

# PARAQUARIA

## NATURAL

Diciembre 2017  
Vol 5 Num 2

Revista Supervisada de Documentación Científica y Técnica de la Asociación Guayra Paraguaya, Asunción, Paraguay ISSN 2309-5237

### CLIMA\*

Tendencias recientes de las precipitaciones e impactos asociados con ENSO en la cuenca del Río de la Plata

Pp. 8

### CLIMA\*

Climate Change Adaptation in Ciudad del Este: Starting-Point Vulnerability Assessment

Pp. 19

### CLIMA\*

Percepción y observación de las variaciones en el régimen pluviométrico en Itapúa y Alto Paraná

Pp. 37



# PARAQUARIA NATURAL

## NOTAS EDITORIALES

### Objetivo

El Objetivo de la Revista Científica “Paraquaria Natural” es el de generar un medio de difusión técnico-científica de los trabajos relacionados a investigación sobre la biodiversidad, usos de la biodiversidad o aspectos referentes a la antropología, sociología, economía y políticas públicas que guarden relación con el desarrollo sostenible en Paraguay y a la región. De ahí su nombre “Paraquaria”, antiguo nombre con el cual se indicaba a la Provincia Gigante de las Indias.

### Trabajos que pueden ser publicados en la Revista:

Paraquaria Natural publica artículos y notas científicas no limitadas a la temática de un ámbito biológico debido a las necesidades de conocimientos multisectoriales para generar marcos de desarrollo sostenible válidos. Los temas sugeridos abarcan:

1. Resultados de trabajos de observación de aves, listados, checklists, nuevos registros.
2. Estudios de poblaciones silvestres de cualquier grupo taxonómico.
3. Resultados de monitoreos de la biodiversidad.
4. Estudios botánicos y forestales.
5. Resultados de trabajos sociales relacionados a “desarrollo sustentable”, uso y gestión de recursos naturales.
6. Resultados y avances de los trabajos de reforestación y restauración ecológica.
7. Análisis GIS sobre monitoreos del cambio de uso del suelo, GAP análisis y otros.
8. Definición de eco-regiones/ subregiones ecológicas, trabajos biogeográficos.
9. Estudios moleculares sobre especies silvestres.
10. Estudios socioeconómicos y de desarrollo sustentable serios.
11. Estudios sociales y antropológicos de relevancia para el uso de la biodiversidad.
12. Concienciación, ciencia ciudadana y trabajos relativos a capacitación.

### Políticas Editoriales

Paraquaria Natural acepta a **Investigaciones** (Artículos Científicos) o **Notas Científicas**. Ambos formatos de publicación pasan por un proceso de revisión de a pares por parte de árbitros especializados en cada disciplina.

### Artículos Científicos

Estos comprenden artículos basados en resultados de investigaciones originales. El artículo en letras no puede exceder **4.000 palabras**, salvo ediciones especiales o pedidos expreso realizados por el comité editorial. Se recomienda la forma básica de todo tipo de investigación con las secciones: **Resumen/Abstract – Introduc-**

**ción – Métodos – Resultados/Discusión – Conclusiones – Agradecimientos y Referencias.** Se favorecerán apéndices de tamaños considerables sólo en los casos de listados de especies o de **estricta necesidad**.

Las reglas de escritura se basarán en los siguientes puntos:

### Idioma

Los artículos podrán ser escritos en **Español, Portugués o Inglés**. Estos se denominarán en adelante “idioma de base”. Este idioma de base es el que lleva **letra normal**. Todas las menciones en idiomas diferentes deberán llevar *cursiva* o *itálica*. NOTA: Esto incluye a los nombres comunes de las especies en Guaraní, que deben seguir la misma regla e ir en *cursiva*. Ej:

Español: Capturamos un par de lobos de crín o *aguara guasu* (*Chrysocyon brachiurus*)

Portugués: Nós capturamos um par de lobos guará ou *aguara guasu* (*Chrysocyon brachiurus*)

Inglés: We captured a pair of maned-wolves or *aguara guasu* (*Chrysocyon brachiurus*).

LAS CITAS DE ESPECIES debe seguir la convención normal de llevar cursivas, cuando el texto de fondo es normal, y **viceversa**. Por ejemplo, en resúmenes/*abstracts* donde el idioma que no es de base, las especies van en letra normal para distinguirse del resto. Ej:

Con español como idioma de base:

Resumen: Capturamos un par de lobos de crín o *aguara guasu* (*Chrysocyon brachiurus*) en el Chaco árido.

*Abstract: We captured a pair of maned-wolves or aguara guasu (Chrysocyon brachiurus) on the Arid Chaco.*

Con inglés como idioma de base:

*Abstract: We captured a pair of maned-wolves or aguara guasu (Chrysocyon brachiurus) on the Arid Chaco.*

*Resumen: Capturamos un par de lobos de crín o aguara guasu (Chrysocyon brachiurus) en el Chaco árido.*

Deben seguirse las siguientes recomendaciones al momento de escribir las partes, atendiendo siempre a maximizar la economía de palabras. La redacción debe ser clara y sencilla (evite párrafos complicados, use frases simples y directas separadas por puntos):

**Título:** en el idioma de base del artículo. **Máximo: 20 palabras.**

**Autores:** Nombre y Apellido de cada uno (**al menos un nombre**, no sólo iniciales). Con filiación básica: cargo, departamento/sección, institución, e-mail. Diferentes filiaciones se separan con números en superíndice en el apellido; Apellido<sup>1,2,3</sup>. Se sugiere colocar un **\* al autor de referencia** del tema del artículo que será la persona de contacto.

**Resumen – bilingüe:** español e *inglés* or English and Spanish ou *Portugues e Ingles*. Primero en el idioma de base del artículo.

**Palabras clave:** debe asignarse al menos cuatro palabras clave, siguiendo la siguiente lógica jerárquica: Disciplina, Ecorregión o región geográfica, grupo de especie o especie/s (**si es menor a tres especies**), resultado o descubrimiento más relevante, **Ver ejemplo en la web**. Nota: **NO deben repetirse palabras** que ya figuran en el título.

**Introducción:** es la sección que introduce al tema. Se debe proporcionar la información que

sirve de antecedentes del tema abordado. Requiere de citas bibliográficas que avalen dicha información. No se aceptará información difusa ni temas que no guarden relación con el estudio y su necesidad de conocimiento previo de los temas a discutir. Se plantea al final la hipótesis de trabajo del estudio o el objetivo del mismo.

**Método:** se usa “método” y no metodología. Son las técnicas avaladas por literatura que sirvieron de base para la toma de datos y su procesamiento posterior, incluyendo los análisis estadísticos utilizados. Provea la información suficiente para que su trabajo sea comprensible y replicable por otros. Debe incorporar una clara descripción de su diseño experimental, sus procedimientos de muestreos así como los procedimientos estadísticos utilizados. Si utiliza productos manufacturados debe proveer la marca y registro del mismo, y de ser posible el número del modelo. Provea de las citaciones completas incluyendo autor(es) o editor(es), y el título, año y número de versión para los casos de softwares. En las disciplinas sociales u otras, los revisores evaluarán la pertinencia metodológica según se acostumbra en la disciplina correspondiente.

**Resultados:** Los resultados deben ser concisos y sin ninguna interpretación si es que se desea exponer los mismos como una sección individual. En especial resultados que requieran explicación para su entendimiento.

**Discusión:** Esta sección puede ser antecedida por resultados o los mismos pueden estar incluidos en discusión bajo este título. Se indica que el o los autores deben interpretar sus resultados a la luz de la hipótesis planteada o el objetivo del estudio. Se recomienda verificar que los mismos se limiten al alcance del estudio, sin entrar a interpretar fenómenos que requieren de mayores pruebas científicas de lo que el estudio logró. Enfóquese en los aspectos avalados por su estudio. Cuidadosamente debe diferenciar los resultados de su estudio de los datos obtenidos de otras fuentes. Interprete sus resultados, relaciónelos con los resultados de investigaciones previas, y discuta las implicancias. Destaque los resultados que no admiten especulaciones o las conclusiones de la investigación anterior, que sean objetivas.

**Conclusiones:** las conclusiones deben referir al planteamiento inicial (hipótesis u objetivo planteado) y debe centrarse en el alcance de los resultados obtenidos. De igual manera que el anterior título, la redacción debe ser muy sencilla, clara y directa. Puede incorporar algunas nuevas ideas, hipótesis alternativas o recomendaciones que sugiera algunos de sus resultados, o que compare y contraste su investigación con otras áreas o para posicionar algunas nuevas preguntas como resultado de su estudio, y donde sugiera algunas formas de responder a las mismas. Estas menciones deberán diferenciarse claramente bajo los términos de: “Posibles alcances”, “Implicancias futuras”, etc.

**Agradecimientos:** sección optativa al/los autor/es.

**Referencias:** Se menciona “referencias” y **NO bibliografía, ni literatura ya que se pueden incluir sitios web**. Deben ser escritos en el idioma de base del artículo citado siguiendo las reglas de su idioma correspondiente (ver Generalidades). Cada referencia incluida debe estar obligatoriamente citada en el texto.

**IMPORTANTE:** No se admitirá cita sin referencia completa o referencia sin su respectiva cita en el texto.

## GENERALIDADES

### Imágenes en el texto

Todas las imágenes se denominarán “**Figuras**”, ya sean fotografías, dibujos, mapas, diseños, u otros. También esto incluye a los gráficos en los casos de análisis estadísticos especiales que se considerarán como “Figuras”. La mención en el texto puede ser “**Figura #/Figure #**” o “**Fig. #**”, NO citar “ver figura #”. Sí se puede incluir como parte del texto: “...tal como se observa en la Figura #.”

### Tablas

El resto de la información, es decir cuadros, cifras, planillas, deben presentarse en forma de “**Tablas**” atendiendo a presentar la forma simplificada de tablas, es decir con **una línea al título** y **al final de la tabla**, sin líneas separadoras de columnas.

### Referencias de literatura

Se mencionan como referencias: papers de revistas científicas, artículos publicados, informes no publicados (cuando no exista información publicada), libros, capítulos de libros y sitios web (aclarando la fecha de acceso). Se recomienda cautela en el uso de sitios web autorizados o que contengan información validada.

### Citas en el Texto

Se deben seguir las siguientes reglas de citación de autores, en el cuerpo del texto, como sigue: Los estilos se basan en la forma básica general que es **(Autor año) o Autor (año)**. P.ej: “las aves migratorias posan en la Bahía (Thomas 2005)” ; o “Como afirma Gerry (2005) las aves posan en la Bahía”. **NO Lleva iniciales, ni coma, ni “ver”, ni punto entre autor y año.**

**Dos autores:** dependiendo del idioma de base del escrito se usa [autor 1 “y” autor 2], o [author 1 “and” author 2; Autor 1 e Autor 2]. Ej: “Estos resultados son avalados por la literatura (Fulano y Mengano 2015)” ; “This results are supported by litterature (Fulano and Mengano 2015). En español se usa “y”, y en Inglés “and” y portugués “e”, nunca &. Ej:

“Estos resultados concuerdan con observaciones realizadas anteriormente (Thomas y Gómez 2012)”

“Estos resultados concuerdan con lo observado por Thomas y Gómez (2012)”

Después se presenta una variedad de casos que son:

a. Varios autores para un tema: se ordena cronológicamente de más NUEVO a más ANTIGUO (Autor 1 año, Autor 2 año) o Autor 1 y Autor 2 (año) en el caso de dos autores. Ej.:

“Estos resultados concuerdan con observaciones realizadas anteriormente (Thomas 2012, Gómez 2005)” ;

“Estos resultados concuerdan con lo observado por Thomas (2012) y Gómez (2005)”

b. Más de dos autores para una referencia: (Autor et al. año) o Autor et al. (año) para **tres o más autores**. Al llevar punto por ser abreviatura y generalmente se pone **en itálica** ya que es una abreviación latina et al.= “y otros”: “y colaboradores”.Ej:

“Estos resultados concuerdan con observaciones realizadas anteriormente (Thomas et al. 2005)” ;

“Estos resultados concuerdan con lo observado por Thomas et al. (2005)”

Nota: **NO lleva coma después del punto.**

Trabajos diferentes la misma autoría y el mismo año se diferencian en “Año a”, “Año b” Ej:

(Thomas 2005a, 2005b) o Thomas (2005a, 2005b).

### Referencias Completas

Las Referencias consistirán en una lista de las publicaciones y sitios de internet citados en el texto. Deben figurar todos los autores citados en el texto. Se siguen las indicaciones presentadas por Yanosky (2001) y para mayor clarificación se mencionan algunas recomendaciones. Las referencias completas tienen una estructura básica y varias variantes de acuerdo a si es un apartado de un libro colegiado, si es un libro o si es un artículo de revista (“paper”, “gacetilla”) o si es un sitio de internet o un informe interno incluso. En general las estructuras son (de la básica a la más compleja):

- a. **Para Revistas:** Autor/Autores. Año. Título. Revista nombre. Vol(Nº):pag-pag. NOTA: el primer autor es el único que invierte sus iniciales.

Ejemplo para un autor:

**Thomas, R.P. 2005. Todo lo que quiso saber sobre La Bahía de Asunción. Cotinga 23(2):234-244.**

Ejemplo para dos autores:

**Thomas, R.P. y A.A. Yanosky. 2005. Todo lo que quiso saber sobre La Bahía de Asunción. Cotinga 23(2):234-244. O en inglés: R.P. and A.A. Yanosky. 2005. Todo lo que quiso saber sobre La Bahía de Asunción. Cotinga 23(2):234-244.**

**Nota: la referencia completa se escribe en el idioma en que fue publicada la referencia.**

Ejemplo para más de dos autores: - deben figurar todos los autores en el orden publicado -

**Thomas, R.P., J. Bolaños y P.R. Gómez. 2005. Todo lo que quiso saber sobre La Bahía de Asunción. Cotinga 23(2):234-244. Nota: sólo el primer autor lleva iniciales invertidas.**

- b. **Para Libros:** Autor/Autores. Año. Título. Editora. Ciudad. Pags en total. NOTA: el primer autor es el único que invierte sus iniciales. P.ej:

**Thomas, R.P. 2005. Atlas de la Bahía de Asunción. Guyra Paraguay, Asunción. 345pp.**

**Thomas, R.P. y A.B. Smith. 2005. Atlas Mejorado de la Bahía de Asunción. Guyra Paraguay, Asunción. 370pp.**

- c. **Libros colegiados:** Autor/Autores + Año + Título + “In:” + Autor/Autores (del(os) editor(es)) + (Ed. O Eds.) + Título. + Editora + Ciudad + Pag-pag (del capítulo). Para capítulos de libros “colegiados”. P.ej.

**Thomas, R.P. 2005. Todo lo que quiso saber sobre La Bahía de Asunción. In: González, J.L. (Ed.) Libro de humedales. Guyra Paraguay, Asunción 234-244pp.**

**Thomas, R.P. y A.B. Smith. 2005. Atlas Mejorado de la Bahía de Asunción. Gu-**

**yra Paraguay, Asunción. In: González, J.L. (Ed.) Libro de humedales. Guyra Paraguay, Asunción 234-244pp.**

Generalmente se acostumbra citar a todos los autores encargados de la edición (usualmente no más de tres).

- d. **Consultas en sitios WEB:** se aconseja referir sitios web que sean referentes mundiales del tema (p.ej. bases de datos de biodiversidad, listados, listados de amenaza, museos, otros) o al menos información validada. Se requiere de una autoría, la URL y la fecha de acceso (en inglés o español), P. ej:

Thomas, R.P. 2010. Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras en: <http://www.whsrn.org/es/red-hemisferica-de-reservas-para-aves-playeras>. Consultado el: 15/12/2015 (dd/mm/aaaa) y en inglés:

Thomas, R.P. and A.B. Smith. 2010. Western Hemisphere Shorebird Reserve Network, in: <http://www.whsrn.org/western-hemisphere-shorebird-reserve-network>. Reviewed on: 12/15/2015 (mm/dd/aaaa)

**Nota:** en la generalidad de los casos se ha observado un apego a formatos remitidos que corresponden a otras revistas. Esto ocurre generalmente porque los investigadores tienen una base de datos de referencias bibliográficas generalmente de estilos heterogéneos o según su fuente de publicación más frecuente. **Se ruega que los autores presten especial atención al formato solicitado.**

### Autorías de nombres científicos

Para diferenciar las citas en el texto, de las autorías de especies (fácilmente confundibles para Taxa zoológicos) se recomienda como único caso la utilización de coma “,” entre el autor y el año. Por ejemplo:

*El ejemplar tipo corresponde a la especie Philodryas mattogrossensis* Koslowsky, 1898.

*Claramente el ejemplar encontrado es asignable a la especie Sapajus apella* (Linnaeus, 1758).

Para los nombres de plantas se recomienda el uso del sitio web del Instituto de Botánica Darwin para su “Flora del Cono Sur” disponible en: <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/BuscarEspecies.asp>

**Estructura recomendada para Artículos completos (ver plantilla en Word): Disponible en el sitio web.**

### Notas Científicas o Técnicas

Las notas pueden consistir en revisiones de libros, revistas, otras publicaciones, comentarios, viajes, o noticias de interés público. La forma de esta sección **es libre**, no obstante se sugiere seguir los delineamientos establecidos para los artículos. Las citas en el texto y referencias deben seguir las reglas mencionadas arriba en generalidades.

Se alienta también al envío de artículos de carácter histórico, revisiones de expediciones pasadas o comentarios que hacen a la cultura y conocimiento general. Estas notas deben también basarse en criterios sólidos, referencias reconocidas y cierto espíritu de revisión crítica y profesional del tema desarrollado.

### Revisión por Pares

El Editor en jefe de la revista se tomará la potestad de revisar los artículos y las Notas para evaluar si guarda coherencia con las políticas editoriales, si el tema corresponde y si *a priori* el escrito refleja consistencia.

Posteriormente remitirá el artículo a al menos DOS revisores externos que figuran en la lista de revisores. Incluso consultará a expertos reconocidos en el área de la publicación para su revisión si es que no se cuenta con expertos de dicha área. Todas las revisiones serán cruzadas y supervisadas por el consejo editorial evitando cualquier conflicto de interés. Los revisores declaran que no poseen conflictos de interés previo a su trabajo. Según la voluntad del revisor, éste puede guardar o no su anonimato. Las publicaciones de los miembros del consejo editorial también son revisadas por dos o más revisores externos y que no guarden relación con los mismos.

Posterior a las sugerencias de los Revisores, el consejo editorial procede a conceder un tiempo al autor (o autores) para su corrección y ajuste; o en caso de ser aceptado se remite a edición, diagramación y diseño. Una vez aceptado el artículo, los autores deberán llenar y firmar los formularios correspondientes a su declaración de permisos obtenidos y originalidad del artículo publicado sin el cual el material no puede ser publicado.

En los casos donde no exista un revisor en la materia, el Consejo Editorial puede solicitar a los autores una recomendación sobre quién puede ser el revisor (excepcionalmente). Este revisor deberá estar acompañado por otro de la misma materia gestionado por el consejo de forma particular.

### Envío de manuscritos

Los manuscritos deben estar en letra TIMES NEW ROMAN 12. Los párrafos deben tener un espaciado de 1,5. Los títulos deben corresponderse a lo planteado arriba, hasta subtítulo 1. Deben estar formateados en hoja Tamaño A4. Deben llevar una paginación simple abajo a la derecha.

**NO DEBE REALIZARSE NINGÚNA EDICIÓN, NI ACTIVAR AUTOMATISMOS, NI AGREGAR FIGURAS Y TABLAS.**

Se debe escribir de la forma más sencilla y simple posible, sin encabezados ni pie de página.

Las figuras y tablas, debidamente referenciadas en el texto, deben agregarse en hojas separadas al final del trabajo. Una (1) página por cada tabla o figura. En caso de anexos, estos se deben numerar Anexo 1, Anexo 2, y agregarlos después de las tablas y figuras.

Los trabajos deben ser enviados a: paraquaria.editor@gmail.com y recibirán una confirmación de recepción. Una vez aceptado el trabajo, el Comité Editorial exigirá la firma de una declaración que garantice la originalidad del trabajo remitido y que cuente con los permisos de otros autores en el caso que use gráficos, imágenes o información sujeta a derechos de terceros.

### Proceso de revisión y arbitrio

Paraquaria Natural cuenta con un cuerpo de revisores externos internacionales permanente. El postulante debe proponer al menos un revisor de su trabajo. De no ser así, los editores se guardan el derecho de invitar a profesionales del área para que revisen los trabajos.

Los editores realizarán una primera revisión del material enviado para asegurar una mínima calidad de escritura (de forma y de ortografía/se-mántica). Posteriormente serán consultados los árbitros invitados y/o recomendados. La revisión no durará más de tres meses desde la preparación de la edición del número correspondiente.

### Periodicidad

Paraquaria Natural tiene una periodicidad semestral, en la cual aparece un volumen anual, compuesto por dos números; uno publicado en Junio, y el otro en Diciembre.

### Publicación

La publicación será en versión digital de la revista (PDF) con su correspondiente número de ISSN, disponible en la web de Guyra Paraguay.

---

## CONTENIDO

---

7 Nota de los editores

---

8 **ARTÍCULOS**

TENDENCIAS RECIENTES DE LAS PRECIPITACIONES E IMPACTOS ASOCIADOS CON ENSO EN LA CUENCA DEL RÍO DE LA PLATA  
Mario Bidegai, Max Pasten, Gustavo J. Nagy, Genaro Coronel, Javier Ferrer, Ivar Arana.

19 CLIMATE CHANGE ADAPTATION IN CIUDAD DEL ESTE: STARTING-POINT VULNERABILITY ASSESSMENT  
Paola Sakai, Daniel Oberling, Thaís Schneider, Lucas López, Norma Caballero, Fiorella Oreggioni, Marco Sakai, Angela Tischner, Celeste Aquino, Ana Franzini, Genaro Coronel.

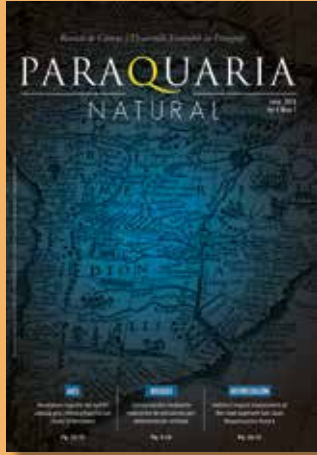
**NOTAS**

32 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN HUMEDALES Y BOSQUES DE LA RESERVA NATURAL MOROMBÍ PARAGUAY  
Rocío Raquel Kopcow Torres, Stella Mary Amarilla Rodríguez, Jorge Daniel González Villalba

37 PERCEPCIÓN Y OBSERVACIÓN DE LAS VARIACIONES EN EL RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO EN ITAPÚA Y ALTO PARANÁ  
Norman E. Breuer, Fiorella Oreggioni, Julián Báez

# PARAQUARIA

## NATURAL



DICIEMBRE 2017 - ISSN 2309-5237  
© Guyra Paraguay

### CONSEJO EDITORIAL

Director: Dr. Alberto Yanosky  
yanosky@guyra.org.py  
CEO Guyra Paraguay / CONACYT Pronii III

### SECRETARÍA DE REDACCIÓN

MSc. José L. Cartes  
jlcarter@gmail.com  
Investigador Independiente /CONACYT Pronii

### SECRETARÍA ADJUNTA DE REDACCIÓN

Prof. Ing. For. Lourdes González Soria  
lourdesgspy@gmail.com  
Universidad Nacional De Asunción

### EDICIÓN Y DIAGRAMACIÓN

Alberto Yanosky

### DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Sofía Argüello

### ASOCIACIÓN GUYRA PARAGUAY CONSERVACIÓN DE AVES


Parque Ecológico Asunción Verde  
Avda. Carlos Bóveda (2km desde la Entrada del Botánico). CC 1132  
Asunción, Paraguay  
www.guyra.org.py  
Tels: (+59521) 223 567, 229 097  
Mail: guyra.paraguay@guyra.org.py

### CONSULTAS Y ENVÍOS DE ARTÍCULOS

paraquaria.editor@gmail.com  
Tels: (+595 21) 223 567, 229 097

### SÍGUENOS

 facebook.com/guyraparaguay

 twitter.com/guyraparaguay

### REVISORES SUSCRIPTOS

**Dr. Adrián Di Giacomo** [Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina] digiacomo@ege.fcen.uba.ar

**Dr. Alicia Villamizar** [Universidad Simón Bolívar. Departamento de Estudios Ambientales. Laboratorio de Ecología de Manglares y Cambio Climático. Venezuela]

**Dr. Andrew Noss** [Department of Geography, University of Florida, EEUU] anoss@ufl.edu

**Dr. Andrew Taber** [The Mountain Institute, EEUU] ataber@mountain.org

**Dr. Antonieta Rojas de Arias** [CEDIC, Paraguay] rojasdearias@gmail.com

**Dr. Brent Mitchell** [QLF Atlantic Center for the Environment, EEUU] brentmitchell@qlf.org

**Dr. Carol Lively** [Ecóloga, Ex Directora de Programas Interanacionales, U.S. Forest Service, EEUU] carolnjuan@gmail.com

**Dr. Carolina I. Calviño** [Investigadora, Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Argentina] ccalvino@comahue-conicet.gob.ar

**Dr. Cecilia Ezcurra** [Investigadora, Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Argentina] ezcurracecilia@gmail.com

**Dr. Edgardo Floto** [Economista, Ex FAO-Roma, Italia] edgardofloto@gmail.com

**Dr. Enrique Bucher** [Ecólogo, Ex Centro de Zoología Aplicada, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina] buchereh@gmail.com

**Dr. Fernando Straube** [Ecólogo, Hori Consultora Ambiental, Brasil] fernando@hori.bio.br

**Dr. Floyd Hayes** [Zoólogo, Pacific Union College, California, EEUU] floyd\_hayes@yahoo.com

**Dr. Gustavo Nagy** [Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay] gnagy@fcien.edu.uy

**Dr. Gregorio Gavier** [INTA -Instituto de Recursos Biológicos (IRB), Argentina] gavierpizarro.g@inta.gob.ar

**Dra. Hebe González** [Investigadora CONICET, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Universidad Nacional de San Juan, Argentina] hebegonz@gmail.com

**Dr. James R. (Jim) Barborak** [Colorado State University, EEUU] jim.Barborak@colostate.edu

**Dr. Jim Kushlan** [Ecólogo, Heron Specialist Group, Florida, EEUU] jkushlan@earthlink.net

**Dr. Juan Campos** [Proyecto Taguá – Centro Chaqueño para la Conservación e Investigación, (CCCI), Paraguay] cccipy@gmail.com

**Dr. Lee A. Fitzgerald** [Ecólogo, Texas A&M University, Texas, EEUU] lfitzgerald@tamu.edu

**Dr. Marcelo Kittlein** [Ecólogo, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina] kittlein@mdp.edu.ar

**Dra. María Esther Tedesco** [Herpetóloga, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina] tikytedesco@yahoo.com.ar

**Dra. María Silvia Ferrucci** [Investigadora, Instituto de Botánica del Nordeste, Argentina] msferrucci@yahoo.com.ar

**Dr. Mario Cabrera** [Investigador, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina] mcabrera@efn.uncor.edu

**Dr. Martin M. Kowalewski** [Investigador, Museo Argentino de Ciencias Naturales, Argentina] martinkow@gmail.com

**Dr. Norman J. Scott, Jr.** [Ecólogo, U.S. Geological Survey, Western Ecological Research Center, California, EEUU] amphibscott@gmail.com

**Dr. Rob Clay** [Investigador, Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras, EEUU] rclay@manomet.org

**Dr. Rob Pople** [Investigador, BirdLife International, Inglaterra] robgpople@hotmail.com

**Dr. Salvador Mandujano Rodríguez** [Instituto de Ecología, México] salvador.mandujano@inecol.mx

Revista Científica Paraquaria Natural  
Ciencias Naturales, Desarrollo Sustentable, Paraguay. Supervisada y arbitrada por pares.  
© Derechos Reservados patrimoniales de la Asociación Guyra Paraguay. 2017  
ISSN 2309-5237  
Título clave: Paraquaria natural  
Título clave abreviado: Paraquaria nat.  
2017

Revista en línea indexada a:





---

## NOTA DE LOS EDITORES

---

El cambio global se entiende como el conjunto de cambios ambientales que resultan de las actividades humanas sobre el planeta y se refiere principalmente a los cambios que afectan los procesos que determinan el funcionamiento del sistema en la Tierra. Estos cambios y por su origen antrópico, estarían siendo las razones de la Sexta Extinción (Kolbert, 2014) y de una nueva Era Geológica conocida como el Antropoceno (Crutzen, 200). Para entender los cambios de los cuales tenemos información científica, Guyra Paraguay en asociación con la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción y el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Paraguay, llevó a cabo la una Reunión Internacional sobre Cambio Global y Riesgos Climáticos en la Biodiversidad, Agricultura, Salud, Recursos Hídricos y Energía en Paraguay y la Cuenca del Plata. El evento se llevó a cabo en Asunción (Paraguay) entre los días 21 y 24 de junio del corriente año 2017. La Reunión se estructuró siguiendo un lineamiento conductor en torno al Cambio Global y Riesgos climáticos, Estado del Arte y Trabajos de Investigación sobre las Adaptaciones para Enfrentar los Cambios, las Consecuencias sobre el Ambiente, la Producción, los Recursos Básicos y Riesgos Naturales, los Acuerdos Internacionales, buscando las Respuestas Científicas, Tecnológicas, Institucionales, Legislativas y Sociales.

Se buscó que esta reunión permitiese a los investigadores presentar sus trabajos de investigación Ciencias de la Tierra y de la Atmósfera relacionadas con el Ambiente, principalmente clima y sus efectos relacionados con las personas. La misma fue concebida como una plataforma para compartir y debatir diferentes expresiones locales y regionales del cambio global y riesgos climáticos, para explicitar distintos abordajes conceptuales y metodológicos, para contrastar diversas opciones, instrumentos y políticas, y para evaluar críticamente resultados obtenidos en procesos de mitigaciones y adaptaciones en los diferentes entornos sociopolíticos y culturales de nuestros países. Así mismo, se alentó al trabajo en red con otras organizaciones y entidades de la región.

Se contó con la participación de expertos nacionales y regionales en el campo del cambio climático y el desarrollo sostenible con el fin de dar a conocer los avances en investigaciones, promover la responsabilidad compartida, conocer el impacto del cambio climático en la región y el país en particular, impulsar las políticas de adaptación y mitigación a través de proyectos locales y regionales y trabajar en red con otras organizaciones y entidades de la región. El evento facilitó el diálogo entre investigadores, funcionarios públicos, planificadores, educadores, organizaciones de la sociedad civil y el sector productivo privado, involucrados en el estudio, la planificación y la gestión de políticas vinculadas al cambio climático y el desarrollo sostenible en contextos nacionales específicos, dentro y fuera de la Región.

En este número de *Paraquaria Natural* [5(2)] y en los siguientes iremos publicando algunos de los trabajos que dieron origen a las conferencias realizadas en el encuentro internacional. Todos los conferencistas fueron invitados a publicar las bases de sus conferencias en nuestra revista, siempre sujetos a los procesos de revisión. Agradecemos a todos los autores que confían en *Paraquaria Natural* para hacer conocer sus contribuciones científicas.

Consejo Editorial, diciembre de 2017

# Tendencias recientes de las precipitaciones e impactos asociados con ENSO en la cuenca del Río de la Plata

MARIO BIDEGAIN

Instituto Uruguayo de Meteorología. Uruguay  
bidegain.mario@gmail.com

MAX PASTEN

Dirección de Meteorología e Hidrología, DMH-DINAC, Asunción, Paraguay  
maxpasten@gmail.com

GUSTAVO J. NAGY

Universidad de la República, Facultad de Ciencias. Uruguay.  
gustavo.nagy56@gmail.com

GENARO CORONEL

Facultad Politécnica, Universidad Nacional de Asunción (FPUNA), San Lorenzo, Paraguay.  
gcoronelster@gmail.com

JAVIER FERRER

Facultad Politécnica, Universidad Nacional de Asunción (FPUNA), San Lorenzo, Paraguay.  
javierferrer007@gmail.com

IVAR ARANA

Instituto Boliviano de Biología de Altura. Bolivia.  
ivar.arana@gmail.com

Paraquaria Nat. 5(2): 8 - 18

ISSN 2309-5237

© Del/de los autor/es.

Es con licencia exclusiva a Guyra Paraguay.

<http://guyrap.org.py/paraquaria/art1:paraquaria52>

Recibido: 2 de noviembre de 2017

Aceptado: 30 de noviembre de 2017

## INTRODUCCION

Se han estimado las tendencias de los extremos diarios de precipitación observados y su relación con la fase cálida del fenómeno ENSO (El Niño - Oscilación Sur) o El Niño, en la cuenca del Río de la Plata, en el período 1971-2015 y registrado algunos de sus impactos en sectores socioeconómicos clave. El equipo de Expertos en Detección, Seguimiento e Índices del Cambio Climático (ETCCDMI), fue establecido como una iniciativa conjunta entre la Comisión de Climatología de la Organización Meteorológica Mundial (CCI - OMM) y el Programa de Investigación sobre Variabilidad y Predicción del Clima (CLIVAR), y ha proporcionado recomendaciones sobre los índices climáticos. Para los países de América del Sur se han realizado dos talleres regionales (2004 y 2011) para la aplicación de las metodologías de estimación y detección de Índices climáticos. Del taller de 2004 surgió la publicación Haylock et al. (2006) y posteriormente del taller de 2011 surgió la publicación Skansy et al. (2013).

## RESUMEN

La evolución temporal de la precipitación anual sobre la cuenca del Río de la Plata (RdP) durante el período 1971-2015, evidencia un incremento aproximado de 40 mm y una alta variabilidad interanual, particularmente influenciada por El Niño. Se destacan los años 2002 y 2014 como los más húmedos, superando los 1.700 mm/año, mientras que 1999 y 2008 se destacan como los años más secos, coincidiendo con fases frías del ENSO. La precipitación anual ha aumentado en el promedio de la cuenca (alrededor de 40 mm más en la actualidad que en la década de 1970). Sin embargo, al norte de la cuenca se observa disminución. El índice de intensidad diaria de precipitación (SDII) ha aumentado, aproximadamente 3 mm respecto a los años setenta. Las fuertes tasas de tendencia positiva de lluvia correspondientes a días húmedos para RR>99 percentil (RR99p) son evidentes en la mayor parte de la cuenca. La fuerte tendencia incremental de la precipitación anual parece estar más relacionada con la intensificación de los eventos extremos. Se sugiere que la cuenca se comporta como más húmeda probablemente asociada a eventos de lluvias extremas, que con una mayor frecuencia de días húmedos. Se registraron varias inundaciones, muchas de ellas asociadas a fase cálida del ENSO, que han impactado en la población, debido en gran medida a la vulnerabilidad asociada a la exposición.

**PALABRAS CLAVES:** Climatología, cuenca del Plata, precipitación, tendencia

## ABSTRACT

*The evolution of the annual precipitation over the Rio de la Plata basin (RdP) during the period 1971-2015, shows an approximate increase of 40 mm and a high interannual variability, particularly influenced by El Niño. The years 2002 and 2014 are the most humid, exceeding 1,700 mm / year, while 1999 and 2008 stand out as drier years, coinciding with the cold phase of ENSO. Annual precipitation is increased in the basin average (about 40 mm more at present than in the 1970s). However, to the north of the basin there is a decrease. The daily precipitation intensity index (SDII) has increased, approximately 3 mm from the 1970s. The strong positive rainfall rates corresponding to wet days for RR> 99 percentile (RR99p) are evident in most of the basin. The strong incremental trend of annual precipitation seems to be more related to the intensification of extreme events. It is suggested that the basin behaves as wetter probably associated with events of extreme rains, than with a greater frequency of wet days. There were several floods, many associated with El Niño, which have impacted the population, largely due to the vulnerability associated with exposure.*

**KEY-WORDS:** Climatology, La Plata basin, rainfall, trend.

Trabajo presentado en la Reunión Internacional sobre "Cambio Global y Riesgos Climáticos en la Biodiversidad, Agricultura, Salud, Recursos Hídricos y Energía en Paraguay y la Cuenca del Plata", organizado por la Facultad Politécnica Universidad Nacional de Asunción y Guyra Paraguay con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Paraguay (CONACYT), llevado a cabo en Asunción los días 21 al 23 de junio del 2017.

Desde finales de los años ochenta, se han realizado estudios para examinar la relación entre El Niño y las precipitaciones en América del Sur. Los estudios pioneros de Aceituno (1988), Rogers (1988) y Ropelewski y Halpert (1987), identificaron un aumento de las precipitaciones en el sur de Brasil, el noreste de la Argentina, Paraguay y Uruguay asociadas con los eventos cálidos del fenómeno El Niño.

Grimm y Pscheidt (2001), concluyen que para el sur de Brasil hay un fuerte aumento en la frecuencia de eventos extremos durante los años de El Niño. Doyle y Barros (2002), destacan la importancia de las anomalías de la SST en el Atlántico sur occidental y la influencia en la SACZ (Zona de Convergencia del Atlántico Sur). El monzón de verano de América del Sur ha recibido especial atención, ya que esta temporada suele ser la más lluviosa en la parte norte y central del continente. Carvalho et al. (2002) muestra que la mayoría de los eventos ex-

tremos en el Estado de São Paulo (Brasil), ocurren cuando la SACZ es más intensa. Carvalho et al. (2004) examina los eventos de precipitación extrema y concluye que éstos en el sureste de Brasil tienen variabilidad interanual relacionada con el forzado de gran escala, con más días con eventos extremos durante la fase cálida del ENSO o El Niño que durante la fase fría o La Niña. Marengo et al. (2004), relacionan la frecuencia y la intensidad de la corriente en chorro en bajos niveles (SALLJ) al este de los Andes y concluye que los episodios más intensos/débiles de SALLJ durante el verano austral están relacionados con el aumento/disminución del transporte de humedad desde la cuenca amazónica y la probabilidad alta/baja de precipitaciones extremas en el sureste de Sudamérica en la región de salida del chorro en bajos niveles. Vera et al. (2006), Grimm (2003), Nogues-Paegle et al. (2002), Grimm et al. (2000, 1998), presentan una descripción del monzón en América del Sur. Algunos estudios encontraron



tendencias positivas en las precipitaciones en el sur de Brasil y el norte de Argentina Barros *et al.* (2000). Liebmann *et al.* (2004) identificó las tendencias de precipitación en la parte central de Sudamérica durante 1976-1999 y mostró que la tendencia positiva se produjo al sur de 20°S, durante enero-marzo y se centró en el sur de Brasil, mientras que entre 1948 y 1975 la tendencia fue también positiva, pero con la mitad de la pendiente. La tendencia se debe tanto a un aumento en la intensidad de los días lluviosos como también al aumento en el número de días lluviosos. La tendencia de la precipitación está relacionada con una tendencia positiva en la temperatura de la superficie del mar en el Océano Atlántico, pero aparentemente no causal. Se citan estudios más recientes para extremos de precipitación: Skansy *et al.* (2013), Llano y Penalba (2011), Penalba y Robledo (2010), Grimm y Tedeschi (2009), Pscheidt y Grimm (2009), Marengo *et al.* (2009), Dufek *et al.* (2008), Dufek y Ambrizzi (2008), Sheffield y Wood (2008), Khan *et al.* (2007). El objetivo de este artículo es actualizar (hasta 2015) el conocimiento de las tendencias de precipitación sobre la cuenca del Río de la Plata, basados en el análisis de series temporales diarias de precipitación consistidas y estimar el impacto de eventos El Niño en inundaciones fluviales a través de las pérdidas registradas en esos años.

## METODO

Se estimaron doce índices climáticos a partir de las precipitaciones observadas diarias, por medio del software Rclim-dex, para 41 estaciones meteorológicas: en Paraguay: Mariscal Estigarribia, Puerto Casado, Concepción, Asunción, Pilar y Encarnación, en Uruguay: Artigas, Rivera, Paysandú, Paso de los Toros, Mercedes, Treinta y Tres, Melo, Colonia, Rocha y Carrasco, en Argentina: Las Lomitas, Posadas, Colonia Benítez, Resistencia Aero, Corrientes Aero, Cerro Azul, Paso de los Libres Aero, Aero de Monte Caseros, Concordia Aero, Junín Aero, Ezeiza Aero, en Brasil: Corumbá, Campo Grande, Londrina, Garruchos, Uruguaiana, Passo Fundo, Chapecó, Santa María, Bagé y finalmente en Bolivia: Camiri, Tarija y Yacuiba.

Se estimaron doce índices de precipitación recomendados por la Comisión de

Climatología y Variabilidad del Programa de Predicción del Clima, de la Organización Meteorológica Mundial, incluidos en el paquete V3.3 Rclimdex (Anexo I). La ubicación y el código de identificación internacional de la Organización Meteorológica Mundial de cada una de estas estaciones se muestran en el Anexo II. RclimDex es un programa desarrollado y mantenido por Xuebin Zhang y Yang Feng del Departamento de Investigación del Clima del Servicio Meteorológico de Canadá. RclimDex está diseñado para proporcionar índices de extremos climáticos, recomendados por el Equipo Experto CCI / CLIVAR para "Monitoreo e Índices de Detección de Cambio Climático" (ETCCDMI). El software RclimDex V 3.0, se puede obtener en el sitio web <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/> (acceso 15.11.17.). Las series diarias han sido sometidas a test de detección de datos anómalos mediante RclimDex y a pruebas de homogeneidad por medio del programa RHTests V3 (Xiaolan L. Wang y Yang Feng), los que han permitido detectar "outliers" y heterogeneidades en la comparación de series de precipitación. Las series diarias de precipitación en su gran mayoría han sido recopiladas en observatorios pertenecientes a los Servicios Meteorológicos nacionales (SMN en Argentina, INUMET en Uruguay, SENHAM en Bolivia y DMH en Paraguay), y han sido agregadas cuatro series de larga data disponibles en los Institutos de Investigación Agropecuaria, dos de INTA-Argentina (Colo-

nia Benítez y Cerro Azul) y dos de EMBRAPA-Brasil (Passo Fundo y Pelotas).

Las tendencias fueron calculadas anualmente con el estimador de pendiente de Sen (1968), siguiendo el método propuesto por Zhang *et al.* (2000). Fue adoptada, esta aproximación más robusta para la estimación de la tendencia en los índices climáticos, porque se ha demostrado que en su mayoría los datos diarios tienen una distribución no-gausiana y porque pueden contener gran cantidad de "outliers" y comprometer los resultados de una estimación por mínimos cuadrados no resistente. Las tendencias anuales fueron testeadas por su significancia estadística al nivel 0,01 (0,05) para los índices basados en estaciones. El intervalo de confianza para las tendencias han sido estimados de la tabla de valores de Kendall (1955).

## RESULTADOS

La precipitación anual para el período 1971-2015, en la cuenca del RdP muestra un gradiente noroeste-sureste, con un mínimo de 600 mm sobre el norte argentino frontera sur con Bolivia y comienza a crecer avanzando hacia el Sureste, con valores máximos de 2000 mm en la frontera Sur de Brasil y el Noreste argentino (Figura 1).

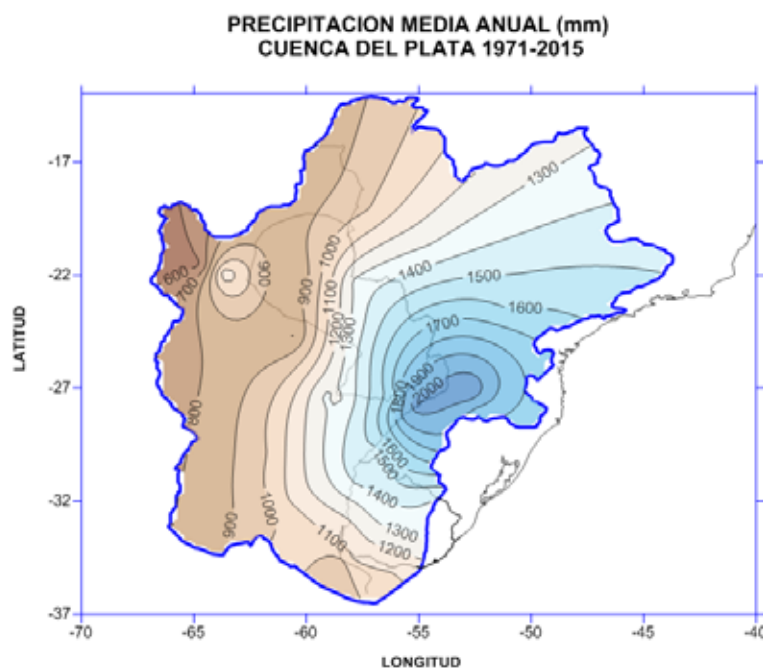


Fig. 1. Precipitación media anual para 1971-2015 (mm/año)

La evolución entre 1971 y 2015, de la precipitación anual sobre la cuenca del RdP, evidencia una tendencia incremental de aproximadamente 40 mm y una alta variabilidad interanual. Los años 2002 y 2014 son los más húmedos, superando los 1.700 mm/año, mientras que 1999 y 2008 se destacan como los años más secos, coincidiendo con la fase fría de ENSO (Figura 2).

Estos resultados son consistentes con tendencias de índices de precipitación, en comparación con trabajos precedentes, teniendo en cuenta las diferencias sobre la variedad de puntos de observación y períodos evaluados. La mayoría de las tendencias en PRCPTOT (precipitación total), SDII (intensidad diaria de precipitación), RR20 (días con lluvia superior o igual a 20 mm), R99p (días con lluvia superior al percentil 99) y Rx5day (lluvias máximas acumuladas en 5 días), muestran muchas similitudes con Haylock *et al.* (2006).

La distribución espacial de la intensidad media diaria de días con precipitación, durante 1971-2015 muestra valores crecientes con 10 mm/día en la frontera argentino-boliviana hasta valores de 19 mm/día sobre la cuenca media del río Uruguay en la frontera argentina-brasileña (Figura 3a). Se observa el campo del número medio de días con lluvias diarias iguales o superiores a 20 mm, en la cuenca tiene una variación creciente de Oeste a Este desde 10 días desde el sur de Bolivia y centro de Argentina, llegando a 35 días sobre la cuenca alta del Río Uruguay (Figura 3b). En la cantidad de precipitación anual (en mm) asociada a días lluviosos del percentil 99 (Figura 3c), se observan valores de 40 mm al Oeste de la cuenca mientras que sobre la cuenca del Río Uruguay se llega a 120 mm.

Las series temporales de los índices SDII, R20 y R99p para la cuenca del Río de la Plata muestra tendencias positivas para los tres índices (Figura 4). Los valores del SDII se incrementaron en promedio sobre la cuenca desde 15,4 mm/día a comienzos de los 70s pasando a 16,8 mm/día para 2015. El índice R20 muestra asimismo un incremento desde 20,6 días a comienzos de los 70s hasta valores medios sobre la cuenca de 22 días a mediados de esta década. El índice R99p también indica incrementos desde 73,6 mm a comienzos de los 70s a 105 mm a mediados de esta década.

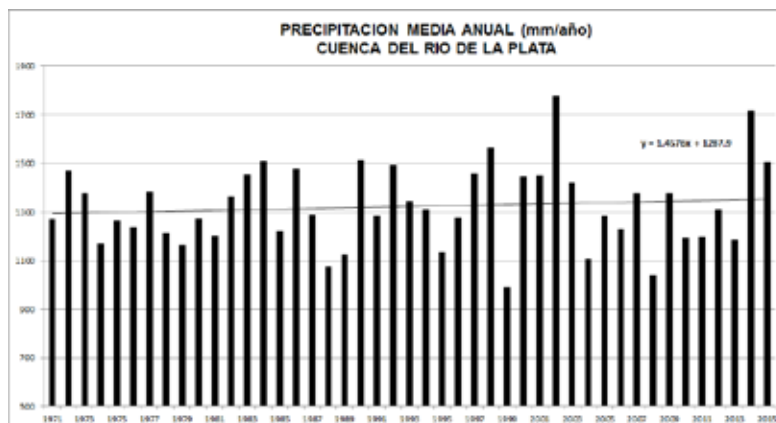


Fig. 2. Evolución temporal de la precipitación sobre la cuenca del Río de la Plata (RdP)

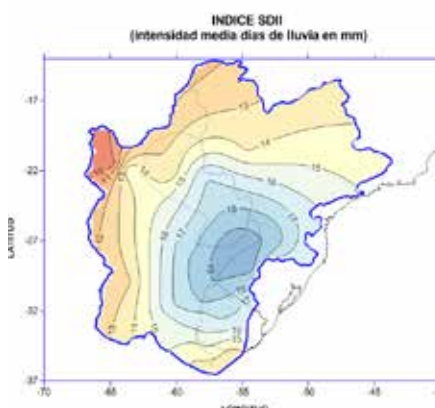


Fig. 3. (a) Intensidad media diaria de lluvia.

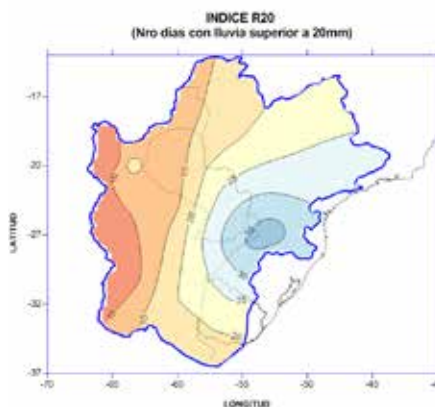


Fig. 3. (b) Número días con lluvia superior a 20 mm.

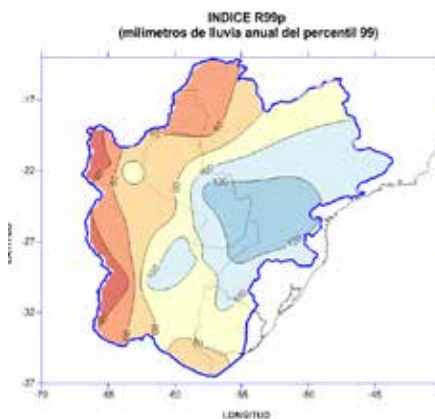


Fig. 3. (c) Lluvia acumulada anual asociada a eventos del percentil 99.



Fig. 4. Evolución temporal de los índices de precipitación: intensidad media diaria (mm/día) arriba, número de días por encima de 20 mm (centro) y cantidad de lluvia asociada a los eventos del percentil 99 (abajo).

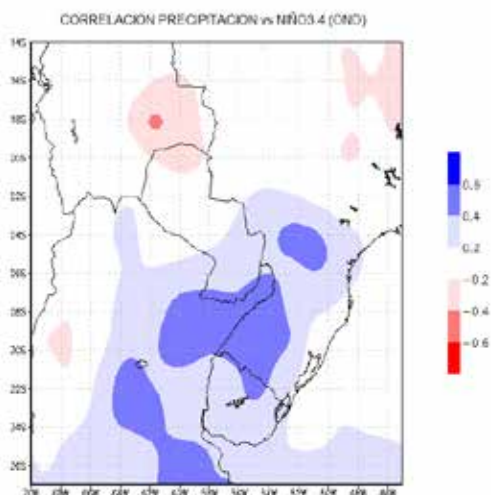


Fig. 5. Correlación estacional (OND) entre el índice ENSO (Niño 3.4) y la precipitación para el mismo trimestre, durante 1971-2015. Crédito NOAA (<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/>)

En el anexo IV se incluye una tabla con los valores resultantes de las estimaciones de las pendientes de las tendencias lineales de cada uno de los índices climáticos por estación, que incorpora a su lado la significación estadística (si corresponde) al nivel del 95% (un asterisco) y al nivel del 99% (dos asteriscos).

Los valores en dicha tabla están estimados en valores absolutos en mm o mm/día según corresponda al índice en una base de 10 años.

Los eventos extremos más importantes de El Niño producen una variación extrema en los patrones de lluvia en la región con grandes precipitaciones y la ocurrencia de inundaciones como se menciona en Barros *et al.* (2006). Se destaca que no toda la cuenca del Plata responde con el mismo patrón de anomalía, ni con la misma intensidad de señal climática de El Niño. A manera de caracterizar y actualizar las anomalías asociadas a El Niño, durante el periodo 1971-2015, se realizó una estimación de la correlación entre las anomalías de temperaturas superficiales del mar en el Pacífico ecuatorial (Región Niño 3.4) y las anomalías de lluvias sobre la región de la cuenca del Plata (figura 5), para el trimestre Octubre-Noviembre-Diciembre (OND). Se evidencia que gran parte de la cuenca responde con anomalías positivas de precipitación ante anomalías positivas de la temperatura superficial del pacífico ecuatorial (SST) (Niño 3.4). Esta correlación es altamente significativa (durante OND) sobre la cuenca media de los ríos Paraná y Uruguay, mientras que la región de los llanos de Bolivia y Norte del Chaco Paraguayo responde con un signo de anomalía opuesto (anomalías negativas de precipitación) ante las mismas anomalías positivas de las SST.

Los eventos El Niño más fuertes registrados (Anexo III) fueron 1982-83, 1997-98, 2015-16 y estos se correlacionan con los años más lluviosos sobre la cuenca del Plata (figura 2). El año 1983 (cuarto más húmedo) y 1998 (tercero más húmedo), mientras que el año 2002 (el más húmedo en la cuenca) correspondió a un evento moderado de El Niño y el 2014 (el segundo más húmedo) no se correspondió con eventos El Niño.

Desde comienzos de la década de los años setenta se han sucedido varios eventos de grandes precipitaciones y posterior-



res inundaciones, por ejemplo desde finales de 1982 y el primer semestre de 1983, una gran inundación afectó a varias ciudades a lo largo de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay. El agua alcanzó niveles récord, por ejemplo en las ciudades de Asunción y Pilar en el Paraguay, esta última quedó bajo el agua.

En junio de 1992, hubo otra gran inundación, cuando el nivel del río Paraguay alcanzó los 8,50 metros. Desde finales de 1997 y durante el primer semestre de 1998, los impactos por las inundaciones en infraestructura (puentes, carreteras, escuelas, salud y clínicas de salud, vivienda, servicios básicos, avenidas y calles, atención a víctimas, transporte, equipo y otros) fueron evaluados en 48 millones U\$D. La producción agrícola en Paraguay tuvo pérdidas, en la zafra 1997-98, por 123 millones U\$D. El Niño trajo consigo también una serie de problemas sociales y ambientales (pérdida de hábitat, pérdida de fuentes de trabajo, pertenencias, inseguridad, contaminación y la muerte de 49 personas). Durante este evento ya a finales de 1997, las inundaciones en Paraguay que afectaron a varias provincias del país, en particular Asunción y su área metropolitana, llevaron al Gobierno a emitir un llamamiento a la asistencia internacional. Según las cifras proporcionadas por el equipo de UNDAC y el Comité Nacional de Emergencia (CNE) del Paraguay, aproximadamente 10.000 familias (unas 50.000 personas) habían sido recolocadas en refugios temporales. La población más afectada fue en la periferia de la capital Asunción, donde unas 18.000 personas se encontraban en 60 refugios temporales. Los daños a la agricultura (en particular los cultivos de algodón) y al ganado se redujeron gracias a las medidas de alerta temprana que han permitido a los agricultores sembrar antes de las inundaciones y a los ganaderos transferir su ganado a zonas más altas. Según la Secretaría Nacional de Emergencia (SEN) de Paraguay, alrededor de 13.000 familias se vieron afectadas por las inundaciones. Informes de medios locales dijeron que más de 50.000 personas habían sido desplazadas por las inundaciones. Los servicios de emergencia establecieron alrededor de 100 campamentos temporales para albergar a los desplazados.

En Argentina, el evento El Niño 1997-1998 tuvo un fuerte impacto, con 32.800 evacuados y 290.000 personas afectadas por

el desbordamiento de ríos, inundaciones de vastos territorios y lluvias torrenciales registradas principalmente en las provincias de Entre Ríos, Santa Fe, Corrientes, Misiones, Chaco y Formosa, según un informe de la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Se estima que a nivel mundial, el evento 1997-1998, causó la muerte de 24.120 personas, desplazó a 6 millones y una pérdida económica de 33.200 millones U\$D.

En Bolivia se estima que el  $\approx 30$  % de la variabilidad interanual de precipitación está relacionada con la PDO (Pacific Decadal Oscillation). Durante la fase cálida de la PDO, se observa una mayor ocurrencia de eventos El Niño (p. ej. década de los 80) con anomalías positivas de las precipitaciones en diferentes regiones incluyendo Bolivia (Seiler, 2013).

Asociados a los eventos El Niño se han registrado pérdidas sobre la producción agrícola y ganadera en Bolivia que por ejemplo en el evento 1982-83 alcanzaron un valor de 837 millones U\$D (CEPAL, 2007) con pérdidas que alcanzaron en la región del Chaco boliviano los 209 millones de U\$D por la mortalidad de ganado asociado a la falta de agua y pérdidas de la producción agrícola. Durante el evento 1997-98 las pérdidas alcanzaron en toda Bolivia un valor de 530 millones de U\$D un equivalente al 7% del Producto Interno Bruto (CEPAL 2007).

El aumento de precipitaciones y lluvias fuertes en la cuenca se refleja en la ocurrencia de crecidas de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay, a menudo asociados a eventos El Niño. Igualmente, otros desastres como deslizamientos y epidemias se relacionan con las precipitaciones (Aparicio-Effen *et al.* 2016).

Las inundaciones de mayor impacto en términos de personas afectadas en el Paraguay ocurrieron en los años 1995, 1983, 1982, 1997 y 1992; en el Uruguay fueron en los años 2007, 2009, 1986, 1988, 1998, 1992. En su mayoría estos fueron años El Niño. En ambos países el año 2014 fue el segundo más lluvioso con ocurrencia de inundaciones entre Mayo y Julio, particularmente en el Río Paraguay, donde el pico de crecida e impacto ocurrió a principios de Julio, registrándose el mayor número de evacuados (231.360 personas y un significativo aumento de la ocurrencia de los casos de dia-

reas agudas) desde 1905 (Nagy *et al.* 2016).

Se debe destacar que sólo entre 2012 y 2014, unas 792.000 hectáreas del bosque chaqueño del Paraguay fueron reconvertidos a otros usos (<http://www.guyra.org.py>), posiblemente aumentando el riesgo de inundaciones (Nagy *et al.* 2016).

## DISCUSION

La fuerte tendencia incremental de precipitaciones anuales está más relacionada con la intensificación observada en los eventos extremos. La situación más probable es una cuenca más húmeda asociada con una intensificación de los eventos lluviosos más que con el incremento en la frecuencia de días húmedos, los cuales responden a eventos El Niño y no a las tendencias a largo plazo.

Surgen señales de intensificación de la lluvia del análisis de los índices extremos de precipitación promediados sobre toda la cuenca del Plata entre 1971 y 2015. La precipitación total anual está aumentando cuando se calcula el promedio en toda la cuenca (alrededor de 40 mm más lluvia que a comienzos de la década de 1970). Sin embargo, la parte norte de la cuenca muestra una disminución (Matto Grosso en Brasil). El índice SDII sobre la cuenca del Plata se muestra 1.4 mm más intenso que a comienzos de los años setenta. Las elevadas tasas de tendencia al alza en los eventos de días con lluvia fuerte (percentil 99) son evidentes en las mismas regiones de la cuenca del Plata con 30 mm más intensos que a comienzos de los años setenta.

El impacto de las inundaciones fluviales no se debe sólo a su magnitud - pues el evento de 2014 fue el noveno registrado por altura del agua en la ciudad de Asunción - sino también a las otras variables de la exposición (densidad de población en áreas inundables, fragilidad de viviendas y malos drenajes). Esto se relaciona con el incremento de la vulnerabilidad climática (VC) que se entiende como la suma de la exposición (E) y la sensibilidad (S) menos la capacidad de adaptación (CA).

$$VC = E + S - CA$$

Donde E es el nivel de exposición dependiente de la geografía (G) que incluye

pendiente, drenaje, infiltración, la magnitud del evento climático (M) y la densidad de población en áreas inundables (DP); S depende del índice de desarrollo humano (HDI). Se puede argumentar entonces según (Leal Filho *et al.* 2017) que como M y G son básicamente variables no controlables (salvo quizás la incidencia de la deforestación), la reducción de la VC se debe centrar en los términos de i) E, particularmente en DP, ii) de S, con énfasis en HDI y fundamentalmente de iii) CA, muy especialmente de la preparación para responder en tiempo y forma, lo cual incluye monitoreo, modelación, diagnóstico y alerta temprana pre-desastre e intervención post-desastre.

Los eventos meteorológicos y climáticos extremos impactan a los sistemas naturales y sociales tales como agro, biodiversidad, ciudades e infraestructura, bienestar y salud humana (incluyendo pobreza y desplazamientos de gente). Por ello, el cambio climático (incluyendo a las variaciones del clima y sus extremos) tienen una fuerte asociación e interdependencia con el desarrollo sostenible (DS), representado aquí (aproximativamente) por el HDI, el cual es útil en la evaluación de la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación a desastres naturales climáticos (Nagy *et al.* 2017; Villamizar *et al.* 2017). Las Naciones Unidas han definido los objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) y dentro de ellos el aumento de la resiliencia y capacidad de adaptación a los peligros relacionados con el clima y los desastres naturales (United Nations 2015).

“Enfrentar al cambio climático y reforzar el DS son dos lados mutuamente reforzantes de la misma moneda: El DS no se puede alcanzar sin acción climática. A su vez, muchos de los ODS abordan los impulsores centrales del Cambio Climático” (United Nations 2015). El evaluar y abordar la vulnerabilidad climática es requerido para un DS económico, social y ecológico (IPCC 2012). De los diecisiete (17) ODS, al menos ocho (8) se relacionan directamente (o parcialmente) con las tendencias de las precipitaciones, sus impactos, la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación en la región: 1 (erradicar la pobreza); 2 (erradicar el hambre); 3 (bienestar y salud); 6 (agua y saneamiento seguros); 7 (energía limpia al alcance de todos); 8 (trabajo decente y crecimiento económico); 11( ciudades y comunidades sostenibles); 13 (acción climática); 15 (ecosistemas terrestres). En este sentido los países de la

región, como el Paraguay, están integrando desde 2017 los ODS, priorizando erradicar la pobreza, el desarrollo en la salud y en el medio ambiente. Los tres son impactados muy severamente por las inundaciones.

## CONCLUSIONES

Este estudio, basado en lluvias diarias observadas en 41 estaciones, permite concluir que la Cuenca del Río de la Plata ha sufrido un proceso de aumento de precipitaciones, entre 1971 y 2015. Este aumento está indicado tanto por los montos acumulados anuales, así como en la intensidad en días lluviosos, en días con precipitaciones por encima de 20 mm y en los acumulados de los eventos de lluvia del percentil 99. Las correlaciones observadas en las anomalías de precipitación con El Niño permiten afirmar que existe una correlación altamente significativa para el trimestre OND. La mayor parte de la cuenca muestra correlaciones positivas, mientras que el Chaco paraguayo y los llanos bolivianos muestran correlaciones ligeramente negativas. Al respecto de la vulnerabilidad e impactos debidos a las inundaciones fluviales, la adaptación debe centrarse en mejorar los sistemas de alerta y la capacidad de respuesta y de reducir la exposición, abordando los objetivos del desarrollo sostenible.

## REFERENCIAS

Aceituno, P. 1988. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector, part 1: Surface climate Monthly Weather Review, 116:505-524

Aguilar, E. 2010 Manual de uso de RSNHTR (software de homogenización del Center for Climate Change, URV, Tarragona, España), Centre for Climate Change, Tarragona.

[http://www3.urv.cat/data/manual/manual\\_rsnht](http://www3.urv.cat/data/manual/manual_rsnht)

Aguilar, E. J. Sigró, M. Brunet 2010. RCLIMDEX con funcionalidades extras de Control de Calidad Manual de Uso, versión 10, Centre for Climate Change, Tarragona.

[http://www3.urv.cat/data/manual/Manual\\_rclimdex\\_extraQCr](http://www3.urv.cat/data/manual/Manual_rclimdex_extraQCr)

Alexander, L.V. X. Zhang, T.C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A.M.G. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A.Tagipour, R. KumarKolli, J.V. Revadekar, G. Griffiths, L. Vincent, D.B. Stephenson, J. Burn, E. Aguilar, M. Brunet, M. Taylor, M. New, P. Zhai, M. Rusticucci, J. L. Vazquez Aguirre 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation Journal of Geophysical Research-Atmospheres. 111. D05109,doi:10.1029/2005JD006290.

Aparicio-Effen, M. I. Arana, J. Aparicio, P. Cortez, G. Coronel, M. Pastén, G.J. Nagy, A. Galeano Rojas, L. Flores, M. Bidegain 2016. Chapter 26: Introducing hydro-climatic extremes and Human Impacts in Bolivia, Paraguay and Uruguay In Climate Change and Health: improving resilience and reducing risks (Leal Filho W, Azeiteiro, Alvez F, eds), 449-473 Climate Change Management Series, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany eBook ISBN 978-3-319-244660-26, DOI 10.1007/978-3-319-24660-4\_26, 480 pp.

Barros, V. R. Clark, P. L. Silva Dias 2006. Libro El Cambio Climático en la Cuenca del Plata. Tendencias regionales en la precipitación 67-78 Ed. CIMA-Conicet. Argentina.

Barros, V. M. Gonzalez, B. Liebmann, I. Camilloni 2000. Influence of the South Atlantic Convergence Zone and the South Atlantic Sea Surface Temperature on the Interannual Summer precipitation variability in Southern South America Theoretical and Applied Climatology. 67:123-133

Carvalho, L. C. Jones, B. Liebmann 2002. Extreme Precipitation Events in Southeastern South America and Large-Scale Convective Patterns in the South Atlantic Convergence Zone. J. of Climate. 15:2377-2394.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL. 2007. Alteraciones climáticas en Bolivia: impactos observados en el primer trimestre de 2007. LC/MEX/L.792 PP: 207. Web site: [repositorio.cepal.org/bitstream/11362/37104/1/S2014127\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/11362/37104/1/S2014127_es.pdf)

- Donat, M.G. L.V. Alexander, H. Yang, I. Durre, R. Vose, R. Dunn, K. Willett, E. Aguilar, M. Brunet, J. Caesar, B. Hewitson, C. Jack, A.M.G. Klein Tank, A.C. Kruger, J. Marengo, T.C. Peterson, M. Renom, C. Oria Rojas, M. Rusticucci, J. Salinger, S.S. Sekele, A.K. Srivastava, B. Trewin, C. Villarroel, L.A. Vincent, P. Zhai, X. Zhang. S. Kitching 2013. Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. *J. Geophys. Res. Atmos.*118:2098–2118, doi:10.1002/jgrd.50150
- Doyle, M.E. V. Barros 2002. Midsummer low-level circulation and precipitation in subtropical South America and related sea surface temperatures anomalies in the South Atlantic. *J. of Climate* 15: 3394-3410.
- Dufek, A. S. T. Ambrizzi 2008. Precipitation variability in Sao Paulo State, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology* 93 (3–4):167–178.
- Grimm, A. S. Ferraz, J. Gomes 1998. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *J. of Climate*, 11:2863–2880.
- Grimm, A. M. V. Barros, M. Doyle 2000. Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events. *J. of Climate*. 13:35-58.
- Grimm, A. M. G. Pscheidt 2001. Atmospheric patterns associated with extreme rainfall events in the spring during El Niño, La Niña and neutral years in southern Brazil. *Proc. Ninth Congress of the Latin-American and Iberian Federation of Meteorological Societies and Eighth Argentinean Congress of Meteorology*, Buenos Aires, Argentina.
- Grimm, A. M. 2003 The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: Regional processes versus remote influences. *J. Climate*.16:263–280.
- Grimm, A. M. R.G. Tedeschi 2009. ENSO and extreme rainfall events in South America. *Journal of Climate* 22:1589–1609 <http://dxdoiorg/101175/2008JCLI24291>
- Khan, S. G. A. R. Kuhn, D. J. Ganguly, I. Erickson, G. Ostrouchov 2007. Spatio-temporal variability of daily and weekly precipitation extremes in South America, *Water Resour. Res.* 43.W11424, doi:101029/2006WR005384
- Haylock, M.R. T.C. Peterson, L. M. Alves, T. Ambrizzi, Y.M.T. Anunciação, J. Baez, V.R. Barros, M. A. Berlato, M. Bidegain, G. Coronel, V. Corradi, V.J. Garcia, A.M. Grimm, D. Karoly, J.A. Marengo, M.B. Marino, D.F. Moncunill, D. Nechet, J. Quintana, E. Rebello, M. Rusticucci, J.L.Santos, I. Trebejo, L.A. Vincent 2006. Trends in total and extreme South American rainfall 1960–2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate* 19: 1490–1512.
- IPCC. 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 582pp.
- Kendall, M.G. 1955. Rank Correlation Methods. Oxford Univ. Press, New York.
- Leal Filho, W. Modesto F. G.J. Nagy, M. Sarror, Y. Nsani, MO. Ha'apio 2017. "Fostering coastal resilience to climate change vulnerability in Bangladesh, Brazil, Cameroon, and Uruguay: a cross-country comparison", *Journal of Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, DOI: 10.1007/s11027-017-9750-3. Springer, Heidelberg, New York.
- Liebmann, B. C.S. Vera, L. M. V. Carvalho, I. Camilloni, M. Hoerling, D. Allured, V.R. Barros, J. Báez, M. Bidegain 2004. An Observed Trend in Central South American Precipitation. *J. of Climate*. 17:4357-4367.
- Marengo, J.A. 2004. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. *Theoretical and Applied Climatology*.78(1-3):79–96.
- Marengo, J.A. M. Rusticucci, O. Penalba, M. Renom 2009. An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part2: historical trends *Climatic Change*.98 (3–4):509–529.
- Nagy, G.J. G. Coronel, M. Pastén, J. Báez, R. Monte Domecq, A. Galeano Rojas, L. Flores, C. Ciganda, M. Bidegain, M. Aparicio-Effen, I. Arana, J. Aparicio 2016. Chapter 27: Impacts on well-being and health of excessive rainfall and floods in Paraguay Uruguay and Bolivia. In *Climate Change and Health: improving resilience and reducing risks* (Leal Filho W. Azeiteiro Alvez F. Eds.) 475-514 *Climate Change Management Series*. Springer-Verlag. Heidelberg. Germany eBook ISBN 978-3-319-244660-4\_27 DOI 101007/978-3-319-24660-4. 480 pp.
- Nicholls, N. 1996. Long-term climate monitoring and extreme events. TR Karl (Ed). *Long-term Climate Monitoring by the Global Climate Observing System*. Kluwer. Dordrecht .pp 518.
- Nogués-Paegle, J. C.R. Mechoso. R. Fu. E. H. Berbery. W. Chao. T. C. Chen. K. Cook. A. F. Diaz. D. Enfield, R. Ferreira, A.M. Grimm, V. Kousky, B. Liebmann, J. Marengo, K. Mo, J. D. Neelin, J. Paegle, A.W. Robertson, A. Seth, C.S. Vera, J. Zhou 2002. Progress in Pan American CLIVAR research: Understanding the South American monsoon. *Meteorológica*. 27:3-32.
- Null, J. (2014). El Niño and La Niña Years and Intensities retrieved from <http://ggweather.com/enso/onihtm>
- Penalba, O.C. F.A. Robledo 2010. Spatial and temporal variability of the frequency of extreme daily rainfall regime in the La Plata Basin during the 20th century *Climate Change* 98 (3–4):531–550.
- Pscheidt, I A.M. Grimm 2009. Frequency of extreme rainfall events in southern Brazil modulated by interannual and interdecadal variability *International Journal of Climatology*. 29:1988–2011. <http://dxdoiorg/101002/joc1799>.
- Rogers, J.C. 1988. Precipitation variability over the Caribbean and tropical Americas associated with the Southern Oscillation *J of Climate*. 1:172-182.



- Ropelewski, C.F. M.S. Halpert 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon Weather Rev.* 115:1606-1626.
- Seiler, C. R.W. Hutjes, P. Kabat 2013. Climate Variability and Trends in Bolivia. *J. Of Applied Met. and Climatology.* 52:130-146.
- Sen, P.K. 1968. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 63. 324:1379-1389.
- Skansi, M. M. M. Brunet, J. Sigró, E. Aguilar, J.A. Arévalo, O. Bentancur, Y.R. Castellón, R.L. Correa, H. Jácome, A. Malheiros, C.O. Rojas, A.M. Pasten, S. Sallons, C. Villaroel, R. Martínez, L.V. Alexander, P.D. Jones 2013. Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. *Global and Planetary Change.* 100:295-307.
- United Nations. 2015. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development A/RES/70/1. 41pp.
- Vera, C. W. Higgins, J. Amador, T. Ambrizzi, R. Garreaud, D. Gochis, D. Gutzler, D. Lettenmaier, J. Marengo, C.R. Mechoso, J. Nogues-Paegle, P.L. Silva Dias, C. Zhang 2006. Toward a Unified View of the American Monsoon Systems. *J of Climate.* 19:4977-5000.
- Villamizar, A. M.O Gutiérrez, G. J. Nagy, R.M. Caffera, W. Leal Filho 2017. Climate adaptation in South America with emphasis in coastal areas: the state-of-the-art and case studies from Venezuela and Uruguay, *Climate and Development*, 9(4), 364-382.
- Zhang, X. L.A. Vincent, W. D. Hogg, A. Niitsoo 2000. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. *Atmosphere-Ocean.* 38:395-429.
- Zhang, X. L.V. Alexander, G.C. Hegerl, A. Klein-Tank, T.C. Peterson, B. Trewin, F.W. Zwiers 2011. Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change.* 2:851-870. [http://dx-doi.org/101002/wcc147](http://dx.doi.org/10.1002/wcc.147).

## ANEXO I

TABLA I Índices Climáticos ETCCDMI

ID	NOMBRE DEL INDICADOR	DEFINICIÓN	UNIDADES
RX1day	Precipitación máxima en 1 día	Máximo mensual de precipitación en 1 día	mm
Rx5day	Precipitación máxima en 5 días	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos	mm
SDII	Índice de Intensidad diaria de precipitación	Precipitación anual dividida por el número de días húmedos (definido por $PRCP \geq 1.0$ mm) en un año	mm/día
R10	Número de días de lluvia	Número de días húmedos en un año para $PRCP \geq 10$ mm	días
R20	Número de días con lluvia fuerte	Número de días húmedos en un año para $PRCP \geq 20$ mm	días
R50	Número de días de lluvia muy fuerte	Número de días húmedos en un año para $PRCP \geq 50$ mm	días
CDD	Nro. de días secos consecutivos	Número de días consecutivos con $RR < 1$ mm	días
CWD	Nro. de días húmedos consecutivos	Número de días consecutivos con $RR \geq 1$ mm	días
R95p	Días muy húmedos	Precipitación días húmedos en un año para $RR > 95$ percentil	mm/año
R99p	Días extremadamente húmedos	Precipitación de días húmedos en un año para $RR > 99$ percentil	mm/año
PRCPTOT	Precipitación anual	Precipitación anual para días húmedos ( $RR \geq 1$ mm)	mm/año

## ANEXO II

TABLA II Lista de Estaciones Meteorológicas

NOMBRE	OMM	LON (°)	LAT (°)	ALT (M.)
Corumbá	83554	-57,39	-19,00	344
Camiri	85315	-63,51	-20,00	810
Campo Grande	83611	-54,62	-20,45	531
Tarija	85364	-64,70	-21,55	1875
Yacuiba	85365	-63,65	-21,95	580
M. Estigarribia	86068	-60,62	-22,02	18
Puerto Casado	86086	-57,86	-22,28	87
Londrina	83766	-51,13	-23,32	566
Concepción	86134	-57,43	-23,43	70
Las Lomitas A.	87078	-60,58	-24,70	130
Asunción	86218	-57,63	-25,27	101
Chapecó	83883	-52,64	-27,09	679
Encarnación	86297	-55,87	-27,32	85
Posadas Aero	87178	-55,97	-27,37	131
Col. Benítez	*****	-58,93	-27,42	54
Resistencia, A	87155	-59,05	-27,45	53
Corrientes, A	87166	-58,76	-27,45	62
Cerro Azul	*****	-55,43	-27,65	283
Passo Fundo	83914	-52,40	-28,25	685
Paso Libres, A	87289	-57,15	-29,68	69
Santa María	83936	-53,70	-29,70	96
Uruguiana	83927	-57,08	-29,75	62
Ceres	87257	-61,95	-29,88	87
M. Caseros, A	87393	-57,65	-30,25	53
Artigas	86330	-56,50	-30,38	121
Rivera	86350	-55,53	-30,88	242
Concordia, A	87395	-58,02	-31,30	35
Bagé	83980	-54,10	-31,33	242
Paraná Aero	87374	-60,48	-31,78	74
Paysandú	86430	-58,03	-32,33	61
Melo	86440	-54,18	-32,37	100
Marcos Juarez	87467	-62,15	-32,70	110
P. de los Toros	86460	-56,52	-32,80	75
Rosario Aero	87480	-60,68	-32,90	19
Mercedes	86490	-58,07	-33,25	22
Colonia	86560	-57,83	-34,45	24
Junin	87548	-60,95	-34,55	92
Ezeiza	87576	-58,53	-34,82	20
Treinta y Tres	86500	-54,38	-33,22	47
Carrasco	86580	-56,01	-34,83	31
Rocha	86565	-54,31	-34,49	21



## ANEXO III

### Eventos ENSO

#### Categorías de acuerdo a la magnitud de los eventos históricos

##### Fase cálida de ENSO o Niño (Adaptado de Jan Null, 2014)

**Débil:** 1976-77, 1977-78, 1979-80\*, 1994-95\*, 2004-05, 2006-07

**Moderado:** 1986-87, 1987-88\*, 1991-92, 2002-03, 2009-10

**Fuerte:** 1972-73

**Muy fuerte:** 1982-83, 1997-98, 2015-16

## ANEXO IV

### Pendientes de los índices de extremos de precipitación (en mm y días cada 10 años)

(\*\* significativo al 99%, \* significativo al 95%)

Nombre	rx1 (mm)	rx5 (mm)	sdii (mm/d)	r10 (días)	r20 (días)	r50 (días)	cdd (días)	cwd (días)	r95p (mm)	pr99p (mm)	prcptot (mm)
CORUMBA	2.5	0.3**	0.6	-2	0**	0	7	-1	19	10	-39.6
CAMIRI	-0.3**	-6.5	-0.8	-2	-2	0	1**	0**	-19	1**	-50.5
C. GRANDE	-0.7**	-1.3**	-0.3	-2	-1	0	2**	0**	-37	-15	-69.6
TARIJA	0.6**	2.2	0.0**	0	0**	0**	2**	0**	-2**	-1**	-7.0*
YACUIBA	4.1	-4.8*	-0.4	-2	-1	-1	5	0	-2	13*	-50.3
M. ESTIGARRIBIA	4.7	6.2	0.3	-1	0**	0**	3	0	1*	15	-10.2**
PUERTO CASADO	4.1	13.2	1.0	2	2	1	0**	0	58	27	106.4
CONCEPCION	11.3	10.0	0.8	0*	0	1	1*	0	49	22	48.0
LONDRINA	4.8	3.3**	0.0**	-1	0**	0	2	0	-15*	-6**	-22.1*
LAS LOMITAS	8.3	17.6	0.3**	3	2	0	1*	0	25	-3**	84.6
ASUNCION	6.4	3.2*	0.4	1*	0	0	1	0*	31	28	49.7
CHAPECO	-0.6**	9.5	0.0**	0**	0**	0**	0*	0**	23*	19	22.3**
ENCARNACION	1.3**	9.1	0.2*	0**	0**	0**	1	0	-7**	4**	-1.1**
COL.BENITEZ	5.2	6.5	0.8	-1	0*	0**	5	0**	1*	14	-14.5**
RESISTENCIA	-13.4	-12.4	0.7	1*	1	0	2	0	-7**	-39	24.0*
CERRO AZUL	-5.7	-3.2*	0.3	1*	0**	0**	0*	0**	6**	-15	12.5**
PASSO FUNDO	2.0**	2.4**	0.5	0**	0**	0*	1	0	0**	4**	-36.2
SANTA MARIA	4.0	5.2	0.8	0**	2	1	0**	0	29	2**	44.7
URUGUAIANA	-2.7*	-0.7**	-0.2*	0**	0**	-1	0**	0	-26	-10*	-19.1**
CERES AERO	31.8	29.4	2.9	0**	2	1	0	0	98	41	53.6
V.M. RIO SECO	0.6**	-1.7**	0.6	-1*	0**	0	0	0	11	11	-3.9**
M.CASEROS	3.1	2.9**	0.1**	0**	0**	0**	0**	0**	-1**	12	-4.6**
ARTIGAS	6.0	5.0	-0.3	0**	0**	0	-1	0	-3**	13	-0.2**
RIVERA	0.5**	-5.6	0.2*	0**	-1*	0	0**	0	-20	0**	-13.7**
CONCORDIA	7.0	13.7	0.4	0**	0**	0	0**	0**	28	17	33.3
BAGE	2.3*	-1.5**	0.4	1**	1	0**	0**	0**	-4**	10*	26.0*
PARANA	5.4	7.1	0.4	0**	0**	0**	1*	0	8**	5**	14.4*
PAYSANDU	-1.5**	7.9	0.3	1	1	0**	1	0	-1**	-2**	18.9*
MELO	3.6	5.8	0.0**	1	1	0**	0*	0	17	20	52.6
M. JUAREZ	-3.2	-5.0	0.1**	0**	0**	0**	1**	0	-18	-8*	-9.7**
P.TOROS	2.0*	3.2**	-0.1**	1	0**	0**	0*	0*	-9**	-3**	4.6**
ROSARIO	5.3	7.2	0.7	1	1	0	4	0**	22	21	25.2
T. Y TRES	3.2*	8.4	-0.1**	1**	0*	0	0**	0	34	18	8.6**
MERCEDES	-1.7**	-4.4*	0.2*	1*	1	0	0**	0	14	-1**	37.7
COLONIA	-1.5**	3.1*	0.3	1*	0**	0	2	0	3**	-7*	5.5**
JUNIN AERO	-0.7**	1.9**	0.8	1	1	1	1*	0**	34	7*	51.6
EZEIZA AERO	1.3**	0.2**	0.8	-1	1	0	2	0	10*	5**	-5.3**
ROCHA	6.7	3.4*	0.2*	1*	1	0**	-1	0	18	27	38.7
CARRASCO	-0.9**	2.3**	0.2	1	1	0*	-1	0	-10*	-3**	12.6**

# Climate Change Adaptation in Ciudad del Este: Starting-Point Vulnerability Assessment

PAOLA SAKAI

School of Earth and Environment, Sustainability Research Institute, University of Leeds, United Kingdom.

p.h.m.d.o.c.a@leeds.ac.uk

DANIEL OBERLING

Instituto Polo Internacional Iguassu, Brazil.

THAÍS SCHNEIDER

Instituto Polo Internacional Iguassu, Brazil.

LUCAS LÓPEZ

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

NORMA CABALLERO

Facultad Politécnica, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

IORELLA OREGGIONI

Centro de Tecnología Apropriada, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción".

MARCO SAKAI

School of Earth and Environment, Sustainability Research Institute, University of Leeds, United Kingdom.

ANGELA TISCHNER

Instituto Polo Internacional Iguassu, Brazil.

CELESTE AQUINO

Facultad Politécnica, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

ANA FRANZINI

Instituto Polo Internacional Iguassu, Brazil.

GENARO CORONEL

Facultad Politécnica, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

Paraquaria Nat. 5(2): 19 - 31

ISSN 2309-5237

© Del/de los autor/es.

Es con licencia exclusiva a Guyra Paraguay.

<http://guyrap.org.py/paraquaria/art1:paraquaria52>

Recibido: 21 de setiembre de 2017

Aceptado: 29 de noviembre de 2017

## INTRODUCTION

Urbanisation and climate change represent important challenges for global sustainability. Cities represent the highest pinnacles of a complex and interconnected human system. Concentrating people in interactive and collective spaces has provided several advantages, generating wealth and innovations (UN-Habitat 2012). However, nowadays, cities require global action to reduce the high amounts of greenhouse gas (GHG) emissions generated by the ac-

## ABSTRACT

It is becoming increasingly common that cities are being negatively impacted by extreme weather events. Moreover, climate projections point to an increase in the frequency and severity of those events. Cities across the world must thus assess their vulnerabilities to extreme events and adapt accordingly. Compared to big metropolises, smaller cities face more opportunities to adapt their practices to defend and protect from these impacts, since in many cases they are still not locked-in by existing infrastructure, and show greater potential for future sustainable urban planning. Nevertheless, few studies have assessed the vulnerability of small cities, which generally present fastest population growth rates, along with lack of capacities, resources and financing options. This paper investigates the vulnerability of Ciudad del Este, Paraguay, which is expected to be among the top five fastest growing cities in Latin America by 2030. The analysis is based on a mixed methods approach, combining quantitative and qualitative techniques. Quantitatively, an Urban Vulnerability Index was built using 73 economic, social, climatic and environmental indicators, in order to quantify the sensitivity of the city to extreme weather events, as well as its capacity to cope and adapt to those events. In qualitative terms, data collected from interviews was used to complement the quantitative findings. The results show that the city is highly sensitive to extreme weather events, due to its vastly urbanised area, lack of green spaces and amount of vulnerable and exposed population. The city also shows a lack of adequate urban planning and a low capacity to plan for weather and climate disasters. The paper, in this sense, highlights areas of urgent attention to reduce its vulnerability.

**KEY-WORDS:** Extreme weather events, Urban Vulnerability Index, Paraguay, Coping and adaptive capacity.

Trabajo presentado en la Reunión Internacional sobre "Cambio Global y Riesgos Climáticos en la Biodiversidad, Agricultura, Salud, Recursos Hídricos y Energía en Paraguay y la Cuenca del Plata", organizado por la Facultad Politécnica Universidad Nacional de Asunción y Guyra Paraguay con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Paraguay (CONACYT), llevado a cabo en Asunción los días 21 al 23 de junio del 2017.

## RESUMEN

Se ha vuelto bastante común que los eventos meteorológicos extremos impacten negativamente las ciudades. Además, las proyecciones climáticas apuntan a un incremento en la frecuencia y severidad de esos eventos. Por lo tanto, las ciudades alrededor del mundo deben evaluar sus vulnerabilidades a los eventos extremos y adaptarse a ellos apropiadamente. Las ciudades pequeñas, en comparación con grandes metrópolis, poseen mayores oportunidades para adaptar sus prácticas para defenderse y protegerse de esos impactos, debido a que en muchos casos no se encuentran limitadas por la infraestructura existente, y muestran mayor potencial para futuras planeaciones urbanas sustentables. Sin embargo, pocos estudios se han enfocado en evaluar la vulnerabilidad de pequeñas ciudades, las cuales generalmente presentan mayores tasas de crecimiento poblacional, además de falta de capacidad, recursos y opciones de financiamiento. Este trabajo investiga la vulnerabilidad de Ciudad del Este, Paraguay, la cual se espera que esté entre las primeras cinco ciudades con mayor crecimiento poblacional en América Latina para el 2030. El análisis se basa en un enfoque de métodos mixtos, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas. Cuantitativamente, se construyó el Índice de Vulnerabilidad Urbana utilizando 73 indicadores económicos, sociales, climáticos y ambientales, con el objetivo de cuantificar la sensibilidad de la ciudad a los eventos meteorológicos extremos, así como para cuantificar la capacidad de responder y adaptarse a ellos. En términos cualitativos, datos recolectados por medio de entrevistas fueron utilizados para complementar los hallazgos cuantitativos. Los resultados muestran que la ciudad es muy sensible a los eventos meteorológicos extremos, debido a su gran área urbanizada, falta de espacios verdes y a la cantidad de población vulnerable. La ciudad también muestra falta de planificación urbana y baja capacidad de planeación para enfrentarse a desastres climáticos. Esta publicación, en este sentido, resalta las áreas de atención urgente y subraya las áreas de acción para reducir su vulnerabilidad.

**PALABRAS CLAVE:** Eventos meteorológicos extremos, Índice de Vulnerabilidad Urbana, Paraguay, Capacidad de afrontamiento y adaptación.

tivities of urban centers (IPCC 2014b), while reducing vulnerabilities and adapting to climate change.

Concentrating more than half of the world's population and most of its economic activities, cities play a critical role in the face of climate change (UN-Habitat 2015). It is vital that institutions, people, businesses and other organisations in urban spaces undertake actions towards being prepa-

red for weather-related extreme events. In this sense, implementing disaster risk management strategies is paramount, as well as building climate resilient development, managing immediate reconstruction strategies and effectively reestablishing basic services in order to being able to respond and continue their social, institutional and economic activities after an adverse event (IPCC 2012).

Urban areas are most susceptible to external shocks and stresses. Cities are expected to increasingly face climate effects in the form of more intense and frequent extreme weather events, putting millions of people at risk, especially those that are more vulnerable. According to the Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (IPCC 2014), the adverse effects of climate change are likely to increase extreme temperatures and precipitation depending on location, with an impact on the frequency, intensity and location of floods and droughts patterns. The number and intensity of floods, droughts, landslides and heat waves can have a greater impact on urban systems. In fact, extreme weather events have the capacity to compromise economic welfare to the extent that the Sustainable Development Goals (SDGs), specifically the Climate Action Goal 13, have emphasised the need for strengthening resilience and adaptive capacity to climate- and weather-related hazards and natural disasters (United Nations 2015). This means that social, economic, and environmental sustainability can be improved by the disaster risk management and the adaptation approach. Addressing the fundamental causes of vulnerability is a prerequisite for sustainability in the context of climate change (IPCC 2012).

In addition to extreme weather events, common problems related to fast and disorganised urbanisation processes, such as lack of infrastructure, sanitation and education or irregular land occupation, constitute vulnerabilities that raise the cities' exposure to the risks and impacts of climate change. In order to protect their development and build climate resilience, it is vital that cities address their vulnerabilities and invest in adaptation. In that sense, this study presents an assessment of vulnerabilities and adaptation strategies that was conducted at the triangle-city region, where Ciudad del Este share borders with Foz do Iguaçu (BR) and Puerto Iguazú (ARG), as part of the project called Triangle-city cooperation: building climate-resilient development in the Parana basin ([www.triangle-city.leeds.ac.uk](http://www.triangle-city.leeds.ac.uk)). The results discussed in this article correspond to the first part of the research, presented in the report titled Vulnerability Assessment and Adaptation Strategies of the Triangle-City Region (Sakai *et al.* 2017).

As a member of the United Nations Fra-

mework Convention on Climate Change (UNFCCC) and of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (SFDRR), Paraguay has developed legal and institutional settings for climate adaptation, such as the National Adaptation Plan (NAP), released in 2016. The document provides the guidelines for adaptation at city level, requiring the incorporation of climate change aspects in territorial planning and management and the elaboration of local adaptation plans (SEAM 2016).

It is worth to note, however, that this setting is relatively new and has not trickled down to local governments yet. That is the case of Ciudad del Este, which currently relies on a responsive approach towards extreme weather events. Although the strategies used in the face of emergency or disaster situations are not yet formalized in a local contingency plan, the municipality has an organised structure to deal with such occurrences, headed by the local Council for Risk Reduction and Response, with the support of the district's Fire Brigade, the local organisation of the Red Cross and Itaipu Binational, among other institutions. On the other hand, investments are being made for the development of emergency protocols and the expansion of the country's monitoring network for early warning, with the aim of implementing a Regional Meteorology Centre with a unit in Ciudad del Este (PNUD 2016).

Those measures are of big relevance, given the growth that the city has experienced over the last decades, constituting an international trade hub with one of the biggest commercial flows in the world (Dreyfus 2005, Rabossi 2004). With only 60 years of existence, Ciudad del Este is the second most populous city in Paraguay (DGEEC 2015), and is expected to be among the five fastest growing cities in Latin America by 2030 (United Nations 2015).

Historical trends suggest that climate patterns have changed during the last five decades in the triangle-city region. The annual amount of precipitation has increased over the years, as well as the number and frequency of extreme precipitation, while temperature trends suggest that the climate is getting warmer. Episodes of heavy rainfall, flooding, hailstorms and droughts have been reported in the region, causing large economic and social impacts (Sakai

*et al.* 2017). The area is also prone to wind storms and the future occurrence of tornados (Fujita 1973). Meanwhile, future projections indicate that the mean temperatures in the region are expected to increase by the end of the 21st century, as well as extreme weather events, especially those related to high temperatures (Sakai *et al.* 2017, Mercogliano *et al.* 2017, Chou *et al.* 2014, Collins *et al.* 2013, Seneviratne *et al.* 2012).

Thus, this article aims to contribute to the understanding of city-scale vulnerabilities and adaptation strategies towards climate change, focusing on the case of Ciudad del Este. The first part of the article describes the methodology that was adopted in the study, combining quantitative and qualitative methods. The findings are discussed next, followed by an analysis of the city's exposure and sensitivity to climate impacts, as well as its coping and adaptive capacities. The objective is to comprehend the city's needs, opportunities and obstacles for adaptation, given the vulnerability assessment as a starting point for such process.

## METHODS

Vulnerability has a long tradition, and it has been a powerful analytical tool to understand the direct and indirect relation to biophysical and socioeconomic aspects (O'Brien *et al.* 2007, Adger 2006, Eakin and Luers 2006, Füssel and Klein 2006, Jansen and Ostrom 2006, Brooks *et al.* 2005, O'Brien *et al.* 2004, Brooks 2003, Cutter *et al.* 2003). Vulnerability is a contested term and no consensus has been achieved regarding a universally accepted definition (Carter *et al.* 2015). The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fifth Assessment Report suggests a typology in which vulnerability is "*The propensity or predisposition to be adversely affected. Vulnerability encompasses a variety of concepts including sensitivity or susceptibility to harm and lack of capacity to cope and adapt*" (Scott *et al.* 2016). Exposure is "*The presence of people, livelihoods, species or ecosystems, environmental functions, services, and resources, infrastructure, or economic, social, or cultural assets in places and settings that could be adversely affected*". Adaptive capacity is "*The propensity or predisposition to be adversely affected. Vulnerability encompasses a variety of concepts including sensitivity or susceptibility to harm and lack of capacity to*

cope and adapt” (Scott *et al.* 2016). Finally, coping capacity is “*The ability of people, institutions, organizations, and systems, using available skills, values, beliefs, resources, and opportunities, to address, manage, and overcome adverse conditions in the short to medium term*” (Agard *et al.* 2014).

Different interpretations of vulnerability have implications on the assessment of the results and, consequently, on the recommendations for policy-makers (O’Brien *et al.* 2004, Kelly and Adger 2000). In essence, the understanding of these terms affects the type of adaptation that is promoted, influencing the decisions on how to operationalize the adaptation process (O’Brien *et al.* 2007). There are two main branches of vulnerability, the starting point and the ending point vulnerability. The first refers to the processual interaction between climate and society. Consequently, reducing vulnerability encompasses adjustments oriented to make individuals respond and adapt to the new conditions (O’Brien *et al.* 2007). The latter involves the development of climate scenarios, looking at the biophysical impact and the adaptive options, so then the residual consequences after adaptation has taken place correspond to the vulnerability of the unit of analysis (O’Brien *et al.* 2007, Kelly and Adger 2000).

There are various methods and frameworks to assess vulnerability (Nguyen *et al.* 2017; Tehelen and Pacha 2017). The assessment of each component of vulnerability (sensitivity, exposure, coping and adaptive capacities) can be made by means of different methods, each of which has its own features. Interviews or focus groups tend to be more suitable for the assessment of adaptive capacity (Kuhlicke *et al.* 2011). On the other hand, scenario approaches or modelling have been suggested as being more applicable for the assessment of sensitivity (Tapia *et al.* 2015). Another way to assess vulnerability has been through maps (Adger 2006), and through mathematical models (Luers *et al.* 2003). An indicator-based approach has been widely used in vulnerability assessments. Despite the lack of consensus, one part of the vulnerability research community has claimed that the use of indicators is “a theoretically sound and technically feasible way of assessing vulnerability” (Moss *et al.* 2001). An important aspect that needs to be taken into account is that quantitative indicators cannot describe

all aspects of climate change vulnerability (Winogard 2007).

An assessment of the vulnerabilities to climate variations and extremes must start with a clear idea of what is to be assessed. Vulnerability is understood here from the starting point as it provides a wider comprehension of the phenomenon as the social context is widely taken into account, rather than just the biophysical impact, allowing a greater granularity in the study of the vulnerability of a city. In this sense, vulnerability encompasses the sensitivity of a city, i.e. the inherent social, economic and environmental characteristics of the city, which are exposed to a certain climate related event, to which the city reacts to (copes), and adjust to prevent future damages (adapts). In this manner, the level of vulnerability of a city will depend on its coping capacities (the current ability to respond to the short-term effects of an extreme climate-related event) and its adaptive capacities (the longer-term capacity to plan for preventing and/or managing the impacts of climate change).

Following Hernandez Montes de Oca (2013), this study makes a differentiation between coping and adaptive capacities, because by differentiating these capacities one can identify different needs and ways in which the cities can become resilient. Coping and adaptive capacities can be summarized as a greater capacity of action by a city to reduce its risk by decreasing its vulnerability. For this reason, a vulnerability assessment usually considers the capacities of cities to react and respond to climate events.

The Urban Vulnerability Index (UVI) is based on the sequential implementation of a number of analytical steps. It starts with the characterisation of the different dimensions and sub-dimensions of vulnerability, which represent the most important themes to be measured based on an in-depth literature review. The next step in the sequence involves the development of a data model able to capture the different elements of each dimension. A set of interviews were conducted to collect qualitative data from strategical stakeholders when quantitative information was not readily available. The sequence then leads to the generation of a well-structured database that was classified and pre-processed. An internal consistency check was performed, based on

measures of reliability. Once the data were revised, indicators were aggregated for each dimension. Then, all dimensions were later combined to create the UVI.

Indicators for sensitivity, coping and adaptive capacity were developed. It was assumed that the city’s vulnerability is fundamentally associated with people, things and places, regardless of whether they experience a hazard that could cause damage (Carter *et al.* 2015). It was also assumed that the city would properly respond to these changes if it has sufficient adaptive capacity to adjust.

Measuring urban sensitivity encompasses, among others, a city’s physical, social and economic factors (Carter *et al.* 2015, EEA 2012). In this article, the physical dimension consisted of the Land Use and Infrastructure factors (called sub-dimensions), based on the assumption that cities with better distribution of green and red spaces (i.e. built-up) within urban areas are less sensitive to the most important climate threats (floods and high temperatures) (Klok *et al.* 2012, Swart *et al.* 2012, Gábor and Jombach 2009). It is important to mention that we do not include other important land use features, such as urban population density, because there is not available information in the same format and unit for Ciudad del Este. The Strategical Infrastructure sub-dimension was selected to provide indicators about the quality of the built environment, housing, emergency and transport infrastructure, considered as proxies for the city’s ability to maintain its crucial external public services after climate events (Hunt and Watkiss 2011).

Social factors consisted of levels of human and social capital to support a better human development and the inherent sensitivity of the population. Human and social capital provide basic information on the capacity for communities in the city to engage in collective social activities and to support their well-being, and it was represented by access to the education and health systems, water, security, inequality and vulnerable population. Some of the relationships between types of infrastructure and social sensitivity, however, were not examined in this article and it is recommend that future research should be undertaken in this area (EEA 2012).



The economic factors sub-dimension involves economic diversification, public finances and characteristics of the business sector. The diversification of economic activities provides a proxy of the ability of a city to shift to other sources of income in reaction to adverse climatic conditions affecting its main activity. Public finance provides an indirect measure of the sensitivity of the city to any extra expenditure due to a climatic impact. Finally, the business sector is an indicator of the robustness of the economic aspects of a city.

The development of a comprehensive set of indicators that captures responses (and capacities to adapt to) to all possible types of events is neither completely feasible nor desirable. It was opted for more generic indicators, which are relevant for several climate hazards. In these sense, indicators that were appropriate across at least two of the climatic threats mentioned by key informants during the fieldwork were selected (e.g. heat and flooding). To measure adaptive capacity, the sub-dimensions were divided into preparedness, response, recovery, networks, awareness and planning, capacity to change and cooperate. Together, these sub-dimensions represent a proxy for anticipatory adaptation, as well as the ability to respond to, cope with or recover from the climate hazards as they happen.

In total, 15 sub-dimensions and 73 different types of indicators were identified. Table 1 summarises this information. The main indicator selection criteria were data coverage and comparability, rather than precision and accuracy. Quality-based criteria was used on relevance on relevance and interpretability (in accordance to the literature), and reduced redundancy (i.e. avoiding indicators that measure similar trends). In order to increase data coverage, a flexible approach was adopted with regard to temporal and geographical harmonisation. In practice, this implied that the indicators were collected for the last available year over the period from 2002 to 2016. In the absence of a city level dataset, geographical harmonization implies the use of transformations of regional values into city-level values.

The vulnerability indicators were categorised into two groups that influence vulnerability in opposite directions, namely 'sensitivity' and 'capacity'. Indicators that are based on the same background variables

**Table 1.** Categories of indicators used in the study to assess city vulnerability to climate change

Dimension	Sub-dimension	Indicator
Physical Attributes (Sensitivity)	Land use (LUS)	Area of land devoted to urban sprawl and forest areas
	Strategical Infrastructure (IFR)	Type of materials mostly used for construction of average formal housing (roofs, structure, etc.) (e.g. concrete, wood, metal, etc.)
		Quality of existing main infrastructure in the city (bridges, roads, public buildings, water distribution, etc.) - (e.g. well maintained, fair, in need of repair, etc.)
Social Attributes (Sensitivity)	Demographic structure and dynamics (DEM)	Population, population density, households, age composition, gender and labour force
	Poverty (POV)	Percentage of low income population, percentage of the population living in slums
	Well-being (WBE)	Percentage of households with access to clean water supply, percentage of households with access to waste water system, percentage of households with access to waste disposal, mortality rate, childhood mortality rate, childhood mortality rate - under 5 years, percentage of illiterate people, percentage of children under age 17 in education, number of murders and crime rates, Gini inequality index
Economic Attributes (Sensitivity)	Size and diversification (SND)	Gross domestic product (GDP), GDP shares (%) of agriculture, industry, services and government
	Public Finances (FIN)	Public budget (spending), municipal debt
	Business Sector (BUS)	Number of businesses, business environment (simplicity to conduct business activities, legal settings, taxes, access to markets, etc.)
Coping Capacity (Capacity)	Preparedness (PRE)	Government budget targeting preparedness, existence of official early warning systems, existence of disaster risk reduction plans or strategies
	Response (RES)	Quality of medical services, quality of formal medical emergency services, quality of informal medical emergency services, number of emergency response services
	Recovery (REC)	Existence of recovery funds, existence of insurance systems, insurance dissemination, existence of financing mechanisms to recover
Adaptive Capacity (Capacity)	Networks (NET)	Number and quality of main (more important) formal institutions (public and private) that exist in the city (e.g. fire department, civil defence, police, etc.)
	Awareness and planning (ANP)	Existence of Climate Change Adaptation Plan
	Capacity to change (C2C)	Simplicity/Difficulty to implement policies, willingness to learn from other cities (existence of policy copied from other cities)
	Cooperation (COO)	Number of cooperation agreements with other cities

and characterise contradictory or mutually exclusive socioeconomic, environmental or social trends have been included only once in the data model, either within sensitivity or within the adaptive capacity category. It is a general criterion to avoid redundancy.

Social and economic indicators of vulnerability rely heavily on existing datasets, many from the countries' census databases. These databases provide official and good comparable sets of indicators, despite presenting some slight differences in temporal and geographical units. In some cases, we transformed their scales using other available indicators that show correlation between the regional and municipality levels.

When quantitative data were unavailable, qualitative information collected through interviews had to be used, taking advantage of a broad identification of stakeholders. Some of these strategical stakeholders were personally interviewed using a semi-structured format or were invited to answer an online survey with open and closed-ended questions.

The UVI is calculated as the average of the Sensitivity Index (SI) and the Capacity Index (CI) (Table 2). Different from other studies that use complex calculations (Tapiá et al. 2015), a simple approach was opted for reasons of simplicity and to easily communicate relationships between sensitivity, adaptive capacity and vulnerability. The UVI ranges from 1 (lowest vulnerability grade) up to 10 (highest vulnerability grade). The SI comprises a linear aggregation of eight sub-indices, one for each sub-dimension and is calculated as the arithmetic mean of re-scaled indicators (Table 2). The CI comprises a linear aggregation of seven sub-indices for each sub-dimension and is also calculated as the arithmetic mean of re-scaled indicators (Table 2).

The UVI is not exhaustive, in the sense that it does not include all potential aspects that can influence the vulnerability of Ciudad del Este. There are several features that were not addressed in this work. For example, vulnerabilities depend on the exposure of a given system and the intensity of hazards. Depending on these aspects, any system can be vulnerable. The UVI does not capture these because there is no assessment of the exposure. In addition, the index shows a static condition, ignoring

the temporal evolution of each indicator. Nevertheless, the analysis presented here represents an initial approach and can be useful as benchmark for future comparisons.

This paper developed a set of indicators to operationalize the proposed context. The qualitative analysis was based on semi-structured interviews which involved the following themes: 1) What are the main events related to the climate that the city experienced and how did they affect it? 2) What are the actions that the city performs when it faces climatic events? 3) What actions is the city taking to protect itself from future climate events? These three themes facilitated the reading of the current context regarding the vulnerability of the city to the effects of climate change. The aim was to capture the perception of different stakeholders of the climate-related problems that Ciudad del Este has faced, and identify the coping and adaptive strategies the city has undertaken. Key stakeholders were interviewed (N=11) between February and April 2017 in Ciudad del Este, including government officials, NGOs, business representatives and civil society. The interviews lasted around one hour. They were recorded, transcribed and analysed according to the framework proposed in this paper.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Sensitivity

Urban areas in Ciudad del Este have grown steadily for the last 30 years in an unplanned manner, making the area more vulnerable to impacts from extreme weather events. The interviews reveal that the most common impacts that have affected the city are heavy rainfall (causing urban and river flooding) and strong winds, occasionally suffering hailstorms and heat waves. The Parana river divides the city of Ciudad del Este from Foz do Iguaçu. Ciudad del Este forms part of a larger metropolitan area along with the neighbouring districts of *Hernandarias* and *Presidente Franco* and the municipality of *Minga Guazú*. Two tributary streams from the Parana flow across the urban area. The *Acaray-mi* stream is located on the north of the city and the *Amambay* stream flows nearby. River flooding occurs when the Parana River rises. The water flows back into the *Acaray* river, the *Acaray-mi* stream and even into the *Monday* river.

**Table 2 .** Equations to calculate UVI

#### Equation 1. UVI 's mathematic expression

$$UVI = \frac{SI+CI}{2} \quad 1 \leq UVI \leq 10;$$

Where,

SI = Sensitivity Index

CI = Capacity Index

#### Equation 2. SI 's mathematic expression

$$SI = \frac{(PHI+SAI+EAI)}{3} \quad 1 \leq SI \leq 10;$$

Where,

PHI = Physical Attributes Normalized Index

SAI = Social Attributes Normalized Index

EAI = Economic Normalized Attributes Index

#### Equation 3. CI 's mathematic expression

$$CI = \frac{(CC+ACI)}{2} \quad 1 \leq CI \leq 10;$$

Where,

CC = Coping Capacity Normalized Index

ACI = Adaptive Capacity Normalized Index

This causes river flooding, affecting the population located close to watercourses. Urban flooding, in turn, takes place during periods of intense rainfall, when the drainage system becomes overloaded. The interviews revealed that this is partly due to the accumulation of rubbish on the streets. As one interviewee said: *"this situation is mainly due to the lack of an adequate waste management system [...] the garbage flows down the streets, affecting mostly the city centre"*. Other important factors are the lack of sewage systems (a basic sanitation measure), poor law monitoring and enforcement, and inadequate urban territorial planning. The most affected areas by river flooding, according to interviewees are: *San Rafael* (3-4 flooding events per year), *San Agustin*, *San Antonio*, *Che La Reina*, *Remancito*, *San Juan*, *San Miguel* and *San José*. Other cases occur in the south corridor, 1 to 2 kilometres away from the city centre, home to more than 76 families. Furthermore, the area around kilometre 12 (Ciudad del Este's neighbourhoods are mainly referred to in terms of kilometres,

from 1 to 13, based on their distance to the Friendship Bridge) is prone to flooding by the Monday river.

The most vulnerable communities and settlements are located along the margins of rivers and streams. According to interviewees, these people are significantly at risk. *“During flood events, the inhabitants of those areas lose everything, even though legislation prohibits those illegal settlements”*. Current regulations do not allow such settlements. The Law on Water Resources N° 3239/2007 (Poder Legislativo del Paraguay 2007) establishes minimum distances between waterways and built-up areas. However, as is the case in the other two cities, people refuse to be relocated. As stated by one interviewee: *“Many of those families don’t want to leave these places for diverse reasons, mainly due to the proximity of their work place. They have become used to live with the flood. The difficulties to relocate these people represent a complex social problem”*.

Apart from heavy rainfall and flooding, other extreme weather events experienced in Ciudad del Este are strong winds. These can cause significant damages to buildings and structures, especially when these are built with construction materials that are not appropriate to withstand this type of events. The commercial sector is particularly affected by strong winds. The city centre is covered with advertisement boards and posters announcing the numerous shopping centres that make Ciudad del Este a famous destination. During strong-wind events, however, these advertisements are highly damaged, being torn away and becoming a dangerous hazard. In the aftermath of an event, business owners have to invest money to put them back up again. Interviewees from the business sector mentioned that it would be desirable to have an affordable insurance scheme to protect them against this type of events. However, they mentioned that the premiums are normally extremely high. Businesses also register a decrease in sales after extreme events, due to transport disruptions and because people prefer to stay indoors. The transport sector is also highly sensitive to extreme weather events. During periods of intense rainfall, high volumes of traffic are registered in Puente de la Amistad (Friendship Bridge), which connects Foz do Iguazu with Ciudad del Este. Moreover, a signifi-

**Table 3.** Results of the Urban Vulnerability Index (UVI) and its components for Ciudad del Este (PAR) and Foz do Iguazu (BR)

Dimension		Ciudad del Este	Foz do Iguazu
Urban Vulnerability Index		3.64	7.51
Sensitivity Index (SI)		2.92	6.91
Capacity Index (AC)		4.35	8.11
Dimension	Sub-dimension	Ciudad del Este	Foz do Iguazu
Physical attributes (Sensitivity)	Land Use	10.00	1.86
	Strategical Infrastructure	5.14	3.70
	Physical Index	7.57	2.78
Social attributes (Sensitivity)	Population	9.16	5.69
	Poverty	6.03	1.00
	Well-being	6.05	2.34
	Social Index	7.08	3.01
Economic attributes (Sensitivity)	Size and diversification	4.98	1.86
	Public finances	10.00	1.00
	Business sector	3.25	6.07
	Economic Index	6.08	2.98
Coping Capacity (Capacity)	Preparedness	10.00	4.00
	Response	7.00	6.00
	Recovery	7.00	4.00
	Coping Capacity Index	8.00	4.67
Adaptive Capacity (Capacity)	Networks	2.91	1.91
	Awareness and planning	10.00	10.00
	Capacity to change	10.00	3.25
	Cooperation	10.00	1.00
	Adaptive Index	8.23	4.04

cant rise in road accidents is experienced as well.

The UVI was applied to Ciudad del Este, Foz do Iguaçú and Puerto Iguazú to facilitate comparisons between cities with close features. Hereby, the results for Ciudad del Este are presented using Foz do Iguaçú as a reference point (while results from Puerto Iguazú are presented elsewhere). The results are shown in Table 3.

Ciudad del Este has a higher level of vulnerability (7.51). A closer examination shows that its vulnerabilities are explained by high values for certain factors. Ciudad del Este presents high Sensitivity (6.91) and levels of Capacity (8.11). Taking a closer look at the UVI, it can be seen that the Physical Attributes indicates that Ciudad del Este presents a larger sensitivity than Foz (7.57 against 2.78). Land Use is the most important factor for CDE, followed by “built environment”. The Land Use indicators for Ciudad del Este depict no significant green areas (1.2% of the municipal territory) (Table 4), compared to Foz, which has more green zones and lies close to a national park (Parque Nacional Iguazú). Highly-urbanised areas without sufficient green spaces are important factors for the so-called Urban Heat Island (UHI) effect, (UHI describes the increased temperature of the urban air compared to its rural surroundings, and the temperature difference can be up to 10 °C or more (Steenefeld *et al.* 2011), which involves topography, high building mass, presence of impervious cover, and structures that hinder ventilation. The analysis considers the total forest area as a proxy for its distribution, since the cities’ sensitivity to heat depends not only on the share of green areas, but also on their distribution throughout urban areas. This provides a reasonable initial estimate for sensitivity at the city level and can also provide an overview on potential hotspots.

Even relatively small towns, such as Ciudad del Este, can experience a considerable UHI (Steenefeld *et al.* 2011). Urbanisation and human activities essentially alter the balance between the energy from the sun absorbed by the surface, then stored in the building mass and later released to the surrounding air (IPCC 2014a). Most notably, the cooling effect of vegetated surfaces is replaced by the storage of heat in surfaces such as concrete, asphalt and stone. In this

**Table 4.** Physical Attributes Index Scoring.

Sub-dimension	Factor	Indicator	Foz do Iguaçú	Ciudad del Este
Land Use	Land Use	% of Urban Areas	31%	98,30%
		% of Forest Areas	45%	1,2%
Strategic Infrastructure	Built environment (type and quality)	Material	Masonry with concrete foundation	Masonry with concrete foundation
		Structure	Wood	Wood
		Roof Design	Box Gable	Box Gable
		Roof Material	Fibrocement	Clay roof tiles
	Quality of infrastructure	Bridges	Medium Good	Medium Good
		Roads	Medium Bad	Medium Good
		Fire Departments	Good	Medium Good
		Police Station	Medium Good	Medium Good
		Public Schools	Medium Good	Medium Good
		Hospital	Medium Good	Medium Good
		Civil Defence	Medium Bad	Medium Good
		Waste	Medium Good	Medium Bad
		Water	Medium Good	Medium Bad
		Energy	Medium Good	Good
	Diversity and affordability of transport networks	Number of public bus lines	44	6
		Average price for one-way ticket*	1.06	0.45
		Motorization rate **	399.73	143.62
		Number of Public transport Modes	3	3
	Communications local TV and radio stations	(Number of local TV and radio networks)	11	7

\* Current US\$

\*\* (cars/people)\*1,000

sense, Ciudad del Este can display sensitivity to impacts associated with high temperatures, depending on a number of factors.

The proportion of urbanised areas was used as a proxy for sensitivity to floods. In this respect, Ciudad del Este is considered sensitive because of its 98% of urbanised area (Table 4). Low-lying human settlements in flood-prone areas increases the potential damage derived from extreme precipitations. The occupation of flood prone areas close to rivers and large urban areas with surface sealing tend to aggravate flood hazards by accentuating flood peaks.

The sensitivity of strategical infrastructure to extreme weather events was considered in the analysis in the form of qualitative indicators for the built environment (households) and general public views on the general condition (and level of maintenance) of infrastructure. A closer look at the indicators suggest that most strategical infrastructure was considered ‘medium good’ by interviewers, similar to the Foz do Iguaçú results. Regarding the built environment, masonry-built houses with superficial foundation, wood structured roofing and ceramic tiles are predominant in Ciudad del Este, which confers some resistance to weather events, such as strong winds and hails. However, the hail storm of 2015



showed that these tiles have low resistance to hail, especially those made with fibre cement and ceramic. On the other hand, the affordability and diversity of public transport and communications were considered low, which is not enough to indicate that they are not sensitive to extreme weather events. Finally, the structure of waste collection and disposal and the structure of water supply in CDE are precarious according to the indicators, which suggest that these services can be significantly sensitive under weather and climate emergencies.

The social attribute index suggests that Ciudad del Este (7.08) has more sensitivity than Foz do Iguazu (3.01). Population and poverty, access to water and sanitation, and the health indices are vital for CDE sensitivity factor, indicating an insufficient public service supply. Ciudad del Este's large population, high population density, and a large group of people older than 65 and children (aged 0-14) are important factors that explain its social sensitivity (Table 5). This group can be particularly affected by water scarcity, droughts and increased temperatures. In the case of heat waves, senior citizens (over 65 years old) can be more sensitive to heat because of their intrinsic changes in their thermo-regulatory system and because of the use of drugs that can interfere with normal homeostasis. Children and babies also have on average a limited ability to thermo-regulate and are also more at risk of dehydration than adults.

When water availability is associated with affordability, low-income households constitute another sensitive group. Especially after extreme weather events, low-income groups spend a considerable amount of their income on securing water and on recovering their homes. Ciudad del Este has important portions of its populations living in slums (25.7%, while Foz has 2.5%), which usually are exposed to floods and other hazards.

The set of well-being indicators illustrates important factors that influence Ciudad del Este's vulnerability to extreme weather and climate events. Ciudad del Este's population has low access to essential services, such as water (30% of the population has access), health (11.87 mortality rate and 46.24 infant mortality), education system (5.80% of illiterate people), insecurity and income inequality (Gini income inequality

**Table 5.** Social Attributes Indicators.

Sub-dimension	Factor	Indicator	Foz de Iguazú	Ciudad del Este
Population	Population	Number of people	256,088	296,597
	Population density	Population density (pop/km <sup>2</sup> )	415	2,852
	Households	Number of households	79,161	47,536
	Sensitive groups	% of people with more than 65 and from 0-14	30.5%	35.6%
	Labour Force	Number of people	133,547	166,223
Poverty	-	% of poor	7.4%	9.2%
		% of the population living in slums	2.5%	25.7%
Well-being	Water	% of households with access to clean water supply	99.6%	30.0%
		% of households with access to waste water system	99.9%	30.4%
		% of households with access to waste disposal	99.1%	52.2%
	Health	Mortality rate (by thousand people)	5.80	11.87
		Childhood mortality rate (by thousand new borns)	15.48	46.24
		Childhood mortality rate – under 5 years old (by thousand new borns)	17.10	15.70
	Education	% of illiterate people	5.1%	5.8%
		% of children under 17 years old in school	85.6%	85.0%
	Security and rule of law	Crime rate	1,227	114
		Murder rate	14.8	25.89
Inequality	Gini Index	0.545	0.506	

index of 0.506). The lower performance for the set of indicators of well-being indicates that Ciudad del Este has already displayed a series of sensitivities to several threats, not being restricted to the climatic ones. Therefore, any new threats can put its population at risk, making them more sensitive to an uncertain climate change.

The economic attributes indicated, in general, low economic diversification and low public investment, although they suggest there is a good business environment (Table 6). The aggregated index is 6.08 for Ciudad del Este and 2.98 for Foz do Iguacu. Despite the differences, Ciudad del Este's indicators show evidence of a less robust and diversified economy (stronger industry and services sectors) than Foz. Therefore, it cannot be claimed that Ciudad del Este does not have enough capacity to withstand weather and climate disturbances.

Ciudad del Este is based heavily on commerce and is sensitive to extreme events that impact its dense commercial activities or its access to other regions. The presence of the Itaipu Hydroelectric Plant, on the other hand, is an important source of business diversification and financial resources for the municipal government. On the other hand, the relative importance of tourism in the economies of Foz do Iguacu and Puerto Iguazú (Argentina) suggest their potential economic sensitivity to extreme weather and climate events that affect tourist activities, which can lead a reduction of tourism flows to Ciudad del Este.

### Capacities to cope and adapt

The results derived from the qualitative indicators related to Coping Capacity suggest, in general terms, low levels of preparedness, response and recovery in Ciudad del Este. There are indications of insufficient levels of preparedness to reduce damages associated with weather and climate events, and these are related to the lack of government budgets for preparedness measures, no early warning systems and no Disaster Risk Reduction (DRR) plans or strategies. The absence of these three factors suggests an insufficient capacity to prepare against extreme weather and climate events, since this does not allow the complete disaster management cycle (Lavelle *et al.* 2012). Regarding response factors, emergency medical services were also considered inadequate in PI and CDE. The indi-

**Table 6.** Economic Attributes Indicators

Sub-dimension	Factor	Indicator	Foz do Iguacu	Ciudad del Este
Size and diversification	Economic size	Gross domestic product (GDP 2014 – current US\$ 1,000)	2,675,248	730,815**
	Economic diversification	Agriculture	0,65%	31.00%
		Industry	48.63%	15.00%
		Services	38.39%	49.00%
	Public	12.34%	6.00%	
Public finances	Public accounts	Municipal budget (current US\$ 1,000)	204,118	7,829
Business sector	Business vitality	Number of businesses	6,999	15,000
	Business environment	Simplicity to conduct business activities	Medium	Medium

\* Current US\$ used to covert local currency: 1 USD = R\$ 3.26 = 5,595.97 Guaraníes

\*\*GDP for Ciudad del Este was scaled-down using Alto Parana's GDP 2010 based on GDP per capita.

**Table 7.** Coping Capacity Attributes Indicators

Sub-dimension	Indicator	Foz do Iguacu	Ciudad Del Este
Preparedness	Existence of government budget targeting preparedness	Yes	No
	Existence of official early warning systems	No	No
	Existence of disaster risk reduction plans or strategies	Yes	No
Response	Quality of medical services	Good	Bad
	Quality of formal medical emergency services	Good	Bad
	Quality of informal medical emergency services	Very bad	Bad
Recovery	Existence of recovery funds	Yes	No
	Existence of insurance systems	Yes	Yes
	Insurance dissemination	Low	Low
	Existence of financing mechanisms to recover	Yes	No

**Table 8.** Adaptive Capacity Indicators

Sub-dimension	Factor	Indicator	Foz do Iguazu	Ciudad del Este
Networks	Institutional Infrastructure (reputation)	Fire Department	Good	Medium Good
		Civil Defence (Province/ Departments)	Good	Bad
		Civil Defence (Municipality)	Medium Good	Bad
		Police (Civil)	Medium Good	Good
		Military Police	Medium Good	Medium Bad
		Federal Police	Medium Good	Medium Bad
		City Hall	Medium Bad	Medium Bad
		Army	Medium Good	Medium Bad
		NGOs	Medium Good	Medium Good
		Health Department	Medium Good	Medium Bad
	Education Department	Medium Good	Medium Bad	
	Governance structure and presence of local networks (local governments, private sector, civil society)	Existing formal stakeholder networks and organisation	Yes	Yes
Mechanisms for citizens to engage with government	Existence of effective participation networks	Yes	Yes	
Awareness and Planning	Presence of adaptation and mitigation programs	Existence of Climate Change Adaptation Plan	No	No
Capacity to Change	-	Simplicity to implement policies	Medium	Low
		Existence of policies inspired from other cities	Yes	No
Cooperation	-	Existence of cooperation agreements with other cities	Yes	No

cators show that the quality of formal and informal medical emergency and response services is inadequate. The results suggest that health and emergency systems are already facing other external pressures and that extreme events might add extra burden to an already vulnerable system. The results derived from the qualitative indicators related to Coping Capacity suggest, in general terms, low levels of preparedness, response and recovery (Table 7).

Some of the barriers that prevent effective response and recovery measures in Ciudad del Este are the lack of planning and a deficient culture of prevention. Climate risks are not considered by the population as a priority. City authorities are more concerned by other matters, spending more efforts and resources in areas such as health. As mentioned by several of the interviewees. *“Every month the city needs to provide financial aid and social assistance, like medicines and food, around \$100,000 USD”*.

Regarding recovery measures, the government and various social actors are the ones who help the city to recover when it is affected by an extreme weather event. The municipality is in charge of disaster management. The Local Council for Risk Reduction and Response relocates vulnerable people affected by the flood and provide water and transportation. The local government also provides support in relation to social assistance and infrastructure, by providing financing to help repair damaged structures. In case of acute emergencies, the municipality can also ask the National Emergency Secretariat for support, in order to deliver food, mattresses, roofing, canvasses, among other things.

Several organisations were identified throughout the interviews as key agencies in the face of an extreme weather event related disaster. In terms of prevention, Itaipu has an important role by providing early warning systems and offering meteorological information to Ciudad del Este. In this sense, the Local Council for Risk Reduction and Response works closely with Itaipu, who provides daily bulletins on the status of the Parana and Iguazú Rivers. Itaipu also grants social assistance through the Fire Brigade by delivering emergency kits, mattresses, food and water. The Volunteer Fire Brigades are independent organisations

that provide support to the community through an emergency phone line when disasters caused by extreme weather events occur. The Red Cross also plays a relevant role in aid delivery efforts. It offers medical attention, helps to evacuate people (depending on the type of event), organises shelters, among other activities. In terms of prevention, the Red Cross designs risk reduction plans (like evacuation drills) and works directly with the communities to improve people's perception to risk. According to interviewees, the Red Cross is trusted among the population and enjoys a good reputation. *"In 2014 almost 3,000 families were mobilized and had access to temporary shelters, as churches, and schools. We spent almost three months working, relocating families, and providing primary health care"*. This is an important aspect, because the direct and constant contact with the community allows the Red Cross to better understand the situation and react faster during and after an extreme event. Other social actors are: the Infantry division, Rotaract, Junior Chamber International, TECHO (youth-led non-profit organisation), Lions Club, CODELESTE (Ciudad del Este's Economic Development Council), Chamber of Commerce, Technology Chamber, and religious organisations. During disasters, these organisations contribute with immediate needs such as clothing and food, but do not offer financial support.

Ciudad del Este has no institutional structure that allows the use of direct financial resources from the Municipal Treasury as financing mechanisms for post-disaster recovery. In addition, our interviews and survey responses mentioned the inexistence of an insurance scheme which covers both households and businesses in the case of extreme weather events. The lack of reconstruction funds and a low dissemination of insurance schemes in Ciudad del Este indicate low capacities for post-disaster performance, compared to Foz do Iguaçu.

Effective institutional networks rely on strong and reliable institutions, operative participation channels, and mechanisms for engaging civil society in government decisions. This represents a necessary basis for the existence of efficient stakeholder networks that enhance the city's adaptive capacity. The results for Ciudad del Este indicate lower reputational levels among their institutions for emergency response,

as well as poor governance for the participation of the population in local government. This constitutes a barrier to build effective adaptation strategies in Ciudad del Este (Table 8).

The results in general indicate significant inertia to promote new public policies. Some interviewees indicated that the introduction of new policies usually takes a long time. It was found that Ciudad del Este has greater difficulties to develop and adopt new policies than Foz do Iguaçu. It is worth noting that there is a lack of climate change mitigation and adaptation plans in Ciudad del Este. This shows that climate variations and extreme weather events are still waiting to be integrated into public policy, which highlights the urgency to promote effective climate-resilient development in the city.

## CONCLUSION

This work presents a first assessment of the vulnerability of Ciudad del Este to climate variations and extremes. It provides a background to understand the characteristics of this city. It examines their current sensitivity, disaster risk reduction strategies, policies and institutional settings with the aim of assessing its current situation in the face of extreme weather events.

In a nutshell, extreme water-related weather events have caused important problems in Ciudad del Este. Heavy rainfall and flooding have been the most common events affecting this city. Two types of floods were detected: river floods, caused by an increase in river levels, and urban floods, due to intense precipitation. Past episodes of droughts have affected the tourism sector, as well as the water drinking supply in Ciudad del Este. This is a worrisome matter if, on the one hand, we consider the future climate projections, which point at an increase in the intensity and frequency of extreme weather events. On the other hand, Ciudad del Este is expected to be among the ten fastest growing cities in Latin America by the year 2030, according to UN urbanisation prospects. Thus, the fact that urban planning and investment in infrastructure have not paired with population growth represents a challenge for Ciudad del Este.

The present assessment found an inadequate urban planning, resulting in an uncontrolled urban sprawl. Irregular land occupation has led to the creation of slums, mainly along rivers and risk areas, which is an issue of concern given their high exposure to floods. The speed of investment in public and private infrastructure has not been enough, and the pressure is increased by the intense flow of tourists. Investment in tourism infrastructure is also required to capitalise on the large flux of tourists, especially in Ciudad del Este. Ciudad del Este is more sensitive to extreme events, like heavy rains and heat waves. This city is highly urbanised and has a lower proportion of green areas per person. This increases the UHI effect, which has consequences on human health. Given that the city has a larger proportion of vulnerable population (below 14 years of age and above 65), the risk to be affected increases. Ciudad del Este is the city that suffers the most from insufficient coverage of public services. A large part of its population does not have access to drinking water and sanitation. Solid waste management was also pinpointed as a serious issue. Other problems that were detected are low levels of education and increasing levels of insecurity. In contrast, Ciudad del Este offers a good business environment, although economic diversity needs to increase. Similarly, work needs to be done to support small and medium sized enterprises (SMEs) which are generally the most vulnerable in the private sector, and most importantly the largest number of firms in Ciudad del Este belong to this type of organisations. The agricultural sector in Ciudad del Este accounts for almost a third of its gross domestic product, being an activity that is also sensitive to changes in climate, and it represents an important area for further studies.

In terms of preparedness, Ciudad del Este possesses emergency protocols and contingency plans, although they are informal. Response mechanisms rely on the municipality through different organisations. Civil Defence is the first entity to respond to an emergency and disaster situation in the city. It includes the fire brigades, which are the first to provide assistance to affected population. The Red Cross in Ciudad del Este equally plays a relevant role in aid delivery efforts and Itaipu is a key actor in providing early warnings. Results highlight that prevention, preparedness and reco-



very strategies are not enough, and in some cases have proven to be inefficient due to lack of equipment, coordination, and resources. Likewise, planning for climate change adaptation is still incipient. Nevertheless, a strong will to take action was found in this important city of Paraguay.

## ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful for the collaboration of all the participants that provided their time and relevant information to make this research possible. We also thank an anonymous reviewer for his valuable suggestions, and Joyce Penagos (for her input in the early versions of this work) and Julián Baez (for providing access to climate data). This research was funded by the Climate Resilient Cities Initiative in Latin America (CRC), which is a joint initiative between Climate and Development Knowledge Network (CDKN), International Development Research Center of Canada (IDRC) and *Fundación Futuro Latinoamericano* (FFLA).

## REFERENCES

- Adger, W. N. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change* 16(3):268–281
- Agard, J., E. L. Schipper, J. Birkman, M. Campos, C. Dubeux, Y. Nojiri, L. Olson, B. Osman-Elasha, M. Pelling, M. Prather, M. Rivera-Ferre, O.C. Ruppel, A. Sallenger, K. Smith, A. St.Clair, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, and T.E. Bilir. 2014. 'IPCC WGII Glossary', in Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L. L. W. (ed.). 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. United Kingdom and New York pp. 1–30
- Brooks, N. 2003. A conceptual framework Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Working paper 38. Tyndall Center for Climate Change Research. 21pp.
- Brooks, N., W. Neil Adger y P. Mick Kelly. 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change* 15(2):151–163.
- Carter, J. G., G. Cavan, A. Connelly, S. Guy, J. Handley y A. Kazmierczak. 2015. Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation. *Progress in Planning* 95:1–66.
- Chou, S. C., A. Lyra, C. Mourão, C. Dereczynski, I. Pilotto, J. Gomes y J. Bustamante. 2014. Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. *American Journal of Climate Change* 3 (5):512–27.
- Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichet, P. Friedlingstein, X. Gao. 2013. Long-Term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1029–1136.
- Cutter, S. L., S. Carolina, B.J. Boruff y W. L. Shirley. 2003. Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly* 84(2):242–261.
- DGEEC. 2015. *Proyección de la Población por Sexo y Edad, según Distrito, 2000-2025*. Fernando de la Mora 583pp
- Dreyfus, P. G. 2005. Agenda de Seguridad en el MERCOSUR: La Triple Frontera como "espacio de inseguridad regional". Rio de Janeiro 30pp
- Eakin, H. y A. L. Luers. 2006. Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. *Annual Review of Environment and Resources* 31(1):365–394
- EEA. 2012. *Urban adaptation to climate change in Europe, Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European Policies*. European Environment Agency. Luxembourg 146pp
- Fujita, T. T. 1973. Tornados around the World. *Weatherwise* 26 (2):56–83.
- Füssel, H.-M. y R. J. T. Klein. 2006. Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. *Climatic Change* 75(3):301–329
- Gábor, P. y S. Jombach. 2009. The Relation between the Biological Activity and the Land Surface Temperature in Budapest. *App Ecology and Environm Research* 7(3):241–251
- Gil, A. C. 2008. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. Editorial Atlas S.A.. São Paulo 220pp
- Hernandez-Montes-de-Oca, P. 2013. Assessing the vulnerability and resilience of SMEs to climate variations and extremes in Mexico. The University of Leeds
- Hunt, A. y P. Watkiss. 2011. Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature. *Climatic Change* 104(1):13–49
- IPCC. 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. 582pp.
- IPCC. 2014a. Summary for policymakers. In: Field, C.B., V.R. Barros y D.J. Dokken (Ed.) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA.
- IPCC. 2014b. Urban areas. In: Field, C.B., V.R. Barros y D.J. Dokken (Ed.) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA.
- Janssen, M. A. y E. Ostrom. 2006. Resilience, vulnerability, and adaptation: A cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. *Global Environmental Change* 16(3):237–239.

- Kelly, P. M. y W. N. Adger. 2000. Theory and Practice in Assessing Vulnerability to Climate Change and Facilitating Adaptation. *Climatic Change* 47(4):325–352.
- Klok, L., S. Zwart, H. Verhagen y E. Mauri. 2012. The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. *Resources, Conservation and Recycling* 64:23–29.
- Kuhlicke, C., A. Scolobig, S. Tapsell, A. Steinführer y B. De Marchi. 2011. Contextualizing social vulnerability: findings from case studies across Europe. *Natural Hazards* 58(2):789–810.
- Lavell, A., M. Oppenheimer, C. Diop, J. Hess, R. Lempert, J. Li, R. Muir-Wood y S. Myeong. 2012. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience, in Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Qin, D., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G.-K., Allen, S. K., Tignor, M., and Midgley, P. M. (eds) *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Cambridge University Press. Cambridge, UK, y New York, NY, USA 25–64 pp.
- Luers, A. L., D. B. Lobell, L. S. Sklar, C. L. Addams y P. A. Matson, 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change* 13(4):255–267.
- Mercogliano, P., E. Bucchignani, F. Ciervo, M. Montesarchio, A.L. Zollo, V. Villani, G. Barbato, R. Vendemia, R. Polato, J. Báez y M. Pastén. 2017. A Climate Analysis Using CORDEX Simulations in a Cooperation Framework: The Case of Paraguay. Asunción.
- Moss, R. H., A. L. Brenkert y E. L. Malone. 2001. Vulnerability to climate change: a quantitative approach. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL-SA-33642). Prepared for the US Department of Energy:155-167
- O'Brien, K., L. Sygna, and J. E. Haugen. 2004. Vulnerable or Resilient? A Multi-Scale Assessment of Climate Impacts and Vulnerability in Norway. *Climatic Change* 64(1-2):193–225.
- O'Brien, K., S. Eriksen, A. Schjolden, and L. Nygaard. 2004. What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research. 2004:04.
- O'Brien, K., S. Eriksen, L. P. Nygaard y N. E. Schjolden. 2007. Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy* 7(1):73–88.
- PNUD. 2016. Centro de monitoreo y alerta hidrometeorológica en Itapúa. en: <http://www.py.undp.org/content/paraguay/es/home/presscenter/pressreleases/2016/10/12/centro-de-monitoreo-y-alerta-hidrometeorologica-en-itapua.html>. Reviewed on: 03/31/2017.
- Poder Legislativo del Paraguay. 2007. Ley N° 3239/2007 De Los Recursos Hídricos del Paraguay.
- Rabossi, F. 2004. Nas Ruas de Ciudad del Este: Vidas e Vendas num Mercado de Fonteira. Universidade Federal do Rio de Janeiro 334p.
- Sakai, P. 2017. Vulnerability Assessment and adaption strategies for the triangle-city region, in: [http://triangle-city.leeds.ac.uk/wp-content/uploads/sites/29/2017/07/Executive-summary\\_ENG.pdf](http://triangle-city.leeds.ac.uk/wp-content/uploads/sites/29/2017/07/Executive-summary_ENG.pdf). Reviewed on: 06/30/2017.
- Scott, D., C.M. Hall y S. Gössling. 2016. A review of the IPCC Fifth Assessment and implications for tourism sector climate resilience and decarbonisation, *Journal of Sustainable Tourism*, 24(1):8–30.
- SEAM. 2016. Diseño del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.
- Seneviratne, S., N. Nicholls, D. Easterling, C. Goodess, S. Kanae, J. Kossin y Y. Luo. 2012. Changes in Climate Extremes and Their Impacts on the Natural Physical Environment. *Managing the Risk of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* 109–230.
- Steenefeld, G. J., S. Koopmans, B. G. Heusinkveld, L. W. A. van Hove y A. M. Holtslag. 2011. Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands. *Journal of Geophysical Research* 116:D20129.
- Swart, R. J., J. Fons, W. Geertsema, L. W. A. van Hove y C. M. Jacobs. 2012. Urban Vulnerability Indicators. A joint report of ETC-CCA and ETC-SIA. Bologna.
- Tapia, C., S. Guerreiro, M. Mendizabal, C. Kilsby, E. Feliu, V. Glenis, R. Dawson y C. Eluwa. 2015. High level quantified assessment of key vulnerabilities and priority risks for urban areas in the EU. Tecnia R&I, Newcastle University.
- Tehelen, K. y M. J. Pacha. 2017. Estudios de vulnerabilidad en América Latina y el Caribe: recomendaciones a través de la experiencia.
- UN-Habitat. 2012. Urban patterns for a green economy. United Nations Human Settlements Programme, in: <https://unhabitat.org/books/leveraging-density-urban-patterns-for-a-green-economy/>. Reviewed on: 09/01/2017.
- UN-Habitat. 2015. Guiding Principles for City Climate Action Planning by UN-HABITAT, in <https://unhabitat.org/books/guiding-principles-for-climate-city-planning-action/>. Reviewed on: 09/04/2017.
- United Nations. 2015. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development A/RES/70/1. 41pp.
- Viet Nguyen, C., Horne, R., Fiel, J. and Cheong, F. 2017. Assessment of social vulnerability to climate change at the local scale: development and application of a Social Vulnerability Index. *Climatic Change* 143:355–370
- Winogard, M. 2007. Sustainability and vulnerability indicators for decision making: lessons learned from Honduras. *Int. J. Sustainable Development*, 10(1/2): 93-105

## NOTAS

# Servicios ecosistémicos en humedales y bosques de la Reserva Natural Morombí Paraguay

**ROCÍO RAQUEL KOPCOW TORRES**

Ing. For. Egresada de la CIF/FCA/UNA, actualmente técnica SIG en HABITAT para la Humanidad.

[rociokopcow@hotmail.com](mailto:rociokopcow@hotmail.com)

**STELLA MARY AMARILLA RODRÍGUEZ**

Prof. Ing. For. M.Sc. Docente investigadora, Directora de Postgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias. UNA.

[stella.amarilla@agr.una.py](mailto:stella.amarilla@agr.una.py)

**JORGE DANIEL GONZÁLEZ VILLALBA**

Prof. Ing. Agr. Dr. Docente investigador. Vice decano de la Facultad de Ciencias Agrarias. UNA.

[jorgedaniel.gonzalez@gmail.com](mailto:jorgedaniel.gonzalez@gmail.com)

**Paraquaria Nat. 5(2): 32 - 36**

ISSN 2309-5237

© Del/de los autor/es.

Es con licencia exclusiva a Guyra Paraguay.

<http://guyrap.org.py/paraquaria/art1:paraquaria52>

Recibido: 29 de mayo de 2017

Aceptado: 15 de noviembre de 2017

## INTRODUCTION

Los humedales son reconocidos como ecosistemas altamente productivos, tanto por sus componentes como por sus funciones que sustentan y agrupan una rica diversidad biológica. Estos ecosistemas generan bienes y servicios para la sociedad y realizan varias funciones ecológicas, sobre todo si se encuentran asociados al bosque. Sin embargo, su valor o aporte económico no ha sido reconocido en su totalidad y los

**RESUMEN**

Existiendo un alto interés por el estudio de los servicios ecosistémicos en la actualidad y los beneficios que las sociedades obtienen de los mismos, constituye también una necesidad estimar el valor económico potencial que representa la existencia, provisión y mantenimiento de los ecosistemas y sus procesos naturales a largo plazo. Teniendo en cuenta éstas prioridades académicas y científicas, la investigación se realizó en el marco de una tesis de grado de la Carrera de Ingeniería Forestal de la FCA/UNA y tuvo como objetivo principal analizar la importancia de la provisión de servicios ecosistémicos por humedales y bosques en la Reserva Natural Mborombí (RNM) y una aproximación a su valoración económica. Los objetivos específicos fueron: identificar los principales servicios ecosistémicos proveídos por los humedales y estimar el potencial económico de los mismos asociados al bosque de la reserva. La metodología utilizada fue adaptada de RAMSAR (2010) y MEA (2005) para lo referido a servicios ecosistémicos. Para la valoración económica de humedales se ha utilizado el método de costo de reemplazo. Se definieron cuatro ecosistemas de referencia para la RNM en los cuales se identificaron grupos de servicios ecosistémicos de provisión, de regulación, de soporte y servicios culturales. Algunos resultados señalan valores ecológicos como naturalidad/integridad, diversidad y singularidad/rareza y valores socioculturales tales como terapéuticos, recreativos, de existencia y espirituales proveídos por los humedales. El costo de reemplazo estimado para la propiedad, suponiendo que los humedales sean afectados o comprometidos en su estado de conservación, se estimó en términos de gasto (actual ahorro para la propiedad) en Gs. 514.779.450 al año, monto que representa un aspecto de su valor potencial y la importancia de su conservación junto al bosque.

**PALABRAS CLAVES:** Reserva Natural Mborombí, ecosistema de referencia, valoración económica, costo de reemplazo.

**ABSTRACT**

*Because there is a high interest in the current study of ecosystem services and the benefits that societies obtain from them, it is necessary to estimate the potential economic value of the existence, provision, and maintenance of ecosystems and their natural processes in the long-term. Considering these academic and scientific priorities, the main objective of the research was to propose a methodological framework to analyze the provision of ecosystem services and an approximation to their economic valuation. The Reserva Natural Mborombí (RNM) has been selected as a study site, a private protected area that preserves a relevant sample of the Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA), with important wetlands, springs and species of fauna and flora of importance for conservation. The specific objectives were: to identify the main ecosystem services provided by the wetlands in the RNM, to estimate the economic potential of the wetlands associated with the reserve forest. The methodology used was adapted from RAMSAR (2010) and MEA (2005) for ecosystem services. For the economic valuation of wetlands, the replacement cost method has been used. Four reference ecosystems for the RNM were first defined in which groups of ecosystem services of provision, regulation, support and cultural services were identified. Some results point to ecological values such as naturalness / integrity, diversity and uniqueness / rarity, and sociocultural values such as therapeutic, recreational, spiritual and existential provided by wetlands. Finally, the replacement cost was estimated by calculating the net income per hectare (opportunity cost) of a productive sector (livestock). The estimated replacement cost for the property, in the event that the wetlands are affected or compromised in their conservation status, and therefore require a water supply system, was estimated in terms of expenditure for the property Gs. 514,779,450 a year, an amount that represents an aspect of its potential value and the importance of its conservation together with the forest.*

**KEY-WORDS:** Reserva Natural Mborombí, reference ecosystem, economic valuation, replacement cost.

estudios en estos aspectos son aun escasos en Paraguay. La investigación fue realizada en la Reserva Natural Morombí (RNM), ubicada en la Región Oriental, con el fin de generar datos e informaciones sobre la importancia del mantenimiento de las funciones ecosistémicas en sitios de relevancia ecológica a nivel país, sobre todo teniendo en cuenta el régimen de protección como área protegida. El objetivo general fue por tanto

identificar los servicios ecosistémicos brindados por los humedales de la RNM que se encuentran asociados al bosque y estimar el valor económico de los mismos. Para ello se propuso un esquema metodológico para la identificación y priorización de los servicios ecosistémicos a nivel de sitio y la valoración económica de la contribución de estos humedales en el sentido de mantener sus funciones ecosistémicas.

## MÉTODO

Investigación realizada en RNM, área protegida declarada según Decreto N° 14.910/10. La propiedad se asienta en los departamentos de Canindeyú al norte y Caazapá al sur, Región Oriental, distante a 282 Km de la Ruta N° 10 “De las Residentas”. La RNM conserva una muestra relevante del Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA); protegiendo una importante cantidad de humedales, nacientes y cursos de aguas que constituyen la cabecera de las cuencas de los ríos Jejuí Guazú, en la cuenca del Río Paraguay y del Río Acaray afluente del Río Paraná (Figura 1).

El área de estudio está conformada por un total de 33.091 ha de las cuales 8.091 ha corresponden a campos bajos / humedales. Los bosques ocupan un total de 25.000 ha, los mismos se encuentran bajo protección debido a que poseen un alto valor para la conservación de la biodiversidad. A partir del año 2004, se iniciaron actividades agrícolas, agropecuarias y forestales con estrictas cláusulas ambientales.

### Selección de ecosistemas de referencia

Para la selección de los humedales que fueron asignados como “ecosistemas de referencia”, es decir, un ecosistema modelo para establecer análisis y comparaciones, según lineamientos de MEA 2005; se tomó en cuenta el aspecto de accesibilidad, contando con sitios representativos de todos los humedales de la RNM. También se tuvo en cuenta que los humedales-ecosistemas de referencia tengan algún tipo de conexión con el arroyo Acaray mí y el arroyo Piraty que atraviesan los límites de la RNM, los mismos están en conexión con el Río Acaray que conjuntamente alimentan al menos un 80% de las nacientes y el Río Curguaty en un 15%.

Por último, los humedales que fueron seleccionados tienen importancia e influencia en la ganadería, la agricultura y en las condiciones ambientales en general, por los servicios ecosistémicos que brindan según informantes clave (ingenieros del sector ambiental, técnicos pecuarios del establecimiento y lugareños).

Se han seleccionado cuatro humedales de referencia que abarcan un total de 1.424

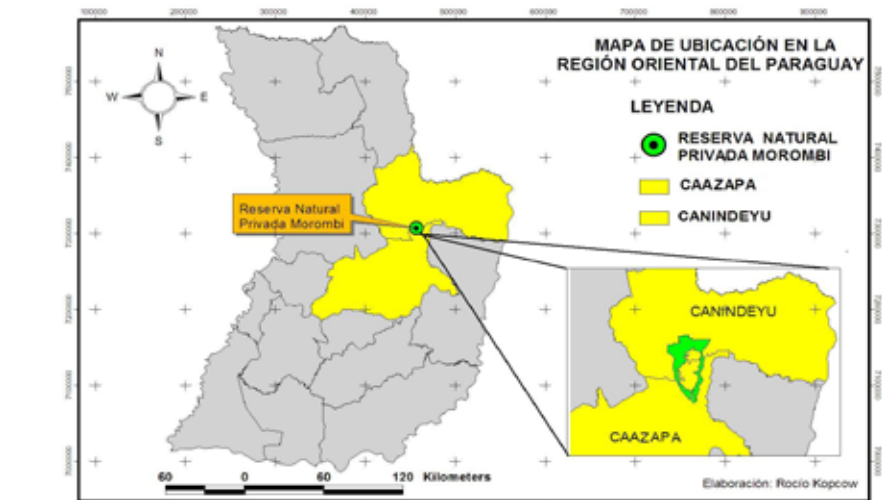


Fig. 1. Ubicación del área de estudio, Reserva Natural Mborombí.

ha, de las 8.091 ha existentes entre humedales y campos naturales dentro de la RNM. Los humedales elegidos están cercanos a las zonas de actividad agrícola, pecuaria, forestal y de los bosques de reserva de modo a demostrar la importancia que cumplen estos ecosistemas en las zonas anteriormente citadas. Los humedales seleccionados dentro de la RNM fueron: a) Magna presa, b) Ybu Laguna, c) Potrero Ramírez 1 y d) Potrero Ramírez 2 (Tabla 1 y figuras 2 a 5).

### Identificación de los servicios ecosistémicos

Se identificaron los servicios ecosistémicos teniendo en cuenta los aspectos socio-culturales, ambientales, bióticos y físicos sugeridos por RAMSAR (2010) y de MEA (2005) en su enfoque metodológico. Los datos fueron obtenidos a través de consultas técnicas a profesionales, a trabajadores de la zona, por observaciones directas y análisis de datos ya existentes de la RNM.

Se analizó la magnitud del valor ecológico de los servicios ecosistémicos expresado mediante indicadores tales como la diversidad de especies, la rareza, la integridad del

ecosistema y la capacidad de las personas para seguir proyectándose en el futuro a pesar de acontecimientos desestabilizadores que se relacionan principalmente con los servicios de regulación y apoyo.

Según De Groot *et al.* (2003), la metodología de valor ecológico hace referencia a las relaciones causales entre partes de un sistema o ecosistema, es decir, el deterioro o supervivencia de una especie o sistema, incide en el valor de una especie en específico y en el ecosistema. Se recorrió el 100% del perímetro del humedal seleccionado, aplicando la metodología de “diagnóstico visual”. Se realizaron observaciones para la identificación de la flora de los transectos y tipo de vegetación en el humedal. Para ello, se utilizó la metodología de RAMSAR de búsqueda visual, que consistió en la anotación, recolección y fotografía de las especies visibles en los transectos.

### Valoración de los servicios ecosistémicos

Se tuvo en cuenta el rubro pecuario del establecimiento y se procedió a comparar el Promedio Ingreso Neto/ha/año utilizando el servicio de provisión de agua genera-

Tabla 1. Humedales asignados como ecosistemas de referencia

Humedales	Coordenadas “s”	Coordenadas “w”	Elevación	Superficie
Manga Presa	24° 34' 34.41”	55° 19' 18.25”	243 m	541 ha
Ybu Laguna	24° 35' 04.93”	55° 23' 56.39”	251 m	466 ha
Potrero Ramírez 1	24° 35' 27,07”	55° 22' 05.84”	280 m	139 ha
Potrero Ramírez 2	24° 35' 29.92”	55° 22' 09.87”	276 m	278 ha



do por los humedales de RNM en buen estado de conservación, con el promedio del Ingreso Neto/ha/año de producir el servicio de aprovisionamiento de agua de una manera menos favorable al ambiente. Para ello se aplicó métodos de mercado, en la cual se tuvo en cuenta la depreciación de los bienes e infraestructura, las depreciaciones se consideran como gastos no reembolsables que reflejan la pérdida de valor de algún activo como resultado o consecuencia del desgaste, uso, edad y obsolescencia ya sea de maquinarias como de infraestructura. Posteriormente se aplicó el método de costo de reemplazo, específicamente costos evitados, que consistió en estimar el costo de reemplazar los servicios que presta el humedal en caso que este deje de funcionar correctamente o deje de existir.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Principales servicios ecosistémicos de la Reserva Natural Morombí

Los principales bienes y servicios ecosistémicos que brindan los humedales seleccionados como ecosistemas de referencia de la RNM y asociados al bosque corresponden a los cuatro grandes grupos de servicios ecosistémicos clásicos según MEA 2005 y que son:

**a) Servicios de Provisión:** se observó que los humedales de la RNM generan sobre todo servicios de *abastecimiento de agua dulce, alimento y recursos genéticos* en orden de prioridad. Sigue en la lista servicios de *fibra y combustible* y *especies ornamentales*, servicios que señalan la naturalidad de los ecosistemas analizados. El *agua dulce* es fundamental para las actividades agrícolas que se realizan y el abastecimiento local. Un aspecto relevante y relacionado a *recursos genéticos* señala la presencia de especies de plantas de uso medicinal y alimento para la fauna.

El 75% de los cuatro humedales poseen *especies medicinales* tales como el karagua-tá (*Eryngium elengans* Cham & Schlecht.), agrial (*Begonia cucullata* Willd.), aca ryso (*Hydrocotyle ranunculoide* L.) y otros. Al igual que especies de *fibra y combustible*. Se encontró además *turba* que cubren los humedales que podrían ser aprovechados como abono y combustible. Finalmente

las *especies ornamentales* aunque fueron escasas en las observaciones realizadas, no se han encontrado especies de plantas comestibles pero en la zona los pobladores señalan abundante presencia de peces de tamaño regular y con muy buena reproducción.

**b) Servicios de Regulación:** teniendo en cuenta la prioridad de análisis hacia los

humedales del sitio, han sido relevantes los servicios de *purificación del agua, mitigación de riesgos naturales y regulación de regímenes hidrológicos*.

En menor medida, según la metodología aplicada, se constata la importancia del servicio de *regulación de la erosión* (faltan más estudios). El 100% (cuatro) de los ecosistemas de referencia señalan servicios de

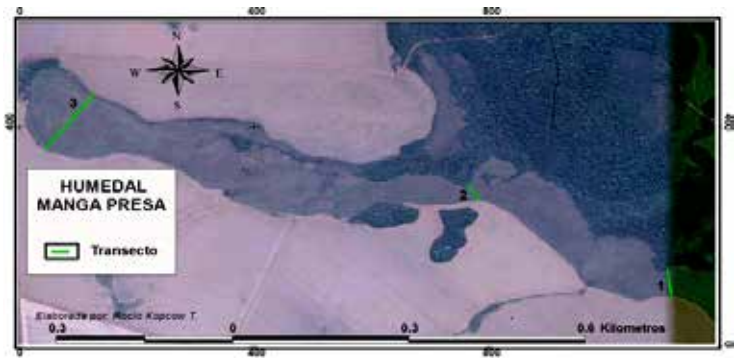


Fig. 2. Humedal Manga Presa



Fig. 3. Humedal Ybu Laguna

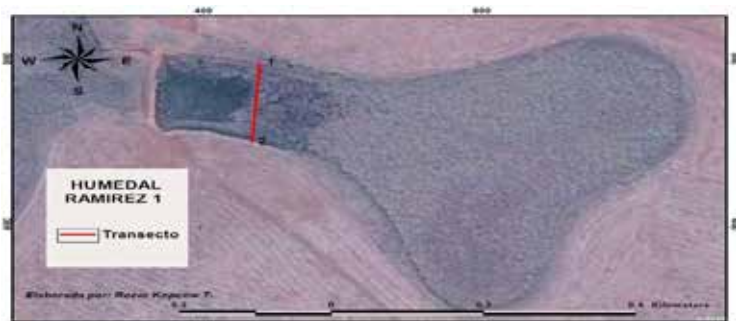


Fig. 4. Humedal Ramirez 1

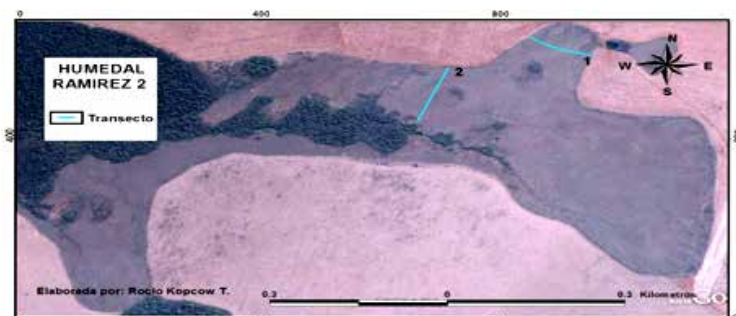


Fig. 5. Humedal Ramirez 2

mitigación de riesgos naturales porque actúan como amortiguadores contra la fuerza del agua y dispersan las fuerzas del viento. Servicios de *purificación de agua*, debido a la retención y eliminación de nutrientes provenientes de la actividad agrícola. Servicios de *regulación biológica* ya que existe control de la población de ratones mediante relaciones tróficas y distribución de semillas por dispersión zoócora. Servicio de *regímenes hidrológicos* ya que estos ecosistemas liberan y captan gradualmente el agua, actúan como esponjas y como grandes reservorios de agua que podrían o ya son aprovechadas para la actividad pecuaria.

**c) Servicios de Soporte:** en tres de los humedales seleccionados el contenido de materia orgánica es sumamente rica, esto hace que el suelo sea sumamente fértil y que haya especies de flora dentro de los humedales. En el humedal Potrero Ramírez-1 a simple vista no hay contenido de materia orgánica, pero sí se observó que es muy transcurrido por la avifauna que lo utilizan como *lugar de descanso, corredores* para pasar de un extremo a otro ya que los humedales se conectan con los bosques. Se ha constatado cierta preferencia de las aves en este humedal en particular.

De los cuatro humedales seleccionados, el 100% de las mismas brindan servicios relacionados a la *formación del suelo* y contribuyen al *reciclaje de nutrientes* en el suelo. Estos humedales retienen los sedimentos y acumulan gran cantidad de materia orgánica, formando de esta manera suelos fértiles. Por último brinda servicios de *biodiversidad* y *lugar de cría*, hay mucha concurrencia de aves tales como el terotero, garzas, patos, búhos, cuervos negros, entre otras e ingresando al interior de los humedales se observaron huellas de *Hydrochoerus hydrochaeris* (carpincho), *Rhea americana* (ñandú), heces de *Chrysocyon brachyurus* (aguara Guazú) y guaridas de *Dasypus novemcinctus* (tatu húa), lo cual señala a estos ecosistemas como hábitat de descanso de especies residentes, área de reproducción y de alimentación.

**d) Servicios Culturales:** en general los humedales son ecosistemas que inspiran tranquilidad, con cantos de aves y paisajes naturales relevantes. Pero existen humedales donde se dificulta el acceso, lo que también puede ser considerado como un factor

**Tabla 2.** Valor ecológico de los humedales de la RNM.

Criterios	Descripción breve
Naturalidad / Integridad	<p>Calidad del aire: no se percibe contaminante alguno.</p> <p>Calidad del agua: el agua está libre de biosidas (plaguicidas), son bebibles para la fauna y en algunos casos para las personas.</p> <p>Calidad del suelo: están formados por suelos muy fértiles, suelos orgánicos de espesor variable, el cual se recomienda que esta clase de suelo se evite utilizar por el gran impacto ambiental negativo que produce su utilización. Se recomienda que estén dentro de la clase de aptitud agro-ecológica.</p> <p>% de especies claves presentes: 62% de especies claves.</p> <p>% de tamaño mín. crítico del ecosistema: no hay registros del porcentaje, pero según Bartrina et al. (2008) los humedales están muy bien conservados y no presentan alteración antrópicas.</p>
Diversidad	Número de ecosistemas: 20 extensiones de humedales de longitud variable.
Singularidad / Rareza	Número de especies y sub-especies endémicas: 49 especies endémicas. No hay registros de sub-especies endémicas.

Fuente: Elaboración propia y adaptado De Groot et al., (2003).

positivo para su buen estado de conservación. No obstante existen humedales que tiene fácil acceso y que brindan *escenarios* y *rasgos paisajísticos* de calidad estética y con variadas especies de aves para la observación e incluso para estudios científicos y educativos ya que existen registros de especies de aves y mamíferos en el sitio que son endémicas del BAAPA.

Estos ecosistemas ofrecen rasgos paisajísticos, se ha constatado que la asociación de humedales con bosques de galería protegen *especies culturalmente importantes* especies como es el caso del Pindó (*Syagrus romanzoffiana*), palma cuyas hojas son utilizados para diversos rituales religiosos como ser bautismos, bendiciones de las casas y sobre todo en Semana Santa y en abundante cantidad. Cabe señalar que estas palmas poseen incluso precio de mercado.

**Valor ecológico de los servicios de los humedales de la RNPM**

Parte de lo que corresponde a zona de conservación está formado por grandes extensiones de humedales que cumplen un rol importante, con las numerosas especies de fauna y flora existentes y para

su supervivencia ya que algunas especies viven de forma permanente en los humedales y otras solo en determinados momentos de su ciclo de vida. En la tabla 2 se resume parte del valor ecológico recogido por esta investigación en lo relacionado a naturalidad/singularidad donde se ha destacado el servicio ecosistémico de *calidad del agua* y *del suelo*.

**Valoración económica de los humedales de la RNM**

Entre los humedales que se tomaron como ecosistema de referencia se ha aplicado el método de costo de reemplazo al humedal Potrero Ramírez – 1. Este humedal posee características similares a los otros humedales de los 20 que posee la RNM. En dicho humedal se ha instalado un tanque de 50.000 litros, con sistema de bombeo que transporta agua hasta los bebederos por gravedad, estos tienen una capacidad de 10.000 litros de agua para 500 cabezas de ganado.

El sistema de bombeo de agua es con un tanque de 2.000 metros de cañería, tres bebederos y dos pozos artesianos que representan un valor total estimado de Gs. 521.000.000 y por año se deprecia aproxi-

madamente Gs. 22.100.000 según cálculos realizados. La bomba que forma parte de este sistema es de 2Hp lo que equivale a 1,5 kW/h. Para la extracción de agua hasta el tanque tiene aproximadamente 10 horas de trabajo. A través de estos datos se obtiene que al mes el consumo de energía eléctrica sea de Gs. 157.500 y anualmente de Gs. 1.890.000 específicamente para el sistema de provisión de agua.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos de egresos e ingresos provistos por el administrador del establecimiento, incluyendo los gastos por tener un sistema de provisión de agua, más el gasto por energía que genera la bomba se obtuvo un promedio de Ingreso Neto/hectárea/año para los años 2009-2010 de Gs. 195.786, que representa Gs.1.536.920.100 (Promedio de Ingreso Neto/año), para las 500 cabezas de ganado del humedal Potrero Ramírez - 1. Esto representa aproximadamente US\$ 279.500 por año, al cambio actual (1US\$=5.500Gs.).

En el caso que el propietario tenga pensado reemplazar los servicios de provisión de agua que ofrecen los humedales restantes en la propiedad con las mismas características que el Humedal Potrero Ramírez-1, que se ha estimado en Gs.137.721 como ingreso neto/ha/año, invirtiendo Gs.65.577 por hectárea/año en el sistema de provisión de agua, que multiplicando por la cantidad de hectáreas que posee que son 7.850 señala una inversión de Gs.514.779.450. Esta inversión se convertiría en un egreso para el propietario si no se mantiene las condiciones naturales de los humedales, por tanto representa un beneficio económico para la propiedad en la actualidad en términos de ahorro o costos evitados.

El resultado obtenido es estimativo teniendo en cuenta que los servicios de los humedales de la RNM no están siendo aprovechados. Sin embargo señalan un servicio ecosistémico relevante que puede significar gastos o ahorros para los propietarios, es decir, que la conservación de los humedales contribuye de manera directa e indirecta a los beneficios netos de la actividad productiva principal (en este caso la ganadería) y que su conservación a largo plazo es conveniente para la sostenibilidad global de la actividad, sobre todo desde el aspecto ecológico.

Cabe señalar que otros aspectos de la valoración económica no han sido incluidos

en esta investigación, que señalan otros tipos de valores como ser usos indirectos, usos futuros, valor de existencia, entre otros. Esto se relaciona con los resultados de Rivarola y Amarilla 2015, quienes señalaron un valor de 414.023Gs/ha/año como ingreso neto de la actividad turística de la Estación Biológica Tres Gigantes, calculado a través del método del Costo de Oportunidad (Amarilla 2009). También analizado desde el punto de vista de la funcionalidad ecosistémica de los humedales del sitio, no representando este valor la totalidad de los valores económicos que deben ser considerados (valores de no uso y existencia). El mismo artículo también refiere la importancia de los servicios ecosistémicos señalados para la ecorregión Pantanal, siendo los principales servicios ecosistémicos para la Estación Biológica Tres Gigantes la *provisión de alimento*, la *mitigación de riesgos naturales*, la *biodiversidad*, *lugares de cría* y sobre todo la *recreación*.

## CONCLUSIONES

Mediante la identificación de los servicios ecosistémicos que proveen los humedales de la RNM se pudo apreciar la importancia y significancia de los mismos en cuanto a los grandes grupos de servicios ecosistémicos sugeridos por la literatura de referencia en el tema. Sin embargo, es clave seguir sumando esfuerzo para una caracterización más detallada de los mismos, atendiendo a la necesidad de información a nivel país sobre servicios ecosistémicos específicos por cada ecorregión.

Se ha complementado la investigación con una aproximación a la valoración de los servicios ecosistémicos de los humedales con la aplicación del método de reemplazo que ha permitido tener una primera idea del impacto económico que pudiera significar la alteración o degradación de los humedales en asociación con el bosque de la reserva para las diversas actividades productivas, y por ende la presión sobre la calidad ecosistémica a nivel de sitio.

En la estimación del valor económico de los servicios provenientes de los humedales se demostró que, en algunos casos, mantener las funciones naturales del ecosistema puede significar ahorros importantes para el propietario. Aunque los métodos de valoración económica todavía subjetivos y hasta controversiales, son lo suficientemente

buenos para brindar información preliminar, más aun teniendo en cuenta los vacíos de información existente a nivel país hasta el presente.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Reserva Natural Mborombí, a sus propietarios y manejadores por permitir la realización de la investigación. A la Red Paraguaya de Conservación Privada en la persona de su Directora la Lic. Ana María Macedo por las gestiones realizadas.

## REFERENCIAS

- Amarilla, S. M. 2009. Estudio de valoración económica de ecosistemas forestales de la región Oriental del Paraguay. In FAO/SEAM/IDEA: guía para elaboración de proyectos MDL forestales. Asunción, PY. p. 27-44.
- Bartrina, L., E. García, F. Ramírez, L. Rodríguez, M. Vera, M. Velázquez. 2008. Justificación Técnica. Reserva Natural Morombí. Fundación Moisés Bertoni. 105p.
- De Groot, R, M. Stuij, C. Finlayson, N. Davidson. 2007. Valoración de humedales: lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales, Informe Técnico de Ramsar, Montreal, CA, Secretaría Convención de Ramsar/Secretaría Convenio sobre la Diversidad Biológica. 58p.
- MEA (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio). 2005. Los ecosistemas y el bienestar humano: humedales y agua. Informe de Síntesis. Washington, World Resources Institute. 80p.
- RAMSAR. 2010. Fondo de humedales para el futuro: beneficiando el manejo y la conservación de humedales en América Latina y el Caribe. Gland, CH, Secretaría Convención RAMSAR. 58 p.
- Rivarola, J. y S.M. Amarilla. 2015. Servicios ecosistémicos y potencial económico de los humedales de la Estación Biológica Tres Gigantes. *Paraquaria Natural*. 3(2): 12 - 18.



# Percepción y observación de las variaciones en el régimen pluviométrico en Itapúa y Alto Paraná

**NORMAN E. BREUER**

Centro de Tecnología Apropriada, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción".

[norman.breuer@uc.edu.py](mailto:norman.breuer@uc.edu.py)

**IORELLA OREGGIONI**

Centro de Tecnología Apropriada, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción".

[fiorella.oreggioni@uc.edu.py](mailto:fiorella.oreggioni@uc.edu.py)

**JULIÁN BÁEZ**

Centro de Tecnología Apropriada, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción".

[Julian\\_baez@uc.edu.py](mailto:Julian_baez@uc.edu.py)

## RESUMEN

Este estudio forma parte de la etapa inicial de desarrollo de un sistema de apoyo a la toma de decisiones (DSS, por sus siglas en inglés Decision Support System) basado en información climática para ayudar a los productores del Paraguay Oriental a reducir los riesgos de producción asociados con la variabilidad del clima. Utilizamos un enfoque de métodos mixtos, incluyendo las ciencias sociales y metodologías biofísicas, enfocándonos en el Este de la Región Oriental del Paraguay como estudio de caso. La mayoría (96%) de los productores, agrónomos técnicos y potenciales usuarios finales del DSS, revelaron mediante encuestas, entrevistas abiertas y grupos focales una preocupación generalizada por los cambios estacionales y decenales en los patrones climáticos conocidos, especialmente por el aumento de las precipitaciones intensas durante el verano (60% de los encuestados) y por el aumento del volumen de precipitación principalmente durante la primavera (35% de los encuestados) y otoño (30% de los encuestados). Con el objetivo de contrastar las percepciones de los agricultores se analizaron datos diarios de precipitación en el área de estudio. Estos mostraron un incremento del volumen anual de precipitación, además del aumento en la intensidad de la precipitación máxima diaria registrada anualmente y en el número anual de eventos extremos definidos a partir del percentil 90 del histórico de datos. Con respecto a los cambios decenales observados por estación climática, se detectó una tendencia positiva en el volumen de precipitación acumulado y en el número de eventos extremos en primavera, verano y otoño. En invierno, en cambio, se registraron tendencias positivas y negativas dependiendo de la estación de observación meteorológica. En general, los productores percibieron correctamente las variaciones climáticas que se produjeron en la zona donde desarrollan su actividad económica. Por lo tanto, mostraron una buena capacidad para percibir la variabilidad climática en su dimensión espacial. Sin embargo, las variaciones percibidas no fueron correctamente atribuidas a una estación climática (primavera, verano, otoño e invierno) en todos los casos, por lo que mostraron una menor habilidad para percibir correctamente la distribución temporal de estas variaciones. No obstante, la participación desde el inicio de las partes interesadas en el desarrollo de sistemas de apoyo a la toma de decisiones permite ahorrar tiempo, esfuerzo y recursos económicos al orientar a los investigadores. Asimismo, la interacción continua con los *stakeholders* generará, muy probablemente, beneficios al mejorar la adopción de tecnología y al aumentar la resiliencia socioeconómica y ecológica de los sistemas agropecuarios.

**PALABRAS CLAVES:** Climatología, agricultura, eventos extremos, *stakeholders*, Paraguay.

## ABSTRACT

*This study is part of the initial stage of development of a climate information-based Decision Support System (DSS) to help producers in East Paraguay reduce production risks associated with climate variability. We use a mixed-methods approach, including the social sciences and biophysical methodologies, focusing on the Eastern region of Paraguay as a case study. Producers, technical agronomists, and potential DSS end-users, revealed through surveys, open-ended interviews and focus groups a generalized concern (96% of people surveyed) about seasonal and decadal changes in known weather patterns, especially increased summer precipitation (60% of people surveyed) and increased volume of precipitation mainly during spring (35% of people surveyed) and autumn (30% of people surveyed). In order to compare the farmers' perceptions, daily precipitation data were analyzed in the study area. These showed an annual increase in the volume of precipitation, in addition to the increase in the intensity of the daily precipitation recorded every year and in the annual number of extreme events defined from the 90th percentile of the historical data. With respect to the decennial changes observed by climatic season, a positive tendency was detected in the volume of accumulated precipitation and in the number of extreme events in spring, summer and autumn. In winter, however, there were positive and negative trends depending on the weather station. Producers in general, correctly perceived the climatic variations that occurred in the areas where they undertake their economic activity. Therefore, they showed a good spatial capacity to perceive climatic variability. However, the perceived variations in climate were not correctly attributed to a climatic season (spring, summer, autumn and winter) in all cases. Therefore, stakeholders showed less ability to correctly perceive the temporal distribution of these variations. Nevertheless, early involvement of stakeholders in the development of decision support systems can save time, effort and funding by guiding researchers on the right path. In addition, ongoing interaction with stakeholders has a high probability of providing benefits by improving technology adoption and the socioeconomic and ecological resilience of agricultural systems.*

**KEY-WORDS:** *Climatology, agriculture, extreme events, stakeholders, Paraguay.*

Trabajo presentado en la Reunión Internacional sobre "Cambio Global y Riesgos Climáticos en la Biodiversidad, Agricultura, Salud, Recursos Hídricos y Energía en Paraguay y la Cuenca del Plata", organizado por la Facultad Politécnica Universidad Nacional de Asunción y Guyra Paraguay con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Paraguay (CONACYT), llevado a cabo en Asunción los días 21 al 23 de junio del 2017.

**Paraquaria Nat. 5(2): 37 - 44**

ISSN 2309-5237

© Del/de los autor/es.

Es con licencia exclusiva a Guyra Paraguay.

<http://guyrap.org.py/paraquaria/>

art1:paraquaria52

Recibido: 16 de agosto de 2017

Aceptado: 11 de diciembre de 2017



## INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de mejorar la toma de decisiones para la adopción de medidas de adaptación con el objetivo de aumentar la resiliencia frente a la variabilidad climática en varios sectores de aplicación, los responsables políticos, las organizaciones intermediarias y los usuarios finales de los sistemas de apoyo a la toma de decisiones (DSS, por sus siglas en inglés *Decision Support System*) basados en el clima deben reconocer dos ámbitos de conocimiento. Por un lado, deben identificarse las percepciones de los cambios locales y los ajustes que pueden ser dados a la gestión actual; y, por otro, se debe buscar el mejor conocimiento posible de los cambios observados. Si los usuarios finales han sentido poco o ningún cambio en el clima local, la probabilidad de que se adopten medidas de adaptación y mitigación sería poco probable. Del mismo modo, la falta de cambios observados a escalas apropiadas dificulta la adopción de acciones de adaptación. Por lo tanto, una combinación de ciencias sociales y ciencias biofísicas es necesaria para abordar la complejidad de los procesos climáticos y de adaptación (Breuer *et al.* 2008). En este artículo, cuando hablamos de percepciones, nos referimos a las opiniones, perspectivas y observaciones personales del clima, término utilizado comúnmente en la literatura climática hace más de dos décadas.

Los sistemas agrícolas se identificaron tempranamente en las ciencias del clima como un sector donde las previsiones y la información podrían conducir a adaptaciones a la variabilidad climática. Los agricultores poseen conocimientos relevantes adquiridos a través de su trabajo cotidiano y, además, son adaptativos por naturaleza ya que ajustan su gestión de acuerdo con el clima u otras condiciones (Crane *et al.* 2011). Por lo tanto, para aumentar el éxito de las producciones agrícolas locales se necesita una amplia participación y trabajo interdisciplinario en el desarrollo de nuevas tecnologías. Consecuentemente, para que se adopte un DSS basado en la información climática, el diseño de la interfaz del sistema debe ajustarse a la comprensión de los productores de un entorno cambiante y a su gestión y desempeño habitual (Crane *et al.* 2010).

Este estudio formó parte de la etapa inicial de desarrollo de un DSS basado en

información climática para ayudar a los productores de soja de la Región Oriental del Paraguay a reducir los riesgos de producción asociados con la variabilidad climática. Los pasos involucrados en el co-desarrollo de este sistema fueron: i) realizar evaluaciones *ex ante* de las partes interesadas para comprender mejor las necesidades y expectativas de los usuarios finales y las organizaciones fronterizas; ii) trabajar con profesionales del Paraguay en el uso de métodos de investigación participativa para la ciencia climática, utilizando como estudio de caso las percepciones de los productores sobre la variabilidad y el cambio climático local; iii) comparar la variabilidad y el cambio percibido y observado del clima; y iv) desarrollar un prototipo de DSS utilizando como plataforma interactiva una página web para ayudar a los interesados a mitigar los riesgos de rendimiento asociados con la variabilidad climática y v) proponer opciones y acciones o modificaciones en el manejo de los cultivos para mitigar el riesgo climático basado en los pronósticos mejorados.

Las preguntas específicas que guiaron el estudio fueron: (i) ¿Cómo perciben la variabilidad climática los productores y técnicos (los *stakeholders*)? y, (ii) ¿Cómo se comparan las percepciones relacionadas a la variación de las precipitaciones con los datos pluviométricos observados? Para la ciencia y la sociedad se busca dar sustento al supuesto de que el diseño de una investigación interdisciplinaria, basada en la interacción desde el inicio con los potenciales usuarios y en métodos mixtos de análisis, puede ayudar a desarrollar mejores herramientas de apoyo a la toma de decisiones y sentar las bases para aumentar la adopción de este tipo de servicios climáticos.

### Antecedentes

Numerosos estudios fueron realizados a nivel mundial para conocer la percepción de los agricultores sobre la variabilidad climática (Hernandez *et al.* 2015; Roco *et al.* 2015; Kamruzzaman, 2015; Juana *et al.* 2013; Moyo *et al.* 2012; Rao *et al.* 2011). Sin embargo, ninguno de ellos fue realizado para conocer las percepciones de los agricultores en Paraguay.

Los estudios llevados a cabo en otras regiones del mundo, basados en análisis

descriptivos, revelan que los agricultores perciben su clima local como cambiante (Roco *et al.* 2015), en donde los cambios percibidos se relacionan a variaciones en la temperatura y patrones de precipitación.

Enfocándonos en las variaciones percibidas en el volumen de las precipitaciones, los agricultores perciben aumentos o disminuciones dependiendo de la región geográfica. En un estudio realizado en Nueva Zelanda, la mayoría de los agricultores encuestados percibió un aumento anual de las precipitaciones (Niles y Mueller 2016). Por el contrario, en un estudio realizado en Bangladesh la mayoría de los agricultores percibió una disminución en el volumen de las precipitaciones (Kamruzzaman 2015).

Con respecto a las variaciones observadas de la precipitación, se han realizado varios análisis estadísticos para conocer la variación del volumen de precipitación en Paraguay. Estos estudios indican un aumento del acumulado anual y un aumento en la intensidad diaria de las precipitaciones a través del tiempo (Arndt 2009, Haylock *et al.* 2006, Liebmann *et al.* 2004).

Cabe resaltar que los patrones de precipitación del Paraguay se ven influenciados por fenómenos climáticos, especialmente por el fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS). Fraisse *et al.* (2008) demostró que este fenómeno, al influir en el régimen de las precipitaciones, influye en los rendimientos de los cultivos en Paraguay. En este estudio se analizó la relación entre el fenómeno ENOS y los patrones de precipitación durante diferentes etapas de desarrollo de la soja, y se llegó a la conclusión de que los residuales positivos y negativos del rendimiento se produjeron tanto en la fase neutra como en la fase cálida (El Niño), y que en eventos de la fase fría (La Niña) los residuales fueron siempre negativos.

Por otro lado, estudios demostraron que tanto las precipitaciones como el cambio del uso del suelo en la Región Oriental del Paraguay están conduciendo a alteraciones en los caudales de cursos de agua superficiales. La Región Oriental ha sufrido un masivo cambio de uso del suelo, reduciéndose la cobertura del Bosque Atlántico Alto Paraná (BAAPA) en un 90% en los últimos 30 años, con tan solo unas 500.000 ha remanentes altamente fragmentadas en la actualidad (Ribeiro *et al.* 2009). Estudios de

modelado hidrológico llevados a cabo en cuencas hidrográficas en el área de estudio con el modelo *Mega Grandes Bacias – Instituto de Pesquisas Hidráulicas* (MGB-IPH) de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul de Brasil han encontrado que en general, los caudales máximos tienden a aumentar y que los caudales mínimos tienden a disminuir con el tiempo (Godoy Blanco 2016, Oreggioni 2016, Lugo y Mazó 2015). Indicaron que cerca del 54% de esta variación fue causada por el aumento de la precipitación y alrededor del 46% por el cambio de uso de la tierra (Lugo y Mazó 2015).

Adicionalmente, existen observaciones de aumentos históricos de hasta el 12% en los caudales pico del río Paraná a la altura de la Hidroeléctrica de Yacyretá en los últimos años (Recalde 2017). Además, se determinó que entre los años 1970 y 1999, los caudales medios anuales de los ríos Paraguay, Paraná y Uruguay sufrieron un notable incremento; específicamente, se registró un aumento del caudal medio en conjunto del 35% entre 1951-1970 y 1980-1999, y parte de este cambio está relacionado con el aumento de las precipitaciones anuales (Barros 2013).

## MÉTODO

Se utilizó un enfoque de métodos mixtos, incluyendo las ciencias sociales y las metodologías biofísicas. Se llevaron a cabo grupos focales, entrevistas abiertas y encuestas para medir el estado actual de conocimiento de las partes interesadas sobre el clima y el interés en el desarrollo de un DSS basado en información climática.

Estas encuestas fueron desarrolladas mediante la adaptación de un instrumento

similar utilizado en Argentina (Podestá et al. 2002). Cada una de ellas incluyó 15 preguntas, clasificadas en preguntas cerradas (sí/no) y de selección múltiple. Además, se dejó espacio libre para comentarios adicionales.

Se realizaron encuestas para conocer las percepciones sobre la variabilidad y el cambio climático en el área de estudio, sus conocimientos acerca del fenómeno ENOS, las fuentes de información a las que acuden para obtener información climática y meteorológica, sus disposiciones a utilizar pronósticos climáticos y sobre las posibles adaptaciones de la gestión agrícola si se dispone de predicciones climáticas fiables (Bernard 2010). Además, como generalmente se considera que la sequía es más dañina para la agricultura que un exceso de agua, para explorar la percepción de los agricultores con respecto a este tema, la encuesta incluyó también la pregunta de cuál fenómeno produce mayores impactos negativos en los cultivos, si es el exceso de agua, el déficit, o ambos.

Estas se llevaron a cabo durante el final de la temporada de cultivos 2012-2013 y fueron realizadas a una muestra de conveniencia de 93 agricultores, consultores y técnicos, donde todos ellos contaban con más de 30 años y habían estado residiendo en el área de estudio la mayor parte de sus vidas.

Los datos cuantitativos de las encuestas fueron introducidos a una planilla en el software Microsoft Excel® y fueron procesados y convertidos a porcentajes. Por otro lado, los comentarios cualitativos fueron codificados y organizados, también utilizando el software Microsoft Excel®. Adicionalmente, todas las reuniones fueron grabadas utilizando un grabador de mano.

Para validar y contrastar las percepciones sobre los cambios en el volumen e intensidad de las precipitaciones, se analizaron datos observados de precipitación. Se utilizaron los datos históricos de precipitación diaria de tres estaciones meteorológicas convencionales de la Dirección de Meteorología e Hidrología de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (DMH-DINAC) ubicadas en el área de estudio (Tabla 1).

Se establecieron las tendencias observadas mediante regresión lineal simple de la precipitación anual, del valor máximo anual de precipitación diaria y del número de eventos extremos de precipitación registrados anualmente. Para determinar los eventos extremos se adoptó la metodología estadística del percentil 90 (*Task Team on the Definition of Extreme Weather and Climate Events* 2016), esto quiere decir que todos los eventos diarios de precipitación que posean valores superiores a este percentil son considerados como eventos extremos. Adicionalmente, se realizó un análisis decenal del volumen de precipitación acumulado y del número de eventos extremos por estación climática (primavera, verano, otoño e invierno) para conocer sus incrementos o reducciones a través del tiempo. Todos los cálculos estadísticos fueron realizados por medio de funciones y tablas dinámicas en el software Microsoft Excel®, y mediante el software estadístico R utilizando el paquete RCLimDex el cual fue desarrollado y es mantenido por Xuebin Zhang y Feng Yang del Departamento de Investigación Climática del Servicio Meteorológico de Canadá. En este estudio, las estaciones climáticas fueron consideradas como sigue: primavera comprende los meses de septiembre, octubre y noviembre; verano comprende los meses de diciembre, enero y febrero; otoño comprende los meses de marzo, abril y mayo; e invierno comprende los meses de junio, julio y agosto.

**Tabla 1.** Estaciones meteorológicas convencionales de la DMH-DINAC.

Nombre de la estación	Departamento	Ciudad	Longitud (Grados Decimales)	Latitud (Grados Decimales)	Elevación (m)	Periodo (años)
Capitán Meza	Itapúa	Capitán Meza	-55.33	-26.83	263	1976-2015
Ciudad del Este	Alto Paraná	Ciudad del Este	-54.61	-25.52	196	1966-2006
Capitán Miranda	Itapúa	Capitán Miranda	-55.79	-27.20	228	1976-2005

## RESULTADOS

### Percepciones de la variabilidad climática

Los productores describieron los riesgos de producción asociados a la variabilidad climática. Los factores que pudieron haber contribuido a la apertura de la mentalidad de los agricultores en temas climáticos incluyeron cambios recientes en nuevos cultivares o variedades de soja con características de tolerancia a los herbicidas y a ciertas plagas y enfermedades, clima adverso durante las últimas temporadas de cultivo y un mayor interés en cultivar maíz como segunda cosecha que forzó la siembra anterior de soja, lo que resultó en una disminución de los rendimientos.

Durante las reuniones hubo un alto nivel de preocupación por la variabilidad y el cambio climático. Específicamente, el 96% de los encuestados consideró que el clima ha variado en la región en donde vienen llevando a cabo sus actividades productivas en los últimos diez años (2003-2013) (Tabla 2). En general percibieron un aumento del volumen de precipitación con el correr del tiempo. El 35% de los encuestados percibió un aumento del volumen de precipitación durante la primavera, el 30% percibió un aumento en otoño, el 27% en invierno y un 8% en verano.

Además, también percibieron un aumento en la intensidad de las precipitaciones. El 60% de los encuestados consideró en la actualidad las precipitaciones son más in-

tensas en el verano y el 21% consideró que son más intensas en la primavera. Seguidamente, el 10% de los encuestados consideró que existen aumentos en la intensidad de las precipitaciones en el invierno y el 8% en el otoño.

Con relación a cuál de los eventos afecta más la producción agrícola (exceso de precipitación, déficit de precipitación o ambos), el 71% de los encuestados declaró que el déficit es más perjudicial, mientras que el 29% expresó que tanto el déficit como el exceso de precipitación perjudicaron sus operaciones. Además, durante los talleres, los productores señalaron que el factor más importante a considerar en cuanto al impacto sobre los rendimientos de los cultivos es el momento fenológico en el que ocurre el evento extremo.

Adicionalmente, las observaciones empíricas de agricultores y técnicos acerca del cambio climático incluyeron árboles que florecen más temprano (en julio en lugar de septiembre u octubre) o floración durante todo el año y aves poco comunes que aparecen en su área. Existía un sentimiento general de que el clima está cambiando y eran frecuentes preguntas sobre la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura en la región.

Por otro lado, el interés en el uso de modelos de cultivos para evaluar los riesgos de producción fue confirmado por las partes interesadas. Los productores mencionaron posibles adaptaciones en su gestión si se dispone de pronósticos. Entre

las posibles adaptaciones se mencionaron modificaciones en la cantidad de superficie plantada para cada cultivo, cambios en las variedades (ciclo corto, medio y largo) y el almacenamiento de alimentos para el ganado para el invierno. Ninguno de los grupos mencionó el seguro ni el riego ya que estos modos de protección de riesgos no están ampliamente disponibles.

### Variabilidad climática observada

Se observó que en el Este de la Región Oriental del Paraguay existe una tendencia positiva en el acumulado anual de precipitación, indicando un incremento en el volumen anual de precipitación registrado a través del tiempo (Figura 1). Esto concuerda con los resultados de los estudios realizados por (Arndt 2009, Haylock *et al.* 2006, Liebmann *et al.* 2004), donde se concluye que existe un aumento en el volumen anual de la precipitación en Paraguay.

En las estaciones meteorológicas de Capitán Meza y Capitán Miranda, las tendencias positivas encontradas son significativas desde el punto de vista estadístico, ya que adoptando un nivel de significancia del 5%, en la primera estación se obtuvo un p-valor de 0.002 y en la segunda un p-valor de 0.012. En lo que respecta a la estación de Ciudad del Este, si bien se observa una tendencia positiva, ésta no tiene significancia estadística ya que posee un p-valor de 0.322.

**Tabla 2.** Percepciones de variabilidad climática obtenidas a través de las encuestas (N=93)

Variable	Percepciones
Variación en el clima	Si (96%) No (4%)
Volumen de precipitación total	Percepción de aumento de la precipitación en primavera (35%) Percepción de aumento de la precipitación en otoño (30%) Percepción de aumento de la precipitación en invierno (27%) Percepción de aumento de la precipitación en verano (8%)
Intensidad de la precipitación	Percepción de aumento de la intensidad de las precipitaciones en verano (60%) Percepción de aumento de la intensidad de las precipitaciones en primavera (21%) Percepción de aumento de la intensidad de las precipitaciones en invierno (10%) Percepción de aumento de la intensidad de las precipitaciones en otoño (8%)

En el análisis decenal se observó una tendencia positiva en el volumen de precipitación acumulado en primavera, verano y otoño, indicando un aumento a lo largo de los años del volumen de precipitación acumulado en estos periodos de tiempo. Contrariamente, se observó heterogeneidad en las tendencias encontradas durante el invierno, ya que en las estaciones meteorológicas ubicadas en Ciudad del Este y Capitán Miranda se observó tendencias negativas y en la estación de Capitán Meza una tendencia positiva (Figura 2).

Con respecto a la intensidad de las precipitaciones, se registraron tendencias positivas en el valor de la precipitación diaria máxima anual, lo que indica que éstas se están volviendo más intensas. De igual manera, analizando el valor de la precipitación diaria máxima mensual se detectaron tendencias positivas en todas las estaciones meteorológicas analizadas, encontrándose significancia estadística (p-valor de 0.048) en la ubicada en Capitán Meza. Similarmente, en estudios realizados por (Arndt 2009, Haylock *et al.* 2006, Liebmann *et al.* 2004) también registraron aumentos en la intensidad diaria de precipitación en el Paraguay.

Por otro lado, se analizó la frecuencia de los eventos extremos de precipitación y también se encontró una tendencia positiva en todas las estaciones meteorológicas (Figura 3). Como ya se mencionó anteriormente, estos eventos extremos fueron definidos por el percentil 90 de la totalidad de los datos de cada estación. En la estación meteorológica de Ciudad del Este, el percentil 90 es igual a 41.98mm/d, en la de Capitán Meza es igual a 41.29mm/d y en la de Capitán Miranda es igual a 45mm/d. Analizando estos eventos por estación climática, se pudo observar que tienden a ocurrir durante el periodo lluvioso de la Región Oriental, abarcando principalmente las estaciones de primavera y verano, con una importante reducción de su número durante el invierno.

Por último, haciendo un análisis decenal de la cantidad de los eventos extremos por estación climática, se observó que en toda la región existe una tendencia positiva en el número de eventos a través de los años en primavera, verano y otoño. Con respecto a la frecuencia de estos eventos durante el invierno, no se puede llegar a una conclusión unificada, ya que en las estaciones de Ciudad del Este y Capitán Miranda se registran tendencias negativas, indicando una reducción de estos eventos a través del tiempo, y en la estación meteorológica ubicada en Capitán Meza se registró una tendencia positiva, indicando un incremento.

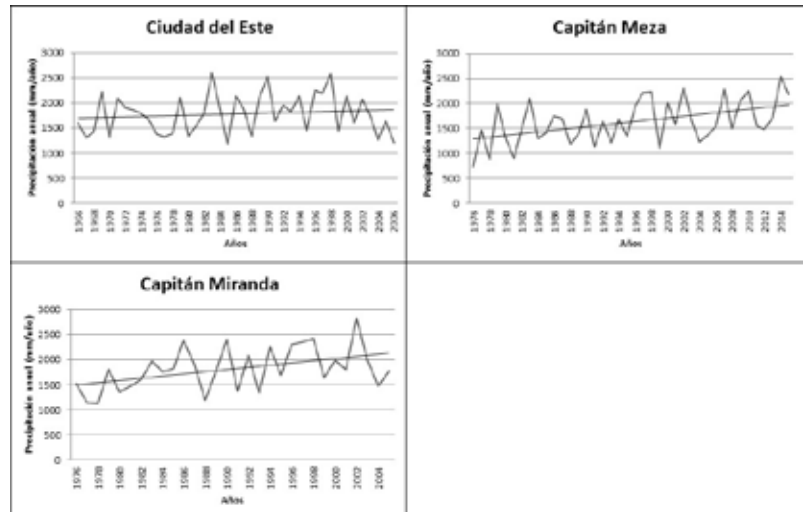


Figura 1. Acumulado anual de precipitación.

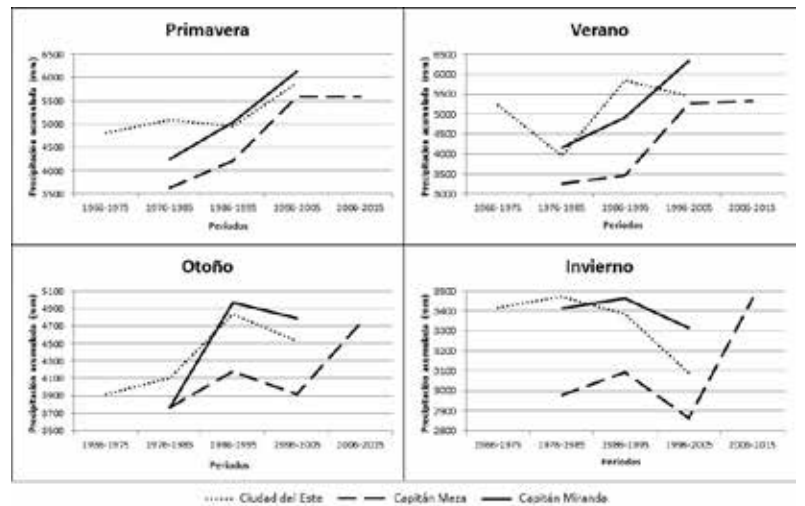


Figura 2. Acumulado decenal del volumen de precipitación por estación climática.

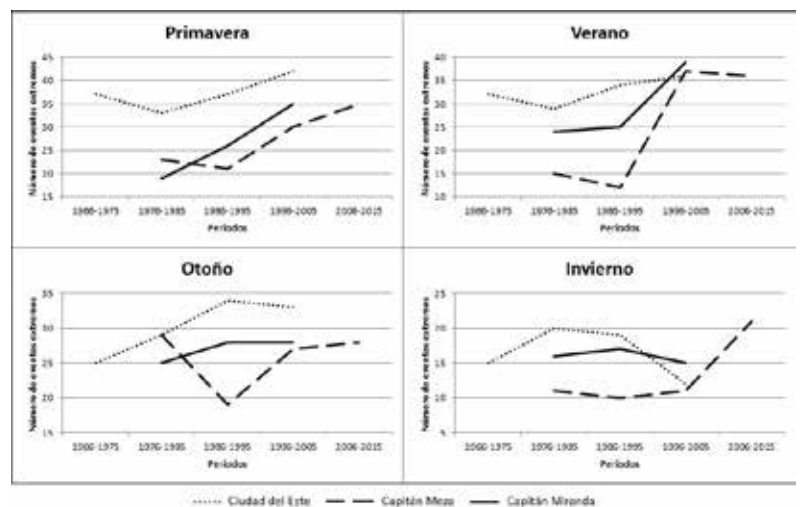


Figura 3. Número de eventos extremos cada 10 años por estación climática.



## CONCLUSIÓN

Se pudo observar que la mayoría de los agricultores y consultores técnicos (96%) identificaron cambios en el clima en la zona donde llevan a cabo sus actividades productivas. Específicamente, los agricultores detectaron un aumento en el volumen de la precipitación a través de los años, lo que concuerda con los resultados del análisis de los datos pluviométricos observados. Por consiguiente, se puede concluir que los agricultores perciben correctamente las variaciones en el volumen de precipitación anual.

Además, los agricultores percibieron un incremento en el volumen de precipitación, principalmente en primavera (35%) y otoño (30%). Estos incrementos fueron correctamente percibidos, ya que los acumulados decenales en estas estaciones climáticas muestran tendencias positivas en las estaciones meteorológicas ubicadas en el área de estudio. Con respecto a las percepciones de incremento del volumen de precipitación en invierno (27%) no se puede concluir que la misma sea correcta o no, ya que los datos observados de los volúmenes decenales de precipitación en dos estaciones meteorológicas muestran tendencias negativas, indicando una reducción del volumen de las precipitaciones, y en una estación meteorológica se registró una tendencia positiva, indicando un aumento del volumen de las precipitaciones con el correr del tiempo. Por último, sólo un 8% de los encuestados percibió un aumento de los volúmenes de precipitaciones en el verano y, sin embargo, todas las estaciones meteorológicas analizadas muestran una clara tendencia positiva en el volumen de las precipitaciones.

Por otro lado, los agricultores percibieron correctamente el aumento en la intensidad de las precipitaciones, ya que en todas las estaciones meteorológicas analizadas se observaron tendencias positivas en el valor de la precipitación diaria máxima mensual y anual, indicando un aumento de la intensidad de la precipitación a través de los años.

La mayoría de los agricultores (60%) percibió un aumento en la intensidad de la precipitación en el verano, lo cual también fue verificado con los datos de precipitación observados, ya que se registraron tenden-

cias positivas en el número de eventos extremos registrados cada 10 años durante el verano. Por lo tanto, se puede concluir que los agricultores perciben correctamente estos cambios.

Al mismo tiempo, se pudo verificar que tanto el exceso de precipitación como el déficit están relacionadas con la mayoría de los fracasos de la cosecha. El 71% de los encuestados declaró que el déficit de precipitación es más perjudicial para sus actividades productivas, y el 29% expresó que tanto el déficit como el exceso de precipitación son perjudiciales para sus operaciones.

Por lo expuesto anteriormente, se puede concluir que los agricultores mostraron una buena capacidad para percibir la variabilidad climática en su dimensión espacial. Sin embargo, las variaciones percibidas no fueron correctamente atribuidas a una estación climática en todos los casos, por lo que mostraron una menor habilidad para percibir correctamente la distribución temporal de estas variaciones. Este resultado también fue encontrado en Rao *et al.* (2011), donde las percepciones de los productores concuerdan a grandes rasgos con los cambios que se vienen dando regionalmente, pero carecen de precisión en relación con las tendencias observadas en las estaciones meteorológicas más cercanas a su área de producción.

Finalmente, y a pesar de las divergencias entre lo percibido y lo observado, coincidimos con Valdivia *et al.* (2010) en que la investigación participativa, en donde se comparten conocimiento y experiencias, es indispensable para construir la capacidad adaptativa y la resiliencia de los sistemas agropecuarios locales. La combinación de datos científicos con el conocimiento local sigue siendo un camino válido y útil para aumentar la adopción y uso de las herramientas de toma de decisión para reducción de riesgos en la producción agropecuaria.

### Limitaciones y recomendaciones

Como toda investigación llevada a cabo en el difícil medio de los países en desarrollo, las barreras encontradas para su realización fueron la obtención de datos climáticos confiables de serie larga, la baja densidad de la red de estaciones meteorológicas, las series discontinuas de ren-

dimientos de cultivos, de números y tipos de productores y la financiación para los viajes y reuniones. Sin embargo, éstas pudieron ser superadas por la buena voluntad y espíritu colaborativo de los profesionales, alumnos y auxiliares que prestaban su caso tiempo libre al proyecto.

Los datos climáticos fueron analizados con el rigor científico correspondiente. Los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos a través de los métodos de las ciencias sociales no son comparables –ni se ha pretendido compararlos directamente– utilizando técnicas estadísticas rigurosas. En las ciencias sociales, fundamentales para las aplicaciones prácticas de la ciencia climática, se utilizan datos cualitativos para dar textura y para agregar aristas nuevas proporcionadas por los *stakeholders* que van surgiendo durante los trabajos de investigación. Ambas son fuentes de conocimiento útiles en forma independiente. Pero, además, las percepciones sirven para contrastar con los datos observados para ayudar a entender los conocimientos climáticos del público, y cómo podrían utilizarlos en sus procesos de toma de decisión para desarrollar sistemas de información más amigables y adoptables. Es esta narrativa la que se ha establecido en esta nota, reconociendo las limitaciones de la metodología. Sin embargo, consideramos que los trabajos de métodos mixtos marcan un buen camino a seguir en el desarrollo de los servicios climáticos.

Se espera que los agentes de extensión, técnicos consultores, productores y encargados de la formulación de políticas públicas puedan utilizar los resultados de este estudio como apoyo en la toma de decisiones relativas a los ajustes de la gestión de los cultivos a la luz de las previsiones climáticas. Las adaptaciones podrían incluir aquellas que maximizan los rendimientos, tales como fechas de siembras ajustadas, así como otras que podrían mitigar las pérdidas potenciales, como la elección de cultivares adecuados. En especial, y ante la continua deforestación en la Región Oriental del Paraguay, se sugieren acciones de adaptación para paliar el aumento de erosión del suelo, tales como la incorporación de pasturas, la agroforestería, la forestación y reforestación.

Las economías de países en desarrollo podrían aumentar la seguridad alimentaria

y las ganancias de exportación incorporando informaciones climáticas al proceso de toma de decisiones a diversas escalas. Se espera que los trabajos iniciales sobre la variabilidad climática y las percepciones de las mismas sirvan de base para futuros estudios sobre la adaptación al cambio climático en diversos sectores de la economía paraguaya, especialmente, pero no limitado, al sector de producción de alimentos.

## AGRADECIMIENTOS

Un avance de este trabajo fue presentado en la Reunión Internacional sobre Cambio Global y Riesgos Climáticos en la Biodiversidad, Agricultura, Salud, Recursos Hídricos y Energía en Paraguay y la Cuenca del Plata, llevado a cabo en Asunción, Paraguay del 21 al 23 de junio del 2017. Agradecemos a los organizadores de tal evento, el Prof. Genaro Coronel de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción y el Dr. Alberto Yanosky de la Asociación Guyra Paraguay, así como también al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para llevarlo a cabo. Adicionalmente, se agradece a los productores y técnicos, y a los colegas, demasiado numerosos para citar aquí, que apoyaron esta investigación.

## REFERENCIAS

- Arndt, D.S., M.O. Baringer y M.R. Johnson, Eds. 2010. State of the Climate in 2009. Bulletin of the American Meteorological Society. 91(7):1-224.
- Barros, V. 2013. Escenarios hidrológicos de caudales medios del río Paraná y Uruguay. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago. 55pp.
- Bernard, R. 2010. Research Methods in Anthropology: Qualitative and quantitative approaches. Sage Publications, Thousand Oaks. 784 pp.
- Breuer, N.E., V.E. Cabrera, K.T. Ingram, K. Broad y P.E. Hildebrand. 2008. AgClimate: A case study in participatory decision support system development. Climatic Change. 87:385-403.
- Crane, T., C. Roncoli, N.E. Breuer, K. Broad, J. Paz, C. Fraisse, K. Ingram, D. Zierden y Hoogenboom. 2010. Forecast Skill and Farmers' Skills: Seasonal Climate Forecasts and Agricultural Risk Management in the Southeastern United States. Weather, Climate and Society. 2:44-59.
- Crane, T., C. Roncoli y G. Hoogenboom. 2011. Adaptation to climate change and climate variability: The importance of understanding agriculture as performance. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences. 57:179-185.
- Fraisse, C., V. Cabrera, N.E. Breuer, J. Báez y J. Quispe. 2008. El Niño - Southern Oscillation Influences on Soybean Yields in Eastern Paraguay. International Journal of Climatology. 28:1399-1407.
- Godoy Blanco, M.T. 2015. Análisis hidrológico de la cuenca del Río Monday mediante el uso del modelo hidrológico distribuido MGB - IPH. Tesis de grado para optar por el título de Ingeniera Ambiental. Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. 182 pp.
- Haylock, M. R., T.C. Peterson, L.M. Alves, T. Ambrizzi, Y. M. T. Anunciacao, J. Báez, V.R. Barros, M.A. Berlato, M. Bidegain, G. Coronel, V. Corradi, V.J. García, A.M. Grimm, D. Karoly, J.A. Marengo, M.B. Marino, D.F. Moncunill, D. Nechet, J. Quintana, E. Rebello, M. Rusticucci, J.L. Santos, I. Trebejo y L. A. Vincent. 2006. Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. Journal of Climate. 19(8):1490-1512.
- Hernandez, V., V. Moron, F. F. Riglos y E. Muzi. (2015). Confronting Farmers' Perceptions of Climatic Vulnerability with Observed Relationships between Yields and Climate Variability in Central Argentina. Weather, Climate, and Society. 7(1):39-59.
- Juana, J. S., Z. Kahaka y F. N. Okurut. 2013. Farmers' Perceptions and Adaptations to Climate Change in Sub-Sahara Africa: A Synthesis of Empirical Studies and Implications for Public Policy in African Agriculture. Journal of Agricultural Science, 5(4):121-135.
- Kamruzzaman, M. (2015). Farmers' Perceptions on Climate Change: A Step toward Climate Change Adaptation in Sylhet Hilly Region. Universal Journal of Agricultural Research, 3(2):53-58.
- Moyo, M., B. M. Mvumi, M. Kunzekweguta, K. Mazvimavi y P. Craufurd. 2012. Farmer Perceptions on Climate Change and Variability in Semi-Arid Zimbabwe in Relation To Climatology Evidence. African Crop Science Journal, 20(Supplement s2):317-335.
- Niles, M. T., y N. D. Mueller. 2016. Farmer perceptions of climate change: Associations with observed temperature and precipitation trends, irrigation, and climate beliefs. Global Environmental Change. 39:133-142.
- Liebmann, B., C.S. Vera, L.M.V. Carvalho, I.A. Camilloni, M.P. Hoerling, D. Allured, V.R. Barros, J. Báez y M. Bidegain. 2004. An observed trend in central South American precipitation. Journal of Climate. 17(22):4357-4367.
- Lugo, A. y M. Mazó. 2015. Implementación del modelo hidrológico MGB-IPH para el análisis de los efectos del cambio del uso del suelo en el régimen hidrológico de la cuenca del río Acaray. Tesis de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. 171pp.
- Oreggioni, F. 2016. Modelado hidrológico de la cuenca del río Ñacunday utilizando datos de precipitación estimados por satélites. Tesis de grado para optar por el título de Ingeniera Ambiental e Ingeniera Industrial. Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. 267pp.
- Podestá, G., D. Letson, C. Messina, F. Royce, A. Ferreyra, J. Jones, I. Llovet, M. Grondona, J. O'Brien. 2002. Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience. Agricultural Systems. 74: 374-392
- Rao, K. P. C., W. G. Ndegwa, K. Kizito y A. Oyoo. 2011. Climate Variability and Change: Farmer perceptions and un-

derstanding of intra-seasonal variability in rainfall and associated risk in semi-arid Kenya. *Expl Agric.* 47(2):267-291.

Roco, L., A. Engler, B. E. Bravo-Ureta y R. Jara-Rojas. 2015. Farmers' perception of climate change in mediterranean Chile. *Regional Environmental Change.* 15(5):867-879.

Recalde, A.M. 2017. Presentación oral en el Foro "Día Mundial del Agua". Gran Hotel del Paraguay, Asunción, Paraguay. 22 de marzo de 2017.

Ribeiro, M. C., J. P. Metzger, A. C. Martensen, F. J. Ponzoni, y M. M. Hirota. 2009. The Brazilian Atlantic forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation.* 142:1141-1153.

Task Team on the Definition of Extreme Weather and Climate Events. (2016). Guidelines on the Definition and Monitoring of Extreme Weather and Climate Events. World Meteorological Organization. 62pp.

Valdivia, C., A. Seth, J.L. Gilles, M. García, E. Jiménez, J. Cusicanqui, F. Navia y E. Yucra. 2010. Adapting to Climate Change in Andean Ecosystems: Landscapes, Capitals, and Perceptions Shaping Rural Livelihood Strategies and Linking Knowledge Systems. *Annals of the Association of American Geographers.* 100:818-834.

## VISIÓN

Ser el referente en diversidad biológica y su uso sustentable, enfocado en la conservación de los hábitats naturales

## MISIÓN

Promover el conocimiento, conservación y uso sustentable de la diversidad biológica con activa y responsable participación de la sociedad.

## COMPROMISO SOCIAL

Guyra Paraguay entiende que mediante la promoción de la investigación y el desarrollo sustentable se sientan las bases para la permanente búsqueda de una *mejor calidad de vida de la población*. El *compromiso personal* de cada integrante de Guyra Paraguay, sea empleado, directivo, miembro, socio o amigo, es indispensable para el logro de los nobles principios que han inspirado e inspiran nuestra causa. Es por ello que buscamos *"Alentar constantemente el espíritu de equipo trabajando, con equidad, justicia, igualdad y eficiencia, en alianza con otras organizaciones e, identificándonos todos quienes conformamos Guyra Paraguay, con los principios de la calidad, excelencia y ética profesionales, propiciando las condiciones para que los emprendimientos que encaramos, estén siempre basados en información científica, veraz y oportuna para un desarrollo armónico y sustentable del país y la región"*.

## MEMBRESÍA ANUAL



### APORTES INDIVIDUALES



 <p>PÁJARO CAMPANA <input type="checkbox"/></p> <p>Gs. 500.000</p>	 <p>ÁGUILA HARPÍA <input type="checkbox"/></p> <p>Gs. 400.000</p>
---	--

 <p>CHUPI SA'YJU <input type="checkbox"/></p> <p>Gs. 300.000</p>	 <p>YVYJA'U MOROTÍ <input type="checkbox"/></p> <p>Gs. 200.000</p>
---	---

 <p>CLUB GUARDIÁN DE LAS AVES PARA NIÑOS <input type="checkbox"/></p> <p>Gs. 100.000</p>
---

### APORTES CORPORATIVOS

 <p>PALO SANTO <input type="checkbox"/></p> <p>Gs. 8.000.000</p>	 <p>QUEBRACHO <input type="checkbox"/></p> <p>Gs. 6.000.000</p>
--	--

 <p>SAMU'U <input type="checkbox"/></p> <p>Gs. 4.000.000</p>	 <p>TAJY MOROTÍ <input type="checkbox"/></p> <p>Gs. 2.000.000</p>
--	--

NOMBRE / ORGANIZACIÓN _____	
DOCUMENTO / RUC _____	TELEF./ CEL: _____
DIRECCIÓN _____	
BARRIO _____	PAIS _____
EMAIL _____	

MARQUE CON UNA  EL TIPO DE MEMBRESÍA QUE DESEE

\* SE ACEPTAN PAGOS CON TARJETA DE CRÉDITO





GUAYANA

AMERICA

OMAGUA

TIMBU

DION

LIS

MANIA

CHICA

Patagones

CHICA

CHICA

Fretum Magellan



390