 5.

MLE is one of the most widely used tools for statistical inference. According to Cohen (1965), the Newton-Raphson method can be used to solve the estimating equations. The estimating equation of MLE for complete Weibull samples can be seen in Appendix. Although the calculation is difficult, nowadays many statistical software packages have algorithms for estimating parameters of various distributions using MLE.

MLE can be performed when the distribution of the error term is known to belong to a certain parametric family  $f_{\theta}$  of probability distributions; the resulting estimate is identical to the LSE estimate when  $f_{\theta}$  is a normal distribution with mean zero and variance  $\theta$  (Lange et al, 1989).

## 2.2. *Estimated Parameters of Weibull Distribution*

In this research, two methods for calculating the Weibull distribution were used: variants of LSE and MLE. The simple versions of LSE and MLE have a low efficiency because each point is treated equally as if each of them provides the same amount of information. However this is not always true, for this reason a weight ( $w_i$ ) was introduced for each point (Zhang et al, 2008). The methodology is the weighted least squares estimation (WLSE) introduces the weight to correct the bias between the LSE and MLE (Bergman, 1986):

$$\min SS = w_i \sum_{i=1}^n [y_i - (\beta x_i - \beta \ln \alpha)]^2, \quad (2.10)$$

, and the formula for estimation of  $w_i$  is shown in Appendix.

Thus, the introduction of  $w_i$ , improves the efficiency of the calculation of parameter  $\beta$ , but does not correct the error introduced by using a rough estimate of  $F_{(t)}$ . The error is evident in the parameter  $\alpha$ . For this reason, a second step and calculation of the last parameter ( $\alpha$ ) based on the estimation of the first parameter  $\beta$ , i.e.  $\hat{\beta}$  is used:

$$\min SS = w_i \sum_{i=1}^n [(y_i - (\beta x_i - \beta \ln \alpha) | \hat{\beta})]^2. \quad (2.11)$$

### 2.2.1. Application of the procedure

The application of the proposed procedure for calculating the Weibull parameters,  $\alpha$  and  $\beta$ , is summarized as follows:

Step 1: Rank the failure times and calculate the Y-axis plotting positions by used the  $F_{(t)}$  estimator.

Step 2: Calculate  $w_i$  according to Bergman's proposal (see Appendix).

Step 3: Obtain the estimates for  $\beta$  using WLSE.

Step 4: Obtain the estimates for  $\alpha$  using MLE based on the estimate of the first parameter  $\hat{\beta}$

This or similar algorithms are realized in different statistical software packages, including Stata, R packages, MatLab and others.

### 3. Database and Study area

The research was focused on the states of Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero and Oaxaca, located in western Mexico. The region is regularly affected by natural disasters, which allows the evaluation of their impact on the various economically activities of this region. The indigenous population, whose main economic activity is the subsistence production of maize, populates a large fraction of the region. The latest and one of the most

dramatic situations occurred in 1997 when hurricane Paulina made a landfall in that area. That single hurricane destroyed 24 % of the farmed area planted with maize and caused damage of the infrastructure estimated at about 300 million U.S. dollars. Moreover, more than 120 lives were regrettably lost.

The database that was used in the research includes precipitation per day in millimeters between 1958 -2004, the data was collected by Vazquez (2007), using the database CLICOM and ERIC that covers all of Mexico; the spatial resolution is 0.5 degrees.

#### 4. Results

When we developed the procedure suggested in the research the efficiency of the estimation increased to near 95 % compared with 70-80 % reported in the literature, Aydogdu (2010) (Table 1).

Table 1 Estimation results of Weibull distribution for five states of Western Mexico 1958-2004

<b>Linear regression – procedure suggested WLSE or WMLE</b>			Number of obs= 131
F( 1, 129) = 4028.67			<b>R-squared</b> = 0.9672
Prob > F= 0.0000			<b>Root MSE</b> = .11415
Robust			
<b>ln F</b>	<b>Coefficient</b>	<b>( t)</b>	<b>P &gt; t</b>
<b>Lnx</b>	1.447558	(63.47)	0.000
<b>Cons</b>	-5.305958	(-67.39)	0.000
<b>Linear regression – common procedure LSE or MLE</b>			Number of obs= 131
F( 1, 129) = 1131.80			<b>R-squared</b> = 0.8977
Prob > F= 0.0000			<b>Adj R-squared</b> = 0.8969
log pseudolikelihood = -40.079471 Generalized linear - Optimization : ML			<b>Root MSE</b> = .39424
<b>ln F</b>	<b>Coefficient</b>	<b>( t)</b>	<b>P&gt;t</b>
<b>Lnx</b>	1.006341	(33.64)	0.000
<b>Cons</b>	-3.753227	(-37.91)	0.000

The methodology suggested in the research increased the efficiency of the calculation and corrected biases in the parameters of a Weibull distribution. This was

introduced in the estimation when it was supposed that each point was equally important as if each of them provided the same amount of precise information.

The focus in the analysis of extreme events is the behaviour of the Weibull parameters,  $\alpha$  and  $\beta$ , because these parameters show the changes in the distribution and hence changes in the probability of occurrence of extreme rainfalls. The parameter  $\beta$  - Weibull Shape Factor- controls the form of the distribution. If  $\beta$  has a higher value, then the probability of extreme events increases. However although this condition is necessary, it is not determinate, because the interaction with  $\alpha$  gives the form of the Weibull distribution.

The  $\alpha$  - Weibull Characteristic factor- shows the median rank of the distribution, in this case alpha is expressed in  $\text{mm}^3$  per day. If  $\alpha$  is smaller, the quantity of water in every rain event is reduced. This behavior combined with that of  $\beta$ , determines the reduction of probability of extreme events.

Figures 1 and 2, show the behaviour of  $\beta$  and  $\alpha$ . The variation in of parameter  $\beta$  show a probability changes of more extreme events, in all the regions of the sample. There are two different patterns in the dynamics of  $\alpha$ . The first group of Jalisco, Michoacán and Colima has a rising trend in the median rank of their precipitation; this is good for agriculture in general. Meanwhile in the other group of states, Guerrero and Oaxaca, there is an evidence of a reduction of the median rank of their precipitation; this raises the probability of drought in these regions.

If we analyze the interaction between  $\alpha$  and  $\beta$ , it is possible to estimate the probability of occurrence of extreme events, in this case in rainfall. Figure 3 shows the difference of probabilities of EVT between the 1960s (1958-67) and the 1990s (1994-04) and Table 2 indicates the limit between an extreme event and common rainfall -- this limit changes between regions given; due to the topography, land cover type (forested area or

not), latitude and other factors that determine this threshold between extreme events and normal rainfall.

Table 2.

<i>Threshold between an extreme event and common rainfall</i>				
<i>mm<sup>3</sup> per day</i>				
<i>Jalisco</i>	<i>Colima</i>	<i>Michoacán</i>	<i>Guerrero</i>	<i>Oaxaca</i>
7.85	6.91	6.87	10.19	16.40

In this case the interaction between  $\alpha$  and  $\beta$  is evidence for two groups; the first group has a rise in the probability of extreme events - Michoacán, Guerrero and Oaxaca. The other group, Jalisco and Colima, show a reduction in this kind of events.

Figure 4 shows that the probability of an extreme event (more than two standard deviations above the season's mean precipitation value) is about 3-4 %. In summary, despite the increases and decreases in the probability of occurrence of extreme events, the region is susceptible to changing climate phenomenon and this increase in extreme events directly affects agriculture and infrastructure in these states.

### *Conclusions*

The use of Weibull distribution is not new for analyses of extreme events, but is not common for evaluation of precipitation. The estimated parameters show a difference in the behavior between the different states considered. However, the entire region is susceptible to suffering extreme events. The behavior of extreme events is important for the stakeholders, in particular in agriculture, infrastructure, tourism and insurance companies.

The research gives a simple option that shows the trend of this kind of phenomena in a specific region. The methodology has an additional virtue; to be able to calculate probabilities in the change of extreme events it is feasible to develop a new type of work

methodologies and analyses under the context of climate change. Since it is possible to develop models from the calculation and probabilities, these go beyond short and medium term projections. There are limits to the application of the methodology due to the lack of data of higher resolution.

### References

- Aydogdu, H., Senoglu, B., & Kara, M. (2010). Application of MML Methodology to an  $\alpha$ -Series Process with Weibull Distribution. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 39(3).
- Beker, V. A. (2014). Why Should Economics Give Chaos Theory Another Chance?. In *Complexity in Economics: Cutting Edge Research* (pp. 205-223). Springer, Cham.
- Cohen, A. C. (1965). Maximum likelihood estimation in the Weibull distribution based on complete and on censored samples. *Technometrics*, 7(4), 579-588.
- De Bruijn K. M. (2005), "Resilience and flood risk management: A systems approach applied to lowland rivers", PhD Thesis, Delft University Press, Consulted 12/02/2018, <http://resolver.tudelft.nl/uuid:e4c67684-e4d1-4796-b37c-0b451ebec3d4>
- De Bruijn K., Klijn F., McGahey C., Mens M. and Wolfert H.,(2018) "Long-term strategies for flood risk management: scenario definition and strategic alternative design", Report Number T14-08-01, Consulted 12/02/2018, [http://www.floodsite.net/html/partner\\_area/project\\_docs/T14\\_08\\_01\\_FRM\\_Strategies\\_D14\\_1\\_V3\\_5\\_P46.pdf](http://www.floodsite.net/html/partner_area/project_docs/T14_08_01_FRM_Strategies_D14_1_V3_5_P46.pdf)
- Fernández-Abascal H. (1994), "Cálculo de probabilidades y Estadística", Ed. Ariel, Barcelona SPAIN.
- Fisher, R., & Tippett, L. (1928) "Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample" *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 24(2), 180-190. doi:10.1017/S0305004100015681
- Francis D. and Hengeveld (1998), "Extreme weather and climate change", Environment Canada, Climate and Water Products Division, Atmospheric Environment Service, 4905 Dufferin Street, Downsview, Ontario, Canada, Consulted 12/02/2018 <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.455.4963&rep=rep1&type=pdf>
- Gnedenko, B. (1943), "Sur la distribution limite du terme maximum d'une serie aleatoire" *Annals of mathematics*, 423-453.
- Golroudbary, V. R., Zeng, Y., Mannaerts, C. M., & Su, Z. B. (2016). Attributing seasonal variation of daily extreme precipitation events across The Netherlands. *Weather and climate extremes*, 14, 56-66.
- Groisman, P. Y., Bradley, R. S., & Sun, B. (2000). The relationship of cloud cover to near-surface temperature and humidity: Comparison of GCM simulations with empirical data. *Journal of Climate*, 13(11), 1858-1878.
- Hay, J. E., Easterling, D., Ebi, K. L., Kitoh, A., & Parry, M. (2016). Introduction to the special issue: Observed and projected changes in weather and climate extremes. *Weather and climate extremes*, 11, 1-3.

- Hoeppe, P. (2016). Trends in weather related disasters—Consequences for insurers and society. *Weather and climate extremes*, 11, 70-79.
- Holland, G. J., and Webster P. J. (2007) "Heightened tropical cyclone activity in the North Atlantic: natural variability or climate trend?." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 365.1860 (2007): 2695-2716.
- Pielke Jr, R. A., & Landsea, C. N. (1999). "La nina, el nino and atlantic hurricane damages in the united states", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(10), 2027-2033. <http://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.98.2>.
- Johnson N.L. (2001), "Distributions in Statistics", Vol. 1-4. Ed. J. Wiley y Houghton M. Co., 1992, 1994, 1997, 2001.
- Kotz, S. & Nadarajah, S. (2000). "Extreme Value Distributions: Theory and Applications." London: Imperial College Press
- Lanark D.F. and Hengeveld H.(1998). *Extreme Weather and Climate Change*, Climate and Water Products Division Atmospheric Environment Service, Ontario, Canada
- Lyubchich, V., & Gel, Y. R. (2017). Can we weather proof our insurance?. *Environmetrics*, 28(2).
- Meehl G.A., Zwiers F., Evans J., Knutson T, Mearns L. and Whetton P. (2000).Trends in Extreme Weather and Climate Events: Issues Related to Modeling Extremes in Projections of Future Climate Change, *Bulletin of the American Meteorological Society*
- Moore, T. R., Matthews, H. D., Simmons, C., & Leduc, M. (2015). Quantifying changes in extreme weather events in response to warmer global temperature. *Atmosphere-Ocean*, 53(4), 412-425.
- Nielsen, M. A. (2011). Parameter estimation for the two-parameter Weibull distribution. Brigham Young University - Provo. <https://scholarsarchive.byu.edu/etd>.
- Pavia E.G. And O'brien J. J. (1986), *Weibull Statistics of Wind Speed over the Ocean*. JOURNAL OF CLIMATE AND APPLIED METEOROLOGY
- Salzano, M. (2008), "The Analysis of Extreme Events—Some Forecasting Approaches", In *Mathematical and Statistical Methods in Insurance and Finance* (pp. 199-205). Springer, Milano.
- Smith, A. B., & Katz, R. W. (2013). US billion-dollar weather and climate disasters: data sources, trends, accuracy and biases. *Natural hazards*, 67(2), 387-410.
- Smith, D. B., Zhang, J., Hanlen, L. W., Miniutti, D., Rodda, D., & Gilbert, B. (2009), "Temporal correlation of dynamic on-body area radio channel", *Electronics Letters*, 45(24), 1212-1213.
- Stern, Nicholas. (2007)," The Economics of Climate Change", *American Economic Review: Papers & Proceedings* 2008, 98:2, 1–37, Consulted 12/02/2018
- Van de Geer, S. (2001). Least squares estimation with complexity penalties. *Mathematical Methods of statistics*, 10(3), 355-374.
- Vázquez, J.L. (2007),"Mexican Daily Precipitation Database. In 'Variabilidad de la lluvia en la República Mexicana'. MSc. Thesis in Atmospheric Physics. UNAM. Mexico. Copies available under request to [climademexico@yahoo.com](mailto:climademexico@yahoo.com)
- Zhang L. F., Xie M. and Tang L. C. (2008), "On Weighted Least Squares Estimation for the Parameters of Weibull Distribution", *Springer Series in Reliability Engineering, Recent Advances in Reliability and Quality in Design*, Springer London, page 57-84

## Appendix

The Weibull distribution (Weibull, 1939) with three parameters, is denoted by  $\mathcal{W}(x_0, \beta, \alpha)$ . It has a probability density  $f(x) = (\alpha/\beta)[(x-x_0)/\beta]^{\alpha-1} \cdot \exp\{-(x-x_0)/\beta\}^\alpha$ ,  $x > x_0$ , and the distribution function equals  $F(x) = 1 - \exp\{-(x-x_0)/\beta\}^\alpha$ ,  $x > x_0$ . The Weibull distribution was initially proposed to represent the distribution of the breaking strength of materials, and nowadays it is used in reliability and quality control. Probabilities for the Weibull distribution are easily computed taking into account that the random variable  $Z = [(X-x_0)/\beta]^\alpha$  has a standard negative exponential distribution,  $\mathcal{E}(1)$ . The standard Weibull distribution,  $\mathcal{W}(0, 1, \alpha)$  is obtained by a location and scale transformation,  $Y = (X-x_0)/\beta$  (that is,  $X = \beta Y + x_0$ ) Its probability distribution equals  $f(y) = \alpha y^{\alpha-1} \exp\{-y^\alpha\}$ ,  $y > 0$ . The moments for  $X$  are easily obtained by using the calculations for  $Y$ . Note that  $\alpha_{rY} = E[Y^r] = \Gamma(r/\alpha + 1)$ . The quantiles are obtained from the distribution function,  $q_r = x_0 + \beta[-\ln(1-r)]^{1/\alpha}$ ,  $0 < r < 1$ . The median, then, takes the value,  $Me_X = x_0 + \beta[\ln 2]^{1/\alpha}$ .

The mode equals  $Mo_X = x_0 + \beta[(\alpha-1)/\alpha]^{1/\alpha}$  for  $\alpha > 1$ , and does not exist for  $\alpha < 1$ . If  $\alpha = 1$ ,  $Mo_X = x_0$ . The skewness and the (excess of) kurtosis coefficients are computed for  $Y$  using the above expression for  $\alpha_{rY}$



**SEMANA NACIONAL  
DE ENERGÍA SOLAR 2017**  
Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre  
Guadalajara, Jalisco.  
MÉXICO

## **COSTO-BENEFICIO DEL AISLAMIENTO TÉRMICO EN VIVIENDA EN MÉXICO Y EL SUBSIDIO AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Christopher L. Heard, Sazcha M. Olivera-Villaruel y Esperanza García López

Departamento de Teoría y Procesos del Diseño, División de Ciencias de la Comunicación y Diseño, Unidad Cuajimalpa, Universidad Autónoma Metropolitana, Avenida Vasco de Quiroga 4871, Colonia Santa Fe de Cuajimalpa, Delegación Cuajimalpa de Morelos, Ciudad de México, 05348, México, +52 (55) 5814 6500 Ext. 3535, [cheard@correo.cua.uam.mx](mailto:cheard@correo.cua.uam.mx)

### **RESUMEN**

El presente estudio simuló el consumo eléctrico (DOE2.2 y eQuest) para una casa uní-familiar tipo de dos pisos de 93.5m<sup>2</sup> para cuarenta y un poblaciones de la República Mexicana con una gama de niveles de aislamiento térmico. Se calcularon los costos de la energía eléctrica según las tarifas vigentes en 2015 a 2016 de acuerdo con cada población y región (éste último en el caso de incurrir en la tarifa DAC) y el costo sin subsidio según datos de CFE. Se obtuvieron costos de material y colocación de aislante térmico para una construcción nueva y de unidades de aire acondicionado. A partir de lo cual se estimó el valor presente neto del ahorro económico para el ocupante de la vivienda, tomando en cuenta ahorros en facturación de energía eléctrica y en la inversión (tamaño) necesaria de la unidad de aire acondicionado de la vivienda para una gama de niveles de aislamiento térmico. De los resultados obtenidos se estimó el nivel óptimo de aislamiento térmico que maximiza el valor presente del ahorro para cada vivienda. Considerando un escenario con un 50% de subsidio al material aislante y su colocación. El escenario considera que el ahorro del subsidio al consumo de energía eléctrica es un beneficio directo al erario nacional. Se estimaron las tasas internas de retorno sobre el subsidio al uso de aislante térmico y se determinaron los niveles de aislamiento correspondientes a los retornos maximizados. Los resultados de ambos estudios financieros se compararon entre sí y con los niveles de aislamiento térmico normativos. Mostrando los niveles óptimos en el aislamiento requerido para la vivienda tipo.001

### **ABSTRACT**

A two storey 93.5m<sup>2</sup> house was simulated (DOE2.2 and eQuest) with a typical usage pattern for forty one settlements in Mexico with a range of thermal insulation levels. Electric power costs were calculated for the applicable tariffs for 2015 to 2016 according to the settlement and region (the latter in the case of falling in the DAC tariff) and the unsubsidised cost according to CFE data. Material and installation costs for thermal insulation in new construction and air conditioner costs for end of 2015 were obtained. On the basis of these data, the net present value to the occupiers of dwelling was estimated taking into account the savings on electricity bills and the size of the air conditioning unit needed for a range of insulation levels. From the results the insulation level providing the maximum net present value was determined. In addition the scenario of a 50% subsidy for the insulation material and its installation was considered. Taking into account the savings to the public purse in the subsidy to electricity consumption, the discounted cash flow rate of return to the subsidy on the use of thermal insulation was estimated and the insulation levels corresponding to the maximum return were determined. The results of both financial studies were compared both between them and with the standard levels of insulation.

Palabras claves: Vivienda, aislamiento térmico, costo/beneficio, valor presente, subsidio, tasa de retorno.

### **Introducción**

En muchas regiones de México es inevitable el uso de aire acondicionado dentro de las residencias, aun con medidas de diseño pasivas dentro la vivienda; ya que las condiciones de temperatura ambiental exceden los rangos de confort térmico para su uso durante todo el día en ciertas estaciones del año. Sin embargo no es habitual optimizar el nivel de aislamiento térmico en los diseños de vivienda, sobre todo para el sector del mercado de viviendas interés social. El hecho que el consumo de energía eléctrica está altamente subsidiado en las zonas de mayores temperaturas ambientales, aunque beneficia los ocupantes, propicia un uso irracional de energía y milita en contra de buenos diseños térmicos de las viviendas en general. Sin embargo determinar cuáles serían los niveles óptimos de resistencia térmica en una vivienda no es una tarea trivial, por lo que el presente estudio no pretende ser definitivo sino dar una idea de niveles de aislamiento térmico apropiados para distintas regiones de la República Mexicana.

### **Bases del estudio**

#### **Casa típica**

La casa típica utilizada fue de dos pisos con un total de 93.5m<sup>2</sup> de construcción (uní-familiar) ver figura 1. Se desarrolló un programa de simulación de uso de equipos dentro la vivienda (incluyendo el uso de aire acondicionado) y presencia de personas dentro la vivienda tomando en cuenta días entre semana, sábados y domingos. Se consideraron comportamientos diferenciados para los dos niveles de la vivienda y se supuso que cada nivel cuenta con un sistema propio de aire acondicionado de tipo paquete. En la tabla 1 se describen los materiales de construcción.

#### **Datos meteorológicos**

Se cuenta con una base de datos meteorológicos de años típicos para la simulación térmica de las viviendas en cuarenta y un ciudades de la República Mexicana adquirido del American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). Las cuales fueron desarrollados utilizando la metodología de TMY 2<sup>1</sup>.



# SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR 2017

Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre  
Guadalajara, Jalisco.  
MÉXICO

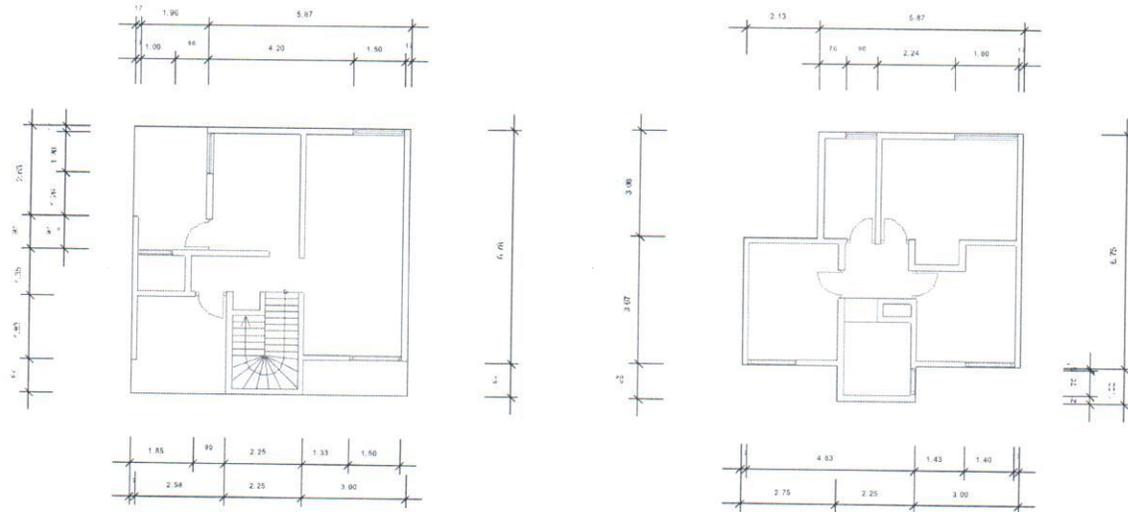


Tabla 1 Materiales de construcción consideradas para la casa típica

Descripción de la capa		Grueso	Conductividad térmica	Densidad	Capacidad térmico
		(mm)	(W/m.K)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kJ/kg.K)
Muro externo con aislante	Estuco 25.4mm	25	0.7212	1858	0.837
	Poliestireno de 12.7mm	13	0.0346	29	1.214
	Bloc hueco de baja densidad de 101.6mm	101	0.3846	1041	0.837
Puerta de acero sencillo	Valor global de conductividad (W/m <sup>2</sup> .K)	8			
Techos	Papel asfaltado - resistencia térmica (m <sup>2</sup> .K/W)	0.0264			
	Poliestireno de 12.7mm	13	0.0346	29	1.214
	Concreto colado	101	0.3605	1281	0.837
	Capa horizontal de aire - resistencia térmica (m <sup>2</sup> .K/W)	0.1197			
Piso	Suelo	305	1.7307	1842	0.837
	Piedra	25	1.8027	2243	0.837
	Concreto colado	101	0.3605	1281	0.837
	Linoleo - resistencia térmica (m <sup>2</sup> .K/W)	0.0088			

Figura 1 Casa típica

### Método de análisis económico

El método de análisis económico empleado fue lo reportado por Heard y Olivera<sup>2</sup>, usando un análisis costos beneficios tanto privado como social. En base a los resultados de Giglio et al<sup>3</sup> la tasa de descuento utilizado fue de 2% anual, considerando que el tiempo de vida útil de las viviendas es de largo plazo. Se consideró una tasa de inflación general del 4.5% y la inflación del precio de energía entre el mes en cuestión del año 2015 y el del año 2014 correspondiente a la tarifa y consumo para cada caso. El costo de la energía eléctrica se calculó de las tarifas domésticas aplicables por el consumo y lugar de la República según lo publicado por la Comisión Reguladora de Energía mediante la herramienta de Calculadora de Tarifas Eléctricas para Usuarios Domésticos<sup>4</sup>. Se consideraron los beneficios al ocupante de la vivienda tanto en gasto evitado de consumo de energía eléctrica para el aire acondicionado y en el costo del equipo de aire acondicionado de menor capacidad. Se consideró que el aislante térmico tuvo un costo de \$1,200.00/m<sup>3</sup>, de \$55.88/m<sup>2</sup> de instalación en techo y de \$169.26/m<sup>2</sup> en muro. Los costos de aire acondicionado considerados fueron de \$6,014.04/TR para equipos menores de una tonelada de refrigeración (TR) y de \$4,931.28/TR para equipos mayores de una TR. Una TR equivale a 3.517kW térmicos de enfriamiento. Tomando en cuenta el periodo típico de un préstamo hipotecario se realizaron los cálculos de valor presente, índice de recuperación de capital y tasa interna de retorno considerando los ahorros obtenidos durante veinticinco años.



# SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR 2017

Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre  
Guadalajara, Jalisco.  
MÉXICO

## Resultados obtenidos

En las figura 2 muestran los valores presentes netos de la vivienda obtenidos para una gama de niveles de aislamiento térmico para las cuarenta y un poblaciones del estudio para las tarifas 1 a 1F. Los casos de saltos de valor presente neto reflejan la discontinuidad en la estructura tarifaria donde se puede cambiar de la tarifa de alto consumo (DAC) a la tarifa subsidiada ante cambios en el aislamiento utilizado. Sin embargo el efecto de las diferentes tarifas no es siempre claro. Si se usa la definición legal para determinar la tarifa aplicable a las poblaciones en el estudio con los datos meteorológicos de los archivos TMY existen diferencias importantes en algunos casos. Por ejemplo: Culiacán tiene tarifa 1F y según el año típico reportado debería tener una tarifa de nivel 1C. Estas diferencias pueden originarse por el uso de diferentes estaciones de observación meteorológica o efectos de islas de calor cuando los archivos TMY son de series de observaciones en aeropuertos fuera de zonas urbanas.

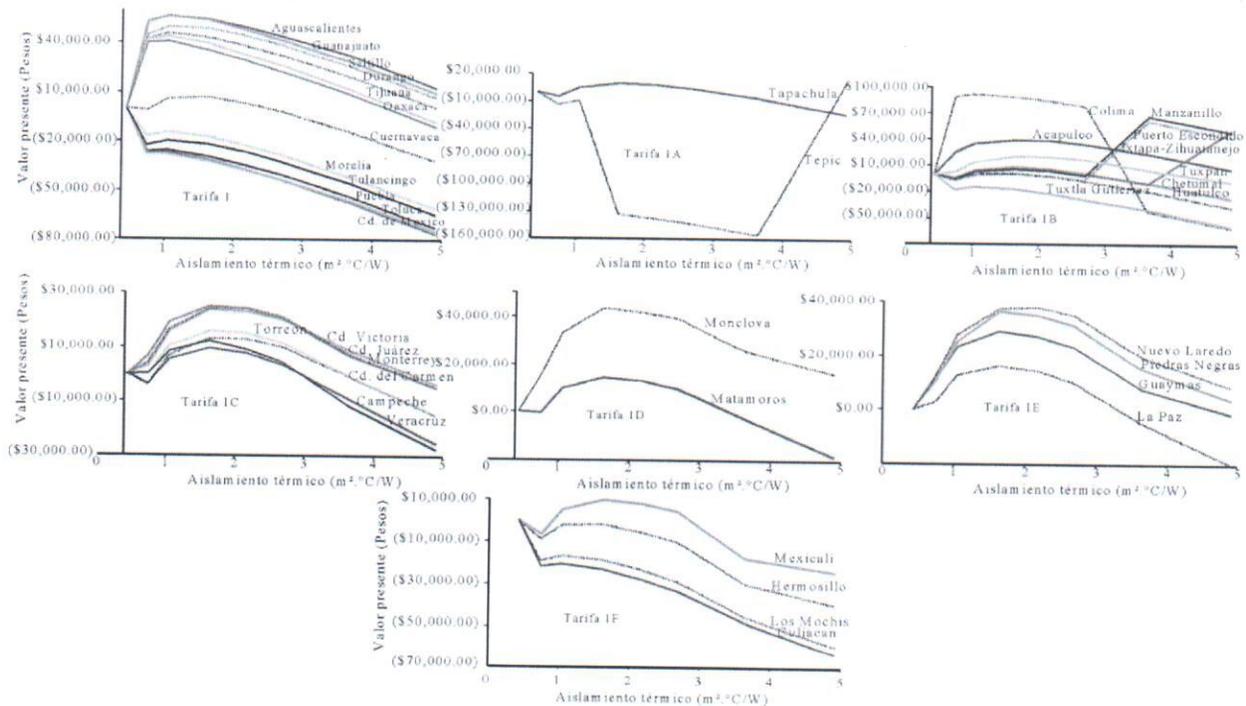


Figura 2 Valor presente neto para una gama de niveles de aislamiento térmico

La figura 2 indica que en muchas poblaciones de México existe una motivación económica muy pobre o nula para que el propietario de una vivienda exija un aislamiento térmico en la construcción de las casas habitaciones tipo. Sin embargo la falta de aislamiento térmico tiene un costo para el erario público debido a los subsidios en el consumo de energía eléctrica usada en aire acondicionado. La figura 3 muestra los valores de tasa interna de retorno para un subsidio de 50% en la instalación de aislamiento térmico en las viviendas tipo analizadas. Se puede observar que existen dos grupos de poblaciones, la primera donde es altamente rentable subsidiar el uso de aislamiento térmico en vivienda nueva (que correspondan a poblaciones de tarifa 1F) con tasas de retorno superiores al 20% y la segunda (que correspondan a poblaciones de tarifas 1B a 1E) donde la rentabilidad es menor con tasas alrededor del 9%, pero en muchos casos es apreciable considerando los bajos riesgos financieros y tecnológicos. El análisis considera que la fuente del financiamiento es un subsidio directo por parte de los organismos operadores de energía eléctrica. La tabla 2 muestra los valores de retorno para el erario público al aplicar un subsidio del 50% del costo de materiales e instalación para aislamiento térmico en los casos donde resulta rentable tanto para el caso de retorno máximo para SHCP como para beneficio máximo del ocupante sin subsidio y para los valores de referencia de la NOM-020-ENER-2011.



**SEMANA NACIONAL  
DE ENERGÍA SOLAR 2017**  
Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre  
Guadalajara, Jalisco.  
MÉXICO

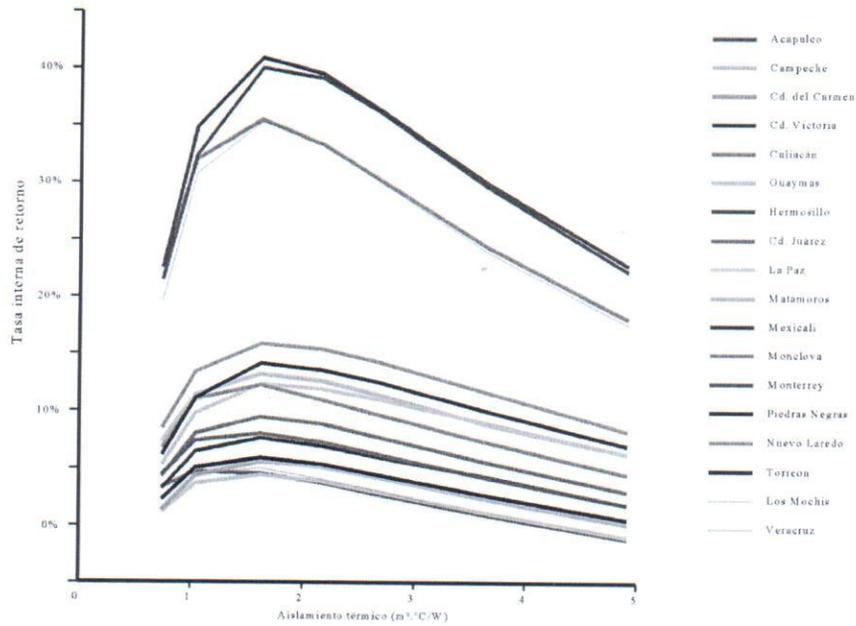


Figura 3 Tasa interna de retorno para la Secretaría de Hacienda y Crédito Público si se subsidia 50% del costo del aislante térmico de la casa típica para un rango de niveles de aislamiento térmico.

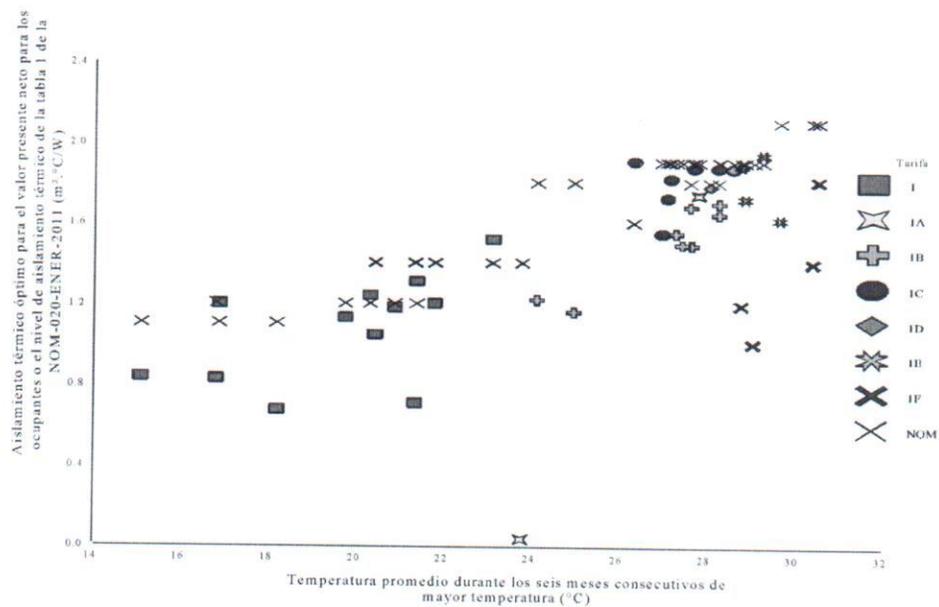


Figura 4 Aislamiento térmico óptimo para el valor presente neto para los ocupantes o el nivel de aislamiento térmico de la tabla 1 de la NOM-020-ENER-2011 ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) en función de la temperatura promedio durante los seis meses consecutivos de mayor temperatura ( $^\circ C$ )



**SEMANA NACIONAL  
DE ENERGÍA SOLAR 2017**  
Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre  
Guadalajara, Jalisco.  
MÉXICO

	<i>Temperatura promedio de los seis meses consecutivos de más calor</i>	<i>Tarifa eléctrica</i>	<i>Tasa interna de retorno para aislamiento óptimo para la SHCP</i>	<i>Aislamiento óptimo para la SHCP (m<sup>2</sup>·C/W)</i>	<i>Tasa interna de retorno para aislamiento óptimo para el ocupante</i>	<i>Aislamiento térmico óptimo para el ocupante (m<sup>2</sup>·C/W)</i>	<i>Tasa interna de retorno para aislamiento de referencia NOM-020</i>	<i>Aislamiento térmico de referencia (m<sup>2</sup>·C/W)</i>
Acapulco	28.2	1B	4.91%	1.34658	4.67%	1.64245	4.78%	1.151634
Monterrey	28.2	1C	7.98%	1.54035	7.77%	1.87322	7.42%	1.050718
Torreon	27.1	1C	5.89%	1.63323	5.83%	1.81916	4.88%	0.980863
Cd. Juarez	26.3	1C	9.39%	1.69961	9.28%	1.90631	6.72%	0.798621
Cd. Victoria	27.7	1C	7.53%	1.65373	7.43%	1.87328	6.91%	1.168888
Veracruz	26.9	1C	4.94%	1.49690	4.93%	1.54637	4.67%	1.148536
Cd. del Carmen	28.6	1C	5.55%	1.74094	5.52%	1.86886	4.76%	1.158198
Campeche	27.1	1C	4.39%	1.60766	4.37%	1.72387	3.99%	1.173122
Matamoros	28.0	1D	5.67%	1.59593	5.61%	1.78102	5.18%	1.112604
Monclova	28.6	1D	12.08%	1.56737	11.82%	1.86971	11.08%	1.049845
Nuevo Laredo	29.2	1E	15.86%	1.81905	15.81%	1.94159	14.49%	1.217221
Piedras Negras	28.8	1E	14.14%	1.83944	14.13%	1.88100	11.45%	1.078927
La Paz	28.8	1E	12.34%	1.84000	12.29%	1.72027	9.93%	1.049847
Guaymas	29.6	1E	13.15%	1.74055	13.10%	1.61598	12.16%	1.202555
Mexicali	30.5	1F	40.94%	1.78628	40.94%	1.80721	38.57%	1.298685
Hermosillo	30.4	1F	40.29%	1.85704	38.13%	1.40132	36.19%	1.244359
Los Mochis	28.8	1F	35.14%	1.69859	32.76%	1.19489	31.83%	1.111976
Culiacan	29.0	1F	35.29%	1.64800	31.68%	1.00332	32.71%	1.09655

Tabla 2 Comparación entre valores de aislamiento térmico para los casos de optimización para el ocupante, el erario público y los valores de referencia de la NOM-020-ENER-2011

**REFERENCIAS**

- 1 University of Exeter, Weather Files for Current and Future Climate, [http://www.exeter.ac.uk/media/universityofexeter/schoolofengineeringmathematicsandphysicalsciences/research/cee/lchsmodule/notes/Weather\\_Files.pdf](http://www.exeter.ac.uk/media/universityofexeter/schoolofengineeringmathematicsandphysicalsciences/research/cee/lchsmodule/notes/Weather_Files.pdf) consultado 20 de abril 2017.
- 2 C. L. Heard, S. M. Olivera Villarroel, Evaluación económica de la resistencia térmica de la vivienda de interés social en las ciudades tropicales de México, Acta Universitaria, Universidad de Guanajuato, Vol. 23 No. 4, 17-29, Julio-Agosto 2013. <http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/458/pdf> consultado 20 de abril 2017
- 3 S. Giglio, M. Maggiori, J. Stroebel, Very long-run discount rates, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 130 February 2015 Issue 1.
- 4 <http://www.calculadora.cre.gob.mx/Documentos/Calculadora.xlsx> consultado 20 de abril 2017

**Fecha:** Tue, 5 Jun 2018 13:32:03 -0500

**Remitente:** "Secretaría Académica DCCD" <secretariadccd@correo.cua.uam.mx>

**Destinatario:**

**CC (copia):** izepeda@correo.cua.uam.mx, rgarcia@correo.cua.uam.mx, Irivera@correo.cua.uam.mx

**Asunto:** Constancia para informe de actividades periodo sabático Marcelo Olivera

Estimado Dr. Olivera:

Por este medio, solicito a usted, nos envíe la constancia de la estancia de investigación que realizó en la Universidad de Maryland, así como el curso de maestría en la Universidad Mayor San Francisco Xavier de Chuquisaca Bolivia.

Lo anterior, para poder completar los documentos que demuestran las actividades académicas desarrolladas durante el periodo sabático comprendido del 9 de septiembre de 2016 al 8 de noviembre de 2017 y dar cumplimiento al artículo 231 del Reglamento de Ingreso, Promoción y Permanencia del Personal Académico.

Mucho agradeceré nos envíe esta información para poder notificarlo a la Comisión de Investigación y al Consejo Divisional.

De antemano muchas gracias y le envío un cordial saludo.

-----  
Dr. Raúl Roydeen García Aguilar  
Secretario Académico  
División de Ciencias de la Comunicación y Diseño  
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)  
Unidad Cuajimalpa  
Ave. Vasco de Quiroga Núm. 4871,  
5° Piso, Colonia Santa Fe,  
Delegación Cuajimalpa de Morelos,  
C.P. 05300, México, D.F  
<http://www.cua.uam.mx>



U.S. Department of State

CERTIFICATE OF ELIGIBILITY FOR EXCHANGE VISITOR STATUS (J-NONIMMIGRANT)

OMB APPROVAL NO.1405-0119
09/30/2017
ESTIMATED BURDEN TIME: 45 min
\*See Page 2

Form containing fields for: 1. Surname/Primary Name: Olivera Villarroel, Given Name: Sazcha Marcelo, Gender: MALE, N0018167359; Date of Birth: 02-17-1976, City of Birth: Cochabamba, Country of Birth: BOLIVIA, Citizenship Country Code: MX, Citizenship Country: MEXICO; Position: UNIVERSITY TEACHING STAFF INCLUDING R; 2. Program Sponsor: University of Maryland Center for Environmental Science, Program Number: P-1-13139; 3. Form Covers Period: 08-15-2016 to 07-01-2017; 4. Exchange Visitor Category: RESEARCH SCHOLAR; 5. Financial support: \$57,000.00; 6. U.S. Department of State / DHS Use or Certification by Responsible Officer; 7. Gerri Moore, Alternate Responsible Officer; 8. Statement of Responsible Officer for Releasing Sponsor; Preliminary Endorsement of Consular or Immigration Officer; Travel Validation by Responsible Officer; Exchange Visitor Certification.



University of Maryland  
CENTER FOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

**Center Administration**

P.O. Box 775  
Cambridge, MD 21613-0075  
(p)410-221-9250 (f)410-228-843  
www.umces.edu

5/20/2016

Dear Marcelo,

We look forward to hosting you at University of Maryland Center for Environmental Science (UMCES) at a J-1 Exchange Visitor.

**Please read this letter carefully, as it contains important information that you need to complete the necessary steps to make your entry and stay in the U.S. a success.** Enclosed is your Certificate of Eligibility for Exchange Visitor (J-1) Status, also commonly referred to as the DS-2019. Be sure to carefully read the back of your DS-2019, and then complete the "Exchange Visitor Certification" section by signing the bottom of the first page.

**Applying for your visa**

U.S. Consulates are governed by the same general guidelines; however each Consulate has its own procedures for applying for a visa. Check the U.S. Consulate's web site at which you will apply for specific procedures (<http://www.usembassy.gov/>).

All U.S. Consulates require you to appear for a visa interview and present the following documents at that time:

- Visa application forms (available on the Consulate's web site or at the Consulate)
- Proof of payment of the visa service fee and the SEVIS fee
- Your DS-2019 certificate(s)
- Evidence of financial support for your program in the United States
- Proof of ties to your home country (for more information see the Consulate's web site)
- *If applicable:* an English translation of your marriage certificate if your spouse will be traveling with you

**PLEASE NOTE: YOU MUST ARRIVE AT UMCES WITHIN 30 DAYS OF YOUR PROGRAM START DATE. Please make sure you are aware of your dates when applying for your visa and making travel arrangements.**

**Health Insurance**

Exchange visitors (and dependents) are required by the U.S. Department of State (DOS) to have medical insurance in effect for themselves and any accompanying spouse and minor children on J visas for the duration of their exchange program. For information about insurance visit: <http://www.umces.edu/about/healthinsurance1>. **If you will be employed by UMCES,** contact your department to determine if you are eligible for insurance coverage from the State of Maryland.

**Arriving in the U.S.**

When you arrive in the U.S., you will need to show the port-of-entry officer a valid passport with your visa stamp, DS-2019 certificate, financial documents confirming support, and the I-94 Arrival/Departure Card (completed on the plane before arriving in the U.S.).

**Mandatory J-1 Visa Check-in Appointment**

The Department of Homeland Security (DHS) allows exchange visitors to enter the U.S. up to 30 days before or 30 days after the program start date.

- You **MUST** register with UMCES within 30 days of your program start date. Upon your arrival at UMCES, please call your UMCES contact, Linda Lopera at (410) 326-7365 to schedule your check-in appointment. **Please bring the following documents (both for you and your dependents, if applicable) to your check-in appointment: Passport(s), I-94 card(s), DS-2019 certificate(s).**
- Failure to register with UMCES within 30 days will result in DHS terminating your J-1 status – you will not be eligible to legally enter the U.S nor will you be able to work at UMCES.
- If you cannot arrive and report to UMCES within 30 days of your program start date notify your UMCES contact immediately so a new DS-2019 can be issued with a revised program start date.

We look forward to your arrival and hope that your stay here will be enjoyable.

Best Regards,  
Gerri Moore *Gerri*  
Manager of Budget Operations