



**EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO  
EN EL HÁBITAT DE LAS ESPECIES Y LOS O.D.S**

**Memorias del congreso  
internacional de cambio climático**

**Julio 2020**

**Holger Benavides-Muñoz  
Franz Pucha-Cofrep**

**Loja - Ecuador**

## COMITÉ CIENTÍFICO

*Dr. Holger Manuel Benavides Muñoz*  
*Dr. Fernando Rodrigo Oñate Valdivieso*  
*Dr. Víctor Hugo González Jaramillo*  
*Dra. Carmen Mireya Lapo Pauta*  
*Dr. Alonso Rodrigo Zuñiga Suárez*  
*Dr. Yasmany Damián García Ramírez*

## Memorias del Congreso Internacional de Cambio Climático UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

### Diagramación y diseño digital:

EDILOJA Cía. Ltda.  
Telefax: 593-7-2611418  
San Cayetano Alto s/n  
[www.ediloja.com.ec](http://www.ediloja.com.ec)  
[edilojainfo@ediloja.com.ec](mailto:edilojainfo@ediloja.com.ec)  
Loja-Ecuador

Primera edición

ISBN digital - 978-9942-39-036-3



*La versión digital ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite: copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada.*

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Febrero, 2021

# Contenido

I. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y CAMBIO CLIMÁTICO .....	7
ODS 6: Estrategia de transferencia tecnológica para la gestión sostenible de servicios de agua de pequeña y mediana escala basada en la norma ISO 24500 .....	7
Dr. Arq. Mario Alejandro Nudelman <sup>1</sup> , Dra. Lic. Nancy Romea <sup>2</sup> .....	7
El impacto del cambio climático sobre las poblaciones de plantas acuáticas en lagunas altoandinas del norte del Ecuador .....	11
Esteban Terneus <sup>1</sup> , Berenice Vallejo <sup>1</sup> , Mateo Gómez de la Torre <sup>1</sup> .....	11
Identificación de los impactos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados. Aplicación en la Demarcación Hidrográfica del Júcar (España) .....	15
Clara E. Estrela Segrelles <sup>1</sup> , Miguel Ángel Pérez Martín <sup>1</sup> .....	15
Impacto de las condiciones climáticas en el crecimiento diamétrico de especies forestales de alto valor comercial .....	20
Darwin Pucha-Cofrep <sup>1,2</sup> , Nohemí Jumbo <sup>2</sup> , Victoria Moncada <sup>1</sup> , María Burneo <sup>1</sup> , Luis Narvaez <sup>1</sup> , Feijoo César <sup>2</sup> , Estefanía Barrera <sup>2</sup> , Josue Castro <sup>2</sup> , Carlos Ruiz <sup>3</sup> , Achim Bräuning <sup>4</sup> .....	20
II. HÁBITAT Y CIUDADES INTELIGENTES (SMART CITIES). .....	23
Aumento del consumo de agua domiciliar como efecto de los fenómenos mundiales. Posibles escenarios. ....	23
Benavides-Muñoz, Holger <sup>1</sup> .....	23
Analysis of climate change at local level: extreme weather events in the state of Yucatan, Mexico ...	30
Francisco Bautista <sup>1</sup> , Yameli Aguilar <sup>2</sup> , Marisela Leal <sup>3</sup> and Aristeo Pacheco <sup>4</sup> .....	30
Propuesta de diseño de un sistema de corredores verdes para la sostenibilidad de ciudades intermedias: caso Temuco. Chile .....	35
Moreno Roberto <sup>1</sup> , Ojeda Nelson <sup>2</sup> , Inostroza Laura <sup>3</sup> , .....	35
AGUA URBANA: análisis urbano ambiental de las quebradas de la ciudad de Loja para el diseño de infraestructuras resilientes .....	39
Alexandra Moncayo Vega .....	39
Cooperación para la gestión de la calidad del agua potable .....	43
Sandra Campanella <sup>1</sup> , Jorge Schmukler <sup>1</sup> , Mario Nudelman <sup>1</sup> .....	43
Resiliencia climática en Colombia, experiencias desde los sistemas de alerta temprana comunitarios .....	47
Jacipt Alexander Ramón Valencia <sup>1</sup> , Ana Katherine Lizarazo Vanegas <sup>1</sup> Doris Vanegas .....	47
III. EL CAMBIO CLIMÁTICO, LA PANDEMIA Y SUS EFECTOS .....	51
Cambio Climático y COVID-19: Alternativas para un nuevo rumbo .....	51
Max Lascano .....	51
Cambio climático y emociones: caso de análisis en el sur del Ecuador .....	56
Verónica Iñiguez-Gallardo <sup>1</sup> , Daniela Lenti Boero .....	56
Análisis del impacto del Cambio Climático en la producción de agua de una cuenca transfronteriza .....	63

Fernando Oñate-Valdivieso <sup>1</sup> , Arianna Oñate-Paladines <sup>2</sup> , .....	63
IV. ESTADO DEL ARTE, CÁLCULOS HIDROLÓGICOS, HIDRÁULICOS Y DE INFRAESTRUCTURAS. ....	67
Disponibilidad hídrica de la cuenca del río Catamayo. Uso comparativo de información satelital y estaciones hidrometeorológicas .....	67
Autor: Jimmy Cuenca-Satama <sup>1</sup> , Holger Benavides-Muñoz <sup>2</sup> .....	67
Fiabilidad de sistemas de riego a presión en parcelas utilizando ofimática .....	73
Néstor Silverio <sup>1</sup> , C. Mireya Lapo Pauta <sup>1</sup> .....	73
Análisis de capacidad hidráulica del drenaje vial para condiciones de escurrimiento actuales .....	78
Andrés Paulo Guayas Ullauri <sup>1</sup> , Holger Manuel Benavides Muñoz <sup>2</sup> .....	78
Evapotranspiración y cambio climático: un caso de estudio en el sur del Ecuador .....	86
Fernando Oñate-Valdivieso <sup>1</sup> , Gabriela Cajas <sup>2</sup> , Arianna Oñate-Paladines <sup>3</sup> .....	86
Implementación del pronóstico climático utilizando el modelo regional WRF para escenarios adversos del cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) en la costa peruana. ....	91
Marcelo Cervantes Camac <sup>1</sup> , .....	91
V. HÁBITAT, ESPECIES Y CAMBIO CLIMÁTICO. RESILIENCIA CLIMÁTICA Y MITIGACIÓN .....	95
Evaluación de la contaminación atmosférica generada por las emisiones de material particulado (PM10), en una zona urbana .....	95
Jarol Derley Ramón Valencia <sup>1,2*</sup> ; Belcy Hernández Tabaco <sup>2</sup> .....	95
Incendios forestales y su incidencia en la región sur del Ecuador .....	105
Víctor Hugo González-Jaramillo <sup>1</sup> , Fátima Priscila Soto Torres <sup>2</sup> .....	105
Flujos del agua en suelos de un bosque montano tropical en el sur del Ecuador .....	108
Folkert Bauer <sup>1</sup> , Luis Balcázar <sup>2</sup> , Christina Bogner <sup>3</sup> , Franz Pucha-Cofrep <sup>4</sup> , Stefan Engelhardt <sup>5</sup> , Bernd Huwe <sup>6</sup> , Benjamin Leutner <sup>7</sup> , Pablo Viñan <sup>8</sup> , Jörg Zeilinger <sup>9</sup> .....	108
VI. EXPERIENCIAS DE DIÁLOGO Y PROYECTOS ENTRE ACADEMIA, GOBIERNO Y SOCIEDAD .....	114
Condiciones higrotérmicas actuales y futuras en viviendas sociales en el Norte de Argentina .....	114
Silvana Flores Larsen <sup>1</sup> , Celina Filippín <sup>2</sup> .....	114
Cálculo del consumo de agua en una unidad académica .....	119
Benjamín Lara Ledesma <sup>1</sup> , Sonia Tatiana Sánchez Quispe <sup>1</sup> , Constantino Domínguez Sánchez <sup>1</sup> ....	119
Adsorción de colorantes en óxido de grafeno reducido .....	123
Cristian Vacacela Gomez <sup>1</sup> , Talia Tene <sup>2</sup> , Marco Guevara <sup>3</sup> , Fabian Arias Arias <sup>4</sup> , Hannibal Brito <sup>4</sup> , Lorenzo Caputi <sup>5</sup> .....	123
Uso y manejo del Suelo en Loja-Ecuador, algunas implicaciones frente al Cambio Climático .....	128
Pablo Ochoa Cueva <sup>1</sup> .....	128
Estimación del Balance de Masa para un sector del Glaciar Quito .....	132
Ing. Msc. Bolívar Cáceres Correa .....	132

Análisis de condiciones meteorológicas para la generación de pronósticos del estado del tiempo como herramienta de apoyo para el sistema de alertas tempranas ante eventos climáticos extremos .....	136
Jacipt Alexander Ramón Valencia <sup>1</sup> , Derly Estefany Vera Mogollón <sup>1</sup> .....	136
Cambio Climático y Biodiversidad en Campus Universitarios en Reino Unido .....	140
Victor Molina-Dueñas <sup>1</sup> .....	140



## I. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y CAMBIO CLIMÁTICO

### **ODS 6: Estrategia de transferencia tecnológica para la gestión sostenible de servicios de agua de pequeña y mediana escala basada en la norma ISO 24500**

#### ***SDG 6: Technology transfer strategy for sustainable management of small and medium-scale water services based on ISO 24500***

Dr. Arq. Mario Alejandro Nudelman<sup>1</sup>, Dra. Lic. Nancy Romea<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro para la gestión local sostenible del agua y el hábitat humano (CEGELAH), Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos. [nudelman.mario@uader.edu.ar](mailto:nudelman.mario@uader.edu.ar)

#### **Resumen**

El cambio climático acentuó la necesidad de contar en todos los servicios de agua con una base de información para decisiones basadas en evidencia que garanticen la disponibilidad de agua a futuro y cómo distribuirla en condiciones de sostenibilidad. Frente a ello, los servicios de pequeña y mediana escala sufren vulnerabilidad tecnológica, con deficitaria capacidad técnica de los recursos humanos, falta de instrumental y sistemas de información para construir indicadores de desempeño confiables y delinear planes de mejora consecuentes.

Se presenta una estrategia de transferencia tecnológica destinada a cooperativas de agua potable de la Provincia de Entre Ríos, Argentina. Con la forma de una Diplomatura, con un diseño de contenidos y una estructura basada en la pedagogía experimental, permite el fortalecimiento y el aumento de autonomía de los servicios, para liderar localmente, políticas adaptativas al cambio climático, dentro del marco de la norma internacional ISO 24500.

**Palabras claves:** gestión sostenible del agua, ISO 24500, planificación de servicios de agua, transferencia tecnológica

#### **Abstract**

Climate change emphasized the need for an information base in all water services to evidence-based decisions that ensure the availability of water in the future and how to distribute it under sustainability conditions. In the face of this, small and medium-scale services suffer from technological vulnerability, with deficient technical capacity of human resources, lack of tools and information systems to build reliable performance indicators and outline consequential improvement plans.

A technology transfer strategy is presented for drinking water cooperatives in The Province of Entre Ríos, Argentina. In the form of a "Diplomatura", with a content design and a structure based on experimental pedagogy, it allows the strengthening and increase of autonomy of services, to lead locally, policies adaptive to climate change, within the framework of the international standard ISO 24500.

Keywords: sustainable water management, ISO 24500, water service planning, technology transfer.

#### **Introducción**

Desde el año 2008 cuando el CEGELAH inició sus actividades con trabajos descriptivos acerca de las condiciones de servicios de un conjunto inicial de proveedores de agua potable con fuente subterránea (Crespo, Nogoyá y La Paz), el diagnóstico al que se arribó ha sido la escasa información disponible, su fragmentación, su discontinuidad en el tiempo. Pero la consecuencia más negativa es el sistema de toma de decisiones que se desprende de ello, donde prima lo que se puede denominar técnicamente "la caja negra", la discrecionalidad, sobre la casi inexistente

“caja transparente” o toma de decisiones basadas en evidencia científico-tecnológica, operando un proceso de planificación del sector local del agua. El panorama diagnóstico se completó con un Proyecto de Extensión en la Cooperativa de servicios de agua potable de Oro Verde. A la falta de información en el campo del agua inyectada y agua consumida detectado especialmente en los servicios municipales con los cuales se trabajó precedentemente, se le sumó el déficit existente en cuanto a un control más eficiente de las condiciones de potabilidad del agua. En ambos tipos de administración, el desconocimiento de las condiciones sustentables de explotación del acuífero es una constante (CEGELAH, 2020).

Los servicios de agua potable de la provincia no manifiestan una mayor situación deficitaria de su decadencia en cuanto a operación y mantenimiento sin base sobre evidencia, por la sencilla razón de la generosa disponibilidad de recurso hídrico subterráneo en el territorio provincial, hasta el momento.

Pero el cambio climático, tal cual lo expresa el Tercer comunicado nacional (CIMA, 2015), trae para la región una transformación de las condiciones de recarga de los acuíferos y una agudización de la demanda, especialmente si como hasta ahora lo muestra la información global, prevalece el escenario más pesimista en cuanto al control del CO<sub>2</sub> atmosférico (Estévez, 2019). La primera condición viene dada por el cambio de la distribución de lluvias en la región. En promedio anual se estima un mantenimiento de la cantidad de agua por precipitaciones. Pero las mismas se darán con un acento en episodios de lluvia extrema. Esto aumentará las condiciones de erosión y esta condición de escorrentía disminuirá las posibilidades de absorción de agua alterando la recarga de acuíferos. A esto se le suma el aumento y persistencia de olas de calor, lo que afecta en forma directa el aumento de la demanda de agua. Pero también, justifica el potencial aumento de los sistemas de riego complementario con fuente de agua subterránea para evitar la pérdida de cultivos por sequía. Esto implicará un aumento de la presión extractiva sobre los acuíferos de la provincia, lo cual afectará la calidad del agua y la profundidad de las explotaciones.

Frente a este panorama, urge responder a la pregunta ¿Cómo alcanzar entonces el Objetivo Desarrollo Sostenible 6, o sea la gestión sostenible del recurso hídrico para garantizar a toda la población el acceso al agua segura? El CEGELAH encontró la respuesta en la promoción de la normativa ISO 24500, pero no como una simple capacitación, sino como un esfuerzo inter-actoral de transformación de los servicios de agua potable del territorio provincial. Y de todos ellos, los más vulnerables son los de pequeña y mediana escala.

## **Metodología**

Pueden distinguirse en la metodología para arribar a la respuesta precedente, dos líneas: la gestión institucional y la pedagogía experimental.

En cuanto a la gestión, se avanzó con:

1. Un acuerdo con el Instituto certificador y de auditorías de Argentina, IRAM. Se alcanzó el objetivo de impartir una titulación compartida entre la Universidad Autónoma de Entre Ríos y el IRAM. Esta última tiene una larga trayectoria y gran prestigio en la formación para profesionales y empresas en un amplio abanico de normas nacionales e internacionales. La Facultad de Ciencia y Tecnología de la UADER, a través del CEGELAH aportarían la docencia y la estructura de formación en todo el territorio provincial. También se sumaron con aporte de expertos con experiencia en campo el Instituto Nacional del Agua de Argentina y la Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.
2. También se avanzó en un consenso de contenidos y metodología que garantice tanto la participación de las Cooperativas de agua potable, como la gestión de fondos para los gastos de matriculación como los de las inversiones iniciales en instrumentos y equipamiento que demandará la estrategia formativa diseñada.



Dicho consenso se alcanzó mediante el diálogo con la Federación de cooperativas de agua de Entre Ríos (FECAPER) y el Instituto de Cooperativas y Mutuales de la Provincia de Entre Ríos.

La propuesta de transferencia tecnológica estuvo basada tanto en la naturaleza propia de la normativa ISO 24500 como en las características de la vulnerabilidad tecnológica observada en un caso de referencia (Cooperativa de agua potable de Oro verde) durante la ejecución de un proyecto anual de extensión universitaria financiado por la UADER, donde se realizó diagnóstico y asistencia técnica desde la óptica de los sistemas de gestión medioambiental (SGA) (CEGELAH, 2020).

En cuanto al diseño curricular los desafíos encarados fueron múltiples:

1. En cuanto a los destinatarios, se eligió el formato de Diplomatura, pues posibilita el otorgamiento de la titulación tanto a profesionales o estudiantes de grado avanzados como a los recursos humanos de las cooperativas que cuentan con amplia experiencia, pero no con titulación superior.
2. En la selección de contenidos, se trabajó fuertemente con los docentes en definir una serie de contenidos teóricos mínimos que ayuden a la comprensión del comportamiento del recurso y su sistema de distribución para luego hacer hincapié en los pasos básicos de un proceso de planificación basado en la evidencia.
3. El proceso pasa desde un predominio de contenidos de gabinete y termina con un predominio de actividad de campo debidamente supervisada.
4. Diseñado desde el campo de la Pedagogía experimental, tenemos que indicar que no todas las cuestiones pedagógicas se pueden tratar experimentalmente. Pero si las perspectivas en el estudio de problemas de la enseñanza y las situaciones problemáticas que se pretenden explicar mediante métodos de verificación, aplicativa y práctica.
5. Se implementará la observación y experimentación, exigiendo manipulación de los fenómenos por medir.
6. Utilización de motivación, recursos didácticos-pedagógicos, modelos de diagnósticos, comparando entre diferentes grupos de aprendizaje identificados en los objetivos (Romea, 2015).
7. Se evaluarán aprendizajes, habilidades y capacidades de los estudiantes, problemáticas de adaptación social y asimilación de tecnologías.

Se comprueban valoraciones de eficacia y validez de los rendimientos educativos. Precisión y exactitud de resultados. Los métodos desde la Pedagogía Experimental como ciencia aplicada y práctica, aporta procedimientos y técnicas para la planificación y organización de los efectos didáctico y educativos predictibles.

## **Resultados**

El resultado es el de la aprobación por parte de la FCYT/UADER de la “Diplomatura en gestión sostenible de servicios de agua potable, dentro del marco de la norma ISO 24500” (Resol. CD-FCYT 508-19), con una duración anual, comprendiendo un total de 11 módulos (prácticamente uno por mes) que abarcan los siguientes tópicos:

Introducción a los servicios públicos de agua potable, Conceptos básicos de la explotación sostenible de un acuífero, Fundamentos de hidráulica urbana, Norma Internacional ISO 24500, Taller de relevamiento información sustantiva, Taller Evaluación de servicios de agua potable, Taller de implementación de indicadores de desempeño (Cabrera, 2011), Balance hídrico de los abastecimientos de agua, Taller de obtención y procesamiento de datos de abastecimientos de agua, Taller bases para un sistema de información, Informe técnico integrador.

La actividad práctica cuenta con un abastecimiento de agua que oficiará de referencia para todos los servicios participantes (Cooperativa de agua de Oro Verde). Todos los participantes estarán asociados (pertenecan laboralmente o no) a un servicio de agua participante donde se desarrollará la actividad de campo durante el dictado de los módulos. Como producto final, cada grupo de participantes formulará un plan de mejora basado en la evidencia obtenida durante la actividad teórico-práctica ejecutada.

## Conclusiones

Con una norma o una mera capacitación en ella, no será posible avanzar en el necesario fortalecimiento de los servicios de agua de pequeña y mediana escala frente a la amenaza del cambio climático. Si es destacable que la direccionalidad que imprime la norma ISO 24500 aporta una base validada internacionalmente sobre los componentes que contribuyen a la gestión sostenible de un abastecimiento de agua. La estrategia de transferencia tecnológica presentada reúne como puntos positivos de que fue diseñada centrada en los reales operadores de estos servicios. También de que implicó un consenso con las instituciones que más cerca han estado de estas cooperativas de servicio. La propuesta pedagógica toma no solo los necesarios contenidos teóricos para ser ajustado a las capacidades de los recursos humanos participantes, sino que, como nota distintiva, avanza junto con un conjunto de servicios participantes, en la aplicación en campo de dichos conocimientos y se abre a las capacidades propias de observación y diseño de los participantes para alcanzar un producto de mejora de condiciones de servicio.

Sin dudas alcanzar ese objetivo es todo un logro, pero es solo el principio de un proceso de transformación que busca ser continua. Se abre allí el desafío de la continuidad. El CEGELAH ha formulado tentativamente ya dos proyectos de “campus de cooperación horizontal virtual” (aún sin éxito de apoyo financiero) como formas de sostener a distancia las incipientes iniciativas formuladas durante el cursado de la Diplomatura. Vale resaltar por último que esta manera de entender la cooperación técnica tiene exponentes exitosos, como el programa “Connective Cities” de la cooperación alemana y organismos asociados, que nos han mostrado que es posible dinamizar iniciativas locales con componentes remotos.

## Referencias

- Cabrera E., y otros. (2011). “Manual de buenas prácticas. Benchmarking para servicios de agua. Guiando a los prestadores de servicios de agua hacia la excelencia.” International Water Association (IWA).
- CEGELAH (2020). – “Evaluación de servicios de agua potable desde los Sistemas de gestión medioambiental” – Informe final de Proyecto de Extensión Universitaria – UADER.
- Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA) para la Secretaría de Medio- ambiente de la Nación Argentina, (2015). “Cambio climático en Argentina, tendencias y proyecciones.” <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=13291> Extraído en 06/2015
- Estévez, R. (2019). “Conclusiones de la Cumbre de Cambio Climático de Madrid 2019” –<https://www.ecointeligencia.com/2019/12/conclusiones-madrid-cop25/> Extraído en 07/2020
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) (2011). – “Norma Argentina IRAM-ISO 24512 – Actividades relacionadas con los servicios de agua potable y agua residual – Directrices para las entidades prestadoras de servicios de agua potable y para la evaluación de servicios de agua potable”. Primera edición.
- Romea, N. (2015) “Motivación”. Expositor en el Congreso El aula un Mundo-el mundo un aula - Universidad Católica de Santa Fe, Facultad de Humanidades. Santa Fe, 3,4 y 5 de septiembre 2015

## El impacto del cambio climático sobre las poblaciones de plantas acuáticas en lagunas altoandinas del norte del Ecuador

### *The climate change impact in the aquatic plant populations in High Andean lakes from northern Ecuador*

Esteban Terneus<sup>1</sup>, Berenice Vallejo<sup>1</sup>, Mateo Gómez de la Torre<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Internacional del Ecuador, Escuela de Gestión Ambiental. [hterneus@uide.edu.ec](mailto:hterneus@uide.edu.ec)

#### Resumen

La vulnerabilidad a los cambios ambientales expresado en la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa de las especies, fueron elementos considerados para determinar el impacto del cambio climático en las poblaciones de plantas acuáticas de las lagunas Verdes, asentadas al pie del Volcán Chiles, en el norte del Ecuador. Se comparó información histórica (año 2000) y reciente (2017) en referencia a la estructura y composición florística de la vegetación acuática y sus condiciones ambientales. Los datos obtenidos demuestran reducciones en las abundancias de las poblaciones de plantas acuáticas más sensibles como *Elatine ecuadoriensis*, *Crassula venezuelensis* e *Isoetes sp.* mientras especies hidrófitas como *Lilaeopsis schaffneriana* y *Juncus stipulatus* han sido remplazadas por plantas helófitas colonizadoras como *Agrostis gigantea* y *Lachemilla nivalis*, poniendo en evidencia un proceso intenso de transformación de los ambientes acuáticos en terrestres.

Palabras clave: sensibilidad; adaptación; colonización; transformación; reducción

#### Abstract

The vulnerability of environment changes expressed in the species sensibility, exposition and adaptation capability, were analyzed for assessment of climate change over the aquatic plants populations from Lagunas Verdes, located at the food of Chiles Volcano, in northern Ecuador. The historic (2000) and recent information (2017) about floristic composition and structure of aquatic plants and their environment conditions was compared. The records obtained shows reductions of the abundance patterns in the most sensitive species of aquatic plants like ***Elatine ecuadoriensis*, *Crassula venezuelensis* e *isoetes sp.*** While hydrophilic species like ***Lilaeopsis schaffneriana* y *Juncus stipulatus*** have been replaced by helophytic plants like ***Agrostis gigantea* and *Lachemilla nivalis*** revealing an intense process of transformation of aquatic environments into terrestrial.

**Key words:** sensibility; adaptation; colonization; transformation; reduction.

#### Análisis de contexto

Uno de los recursos naturales que más está en riesgo frente a los cambios ambientales ocasionados por el impacto del cambio climático, es el recurso hídrico, un servicio ecosistémico poco valorado y conservado en la actualidad y que guarda en su interior una gran riqueza biológica, donde el gremio de plantas acuáticas cumple un papel fundamental, en términos de funcionalidad ecológica y bioindicación (Terneus et al., 2020).

La información histórica es uno de los determinantes para medir e interpretar los efectos del cambio climático, debido a su gran dinámica temporal y espacial. Elementos extrínsecos como la temperatura, precipitación, humedad relativa tienen una mayor incidencia hacia los trópicos y de forma particular sobre el Ecuador, al estar asentado sobre la línea ecuatorial. Sus páramos y lagunas andinas reciben con mayor intensidad los efectos de los elementos mencionados y, por consiguiente, la magnitud de los cambios se manifiesta con mayor intensidad en esta región del planeta (Thomas et al., 2004).

Por su parte, la sensibilidad de las especies a estos cambios en el ambiente, se manifiestan en su comportamiento. Sin embargo, en el caso particular de las plantas acuáticas, estos manifestos se ven reflejados en los cambios en la estructura y composición florística de las especies, o en sus mecanismos de dispersión, los que al final producen reducción de poblaciones y en algunos casos, desaparición de las mismas (Dos Santos Fonseca et al., 2015; Göransson, 2017), generando fuertes cambios en la funcionalidad ecosistémica, lo que puede llevar a una transformación gradual de ecosistemas acuáticos en terrestres y por consiguiente, ocasionar una merma en la disponibilidad del recurso hídrico.

## Metodología

Se comparó la información obtenida de los cuadrantes de muestreo, en términos de cobertura y abundancia de especies, entre las dos jornadas históricas de muestreo. Además, se confrontaron los datos de las variables ambientales de físico-química (conductividad, pH y temperatura del agua) en estas dos jornadas.

Los datos fueron analizados aplicando un análisis de conglomerados de Bray Courtis (1957) para los patrones de cobertura de especies, y para analizar las variaciones de las condiciones ambientales se aplicó un análisis de Escalamiento Mutidimensional (NMDS). Estos dos análisis permitieron evidenciar los cambios ocurridos a través del tiempo y cuál fue su impacto en términos de estructura y composición de las plantas acuáticas y el estado ecológico de las lagunas donde habitan.

## Resultados y conclusiones

Se observa la presencia de *Agrostis gigantea*, *Lachemilla nivalis*, *Lilaea scilloides* y *Plantago tubulosa*, especies helófitas que no se registraron en el año 2000 en las zonas litorales, y que en la actualidad se encuentran colonizando aquellos espacios anegados que están expuestos a variaciones de los niveles de agua. Antagónicamente, especies de hábitos hidrófitos como *Juncus stipulatus*, *Lilaeopsis schaffneriana* y una especie de hepática, cuya presencia se registró en el año 2000, actualmente ya no se reportan para las lagunas Verdes al pie del volcán Chiles.

**Tabla 1.** Patrones de frecuencia y cobertura vegetal de las especies de plantas acuáticas registradas en las lagunas Verdes al pie del volcán Chiles.

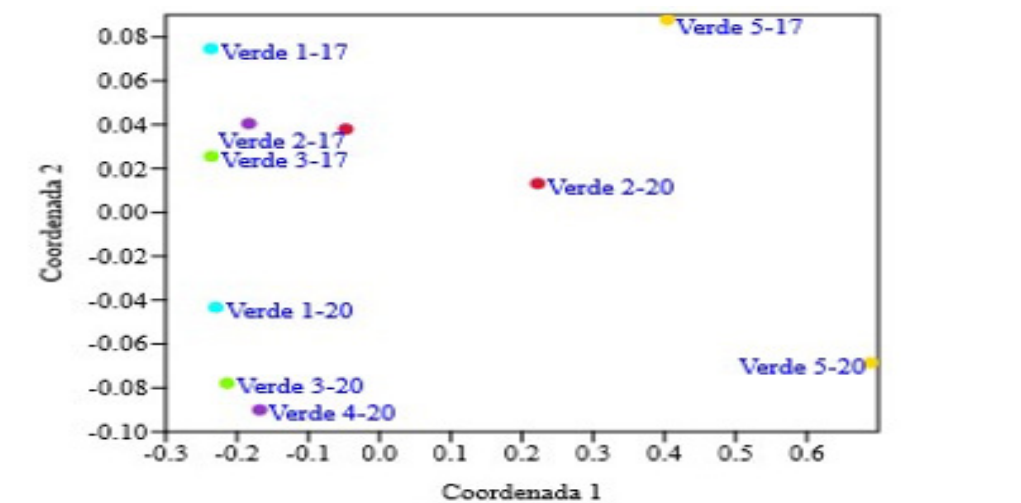
2000 - 2017	Especies compartidas	Frecuencia promedio (%)						Cobertura promedio (%)		Forma de vida
		Especies	*	Lag. 2000	Lag. 2017	Trans 2000	Trans 2017	Cuad 2000	Cuad 2017	
Agrostis gigantea	2017		80		88		44,3		26	EE
Lachemilla nivalis	2017		80		75		34,3		0,24	ES
Isolepis inundata	*	85,7	100	70	100	20	81,4	6,7	28	ES
Juncus stipulatus	2000	14,2		20		10		1,9		ES
Callitriche heterophylla	2017		40		37,5		17,1		0,21	ES
Crassula venezuelensis	*	42,8	40	30	50	22	24,2	8,4	1,1	ES
Plantago tubulosa	2017		60		38		14,2		0,07	EE
Ranunculus limoselloides	*	57,1	60	50	50	15	25,7	7,7	1,6	EF
Lilaea scilloides	2017		20		25		0,29		0,08	EE
Lilaeopsis Schaffneriana	2000	14,2		10		1		0,3		EE
Isoetes lechleri	*	42,8	20	40	12,5	17	11,4	1,6	1,4	ES
Elatine ecuadoriensis	*	42,8	20	30	25	20	15,7	8,2	0,35	ES
Werneria pygmaea	*	14,2	20	20	12,5	14	4,3	5,2	0,05	EE
Sphagnum sp.	*	28,5	80	20	50	10	70	6,9	21	EF
Hepáticas sp.	2000	71,4		70		37		26,7		ES
10	12	7								

Por otro lado, aquellas especies que han estado presentes en los dos muestreos experimentan reducciones en los patrones de cobertura, al registrar valores menores en el 2017, con relación al muestreo del 2000. Únicamente el género *Sphagnum sp.* registra un aumento en sus patrones de cobertura al 2017.

**Tabla 2.** Físico-química de agua registrada en las lagunas de estudio durante los dos muestreos.

Lagunas	2000 pH	2017 pH	2000 Conductividad	2017 Conductividad	2000 Temperatura	2017 Temperatura
Verde 1	6,0	6,2	5,4	5	16,7	10,2
verde 2	5,5	6,5	30,5	15,5	13,4	12,1
Verde 3	5,5	5,4	6,3	5	18,6	12,8
Verde 4	5,5	5,3	8,8	8	19,3	12
Verde 5	5,5	5,7	56,5	40,6	17,8	9,2

La reducción de los valores de conductividad entre las dos épocas limita las atribuciones de cambio en la estructura y composición florística por razones volcánicas. De igual manera el pH marca tendencias hacia la neutralidad, alejando los efectos volcánicos sobre las especies.



**Figura 1.** Grado de similitud en los patrones de cobertura de las especies de plantas acuáticas en las lagunas Verdes y Análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) respecto de las variables abióticas de las lagunas Verdes

Los gráficos muestran que las variables abióticas experimentaron cambios en el transcurso de los últimos 17 años arrojando variaciones en los valores de pH, conductividad y temperatura del agua. El análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) en base a distancias euclidianas expresa diferencias en las condiciones ambientales entre las lagunas V1, V3 y V4, durante los registros de los años 2000 y 2017, lo que pone en evidencia los grandes cambios ocurridos a través del tiempo, la gran mayoría de ellos atribuibles, posiblemente a los impactos del cambio climático.

Los hallazgos muestran cambios en los patrones de cobertura y dominancia de especies durante los últimos 17 años, posiblemente atribuibles a los impactos del cambio climático en la zona altoandina norte del Ecuador. Las variaciones del pH y la conductividad del agua han restado la condición de dureza a las mismas, propiciando ambientes más neutros que ácidos. Estos cambios han promovido la aparición de tres especies helófitas y la desaparición de tres especies hidrófitas del sistema, marcando indicios de transformación ecológica en las lagunas y resaltando la gran vulnerabilidad de algunas especies de plantas acuáticas con la inminente transformación de los ecosistemas acuáticos en terrestres.

## Referencias

- Bray, J. R. & Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27, 325-349. <https://doi.org/10.2307/1942268>
- Dos Santos Fonseca, A., Marinho, C. & Esteves, F. (2015). Aquatic macrophytes detritus quality and sulfate availability shape the methane production pattern in a dystrophic coastal lagoon. *American Journal of Plant Sciences*, 6, 1675-1684. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.610167>.
- Göransson, P. (2017). Changes of benthic fauna in the Kattegat—An indication of climate change at mid-latitudes? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 194, 276-285. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.06.034>
- Terneus-Jácome E, Vallejo-Solano B, Gómez de la Torre M, Larenas-Uría C. 2020. Trophic status index of lentic systems from the diversity of aquatic plants from continental Ecuador (IMAE). *Caldasia* 42(1):115– 128. doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77638>.
- Thomas, C.D, Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F, De Siqueira, M.F, Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F, Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T, Phillips, O.L. & Williams, S.E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427(6970), 145-8. <https://doi.org/10.1038/nature0212>.

# Identificación de los impactos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados. Aplicación en la Demarcación Hidrográfica del Júcar (España)

Clara E. Estrela Segrelles<sup>1</sup>, Miguel Ángel Pérez Martín<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitat Politècnica de València, Instituto de Ingeniería del Agua y Medioambiente (IIAMA-UPV),  
[claesseg@upv.es](mailto:claesseg@upv.es)

## Resumen

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible incluyen como objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. La elaboración de planes de adaptación al cambio climático en las Demarcaciones Hidrográficas son el instrumento para la implementación progresiva de medidas que reduzcan los impactos del cambio climático. En la Demarcación Hidrográfica del Júcar se han identificado los principales impactos en los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados. Los impactos detectados sobre las masas de agua y la biota ribereña son debidos a los cambios en la distribución de las precipitaciones el aumento de temperatura, que implicarán una reducción considerable de recursos hídricos, y el aumento en intensidad y frecuencia de eventos extremos. El principal objetivo de la identificación de impactos es una mejora del conocimiento que permita implementar medidas de adaptación encaminadas a reducir la vulnerabilidad y mejorar la resiliencia de la Demarcación Hidrográfica del Júcar.

**Palabras clave:** cambio climático; impactos; adaptación; recursos hídricos; medioambiente.

## Introducción

El calentamiento global es inequívoco y muchos de los cambios que se han experimentado desde 1950 no tienen precedentes (IPCC, 2014), produciéndose cambio en los patrones climáticos que afectan a la generación de recursos hídricos (Gómez-Martínez et al., 2018). El aumento de temperatura esta produciendo profundas alteraciones en los sistemas humanos y naturales, como el aumento de las sequías, las inundaciones y otros tipos de clima extremo, el aumento del nivel del mar, la pérdida de biodiversidad (Allen et al., 2018) y problemas de sostenibilidad en los actuales sistemas de recursos hídricos (Rivadeneira et al., 2020). En los próximos años es necesaria la mejora en la gestión de recursos hídricos, la conservación de los ecosistemas naturales y la gestión de sequías (Zambrano et al., 2018) debido al cambio climático.

En España, se prevé un incremento de temperatura del aire entre 0.8 – 1 °C a corto plazo y 2 – 3.8 °C a largo plazo y una disminución de la precipitación anual entre 1 – 4 % a corto plazo y 7 – 13 % a largo plazo. Los impactos sobre los recursos hídricos producidos por el cambio climático pueden agravarse cuando ocurren en regiones que ya tienen bajos niveles de recursos hídricos y sequías frecuentes, y donde los recursos disponibles no están en equilibrio con las demandas de agua (Estrela et al., 2012), como ocurre en la Demarcación Hidrográfica del Júcar (DHJ) donde se prevé una disminución de los recursos hídricos de entre 4 – 20 % a corto plazo y 10 – 36 % a largo plazo (CEH-CEDEX, 2017).

Por este motivo, surge la necesidad de elaborar un Plan de Adaptación al Cambio Climático en la DHJ que tenga como objetivo reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas acuáticos y los ecosistemas terrestres asociados a ellos y de los diferentes usos del agua mediante la priorización de medidas de adaptación. La identificación de los impactos del cambio climático es la base para la elaboración del Plan de Adaptación al Cambio Climático.

## Metodología

La planificación hidrológica, es el instrumento fundamental para la gestión de los recursos hídricos. El proceso de planificación hidrológica en España es un proceso cíclico que se repite cada 6 años, se produce en cada una de las Demarcaciones Hidrográficas españolas y resulta en la aprobación del Plan Hidrológico en cada una de las Demarcaciones.

Los objetivos de la planificación hidrológica son alcanzar el buen estado de las masas de agua y la satisfacción de las demandas de agua de los diferentes usos del agua. Los impactos del cambio climático causarán una afección en el estado ecológico de las masas de agua, que se puede cuantificar observando el empeoramiento de los indicadores biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos que se utilizan para evaluar el estado. El descenso de la calidad de las masas de agua puede impedir que se alcancen los objetivos de la planificación hidrológica.

Los planes de adaptación al cambio climático en las Demarcaciones Hidrográficas son el instrumento necesario para la implementación progresiva de medidas de adaptación que reduzcan la vulnerabilidad de los ecosistemas frente a los riesgos del cambio climático. Se han definido 4 fases para la elaboración del Plan de Adaptación de la Demarcación Hidrográfica del Júcar: caracterización climática e hidrológica actual y futura, incluyendo la identificación de impactos; evaluación del riesgo de los impactos derivados del cambio climático; diseño de medidas de reducción del riesgo y elaboración de un programa de acción donde se prioricen las medidas de adaptación diseñadas en la fase anterior.

La DHJ se encuentra en el Este de la Península Ibérica, en contacto con el mar Mediterráneo, tiene una extensión de 44.892 km<sup>2</sup> y cuenta con una población de 5.039.745 habitantes (CHJ, 2015). La climatología y las variables hidrológicas se desarrollan de forma desigual en el territorio de la Demarcación, siendo la precipitación total media anual de 500 mm (1940/41 – 2011/12). La infiltración total media de 60 mm/año y la escorrentía de 85 mm/año.

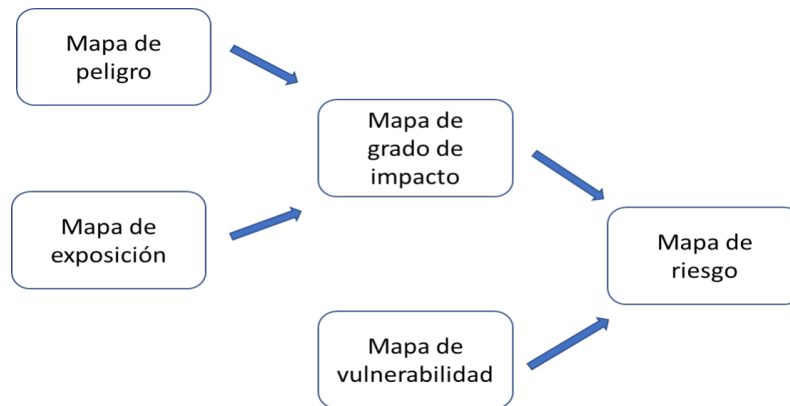
El aumento de temperatura y la disminución de recursos hídricos previstos en la DHJ provocarán un descenso en la escorrentía superficial y en la recarga de los acuíferos y un aumento del estrés hídrico. A continuación, se muestran las anomalías de la variable Temperatura media del aire (Tabla 1).

**Tabla 1.** Anomalías de la variable Temperatura media (°C) en la DHJ en los escenarios de emisión RCP 4.5 y RCP 8.5.

PERIODO FUTURO	RCP 4.5	RCP 8.5
2010-2040	1	1.2
2040-2070	1.6	2.5
2070-2100	2.3	4.2

La evaluación del riesgo de los efectos del cambio climático se ha realizado mediante la obtención de mapas de riesgo que derivan de mapas de peligrosidad, exposición, impacto, vulnerabilidad, como muestra la Figura 1.





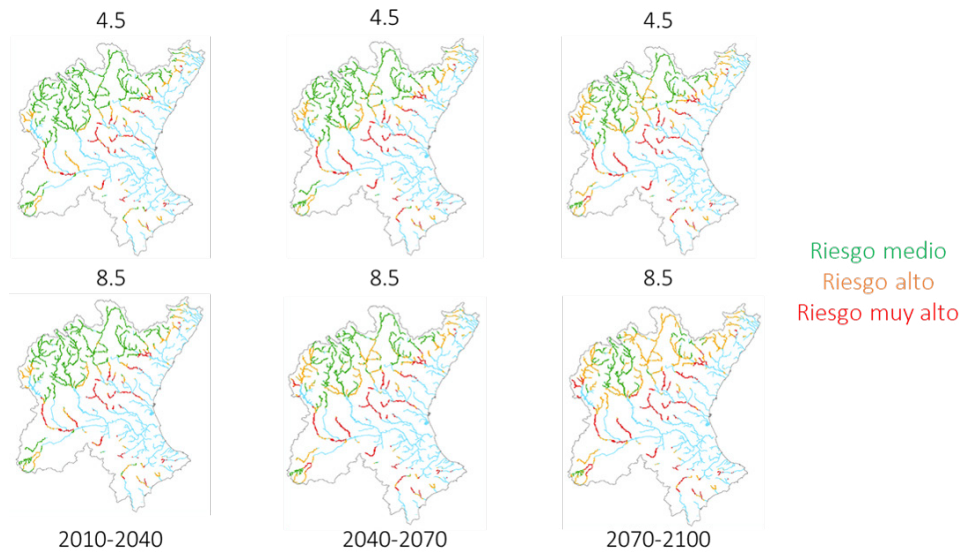
**Figura 1.** Metodología para la obtención de los mapas de riesgo de los impactos.

## Resultados

El incremento de temperatura y la disminución de la precipitación causa diversos impactos en las masas de agua superficial. La alteración de los hábitats de las especies piscícolas asociadas a determinados rangos térmicos es uno de ellos.

El aumento de temperatura del aire implica un incremento en la temperatura del agua que provoca un desplazamiento altitudinal de las especies de peces de aguas frías como la Trucha común (*Salmo Trutta*). El límite superior del intervalo óptimo de temperatura de esta especie es de 18.7 °C, la zona de apremio se encuentra en el rango térmico de 18.7 °C – 21.8 °C. Si se excede 21.8 °C la especie no puede tolerarlo. Por lo tanto, el aumento de temperatura del agua producirá una pérdida de hábitat potencial de esta especie.

El mapa de peligrosidad determina el cambio producido por el cambio climático, en este caso, el aumento de temperatura del agua para los distintos escenarios. El mapa de exposición recoge la presencia de la especie impactada, en este caso refleja las zonas de la demarcación donde hay presencia de Trucha común. El mapa de grado de impacto se obtiene mediante el cruce del mapa de peligros y el mapa de exposición y realiza una zonificación de la afección del cambio climático, dividiendo la Demarcación en zonas con impacto muy alto, alto, medio o sin impacto. El mapa de vulnerabilidad considera las zonas donde existe una buena vegetación de ribera que tenga la capacidad de producir sombra. Esto se realiza mediante el índice QBR. Cruzando el mapa de vulnerabilidad con el mapa de grado de impacto se obtiene el mapa de riesgo, donde se especifican las zonas de la DHJ con Riesgo muy alto (rojo), alto (amarillo) y medio (verde) frente a los efectos del cambio climático, como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Mapas de riesgo de pérdida de hábitat potencial de *Salmo Trutta* para corto-plazo (2010-2040), medio-plazo (2040-2070) y largo plazo (2070-2100) para los escenarios de emisión RCP 4.5 y RCP 8.5 del CMIP.

La medida de adaptación indicada para reducir la vulnerabilidad de la Demarcación es la mejora del bosque de ribera con el objetivo de generar sombra para evitar el aumento de temperatura del agua. Esta medida se aplicará prioritariamente en las zonas con riesgo muy alto.

## Conclusiones

España se encuentra en una situación muy vulnerable frente a los efectos del cambio climático. Además, los impactos del cambio climático aumentan su severidad conforme avanza el siglo XXI. Por ello, es fundamental identificar los impactos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados para conocer el riesgo que tienen y poder proponer medidas de adaptación que reduzcan la vulnerabilidad de los mismos. Este proyecto está en línea con los ODS 13, 6 y 15 de la Agenda 2030.

## Agradecimientos

Esta investigación se lleva a cabo con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España.

## Referencias

Allen, M.R., O.P. Dube, W. Solecki, F. Aragón-Durand, W. Cramer, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, N. Mahowald, Y. Mulugetta, R. Perez, M. Wairiu, and K. Zickfeld, 2018: Framing and Context. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.

CEH-CEDEX, 2017: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España. Centro de Estudios Hidrográficos - Clave CEDEX: 42-415-0-001.

CHJ, 2015: Plan Hidrológico de cuenca de la Demarcación del Júcar 2015 – 2021.

- Estrela, T., Pérez-Martin, M. A., & Vargas, E. (2012). Impacts of climate change on water resources in Spain. *Hydrological Sciences Journal*, 57(6), 1154-1167. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.702213>
- Gómez Martínez, Gabriel; Pérez-Martín, Miguel Ángel; Estrela Monreal, Teodoro; Amo-Merino, Patricia del Amo. 2018. North Atlantic Oscillation as a Cause of the Hydrological Changes in the Mediterranean (Jucar River, Spain). *Water Resources Management* (ISSN 0920-4741). Volume: 32 Pages:2717 – 2734
- IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: *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 University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.
- Rivadeneira Vera JF, Zambrano Mera YE, Pérez-Martín M.Á. 2020. Adapting water resources systems to climate change in tropical areas: Ecuadorian coast. *Sci Total Environ*. 2020 Feb 10; 703:135554
- Zambrano Mera, Yeriel Elizabeth; Rivadeneira Vera, Jonny Fernando; Pérez-Martín, Miguel Ángel. 2018. Linking El Niño Southern Oscillation for early drought detection in tropical climates: The Ecuadorian coast. *The Science of The Total Environment* (ISSN 0048-9697). Volume: 643 Pages: 193–207

## Impacto de las condiciones climáticas en el crecimiento diamétrico de especies forestales de alto valor comercial

Darwin Pucha-Cofrep<sup>1,2</sup>, Nohemí Jumbo<sup>2</sup>, Victoria Moncada<sup>1</sup>, María Burneo<sup>1</sup>, Luis Narvaez<sup>1</sup>, Feijoo César<sup>2</sup>, Estefanía Barrera<sup>2</sup>, Josue Castro<sup>2</sup>, Carlos Ruiz<sup>3</sup>, Achim Bräuning<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Dendroconología, Carrera de Ing. Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ec., [darwin.pucha@unl.edu.ec](mailto:darwin.pucha@unl.edu.ec)

<sup>2</sup>Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales, Carrera de Ing. Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ec., [darwin.pucha@unl.edu.ec](mailto:darwin.pucha@unl.edu.ec)

<sup>3</sup>Laboratorio de Suelos, Carrera de Ing. Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ec., [nohemi.jumbo@unl.edu.ec](mailto:nohemi.jumbo@unl.edu.ec)

<sup>4</sup>Instituto de Geografía de la Universidad Friedrich-Alexander, Erlangen-Nürnberg. Erlangen, Alemania, [achim.braeuning@fau.de](mailto:achim.braeuning@fau.de)

### Resumen

El crecimiento y la adaptación de las especies forestales está ligado a las condiciones de sitio, y en especial a las variaciones climáticas de precipitación y temperatura. Este estudio busca cuantificar el impacto que causan los factores biogeográficos en el crecimiento y productividad de especies forestales de alto valor ecológico y comercial. Para ello, análisis microscópicos de la madera, métodos dendrocronológicos, y estudios de suelo fueron realizados y relacionados con registros climáticos a escala anual y semanal. Nuestros resultados mostraron que un estrés hídrico de cuatro a ocho semanas disminuye el crecimiento hasta un 60%. La precipitación limita el crecimiento hasta un 70% en especies de bosque seco, y la temperatura hasta un 40% en especies de bosque húmedo. Además, se encontró que el K, textura del suelo, e intensidad de luz son los principales factores que afectan el crecimiento de los ecosistemas forestales al sur de Ecuador.

**Palabras clave:** Dendroclimatología; Anatomía de maderas; estrés hídrico; crecimiento; especies forestales.

### Abstract

The adaptation and tree growth are strong linked to site conditions, specially to climatic variations like precipitation and temperature. This study tries to quantify the impact of biogeographic factors that affect the growth and productivity of forest species with high ecological and commercial value. To achieve it, microscopic analyses of wood anatomy, dendrochronological methods, and soil studies were carried out and compared with climatic records on an annual and weekly scale. Our results evidenced that a water stress of four to eight weeks can decrease tree growth up to 60%. Precipitation influences growth by up to 70% in dry forest species, and temperature by up to 40% in moist forest species. In addition, K, soil texture, and light intensity were found also as main factors affecting the growth of forest ecosystems in southern Ecuador.

**Keywords** Dendroclimatology; wood anatomy; water stress; growth; forest species.

## Desarrollo

El consumo acelerado de los recursos naturales sumado a las variaciones climáticas con mayor intensidad en los últimos años provoca una fuerte presión en las poblaciones de especies forestales de alto valor ecológico y comercial a nivel local. Actualmente, los programas de restauración forestal requieren de mayor conocimiento sobre los factores que afectan el desarrollo y la dinámica de crecimiento de cada especie forestal. Sin embargo, el conocimiento acerca de especies forestales nativas es escaso. Por ello, este estudio busca cuantificar en qué medida los factores biogeográficos afectan al desarrollo y crecimiento de las especies forestales al sur de Ecuador. Especialmente, el impacto de las condiciones climáticas en el crecimiento diamétrico a través del tiempo desde una escala semanal a una escala anual. Las especies utilizadas en este estudio fueron *Juglans neotropica*, *Handroanthus chrysanthus*, *Cedrela montana*, *Cedrela nebulosa*, *Podocarpus Sprucei*, *Cinchona officinalis*, *Caesalpinea spinosa*, *Acacia macracantha*, *Eriotheca ruizii*, y *Bursera graveolens*.

Los métodos aplicados se realizaron a nivel anatómico de madera para detectar los cambios morfológicos y microscópicos a causa de un estrés hídrico en plántulas de un año bajo invernadero en periodos semanales a lo largo de seis meses, y así mismo para medir los cambios en los porcentajes de lignina y celulosa. En una escala anual se utilizaron registros climáticos de precipitación y temperatura para contrastar sus variaciones con mediciones del crecimiento anual de árboles en distintos ecosistemas a través de métodos dendrocronológicos. Adicionalmente, análisis de la composición química del suelo e información biogeográfica de cada individuo fue analizada para ecosistemas de bosque seco y bosque andino.

Nuestros resultados demostraron que periodos de sequías de cuatro a ocho semanas reducen el incremento diamétrico de plántulas forestales de un 30 a un 60%. Además, en estos mismos periodos de tiempo los porcentajes de lignina y celulosa en la madera cambiaron de un 9 a 16%. En cuanto a la morfología, la rapidez en defoliación frente a un estrés hídrico depende de la sensibilidad de cada especie. Como menciona Nilsen y Orcutt (1996) esto responde a adaptaciones evolutivas que cada planta desarrolló para tener un uso más eficiente del agua y soportar sequías. Además, el estrés hídrico favoreció la aparición de plagas y enfermedades, así como la mortalidad de plántulas.

Por otro lado, en un análisis espaciotemporal se pudo cuantificar la relación entre las precipitaciones y temperaturas con el crecimiento diamétrico anual. Se encontró, que especies de bosque seco como *Bursera graveolens* y *Acacia macracantha* tienen un crecimiento estrechamente ligado a la intensidad de precipitaciones anuales hasta en un 70% en los sitios de Zapotillo y Macará.

En ecosistemas de transición entre bosque seco y bosque andino como Espíndola y Malacatos se encontró que el crecimiento diamétrico anual de *Acacia macracantha* depende hasta un 25 % de las precipitaciones. Por otro lado, en ecosistemas de bosque húmedo se encontró una correlación nula entre precipitaciones y crecimiento diamétrico anual con *Cedrela nebulosa*. Sin embargo, en bosque húmedo se evidenció que las temperaturas tienen mayor influencia aportando hasta un 43% en el crecimiento diamétrico anual de *Cedrela nebulosa*. Como lo mencionan Zuidema et al (2020); Brienen et al. (2012); y Enquist y Leffer (2001) que la sensibilidad y respuesta a cambios climáticos de las especies tropicales está ligado estrechamente a los incrementos del CO<sub>2</sub> y condiciones de sitio. Adicionalmente, se pudo evidenciar que la disponibilidad de luz, la posición en el estrato vertical de copa, así como la textura y la concentración de K en el suelo son unos de los principales factores que influyen en el crecimiento diamétrico anual de especie forestales como en el caso de *Juglans neotrópica* y *Eriotheca ruizii*.

Por lo tanto, las condiciones climáticas son los principales factores en limitar el crecimiento diamétrico anual en especies forestales. Sus variaciones afectan directamente la estructura microscópica, morfología, dinámica de

crecimiento, y sensibilidad para resistir plagas y enfermedades. Por ello, conocer el grado en que cada uno de estos factores afecta el desarrollo en cada especie forestal, ayudaría inmensamente a su manejo y sostenibilidad.

## Referencias

- Brienen, R. J., Schöngart, J., & Zuidema, P. A. (2016). Tree rings in the tropics: insights into the ecology and climate sensitivity of tropical trees. In *Tropical tree physiology* (pp. 439-461). Springer, Cham.
- Enquist, B. J., & Leffler, A. J. (2001). Long-term tree ring chronologies from sympatric tropical dry-forest trees: individualistic responses to climatic variation. *Journal of Tropical Ecology*, 41-60.
- Nilsen, E. T. y Orcutt, D. M. (1996). *Physiology of plants under stress. Abiotic factors*. John Wiley and Sons, New York, NY.
- Zuidema, P. A., Heinrich, I., Rahman, M., Vlam, M., Zwartsenberg, S. A., & van der Sleen, P. (2020). Recent CO<sub>2</sub> rise has modified the sensitivity of tropical tree growth to rainfall and temperature. *Global Change Biology*.

## II. HÁBITAT Y CIUDADES INTELIGENTES (SMART CITIES).

### Aumento del consumo de agua domiciliar como efecto de los fenómenos mundiales.

#### Posibles escenarios.

#### *Increase in household water consumption as an effect of global phenomena. Possible scenarios*

Benavides-Muñoz, Holger <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Profesor de Recursos Hídricos, Grupo de Investigación I+D Smart Water Network, Universidad Técnica Particular de Loja – UTPL. [hmbenavides@utpl.edu.ec](mailto:hmbenavides@utpl.edu.ec)

#### Resumen

La supervivencia de los seres humanos seguirá dependiendo de la posibilidad de acceder a agua apta para su consumo en cantidades suficientes. Entre los fenómenos planetarios que inciden directamente en el incremento del consumo de agua domiciliar constan el rápido aumento de la población humana, el cambio climático y las enfermedades pandémicas, principalmente. Con estos escenarios la gestión de sistemas de abastecimientos de agua se ve modificada debido al constante aumento no programado de la demanda por parte de sus consumidores. En este trabajo es presentada una proyección de consumos de agua que combina posibles escenarios mundiales para los años 2030 y 2050. Fue aplicado un método de modelación de aumento del factor de consumo mediante combinación de escenarios fundamentales adaptado a un caso de estudio constante de la literatura científica de la hidráulica de abastecimientos.

**Palabras clave:** Demanda futura de agua; cambio climático; crecimiento poblacional; pandemia.

#### Abstract

The survival of human beings will continue to depend on the possibility of accessing water suitable for consumption in sufficient quantities. Among the planetary phenomena that directly affect the increase in household water consumption include the rapid increase in the human population, climate change and mainly pandemic diseases. With these scenarios, the management of water supply systems is modified due to the constant unscheduled increase in demand by its consumers. This work presents a projection of water consumption that combines possible world scenarios for the years 2030 and 2050. A consumption factor increase modeling method was applied by combining fundamental scenarios adapted to a constant case study of the scientific literature on supply hydraulics.

**Keywords:** Future demand for water; climate change; population growth; pandemic.

#### Introducción

El acceso al agua potable y al medio ambiente es un derecho inherente a los seres humanos. El crecimiento de la población mundial se marca a un ritmo cada vez mayor, y con ello la demanda de agua de los sistemas de abastecimiento. En el año 2012 la BBC estimó que la población mundial del año 2050 aumentará hasta un valor que podría estabilizarse cercano a los 9000 millones (9 millardos) de habitantes. UN WATER (2015) indicó que la población crece a un ritmo de 80 millones de personas por año y prevé que alcance los 9100 millones (9.1 millardos) de personas en 2050. Advierte además que el crecimiento poblacional, el crecimiento de las ciudades y zonas urbanizadas, la industrialización, el aumento del consumo y la producción provocarán una cada vez mayor demanda de agua.

El aumento de la población en el mundo también aumenta la necesidad de agua de las personas y requiere la adopción de métodos sofisticados para extraer, transportar y hacer que el agua sea segura para el consumo. Según UN-WATER (2019) el crecimiento demográfico y económico aumentará la demanda de agua en torno al 55% entre el período 2017 – 2040.

Otro fenómeno que impacta al planeta es el cambio climático, visto como el aumento de la variabilidad en el ciclo del agua, lo que lleva a la introducción de fenómenos meteorológicos extremos, aumenta la incertidumbre de obtener agua, y pone en riesgo el equilibrio ecológico. (ONU, 2019). Limita la biodiversidad y la capacidad de los humanos de disfrutar de sus derechos al agua no contaminada y a un medio ambiente limpio en todo el mundo.

La seguridad del agua urbana es primordial para alcanzar un entorno resiliente en ciudades inteligentes (smart cities) futuras, principalmente bajo el impacto que genera el cambio climático y los factores socio-económicos, alterando incluso la sostenibilidad de las fuentes de agua (Zubaidi, 2020).

La dificultad de satisfacer la demanda futura de agua debido al aumento del estrés hídrico requerirá decisiones cada vez más difíciles con respecto a la asignación de fuentes de agua naturales a grupos de consumo de agua que compiten entre sí (ONU, 2019).

Para crear un futuro sostenible, el “*status quo*” debe cambiar, y los requisitos de las medidas de conservación del agua deben analizarse utilizando un espejo que pueda hacer frente al estrés provocado por un sistema de cambio creciente y cada vez más crítico, donde cerca de 800 millones de personas que ahora mismo carecen de los servicios básicos vitales. (PNUD, 2020).

Para este estudio se consideraron los fenómenos de impacto planetario que mayor incidencia tienen en el aumento del consumo de agua domiciliar, entre ellos constan el crecimiento poblacional, el cambio climático y las enfermedades pandémicas, principalmente; y, se elaboró una estimación de aumentos de los consumos de agua combinando los posibles escenarios de demandas para el año 2030 y para el año 2050.

Se elaboró un modelo de red para su estudio mediante la variación del factor de consumo – FQ, aplicando la combinación de escenarios fundamentales introducido a un caso de estudio bajo las condiciones adversas esperadas como posibles escenarios de operación y funcionamiento futuro de la red. Entre los resultados son evidenciados los altos incrementos de energía para poder atender las crecientes demandas futuras de agua domiciliar.

## **Metodología**

Se consideraron siete escenarios basados en las proyecciones universales de aumento de consumo de agua domiciliar según siete combinaciones, previstos para el año 2030 y para el año 2050.

Las combinaciones básicas de aumento en el factor de consumo de agua (FQ) que se consideraron fueron: Consumo punta (UN WATER, 2015), aumento por cambio climático – CC (UN WATER, 2019), incremento por Covid-19 al 10% y por Covid -19 al 40% (Benavides, 2020), y por crecimiento poblacional - CP (WWDR, 2015); ver Tabla 1. Estos escenarios fundamentales se combinaron según las siete posibilidades que se presentan en las Tablas 2.

En las combinaciones B y A además se consideraron activaciones de un hidrante contra incendio -  $Q_i$ , cuyo coeficiente de emisor asignado fue 9 y su exponente de emisor de 0.5, localizado en N13, uno de los nudos que también se analiza en Cunha y Sousa (2008).



**Tabla 1.** Valores del aumento del Factor de Consumo FQ

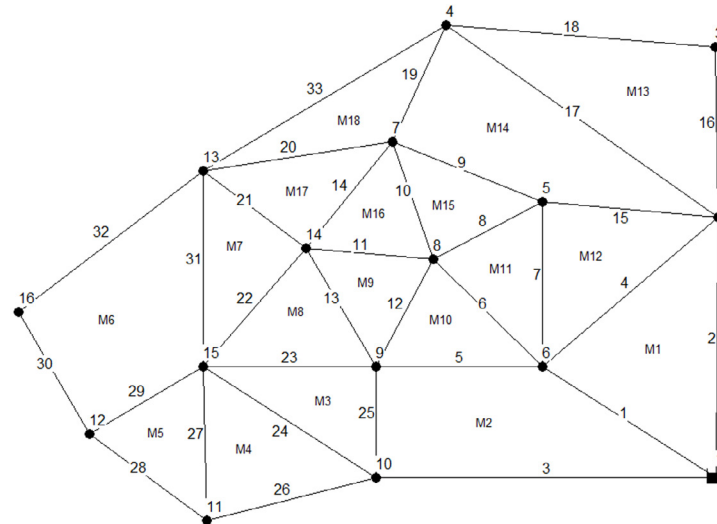
Valores	2030	2050
Consumo punta	1.330	1.550
Consumo por Cambio Climático – CC	0.310	0.789
Consumo por Covid – 19; 10%	0.100	0.100
Consumo por Covid – 19; 40%	0.400	0.400
Consumo por Crecimiento Poblacional – CP	0.132	0.3158
Consumo por incendio – Qi, N13, Ke=9	Qe	Qe
* No se incluye en este análisis la Demanda Industrial	2.400	4.000

**Tabla 2.** Combinación de consumos de agua para los principales fenómenos mundiales

Combinación	Descripción	FQ análisis	FQ análisis	Presión	Presión
		2030	2050	mínima (m c.a.)	deseable (m c.a.)
G	Consumo punta	1.330	1.550	20	30
F	Consumo punta + CC	1.640	2.339	20	30
E	Consumo punta + CC + COV10	1.740	2.439	15	25
D	Consumo punta + CC + COV10 + CP	1.872	2.755	15	20
C	Consumo punta + CC + COV40 + CP	2.172	3.055	15	20
B	Consumo punta + CC + COV10 + CP+ Qi N13,Ke=9	1.872 + Qe	2.755 + Qe	10	15
A	Consumo punta + CC + COV40 + CP+ Qi N13, Ke=9	2.172 + Qe	3.055 + Qe	10	15

### Caso de estudio

Para el presente estudio se utiliza una red semejante a aquella que se encuentra en Lansey, et al. (1989), la misma que más tarde fuese también estudiada por Xu y Goulter (1999) y posteriormente por Cunha y Sousa (2008), entre otros. La red del presente caso de estudio consta de un depósito de inyección cuya lámina de agua tiene una cota de 55 m, desde este depósito se abastecen a 15 nudos ubicados en la cota 0 m con un consumo de 43.89 L/s, conectados por 33 líneas hidráulicas formando una red con 18 mallas básicas, tal como se muestra en la Figura 1. En este análisis se considera que el nudo 1 no tiene consumo. Las características de las líneas hidráulicas de la red se detallan en la Tabla 3 (Cunha y Sousa, 2008).



**Figura 1.** Representación gráfica de la red mallada en estudio.

**Tabla 3.** Características de las líneas hidráulicas de la red estudiada.

ID	Longitud m	Diámetro mm	Longitud m	Diámetro mm
<b>Pipe 1</b>	3660	200	<b>Pipe 17</b>	2740
<b>Pipe 2</b>	3660	500	<b>Pipe 18</b>	1830
<b>Pipe 3</b>	3660	600	<b>Pipe 19</b>	1830
<b>Pipe 4</b>	2740	100	<b>Pipe 20</b>	1830
<b>Pipe 5</b>	1830	100	<b>Pipe 21</b>	1830
<b>Pipe 6</b>	1830	100	<b>Pipe 22</b>	1830
<b>Pipe 7</b>	1830	100	<b>Pipe 23</b>	1830
<b>Pipe 8</b>	1830	250	<b>Pipe 24</b>	1830
<b>Pipe 9</b>	1830	250	<b>Pipe 25</b>	1830
<b>Pipe 10</b>	1830	100	<b>Pipe 26</b>	1830
<b>Pipe 11</b>	1830	100	<b>Pipe 27</b>	2740
<b>Pipe 12</b>	1830	100	<b>Pipe 28</b>	1830
<b>Pipe 13</b>	1830	100	<b>Pipe 29</b>	1830
<b>Pipe 14</b>	1830	100	<b>Pipe 30</b>	1830
<b>Pipe 15</b>	1830	400	<b>Pipe 31</b>	1830
<b>Pipe 16</b>	1830	250	<b>Pipe 32</b>	3660
			<b>Pipe 33</b>	3660

## Resultados y discusión

Para determinar el escenario con la combinación más probable fue adaptado del principio de Recocido Simulado, según lo proponen Millán-Páramo, et al. (2017) y Naidu, et al. (2020); dichos resultados son presentados en la Tabla 4.

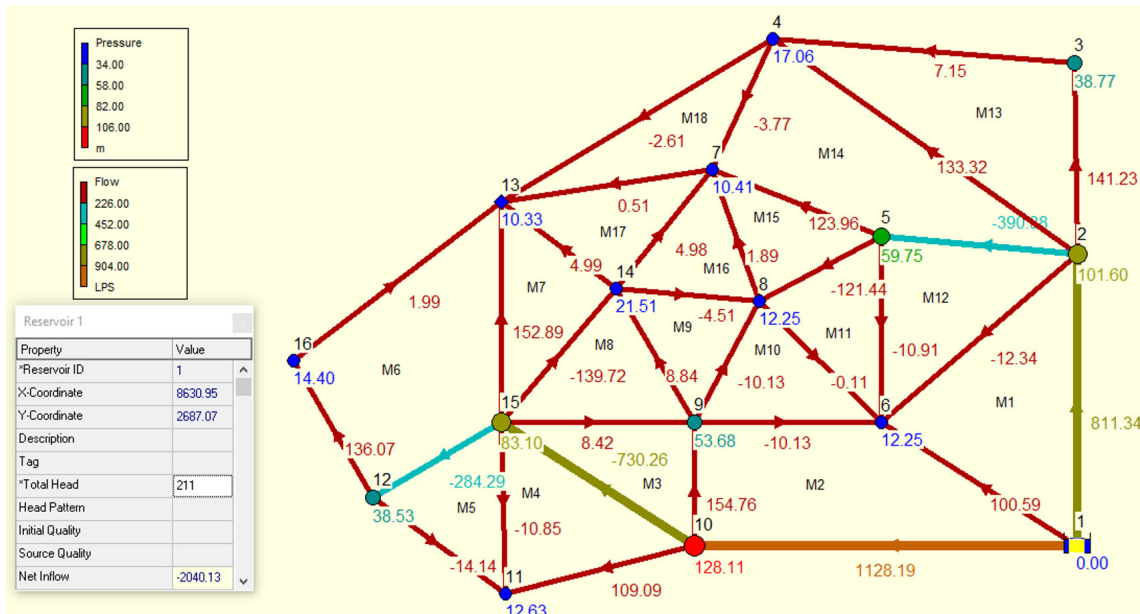
**Tabla 4.** Probabilidades de ocurrencia de escenario de consumo

Combinación	G	F	E	D	C	B	A	FQ probable	FQ probable	
	2030	1.330	1.640	1.740	1.872	2.172	1.895	2.196	2030	2050
	2050	1.550	2.339	2.439	2.755	3.055	2.770	3.070	%	%
1	94.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>136.53</b>	<b>162.13</b>
2	79.90	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	<b>144.84</b>	<b>178.88</b>
3	67.92	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	<b>151.90</b>	<b>193.11</b>
4	57.73	7.05	7.05	7.05	7.05	7.05	7.05	7.05	<b>157.90</b>	<b>205.22</b>
5	49.07	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49	<b>163.00</b>	<b>215.51</b>
6	41.71	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	<b>167.33</b>	<b>224.25</b>
7	35.45	10.76	10.76	10.76	10.76	10.76	10.76	10.76	<b>171.02</b>	<b>231.69</b>

De los resultados obtenidos de este estudio se observa que para un factor punta  $FQ=1.0$ , combinación de diseño, la menor presión que se registra se produce en el nudo 6, con un valor de 30.29 m c.a.; cuando el valor de  $FQ = 1.33$ , combinación G al 2030 aún la menor presión de servicio registrada es de 13.10 m c.a.. Para el resto de combinaciones y escenarios propuestos, las presiones en los nudos resultan con valores negativos, lo que se interpreta que para poder atender la demanda futura considerando las combinaciones propuestas aquí, el sistema requiere de una mayor carga de cabecera.

Así por ejemplo para satisfacer el escenario 7 con la combinación A al año 2030, es decir un  $FQ=(2.172+Q_e)$  se requiere de una carga de inyección de 129 m c.a. para que el nudo 13 del emisor pueda cumplir con la carga deseable, este escenario permitirá que el nudo con una carga de 15.14 m c.a. permita al emisor aportar con 28.78 L/s. El otro resultado que permite satisfacer el escenario 7 con la combinación A al año 2050, es decir un  $FQ=(3.055+Q_e)$  requiere de una carga de inyección de 211 m c.a. para que el nudo 13 del emisor pueda operar con la carga mínima, esto es una carga de 10.33 m c.a. la misma que activa el emisor con un caudal de 28.93 L/s, ver figura 2.

Finalmente se puede interpretar que las redes de abastecimientos que han sido diseñadas por métodos técnicos convencionales podrían soportar y seguir funcionales con aumentos de su  $FQ$  hasta un 50%. A partir de dicho valor punta será necesario considerar la posibilidad de impeler una mayor carga al flujo en su cabecera o en las líneas hidráulicas que más energía demanden, o evaluar para cada caso otras opciones de solución viables.



**Figura 2.** Representación gráfica de los resultados escenario 7, FQ al 2050, 231.69%.

## Conclusión

En este trabajo fue analizada una proyección de consumos de agua que combina posibles escenarios mundiales para los años 2030 y 2050 mediante el método de la combinación de escenarios fundamentales y se aplicó el algoritmo de recocido simulado adaptado a la proyección de consumos.

## Recomendaciones finales:

Los encargados de la formulación de políticas y los planificadores a nivel nacional, regional y local deben utilizar métodos coordinados para prevenir los efectos que los fenómenos planetarios puedan llegar a impactar en los sistemas de abastecimiento de agua, debiéndose seguir un enfoque integrado de la prevención de efectos del cambio climático, el crecimiento poblacional, la pandemia y la gestión del agua, además de un activo manejo físico de la red.

La necesidad de suministrar suficiente agua a la población es cada vez más crítica, y se deben tomar medidas para garantizar que este elemento vital se conserve y distribuya equitativamente para todos sus usuarios, desde la fase de diseño hasta la de operación y mantenimiento e incluso ahora mejor justificado también se incluyen las fases de rehabilitación y ampliación, según corresponda en cada caso.

## Referencias:

- BBC, (2012). ¿Cuántos habitantes tendrá el planeta en 2050? ¿Y en 2300?, News. Mundo. Octubre, 2012. Disponible en: <https://bbc.in/3fKY4qY>
- Benavides, H. & Rojas, H. (2020). Eficiencia hidráulica y aprovechamiento hidro – energético en sistemas de abastecimiento. Serie de webinars: “El agua y su gestión en épocas de pandemia.” UTPL, 29 / junio / 2020. Disponible en: <https://bit.ly/2WzY19R> y en: <https://bit.ly/39flh0J>
- Cunha, M.C. & Sousa, J. (2008). Dimensionamento robusto de sistemas de distribuição de água. Capítulo 4, págs.: 260-268. Publicado en el libro: Ramos, H. M., Covas, D. I., Gonçalves, F. V., & Soares, A. K. Alterações

Climáticas e Gestão da Água e Energia em Sistemas de Abastecimento e Drenagem Cambio Climático y Gestión del Agua y Energia en Sistemas de Abastecimiento e Drenaje. IST - Lisboa.

- Lansey, K. E., Duan, N., Mays, L. W., & Tung, Y. K. (1989). Water distribution system design under uncertainties. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 115(5), 630-645.
- Millán-Páramo, C; Matoski, A.; Mazer, W. Algoritmo simulated annealing modificado para diseño óptimo de armaduras con variables continuas. *Tecnología en Marcha*. Vol. 30-2. Abril-Junio 2017. Pág 142-157. DOI: 10.18845/tm.v30i2.3209.
- Naidu, M. N., Boindala, P. S., Vasan, A., & Varma, M. R. (2020). Optimization of Water Distribution Networks Using Cuckoo Search Algorithm. In *Advanced Engineering Optimization Through Intelligent Techniques* (pp. 67-74). Springer, Singapore.
- ONU (2019). *Climate Change and Water*. UN-Water Policy Brief. Coordinated by the UN-Water Expert Group on Water and Climate Change. Sept/2019. Switzerland.
- PNUD (2020). Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Disponible en: <https://bit.ly/20F5ct1>
- UN WATER. (2015). *Agua para un mundo sostenible. Datos y cifras. Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo*. United Nations. Educational, Scientific and Cultural Organization. World Water Assessment Programme.
- UN WATER. (2019). *Informe de políticas de ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua*. SWEDEN. Swiss Agency for Development and Cooperation SDC. Ministry of Foreign Affairs of the Netherlands.
- Xu, C., & Goulter, I. C. (1999). Reliability-based optimal design of water distribution networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 125(6), 352-362.
- Zubaidi, S. L., Ortega-Martorell, S., Al-Bugharbee, H., Olier, I., Hashim, K. S., Gharghan, S. K., Kot, P. & Al-Khaddar, R. (2020). Urban water demand prediction for a city that suffers from climate change and population growth: gauteng province case study. *Water*, 12(7), 1885.

## Analysis of climate change at local level: extreme weather events in the state of Yucatan, Mexico

Francisco Bautista<sup>1</sup>, Yameli Aguilar<sup>2</sup>, Marisela Leal<sup>3</sup> and Aristeo Pacheco<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701 Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta C.P. 58190 Morelia, Michoacán, México. [leptosol@ciga.unam.mx](mailto:leptosol@ciga.unam.mx)

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Sureste. [aguilar.yameli@inifap.gob.mx](mailto:aguilar.yameli@inifap.gob.mx)

<sup>3</sup>INIFAP, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria (CENID) en Salud Animal e Inocuidad, México. [leal.marisela@inifap.gob.mx](mailto:leal.marisela@inifap.gob.mx)

<sup>4</sup>Scientific Knowledge In Use, Ciudad de México, México. [www.actwithscience.com](http://www.actwithscience.com)

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue describir dos casos de estudio de los efectos del cambio climático a nivel local en el estado de Yucatán, México. El primero caso fue sobre las sequías en el sur del estado, municipio de Peto, y el segundo sobre los golpes de calor en el norte del estado en el municipio de Progreso, zona costera y turística. En el sur del estado se observa un aumento de la temperatura y una disminución en las lluvias en los últimos años, lo que ha traído como consecuencia las sequías que disminuyen los rendimientos agrícolas, lo que contribuye al aumento de la pobreza y la emigración. En el norte se observa un aumento de la temperatura máxima y una disminución de la temperatura mínima, lo cual provoca problemas de salud en la población humana, entre otros efectos.

**Palabras clave:** Temperaturas extremas; Agroclimatología; Sequía agrícola; Sequía meteorológica; Golpe de calor

### Abstract

The objective of this work was to describe two case studies investigating the effects of climate change at local level in the state of Yucatan, Mexico. The first case were the droughts in the south of the Peto municipality and the second case went into the heat strokes in the north of the Progreso municipality, in both the coastal and touristic area. In the south of the state, there has been an increase in temperature and a decrease in rainfall during the recent years, which has resulted in droughts that decrease agricultural harvests, which contribute to increased poverty and emigration. In the north, there is an increase in the maximum temperature and a decrease in the minimum temperature, which cause health problems in the human population, among other effects.

**Keywords:** Extreme temperatures; Agroclimatology; Agricultural drought; Meteorological drought; Heat stroke

### Introduction

Global climate change has been scientifically experienced. The dissemination of the evidence and causes of global climate change have been well disseminated and disclosed to the population. Therefore, global climate change has become the “favorite villain” and is used by politicians to explain disasters at local level, leaving the authorities aside for their inaction, lack of foresight, and lack of attention to vulnerability (Bautista et al., 2013). For example, in recent years, drought and tropical storms its consequent economic damage has been increasing in the agricultural

area of the state of Yucatan. In the touristic area (Progreso), cases of heat stroke have kept growing amongst the population. It is therefore necessary to study historical meteorological data in order to understand the problem and propose solutions.

On the other hand, the last two decades have fostered the generation of technology (sensors, hardware, software, models and methods of data analysis) which in turn has generated a large amount of meteorological information around the world, resulting in databases with millions of data everywhere (CLICOM, 2018). However, Global climate change discourse has prevailed over local climate change. Global arguments continue to be used to explain local disasters, often without taking into account local historical meteorological data (Bautista et al., 2016).

It is urgent to answer the following questions at local level: Is there climate change or is it a normal climate variation? What type of climate variation? Does it happen by impulse or goes by gradual changes? In what sense? Is the weather warming up or cooling down? How do we measure its magnitude? When? Where? The objective of this work is the evaluation of climate change at local level based on extreme meteorological data from the state of Yucatan, Mexico.

## **Methodology**

Two monthly databases from the Peto and Progreso meteorological stations were used, both installed at the municipal stations of the same name in the state of Yucatan, Mexico.

The databases contain monthly data pertaining maximum temperature, average temperature and minimum temperature, and rainfall, from 1961 to 2015 in Progreso and from 1976 to 2015 in Peto. Data analysis was performed using the software “Climate change with monthly data” (Clic-MD). The first step was to review information quality. The second step was to calculate evapotranspiration. Subsequently, the time series analysis of the temperatures was performed using the Man-Kendall model. According to the results of this analysis, analysis of climatic anomalies, deviations from the mean and agroclimatic analysis were carried out. When the analysis of the time series data showed trends, the year of change was identified using Pettit’s test to obtain the two periods, one of reference and one of change (Bautista et al., 2016).

## **Results and discussion**

The analysis of the time series of the temperature of the Peto station reveals that there are trends of climate change towards the increase in the maximum temperature, mean temperature and minimum temperature (Table 1). The reference period is from 1961 to 2000 and the period of change is from 2001 to 2015. Rainy season begins in May and ends in October, but there is a heat wave in September. The standardized precipitation index reveals that both meteorological droughts and tropical storms are recurrent, and therefore they do not appear to be expressions of climate change (Figure 1). De la Barreda et al (2020) reported that meteorological drought has occurred in some parts of the Yucatan peninsula during 8 of the 32 years recorded (1980 to 2011). This strengthens our hypothesis that meteorological drought is a recurring phenomenon. In Mexico, temperature is changing (IPCC, 2013). That is why those places where climate change is already registered and causing damage, such as Peto, must be identified.

In the Progreso meteorological station, there are increases in the maximum temperature all year long and a decrease in the minimum temperature for seven months, both as expressions of climate change (Table 1). The average monthly maximum temperature in April now reaches from 41°C to 45°C, so it follows that on some days in April the maximum temperature would reach the higher values of 47°C (Figure 2).

In terms of average values, the maximum monthly average temperature went from 35°C to 38.5°C; however, increase in extreme values of maximum temperature is what is most alarming.

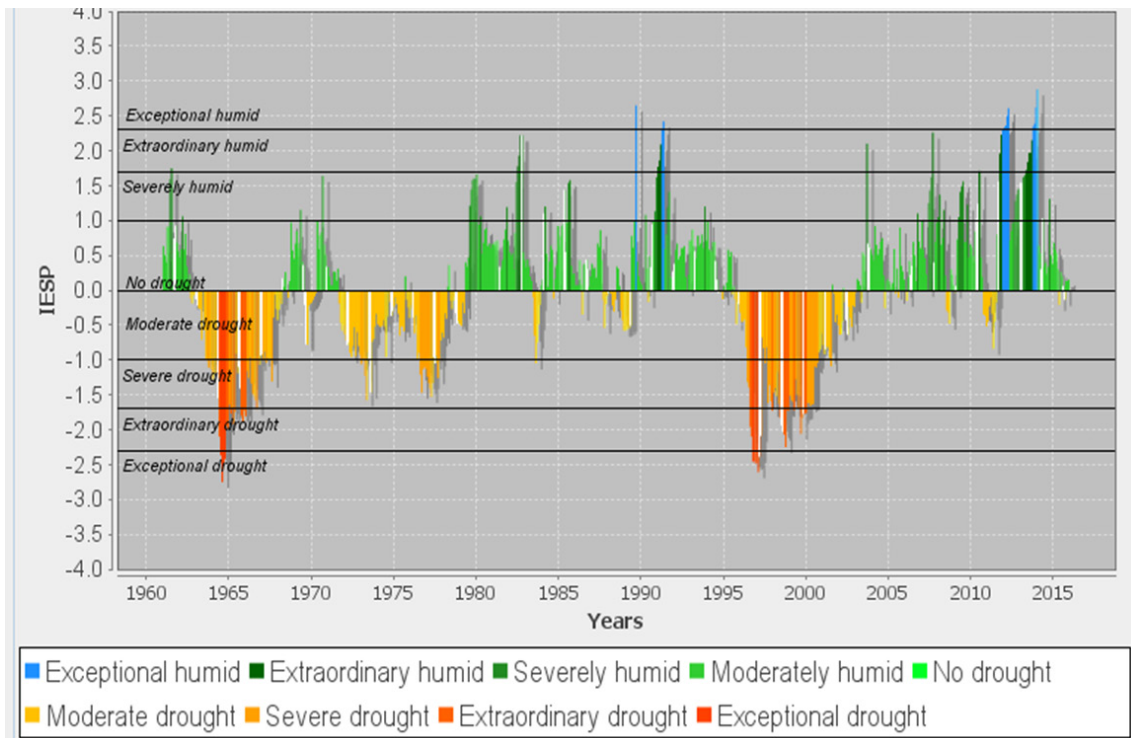
**Table 1. Statistical summary of the time series analysis (linear regression (r) and Mann-Kendall test (z)) of the Peto weather station, Yucatan**

Months	Peto						Progreso					
	Max-Tem	z	Mean Tem	z	Min Tem	z	Max Tem	z	Mean Tem	z	Min Tem	z
Jan	34.78	2.79	22.97	1.26	9.03	0.02	31	3.47	23	-0.04	16	-1.94
Feb	36.07	2.94	24.2	3.56	9.67	1.46	32.7	2.36	23.6	1.58	16.2	-0.57
Mar	39	2.89	26.3	2.68	11.49	0.05	34.9	2.47	25	-0.04	17.6	-2.37
Apr	39.75	3.32	28.06	3.41	14.71	0	35.4	2.38	26.4	0.04	19.6	-3.28
May	40.02	1.34	29.21	2.98	17.74	3.53	35.5	3.93	27.5	2.41	22.1	-0.41
Jun	38.77	1.43	28.8	3.08	19.93	1.53	34.1	2.65	27.8	2	23.3	-3.62
Jul	37.81	3.55	28.24	4.67	19.52	1.96	32.8	4.22	27.6	3.47	23.5	-3.05
Aug	37.68	3.71	28.49	4.63	19.49	3.19	32.6	3.87	27.7	3.98	23.5	-3.4
Sep	37.4	4.16	28.09	3.95	19.55	2.84	32.8	2.82	27.6	3.83	23.3	-3.07
Oct	36.43	3.67	26.59	3.21	15.6	0.3	31.8	4.49	26.9	3.94	21.9	-1.25
Nov	35.12	3.08	24.61	2.19	12.47	0.35	31.4	3.03	25.5	3.57	19	-1.57
Dec	34.44	2.43	23.47	1.8	10.44	0.64	31.1	1.69	23.7	1.23	16.6	-2.01

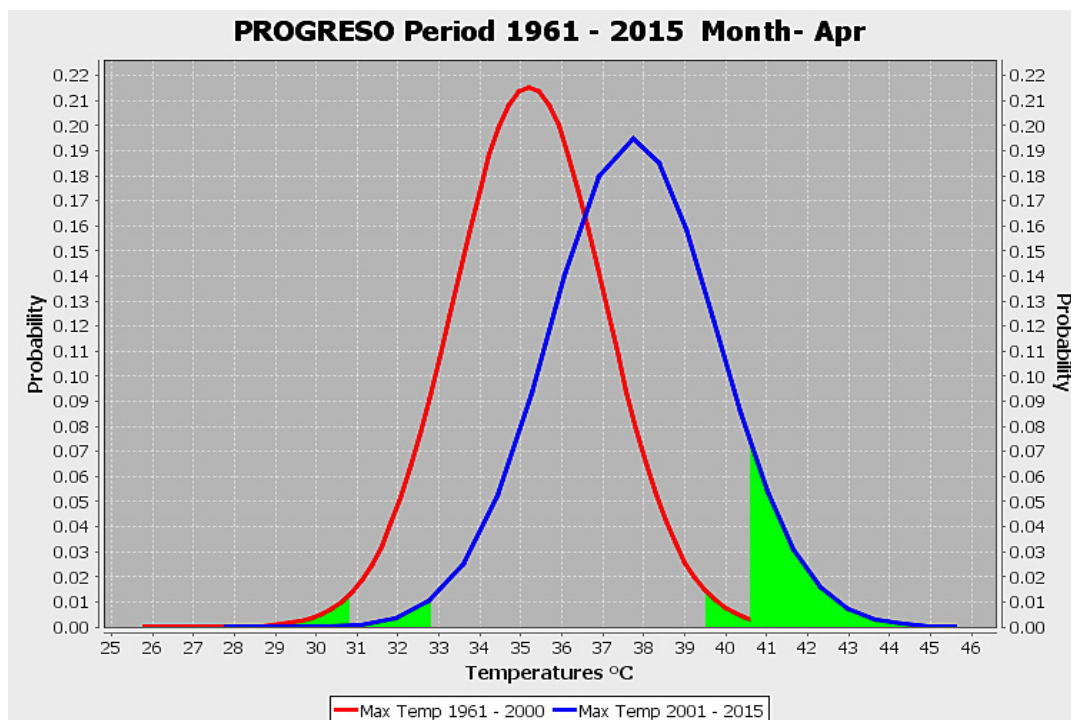
Max-Tem= Maximum temperature; Mean-Tem= Mean Temperature; Min.Tem= Minimum Temperature; Red = heat increasing; Blue = heat decreasing

Health effects (heat stroke) can be related to increases in temperature and therefore to climate change. Therefore, it becomes necessary to explain this to the population so that people can prevent heat strokes and governments can develop educational or technological strategies to alert the population (Antonio et al. 2017). Another health problem associated with high temperatures is suicide, a problem that affects both the Mexican population and particularly the Yucatecan population (Burke et al., 2018). The identification of the increase in maximum temperature in Progreso, Yucatan is an alert that the government, health authorities and the population should consider.





**Figure 1.** Standardized drought index at the Peto weather station (1961-2015)



**Figure 2.** Identification of extreme events in average maximum monthly temperature during April in Progreso, Yucatán (1961-2015)

We recommend the local and state government: a) To promote the conservation and increase of urban vegetation to help decrease temperature in cities; b) To implement a campaign so citizens avoid heat stroke; c) To implement suicide prevention campaigns.

## Conclusions

The seasonal drought (September) and temperatures appears to be elements of climate change. Meteorological drought and tropical storms are recurrent and causes severe damage to agriculture and livestock, making it necessary to implement rational use of water in agriculture, use of traditional and modern eco-technologies for water storage; promotion of rainwater collection systems, among other ideas. In the case of the Progreso weather station, an increase in maximum temperature and a decrease in minimum temperature, both from 2001 onwards, are forcefully expressed.

## Referencias

- Antonio P.O., C.M. Rocio, R. Vicente, B. Carolina and B. Boris. (2017). Heat stroke detection system based in IoT. 2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), Salinas, pp. 1-6.
- Bautista, F., Bautista-Hernández, D.A., Álvarez, O., Anaya-Romero, M., and De la Rosa, D. (2013). Software para identificar las tendencias de cambio climático a nivel local; un estudio de caso en Yucatán. *Rev. Ch. S. Ciencias Forestales y del Ambiente* 19(1), 81-90.
- Bautista F., A. Pacheco, D.A. Bautista-Hernández. (2016). Análisis del cambio climático con datos mensuales (Clic-MD). Skiu, Ciudad de México, México. 57 pp.
- Burke, B., F. González, P. Baylis, S. Heft-Neal, C. Baysan, S. Basu and S. Hsiang. (2018). Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nature Clim Change* 8, 723–729.
- CLICOM. (2018). Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE. Last access: September 2018, <http://clicom-mex.cicese.mx>
- De la Barreda, B., Metcalfe, S., Boyd D. (2020). Precipitation regionalization, anomalies and drought occurrence in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Int J Climatol.*;1–15.

## **Propuesta de diseño de un sistema de corredores verdes para la sostenibilidad de ciudades intermedias: caso Temuco. Chile**

Moreno Roberto<sup>1</sup>, Ojeda Nelson<sup>2</sup>, Inostroza Laura<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Centro de Investigación Multidisciplinario de La Araucanía (CIMA), Universidad Autónoma de Chile, Temuco, Chile.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

<sup>3</sup>Instituto de Estudios del Hábitat (IEH). Temuco, Universidad Autónoma de Chile.

### **Resumen**

La presente investigación tiene su origen en los problemas de contaminación y movilidad de las ciudades intermedias. El crecimiento desmedido de las urbes muestra problemas de planificación que influyen en la contaminación, salud, movilidad y calidad de vida de los ciudadanos. Es necesario incluir elementos de sostenibilidad tanto en la evaluación, planificación y desarrollo de estas ciudades. En este marco la presente investigación propone el diseño de corredores verdes como opciones de mejorar la movilidad, aportar a la descontaminación y otros servicios ecosistémicos producidos por la vegetación a través de la implementación de estos corredores. Aplicando criterios y metodologías de calidad de elementos viales y de vegetación se propone un diseño de corredor para la ciudad de Temuco, que junto con ser un prestador de los servicios ya señalado pueda proyectarse como un insumo para la generación turístico urbano atractivo.

**Palabras clave:** Ciudades; sostenibilidad; movilidad, urbanismo; planificación.

### **Abstract**

The present research has its origin in the problems of pollution and mobility of the intermediate cities. The excessive growth of cities shows planning problems that influence the pollution, health, mobility and quality of life of citizens. It is necessary to include elements of sustainability both in the evaluation, planning and development of these cities. Within this framework, this research proposes the design of green corridors as options to improve mobility, contribute to decontamination and other ecosystem services produced by vegetation through the implementation of these corridors. Applying criteria and methodologies for the quality of vials elements and vegetation, a corridor design is proposed for the city of Temuco, which, also of being a provider of the aforementioned services, can be projected as an input for the attractive urban tourist generation.

**Keywords** Cities; sustainability; mobility, urban planning; planning.

### **Introducción**

Las ciudades y los centros urbanos de los países en desarrollo están creciendo a una escala sin precedentes (FAO, 2010). El exceso en la densidad de población, debido al desplazamiento urbano – rural, ha deteriorado el medio ambiente y es afectado por contaminación ambiental, deficiente ordenamiento urbano, congestión vehicular, delincuencia y mala calidad de vida; el conjunto de esos problemas conforman la patología urbana, la cual debe prevenirse o enfrentarse para obtener ciudades más saludables (Baldó, 2014).

Este crecimiento ha llevado consigo el aumento de un problema antiguo como es la contaminación ambiental, situación de la cual las ciudades intermedias no están ajenas, como es el caso de Temuco. Este desmedido

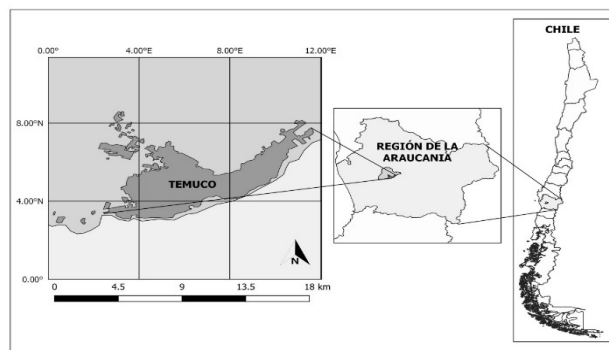
crecimiento influye por ejemplo en que Temuco, a pesar de tener un atractivo como el Monumento Natural Cerro Ñielol y el parque estadio German Becker, no se ha aprovechado este insumo para su desarrollo, este último se ha ido fragmentando y deteriorando debido a las construcciones.

Los corredores verdes son una herramienta de planificación que mejora la movilidad urbana considerando que la forma en que los individuos conocen su ciudad es a través de los desplazamientos que cotidianamente realizan para acceder a actividades, personas y lugares (Pablo-Romero et al., 2015) y entrega una multiplicidad de servicios ecosistémicos (Peng et al., 2017).

Con el fin de aportar a la generación de ciudades sostenibles y generar un potencial turístico en ciudades intermedias, la presente investigación plantea como objetivo el desarrollo de un modelo de diseño de corredor verde urbano entre la comuna de Temuco, el que se basa en variables vegetacionales e infraestructura de movilidad vial, para identificar el mejor diseño y potenciar de esta manera un sistema de corredores verde urbano

### Área de estudio

La comuna de Temuco está compuesta por dos zonas urbanas correspondientes a Temuco y Labranza, posee una superficie de 464 km<sup>2</sup>, de la cual un 95% es población urbana y solo el 5% rural (Plan Regulador Comuna de Temuco, 2010).



**Figura 1:** Área de estudio.

### Metodología

El proceso consistió en una selección y definición de áreas verdes núcleos y conectables, posteriormente un análisis de calidad de estas y de las calles y ciclovías que se asocian a estas áreas, posteriormente en función a los criterios de distancia que se establecen entre unidades o elementos urbanos, se propone la generación del corredor verde.

### Selección de áreas verdes núcleos y conectables

Se definió como superficie núcleo a unir áreas verdes de 2 ha, tomando en cuenta lo señalado en Pauleit, Slinn, Handley & Lindley (2003) y Handley et al., (2003), quienes citan que las personas no deben vivir a una distancia superior a 300 m de un área verde natural que posea 2 ha. Se establecen así las 2 ha como una superficie mínima para una buena calidad de vida, lo que hace imprescindible desarrollar actividades de conectividad (como los corredores verdes) para su mantención.

Con relación a las áreas verdes conectables, se procedió en primera instancia a trabajar en una categorización funcional basada en la superficie y en el Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad

Urbanística de Sevilla 2008, a lo cual se sumó el requisito que tuviesen más del 50% con vegetación, generando la siguiente clasificación:

- Área verde núcleo (mayor): Corresponde a parques urbanos, de servicio comunal. Con una superficie de más de 20000 m<sup>2</sup> (2 há). Área verde conectable (medio): Entre 1000m<sup>2</sup> superficie habitable (0,1 há) y 20000 m<sup>2</sup> (2 há). Área verde secundaria (pequeño): Entre 500m<sup>2</sup> (0,05 há) a 1000 m<sup>2</sup> (0,1 há)

Para la distancia entre áreas núcleos se toma la señalada por Rueda (2011) de 2 km entre áreas verdes mayores de 2 há, conectadas en función de elementos de movilidad vial, los cuales deben contar con una distancia de 300 m como máxima para generar una conexión funcional.

### Calidad de áreas verdes

En relación al análisis y calidad de áreas verdes, una vez identificadas las zonas viables para conectar se seleccionaron el 10% de los polígonos identificados en el proceso anterior para su muestreo en terreno, a través de transectos de 100 m y de ancho total 4 m. Se realizaron un total de 47 transectos en los cuales se levantó la siguiente información: Número de árboles, Especies, Altura de Copa y Total y Calidad a través de Sanidad y Forma

### Calidad de calles y ciclovías

Debido a las características necesarias para tener un mejor flujo de peatones, circulación de vehículos, implementación de ciclovía, y tipologías instauradas por la OGUC, se estableció que las óptimas para el corredor verde serían las vías troncales, colectoras y de servicio.

Para evaluar la calidad de ciclovías se desarrolló una metodología de tres pasos, basada en criterios definidos en el manual de diseños de ciclovías del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)

### Resultados

En relación a los resultados, la Figura 2 muestra la propuesta de Corredor Verde Urbano para la ciudad de Temuco, el cual forma un circuito cerrado de elementos de movilidad conectables entre calles, ciclovías y 18 espacios verdes públicos uniendo las 3 áreas verdes núcleo. En dicha figura se observa que actualmente existen condiciones para establecer un eje de corredor verde que de inicio a una inclusión de esta infraestructura verde en la planificación de esta ciudad que puede ser sostenible.



**Figura 2:** Propuesta Corredor Verde Urbano, ciudad de Temuco

La propuesta plantea una extensión de 8,16 km entre ciclovías y calles que conectan áreas verdes y las áreas núcleos. Las cuales se vinculan con bandejones verdes, plazoletas y plazas.

La principal problemática con la que nos encontramos al diseñar el corredor es que este se encuentra contenido en el centro de la ciudad, sin proyección a los distintos sectores de la ciudad de Temuco. Esto debido a que la distancia entre las demás áreas núcleo es mayor a 2 km, y no existen elementos entre ellas con distancias inferiores a 300m entre un elemento y otro (ciclovías o áreas verdes conectables).

## Conclusiones

Es posible generar una herramienta metodológica de evaluación y selección de infraestructura urbana que permita el diseño de corredores verde urbanos, basado en criterios de distancia, superficie y calidad de elementos de los espacios públicos en las ciudades.

La ciudad de Temuco muestra actualmente condiciones en lo referente a sus elementos urbanos, calles peatonales, ciclovías y áreas verdes, que cumplen los requisitos para el diseño y aplicación de un sistema de corredor verde. Con ello se promueve la movilidad urbana peatonal, los servicios ecosistémicos de vegetación urbana, incluyendo la descontaminación y belleza paisajística que en conjunto puedan ser un insumo para el desarrollo turístico de la ciudad.

## Referencias

- Baldó, J. (2014). Ciudades saludables / ciudades enfermas Healthy cities / sick cities. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 27(1), 193–201.
- FAO. (2010). Principales resultados Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. 1–12.
- Handley, J., Pauleit, S., Slinn, P., Barber, A., Baker, M., Jones, C., & Lindley, S. (2003). Accessible Natural Green Space. Standards in towns and cities: a review and toolkit for their implementation. *English Nature Research Reports*, 526, 98.
- Pablo-Romero, M. de P.; Román, R.; Limón, J.M.G.; Praena-Crespo, M. Effects of fine particles on children's hospital admissions for respiratory health in Seville, Spain. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 2015, 65, 436–444.
- Pauleit, S., Slinn, P., Handley, J., & Lindley, S. (2003). Promoting the natural greenstructure of towns and cities: English nature's accessible natural greenspace standards model. *Built Environment*, 29(2), 157–171. <https://doi.org/10.2148/benv.29.2.157.54469>.
- Peng, J., Zhao, H., & Liu, Y. (2017). Urban ecological corridors construction: A review. *Shengtai Xuebao/ Acta Ecologica Sinica*, 37(1), 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2016.12.002>.

## **AGUA URBANA: análisis urbano ambiental de las quebradas de la ciudad de Loja para el diseño de infraestructuras resilientes**

### ***URBAN WATER: urban environmental analysis of the streams of the city of Loja for the design of resilient infrastructures***

Alexandra Moncayo Vega

Universidad Técnica Particular de Loja, (Ecuador), [admoncayo@utpl.edu.ec](mailto:admoncayo@utpl.edu.ec)

#### **Resumen**

La presente investigación parte del objetivo de analizar el estado actual de las quebradas desde el contexto urbano ambiental, para ello se utiliza una metodología mixta: cualitativa y cuantitativa con base en dos métodos: lecturas urbanas de Kevin Lynch e Indicadores urbano ambientales de Horacio Capel, por medio de fichas que determina una aproximación al estado actual de las quebradas de la ciudad de Loja, mediante recorridos de observación directa y apoyados de mapas en SIG, se establecen indicadores como: escala de la quebrada, caudal, descargas de aguas servidas, permeabilidad del suelo, densidad de vegetación, así como indicadores urbanos como: bordes, hitos, sendas, nodos y barrios en los radios de acción de las quebradas que aportaron datos de cómo el crecimiento urbano incide en sus dinámicas ecológicas. Los resultados definieron cuatro tipologías del estado actual de las quebradas analizadas, con fines de plantear posibles estrategias de diseño y planificación que las convierta en infraestructuras resilientes.

**Palabras clave:** agua urbana, ambiental, quebradas, resiliencia, infraestructura.

#### **Abstract**

The present investigation starts from the objective of analyzing the current state of the streams from the urban environmental context, for this a mixed methodology is used: qualitative and quantitative based on two methods: urban readings by Kevin Lynch and urban environmental indicators by Horacio Capel, By means of cards that determine an approximation to the current state of the streams in the city of Loja, through direct observation routes and supported by GIS maps, indicators such as: scale of the stream, flow, sewage discharges, soil permeability are established , vegetation density, as well as urban indicators such as: edges, milestones, trails, nodes and neighborhoods in the radii of action of the streams that provided data on how urban development affects their ecological dynamics. The results defined four categories of the current state of the streams analyzed, in order to propose possible design and planning strategies that turn them into resilient infrastructures.

**Keywords:** urban water, environmental, streams, resilience, infrastructure.

#### **Introducción**

El agua urbana, se caracteriza por encontrarse dentro de la matriz construida, por lo general con problemas de contaminación y deterioro que afectan su funcionamiento. El desarrollo y crecimiento urbano de los últimos siglos han oprimido de manera inconsciente los cursos naturales de agua, se canalizan ríos, quebradas, escurrimientos, se impermeabilizan calles procurando una conectividad vehicular y peatonal fluidas. Al tiempo, debido a la fragmentación urbana, las quebradas quedan aisladas y desconectadas de la matriz del paisaje, aun así, prestan servicios ambientales indispensables para conservar la biodiversidad ecológica y la vida pública por tanto, es urgente e indispensable rehabilitar y recuperar ríos, quebradas y escurrimientos en las ciudades actuales (Pérez, 2000).

Tendencias como el diseño urbano ecológico y sostenible, paisaje urbano y resiliencia, han tomado fuerza, así la Fundación Nueva Cultura del Agua (2020), lanza la propuesta Desarrollo Urbano Sensible al Agua (DUSA), definida como la *‘integración del planeamiento urbano en la gestión, protección y conservación del ciclo urbano del agua, de forma que se asegure una gestión del agua sensible a los procesos hidrológicos y ecológicos.’* Asimismo, COAG (2004), plantea considerar al agua como una variable más en el diseño y planificación urbana, a fin de gestionar sustentablemente problemas originados por el sellado del suelo que originan: erosión de la tierra, islas de calor, inundaciones, pérdida de recursos naturales y zonas de riesgo natural y humano, incidiendo en el cambio climático.

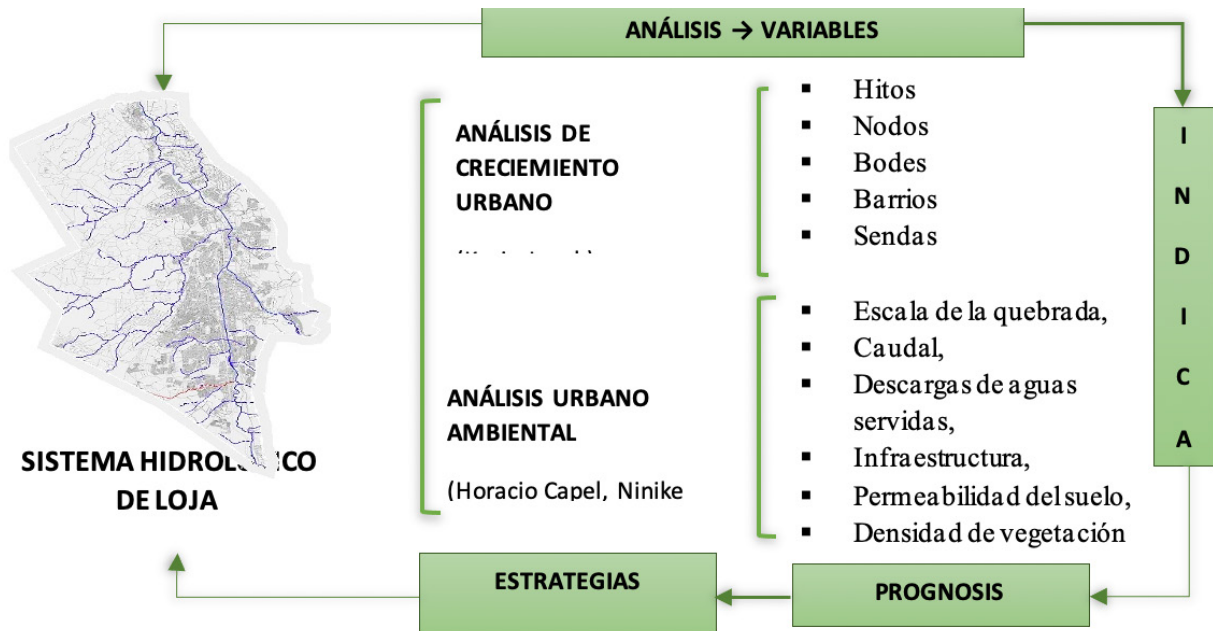
Para Hough, (1998) el agua “es un recurso fundamental que conecta el paisaje urbano con el rural”, es un recurso de vida que genera vida, por tanto, su presencia debe hacerse visible en las ciudades. Por su parte Rueda (2007) plantea un modelo de ciudad más sostenible, fortaleciendo la eficiencia metabólica urbana, la máxima autosuficiencia hídrica mediante la reutilización del agua con una participación social activa. En consecuencia, se necesita fortalecer el valor del agua urbana y los sistemas hídricos en el diseño y planificación urbana, tal como lo marcan los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) propuestos por la ONU, en su objetivo 11: “ciudades y comunidades sostenibles”, sumado a la conservación de las fuentes de agua, como servicios eco sistémicos indispensables para el desarrollo humano.

Por su parte, Di Campli (2016) acota que el sistema ambiental de las ciudades andinas del Ecuador, y en particular Loja, presentan un sistema urbano indiferente entre otras a la red hidrográfica, simplificándola a espacios residuales. El intrincado relieve que conforma el valle de la ciudad de Loja, actúa como sistema de confluencia hídrica con sus ríos Malacatos, Zamora, Jipiro y quebradas entrelazadas con el tejido urbano que, producto de su crecimiento especialmente al occidente, han iniciado un proceso de deterioro y pérdida, existiendo barrios en áreas de riesgo geológico, afectando por un lado a los bordes naturales y por otro a la salubridad, seguridad y calidad de vida de la población (PNUMA et al., 2007). Por tanto, se hace urgente contar con métodos, instrumentos e indicadores que permitan analizar el estado actual de los sistemas hídricos, develar su potencial para ser integrados a la vida urbana, no como un elemento más de la trama sino como un componente natural que otorga servicios ambientales y resiliencia ecológica.

## **Metodología**

Se trabaja con un enfoque metodológico mixto, cualitativo y cuantitativo, el primero, determina los valores e indicadores de la realidad físico espacial del objeto de estudio (las quebradas), el cuantitativo, no experimental, descriptivo exploratorio y proyectual, aporta valores numéricos para su ponderación. Como se esquematiza en la figura 1, para analizar las 22 quebradas: Vivero, El Rosal, Yahuarquina, San Cayetano, Alumbre, Turunuma, Consacola, Cementerio, Pavas, Shushuhuayco, La Banda, San Agustín, Cumbe, Carigan, Apangora, Chorrera, El Carmen, Mendieta, Minas, Sani, Sanz y Violetas, se toma el límite urbano trazado dentro de la hoya de Loja donde confluyen las quebradas. Se establecen dos fichas de análisis: la primera mide variables de lecturas de crecimiento urbano con base en Lynch (2015) en su obra “La imagen de la ciudad” y la segunda, determina indicadores ambientales en torno a Capel (2002) en su libro “La morfología de las ciudades” y su aplicación en la tesis “Metodología para la recuperación de quebradas según el entorno urbano - escala metropolitana” de Celi (2015). Se aplican herramientas como ARC GIS, y un cambio de escalas 1:40 000 a 1: 1000. Los resultados se miden por valores de la escala de Likert que van de muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno, que determinan la posterior prognosis y planteamiento de estrategias.





**Figura 1.** Línea de tiempo metodológico. Variables y estados. Elaboración: el autor

## Resultados

Una vez sistematizados y categorizados los indicadores urbanos y ambientales obtenidos, se establece una aproximación de 4 tipologías, resumiendo las variables que definen su ponderación y descripción como se observa en la tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados de las fichas de análisis

ESTADO DE CONSERVAC.	SÍNTESIS DE ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE INDICADORES
MUY MALO	<b>Ninguna</b>
MALO	<b>Tipología 1:</b> Vivero Escalas: pequeña, media y grande, aterrazada, poco sinuosa. Morfología en sección canalizada, entubada. Caudal permanente e intermitente. Descargas directas. Contaminación del agua. Construcciones en los bordes. Crecimiento urbano medio-alto 75%, (vías, bordes, nodos, barrios e hitos). Zona arbórea y arbustiva.
REGULAR	<b>Tipología 2:</b> El Rosal, Yahuarcoma, San Cayetano, Alumbre, Turunuma, Consacola, Cementerio, Pavas. Escalas: media, grande, poco sinuosa. Morfología en sección canalizada con colector marginal. Caudal intermitente, medio. Descargas directas. Contaminación del agua. Construcciones en bordes. Crecimiento urbano medio 50%. Zona Arborea, arbustiva.
BUENO	<b>Tipología 3:</b> Shushuhuayco, La Banda, San Agustín, Cumbe, Carigan, Apangora, Chorrera. Escalas: pequeña, media, grande poco sinuosa. Morfología en sección aterrazada. Bordes conservados. Caudal permanente. Sin construcciones en bordes. Crecimiento urbano medio-bajo 20%. Suelo permeable. Zona de pastizal, arbustiva, semidensa.
MUY BUENO	<b>Tipología 4:</b> El Carmen, Mendieta, Minas, Sani, Sanz, Violetas Escalas: medias, grandes, sinuosas. Morfología en sección aterrazada. Caudal permanente. Sin descargas de aguas servidas. Crecimiento urbano bajo, 10%. Suelo permeable, área natural. Zona arbórea, arbustiva.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos denotan que, el estado de conservación de las quebradas se degrada a medida que se acercan al área urbana, en donde existen mayores transgresiones: construcciones en áreas de protección, contaminación por desechos sólidos, basura, aceites y químicos. Aunque no existen quebradas en estado muy malo, encontramos en estado malo y regular (tipologías 1 y 2) sin embargo, los indicadores ambientales de presencia de vegetación arbórea, arbustos y pastizales, así como de su estado natural conservado, dan cuenta de la factibilidad de su posible restauración mediante infraestructuras resilientes. Las quebradas con estado, bueno y muy bueno (tipologías 3 y 4) presentan potenciales como: caudal de agua permanente, bordes naturales conservados, suelos permeables y contexto natural conservado, prediciendo la subsistencia de la biodiversidad que permitan la preservación ecológica tan necesaria para lograr ciudades sostenibles.

## Referencias

- Capel, H. (2002). La morfología de las ciudades. Sociedad, cultura y paisaje urbano. In Barcelona: Ediciones del Serbal (Primera ed, Vol. 1, Issue 32).
- Celi, N. (2015). Metofología para la recuperación de quebradas según el entorno urbano - escala metropolitana. UDLA.
- Concil of Australian Governments. (2004). Intergovernmental agreement on addressing water overallocation and achieving environmental objectives in the Murray - Darling Basin.
- Di Campli, A. (2016). Densificar La Ciudad. Cuestiones, problemas y diseño urbano en Ecuador (A.- Yal (ed.); Primera).
- Fundación Nueva Cultura del Agua. (2020). GUÍA NUEVA CULTURA DEL AGUA. <http://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/>
- Hough, M. (1998). Naturaleza y Ciudad: Planificación urbana y procesos ecológicos. (Gustavo Gi).
- Lynch, K. (2015). La imagen de la ciudad. (G. Gili (ed.)).
- Pérez, E. (2000). Paisaje Urbano en Nuestras Ciudades. Bitacora, 1(4), 33–37.
- PNUMA, Municipio de Loja, & NCI. (2007). Perspectivas del Medio Ambiente Urbano:GEO Loja. [http://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo Loja.pdf](http://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo%20Loja.pdf)
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2020). Objetivos del desarrollo sostenible. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Rueda, S. (2007). EL URBANISMO ECOLÓGICO: Un nuevo urbanismo para abordar los retos de la sociedad actual (Vol. 15, pp. 30–37). [https://doi.org/10.1016/S0002-9378\(15\)33486-4](https://doi.org/10.1016/S0002-9378(15)33486-4)

## Cooperación para la gestión de la calidad del agua potable

### *Cooperation for drinking water management*

Sandra Campanella<sup>1</sup>, Jorge Schmukler<sup>1</sup>, Mario Nudelman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CEGELAH-FCyT-UADER, [campanellasr@gmail.com](mailto:campanellasr@gmail.com)

#### Resumen

El acceso al agua potable es indispensable, en la actualidad, para lograr una buena calidad de vida. El crecimiento de la población, la ampliación de los procesos industriales y las actividades agrícolas generan un aumento constante en la demanda de agua para abastecer los diferentes usos. Este servicio, en Argentina, en diversas ocasiones, es brindado a los habitantes de un municipio o comuna a través de cooperativas. Sin embargo, muchas veces, no cuentan con los recursos técnicos necesarios para brindar un servicio óptimo. En este sentido, se trabajó en un proyecto conjunto entre el Centro para la Gestión Local Sostenible del Agua y del Hábitat Humano (CEGELAH) de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCyT) de la Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER) y la Cooperativa de Aguas de Oro Verde, provincia de Entre Ríos, Argentina con el objetivo de mejorar la prestación del servicio de agua potable de la localidad.

**Palabras clave:** agua potable, calidad, cooperación

#### Abstract

Access to drinking water is currently essential to achieve a good quality of life. Population growth, the expansion of industrial processes and agricultural activities generate a constant demand growth of water supply for the different uses. This service, in Argentina, on various occasions is provided to the inhabitants of a municipality or commune by cooperatives. However, many times, they do not have the necessary technical resources to provide an optimal service. In this sense, a joint project was developed between the Centro para la Gestión Local Sostenible del Agua y del Hábitat Humano (CEGELAH) from the Facultad de Ciencia y Tecnología (FCyT) of the Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER) and the Oro Verde Drinking Water Cooperative, Entre Ríos province with the aim of improve the water drink service.

**Keywords:** drinking water, quality, cooperation.

#### Introducción

El agua potable es un requisito indispensable en la actualidad para lograr una buena calidad de vida. Se encuentra comprendido en los objetivos del desarrollo sostenible descrito como Objetivo 6: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”.

El crecimiento de la población, la ampliación de los procesos industriales y las actividades agrícolas generan un aumento constante en la demanda de agua para abastecer los diferentes usos. Esta situación genera tensiones y conflictos entre usuarios, proveedores y el ambiente que proporciona este recurso. La solución para conseguir un equilibrio entre los sistemas de abastecimiento de agua, la sociedad y el ambiente, es la aparición de un cambio en la gestión del agua. Dicho cambio es necesario en todos los niveles, y debe involucrar el control del recurso y ajuste a la legislación vigente en todas las fases de su aprovechamiento: captación del agua, su distribución, consumo y desecho de aguas residuales. Esto se lleva adelante utilizando las tecnologías y procesos en los cuales la organización responsable del abastecimiento esté en condiciones de aplicar.

Dada la gran variedad de enfermedades derivadas de la mala calidad del agua y la diversidad de causas que inducen al deterioro de la misma, es importante entender cuáles son los parámetros claves que deben ser medidos a la hora de evaluar la calidad del agua. En este sentido, en el transcurso del año 2019, mediante un proyecto de cooperación entre el Centro para la Gestión Local Sostenible del Agua y del Hábitat Humano (CEGELAH) de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCyT) de la Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER) y la Cooperativa de Aguas de Oro Verde, provincia de Entre Ríos, Argentina se buscó mejorar progresivamente el servicio de abastecimiento de agua potable desde la preservación del recurso hídrico en explotación para el abastecimiento, hasta la distribución y satisfacción de la demanda del servicio por parte de los usuarios en calidad y cantidad.

Este recurso, en la mayoría de los municipios y comunas, es provisto por instituciones de diferente tipo: cooperativas, sociedades anónimas, etc. Muchas veces los recursos tecnológicos o la capacidad técnica de los recursos humanos que operan las mismas, no son suficientes para garantizar un servicio de calidad y cantidad adecuada acorde a los usuarios existentes.

### **Metodología**

En todo el desarrollo del proyecto, se trabajó de manera conjunta con el presidente de la cooperativa de aguas y los operarios de la misma. Desde el CEGELAH participaron profesionales de la rama de geología, arquitectura, ingeniería ambiental e ingeniería en sistemas.

Una de las primeras actividades que se realizó fue una presentación pública abierta al municipio para que tuviesen conocimiento del proyecto y sus alcances. Paralelamente, se trabajó con los miembros de la cooperativa en forma de talleres para realizar un diagnóstico de la situación actual del servicio de abastecimiento y de la institución.

A partir de un diagnóstico inicial, se decidió trabajar en un punto fundamental del servicio que es la calidad del agua abastecida a la red. Este tema se identificó como prioritario debido a la situación en que actualmente se encontraba el control y conocimiento de la misma por parte de la Cooperativa. Sobre esto, se decidió proceder en dos aspectos, por un lado, la toma de muestras, la determinación analítica y el control y tratamiento de la información obtenida (identificado de ahora en adelante en el texto como Componente 1); por otro lado, se desarrolló un dispositivo prototipo para la medición de la calidad de agua mediante sensores electrónicos (identificado de ahora en adelante en el texto como Componente 2).

En lo que respecta al Componente 1, se realizaron actividades de capacitación sobre: consideraciones para la toma de muestras, la normativa vigente, y el tratamiento de la información obtenida y sus niveles de alerta. Además se tomaron muestras y se analizaron en el laboratorio, con el fin de tener una base sobre la cual trabajar.

En el caso del Componente 2, se llevó a cabo el desarrollo de un dispositivo para medir la calidad de agua e identificar si el agua es potable; informar en tiempo real los resultados medidos y almacenarlos en una Base de Datos para su posterior utilización en el sistema. Los parámetros para medir son: Potencial Hidrógeno (pH), Electro Conductividad (EC), Temperatura; Turbidez

### **Resultados**

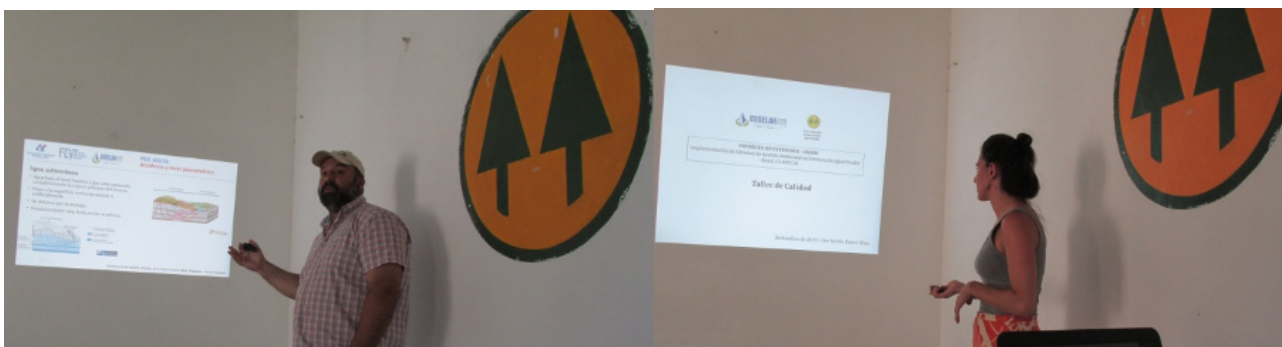
Por un lado, se logró realizar una línea de base de la calidad del agua abastecida a la población, a partir de ello, se identificaron temas sobre los cuáles se trabajó con el personal de la cooperativa en capacitación para su comprensión e identificación de niveles de alerta. Por otro lado, se llevó adelante el desarrollo, configuración y programación de un sistema de bajo costo y autónomo que consiste en una herramienta dispositivo para medir la calidad del agua e informar en tiempo real las mediciones obtenidas en el punto clave de identificación para la muestra de

calidad; los resultados obtenidos en este primer módulo desarrollado cumplieron con los objetivos propuestos y planteados inicialmente.

En cuanto a los resultados de la experiencia de trabajo de cooperación, a continuación se resumen diferentes aspectos, por parte del CEGELAH y por parte de la Cooperativa.

Desde el CEGELAH se identificó, a través del proyecto, que existen dificultades en el abastecimiento de agua potable y su calidad. Los recursos humanos y la organización están en condiciones de vulnerabilidad tecnológica frente a la necesidad de una gestión sostenible. Dicha vulnerabilidad acentúa la incapacidad de planificar y ejecutar planes de mejora, y la población no está satisfecha con la calidad de agua distribuida. Por otro lado, no existe un vínculo fuerte de cooperación por parte de las autoridades provinciales del sector, tampoco existe un poder de policía real sobre el territorio. Como aspectos positivos se notó que existe un elevado grado de concientización de la organización respecto al tema, y una cercanía de la población quien expresa sus preocupaciones. Se identificó también una buena aceptación y predisponibilidad del personal de la cooperativa en relación al trabajo del proyecto. Se destaca una sinergia que se fue dando y evolucionando entre los integrantes de la Cooperativa de Agua de Oro Verde y el equipo de Investigadores del CEGELAH; cuyo principal propósito ha sido el aprendizaje constante y el aporte de nuevas tecnologías en la Red de Agua.

Desde la Cooperativa, a través del testimonio del presidente de la misma, Roberto Ronchi, quien identificó como fortalezas la excelente idoneidad del grupo que integró el proyecto desde el CEGELAH y su capacidad de comunicación; la posibilidad de contar con un sistema de alerta temprana sobre la calidad del agua y funcionamiento de la red, permitiendo actuar preventivamente y/o en contingencias, frente a la aparición de anomalías en el agua y su distribución; la buena cooperación de las autoridades locales; el apoyo académico para que los socios y usuarios ejerzan un rol más positivo sobre el cuidado del agua y asuman un compromiso; la oportunidad de contar con un respaldo científico técnico para conocer la calidad del agua y el estado de la red. Como debilidades destacó la insuficiente supervisión de la Cooperativa, la escasa cantidad de personal para asignar al proyecto, y las escasas actividades de capacitación continua del personal para que puedan seguir implementando mejoras al servicio de abastecimiento.



**Figura 1.** Capacitación realizada en la sede de la Cooperativa de Aguas de Oro Verde. Diciembre 2019

## Conclusiones

El proyecto tenía como objetivo inicial, plantear directrices para implementar un sistema de gestión en la Cooperativa para el abastecimiento de agua potable, a realizarse en un término de 12 meses. Al comenzar a trabajar con la Cooperativa, y realizar una línea de base, desde el CEGELAH se identificó que era prioritario trabajar con un aspecto más básico y esencial, la calidad de agua y las dificultades que atravesaba la cooperativa para garantizar la misma.

A partir de esto, se logró desarrollar una metodología de trabajo y alerta temprana para que el personal de la Cooperativa pudiera llevar adelante un sistema de control de calidad de agua fiable y de bajo costo; que sea fácil de implementar, reparar y que las mediciones sean en tiempo real.

A lo largo de los 12 meses, la cooperación entre instituciones mostró resultados muy buenos y reconfortantes. Se identificó la necesidad que presentan estas instituciones en relación a disponibilidad de personal técnico y conocimientos que permitan mejorar la calidad del abastecimiento a partir de cambios sencillos y sin gran esfuerzo económico.

## **Resiliencia climática en Colombia, experiencias desde los sistemas de alerta temprana comunitarios**

### *Climate resilience in Colombia, experiences from community early warning systems*

Jacipt Alexander Ramón Valencia<sup>1</sup>, Ana Katherine Lizarazo Vanegas<sup>1</sup> Doris Vanegas

Vanegas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Pamplona (Colombia), [jacipt@unipamplona.edu.co](mailto:jacipt@unipamplona.edu.co)

#### **Resumen**

En el territorio colombiano, se conjugan condiciones físicas complejas con alta vulnerabilidad a la ocurrencia de desastres naturales, asociados a condiciones antrópicas, que intensifican los impactos de los eventos climáticos extremos asociados a variabilidad climática. La investigación se realiza desde la visión sistémico compleja asociada a la gestión del riesgo climático, en el marco del Proyecto Sistema de Alerta Temprana Climatológica de Norte de Santander, alianza entre la Universidad de Pamplona, la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y el Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la interacción sistémica desde diferentes escalas, para conocer las dinámicas territoriales y generar acciones que promuevan la resiliencia y adaptación al cambio climático, desde la generación de estrategias que promuevan el conocimiento del riesgo, la prevención, la preparación y el fortalecimiento de capacidades de respuesta a emergencias, donde las comunidades son las protagonistas de estos procesos.

**Palabras clave:** Riesgo de desastres; Conocimiento del riesgo; Comunidades; Corresponsabilidad; Sinergia

#### **Abstract**

In the Colombian territory, complex physical conditions are combined with high vulnerability to the occurrence of natural disasters, associated with anthropic conditions, which intensify the impacts of extreme weather events associated with climate variability. The research is carried out from the complex systematic vision associated with climate risk management, within the framework of the Norte Santander Climate Early Warning System Project, an alliance between the University of Pamplona, the National Unit for Disaster Risk Management and the Departmental Council for Disaster Risk Management, through systemic interaction from different scales, to learn about territorial dynamics and generate actions that promote resilience and adaptation to climate change, from the generation of strategies that promote knowledge of risk, prevention, preparedness and development of emergency response capacities, where communities are the protagonists of these processes.

**Keywords:** Disaster risk; Risk awareness; Communities; Co-responsibility; Synergy

#### **Introducción**

Debido a los efectos del cambio climático y la variabilidad climática, las afectaciones por desastres naturales relacionadas a condiciones hidrometeorológicas van en aumento, debido a esto, es necesario implementar estrategias que permitan aumentar la resiliencia en los territorios y preparar a la comunidad para la respuesta, con el objetivo de salvar vidas y reducir pérdidas.

Los entes territoriales, universidades y demás instituciones, buscan estrategias para aumentar la capacidad de adaptación y resiliencia ante los impactos de los fenómenos climáticos extremos, como inundaciones, sequías, deslizamientos de tierra por lluvia, entre otros, las principales afectaciones generadas en los últimos años están asociados a escenarios de cambio climático y de fenómeno de La Niña, que en el país se conocieron como “la ola

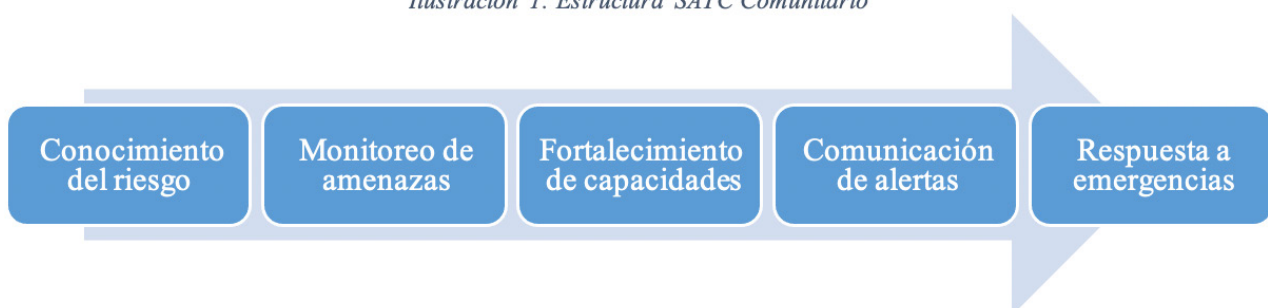
invernal 2010- 2011”, los cuales golpearon fuertemente al departamento de Norte de Santander (Becher, 2012), donde se registraron pérdidas humanas y económicas que desencadenaron en un retroceso en el desarrollo regional, es evidente que Colombia debe dedicar gran esfuerzo a generar conocimiento y prepararse para los posibles impactos de fenómenos climáticos e implementar medidas de adaptación en el territorio (Costa, 2007).

Por lo tanto, el presente trabajo tiene por objetivo exponer la experiencia desde los sistemas de alerta temprana comunitarios (SATC) ante eventos extremos del clima, en el fortalecimiento de la resiliencia climática de los territorios, los SATC se definen según EIRD como el “conjunto de capacidades necesarias para generar y diseminar de manera oportuna y efectiva, información de alerta que permita a las personas, comunidades y organizaciones amenazadas prepararse y actuar apropiadamente y con suficiente tiempo para reducir la posibilidad de daño o pérdida”, se consideran como una estrategia para reducir los impactos ante eventos extremos del clima y como medida de adaptación al cambio climático, desde los escenarios de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo, prevención y preparación, donde se entiende por riesgo “la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas” (UNISDR, 2009).

## Metodología

En los procesos de la gestión del riesgo de desastres la vinculación de la comunidad es estratégica para la apropiación de social del sistema, lo que traerá consigo el fortalecimiento de la resiliencia, entendida como “la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas” (UNISDR, 2009). La estructura de los sistemas de alerta temprana comunitarios, se compone de cinco etapas, que incluyen procesos de conocimiento, prevención, preparación y respuesta. Ver Ilustración 1, donde se muestran las etapas, mediante las cuales se fortalece la resiliencia climática en los territorios.

*Ilustración 1: Estructura SATC Comunitario*



*Fuente: Autores*

“La vulnerabilidad a los impactos del clima, acentuada por las brechas de desigualdad entre las regiones y en el interior de la población, marca la necesidad de tomar medidas, que atiendan las necesidades particulares de cada territorio, pues los impactos no son iguales para todos” (PNUD, 2015). Se hace necesario reconocer las diferentes realidades y con base a estas, construir nuevos significados y valores, que promuevan la resiliencia desde la construcción colectiva y permitan reducir el riesgo, desde prácticas comunitarias corresponsables. La resiliencia se entiende como la capacidad de las comunidades para estar preparados, adaptarse a los riesgos y de absorber, responder y recuperarse de los impactos de manera oportuna y eficaz sin comprometer su funcionamiento y generar aprendizaje de cada experiencia vivida, que permita reinventarse en su funcionamiento. Según lo anterior se proponen los siguientes pasos para fortalecer la resiliencia climática en los territorios, los cuales se ejecutan a través del sistema de alerta temprana comunitario. Esta metodología permite a la comunidad identificar su realidad actual, antecedentes y escenarios futuros que se pueden presentar, con el objetivo de estar preparados,



conocer las amenazas, los elementos expuestos y los posibles impactos, con esa información diseñar la respuesta entendida como “la ejecución de las actividades necesarias para la atención de la emergencia como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, extinción de incendios y manejo de materiales peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia, aspectos financieros y legales, información pública y el manejo general de la respuesta, entre otros.” (Ley 1523 de 2012). Generar diferentes instrumentos como los planes de evacuación, estrategia municipal de respuesta, protocolos de activación y respuesta a alertas tempranas, que permitan salvar vidas y reducir pérdidas, las cuales deben ir acompañadas de procesos de capacitación y entrenamiento.

## Resultados

Con la metodología implementada de los sistemas de alerta temprana comunitarios, se evidencia el potencial que tiene la comunidad en el conocimiento de territorio, tanto en las problemáticas existentes, como en la formulación de estrategias para resolver dichas problemáticas, la comunidad es el experto y por lo tanto debe ser el actor principal en los diferentes procesos de intervención en el territorio. Mediante las alertas tempranas y la preparación de la comunidad se aumenta la resiliencia climática de los territorios, es posible disminuir las pérdidas ante la ocurrencia de un evento extremo, en un 90% ya que los actores toman conciencia de sus acciones y de la responsabilidad que tienen al momento de generar acciones que pongan en riesgo su vida o la de su comunidad, por ejemplo, el uso inadecuado del suelo y la urbanización en zonas de amenaza, se trabaja en la concientización sobre la valoración de la vida y de los procesos colectivos que busquen salvar vidas, como la capacitación en primeros auxilios y en la elaboración de planes familiares de riesgo, donde todos conocen cómo actuar ante un evento extremo.

## Conclusiones

La gestión del riesgo de desastres es un proceso social que debe involucrar y fortalecer las capacidades de los territorios, desde los diferentes sistemas social, cultural, administrativo, ambiental, donde se busca salvar vidas y reducir pérdidas ante la ocurrencia de eventos peligrosos, que afecten a la comunidad. En Colombia ha hecho importantes avances y esfuerzos por reducir la vulnerabilidad en los territorios, sin embargo, muchos de estos procesos no se aterrizan con las comunidades, se corre el riesgo de que los esfuerzos realizados, sean procesos burocráticos y no lleguen a quienes realmente lo necesitan. Es de vital importancia involucrar a los diferentes actores comunitarios, gubernamentales, institucionales, productivos y económicos, identificar las problemáticas y establecer las estrategias de trabajo de manera colectiva, esto generará apropiación y sostenibilidad en los procesos que se implementen. La participación comunitaria y el sentido de comunidad ya que “funciona como un agente catalizador para desencadenar otros procesos comunitarios como el cambio social” (Carrasco, 2011), son las principales herramientas para fortalecer la resiliencia climática y la capacidad adaptativa de los territorios, es vital establecer espacios para el aprendizaje, donde se fortalezca la cohesión social y las identidades, para estar preparados, prevenidos, capacitados y entrenados para responder ante los eventos climáticos extremos que se puedan presentar.

## Referencias

Alzate Velásquez, D. F., Ramón Valencia, J. A., & Ramón Valencia, J. D. (2016). Sistema de alerta temprana ante eventos climáticos extremos como medida adaptación y mitigación al cambio climático. Artículo Seleccionado del CADI, 126-134.

- Becher, M. (2012). Percepción e Impacto del Cambio Climático – Conflictos socioambientales en Norte de Santander. CERCAPAZ – Componente 3: Gestión de Conflictos Ambientales. Stuttgart, Alemania: IP-Consult/Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional GIZ.
- Carrasco, Nayib. (2011). Promoción de la resiliencia comunitaria. Katharsis - ISSN 01247816, No. 12, pp. 67-76, Envigado, Colombia
- Costa Carlos. (2007). La adaptación al cambio climático en Colombia. #26 revista de ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. rev.ing. ISSN. 0121-4993. Noviembre de 2007
- Domínguez, E., & Lozano, S. (2014). Estado del Arte de los Sistemas de alerta temprana en Colombia. Ciencias de la tierra, pp. 321-332. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v38n148/v38n148a07.pdf>
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de Naciones Unidas - UNISDR. (2009). Terminología sobre reducción del riesgo de desastre. Ginebra: UN.
- Lavell, A. (2007) Apuntes para una reflexión institucional en países de la Subregión Andina sobre el enfoque de la Gestión del Riesgo. Comisión Europea; Comunidad Andina. Secretaría General; CAPRADE; Apoyo a la Prevención de Desastres de la Comunidad Andina PREDECAN; Consultora Nacional Spazio Ingeniería y Medio Ambiente; 42 p. Lima; Perú.
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2017). Política nacional de cambio climático: documento para tomadores de decisiones. ISBN 978-958-8901-44-2. Bogotá, D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). AbE. Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia. Bogotá, D.C. Colombia.
- PNUD. (2015). Experiencias de adaptación al cambio climático. Prácticas para la resiliencia en comunidades vulnerables. ISBN 978-958-8902-62-3. Colombia

### III. EL CAMBIO CLIMÁTICO, LA PANDEMIA Y SUS EFECTOS.

#### **Cambio Climático y COVID-19: Alternativas para un nuevo rumbo.**

##### *Climate Change and COVID-19: Alternatives for a new course.*

Max Lascano

Fundación Paisajes Sostenibles, [maxlascano@paisajes-sostenibles.org](mailto:maxlascano@paisajes-sostenibles.org)

#### **Resumen**

El COVID-19 ha develado la vulnerabilidad de la sociedad ante un enemigo común y la necesidad de acción colectiva para enfrentarlo. Sin embargo, también ha puesto en su justa dimensión que la normalidad en la que vivíamos guardaba una profunda desigualdad, un débil y mercantilizado sistema de salud, millones de personas en infraviviendas que malviven, discriminación, violencia estructural, explotación y precariedad. En este artículo se expone la disyuntiva ante la que se enfrenta la humanidad: el retornar a esa “normalidad” o emprender el camino hacia una nueva normalidad, en la que podamos alcanzar esa acción colectiva que nos permita superar la crisis climática y social a la que nos ha llevado la actual trayectoria. Se exponen las herramientas que tanto a nivel macro como micro podríamos utilizar para iniciar una transición hacia la “operativización” del maltratado concepto de desarrollo sostenible, así como, para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

**Palabras clave:** COVID-19, desarrollo sostenible, cambio climático, combustibles fósiles, capitalismo.

#### **Abstract**

COVID-19 has revealed the vulnerability of society to a common enemy and the need for collective action to confront it. However, it has also put in its proper dimension that the normality in which we lived kept a deep inequality, a weak and commercialized health system, millions of people in under-living houses that survive, discrimination, structural violence, exploitation and precariousness. In this article the dilemma before humanity is exposed: to return to that “normality” or to embark on the path towards a new normality, in which we can achieve that collective action that allows us to overcome the climate and social crisis to the current path has taken us. The tools that both macro and micro levels could use to initiate a transition towards the “operationalization” of the battered concept of sustainable development are exposed, as well as to meet the Sustainable Development Goals.

**Keywords:** COVID-19, sustainable development, climate change, fossil fuels, capitalism.

#### **1. Las revelaciones del COVID-19**

El COVID-19 por su impacto inmediato y, en principio, por su capacidad de afectar a cualquier persona del planeta sin importar su etnia o condición social, logró lo que las negociaciones por el cambio climático no han logrado en más de 20 años, en cuestión de semanas los gobiernos y las empresas han emprendido acciones para enfrentarlo. A lo largo del mundo, y especialmente en el norte, los sistemas de vida, alimentación, trabajo y atención médica cambiaron radicalmente en cuestión de semanas (Hay y Ford, 2020).

No obstante, al poco tiempo, la pandemia develó graves problemas que conviven con lo que llamamos “normalidad”, que a la vez son parte del origen de la pandemia, profundizan sus efectos y refuerzan la probabilidad de ocurrencia, estos son: la inequidad y un modelo hegemónico de desarrollo depredador (Herrero, 2020).

Si bien el virus puede afectar y matar a cualquier persona, en la práctica vemos que la mortalidad de la enfermedad es mayor en las poblaciones pobres y excluidas, así por ejemplo, en EEUU varios medios de comunicación anunciaban ya en abril de 2020 que la tasa de las muertes en los grupos afroamericanos superaban hasta con más del doble al de la población blanca. Cosa parecida se ha repetido en los países latinoamericanos, así p.e. México reporta que la mayoría de los fallecidos corresponden a grupos excluidos que no tenían acceso a seguridad social, y esto es algo que se puede observar en varios reportes de prensa a lo largo de toda América Latina, incluyendo claro el Ecuador, aunque no todos están documentados.

## 2. ¿Retorno a la normalidad?

Luego de meses de confinamiento y de una reapertura parcial de actividades, la población mundial espera con ansias el retorno a la “normalidad”, así las personas más afortunadas que han podido mantener sus empleos, buscan recuperar sus actividades de relacionamiento social o recreativas, mientras que las personas que han perdido sus puestos de trabajo o han visto disminuidos considerablemente sus ingresos, esperan con ansias poder retomar sus actividades productivas.

Quienes se dedican a la ecología de las enfermedades tienen cada vez más evidencias científicas que les permiten señalar que la deforestación, la fragmentación de hábitats y la pérdida de diversidad aumenta la presencia de patógenos zoonóticos, causantes de importantes problemas de salud pública (Gómez, 2020). Así para el *One Health Institute* de la Universidad de California, el SARS, el Ébola, el Nilo Occidental, Lyme, MERS y otras enfermedades se ajustan al perfil, y sólo es una muestra de lo que puede pasar, pues pueden haber más de 10.000 virus de mamíferos potencialmente peligrosos para los humanos (Roston, 2020).

### 2.1 Correlación Economía Mundial y Petróleo

De acuerdo a un análisis sobre la correlación entre el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> y el desempeño económico mundial desde la década de 1920 a 2020 realizado por Bloomberg Green (2020), cada crisis desde la gran depresión de 1929 ha venido acompañada por una caída en la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, acompañada de un repunte de las emisiones de CO<sub>2</sub> una vez superada la crisis. Así para la crisis financiera de 2008 la caída en las emisiones de CO<sub>2</sub> fue de aprox. 0.5 gigatonnes de CO<sub>2</sub>, pero para el 2009, la emisión superó el 1.5 gigatonnes de CO<sub>2</sub>, el valor más alto en la historia. Para 2020 de acuerdo a la Agencia Internacional de Energía (AIE) se espera que la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> será de 2.6 gigatonnes, una reducción nunca vista antes, que representa un 8% menos de lo esperado inicialmente para 2020 (Petri, 2020).

Para la AIE a pesar que estima que las energías renovables habrán ganado participación después de la pandemia -a costa de un detrimento del carbón-, el escenario más probable para cuando se supere la pandemia será un repunte en el consumo de petróleo y con ello un incremento en las emisiones de CO<sub>2</sub>, que esperemos no sea en la misma dimensión que la observada en 2009 (Petri, 2020).

No obstante, otro uso muy importante del petróleo es su transformación como fertilizante (urea y fosfatos de amonio), donde es considerado más eficaz que los de otro origen y que de acuerdo a la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA), para 2015 el consumo global de nutrientes fue de 183.4 millones de toneladas, de los cuales el 60% correspondió a los fertilizantes nitrogenados, 22% a los fosfatados, por lo que dominan el mercado. A la vez los precios internacionales de los fertilizantes, están relacionados en un 70% y 80% con los precios del crudo (Gaucín, 2016).

## 2.2 Concentración del poder económico

La concentración de la riqueza y con ella del poder económico se encuentra ampliamente documentada en distintos estudios como los realizados por Piketty en sus obras: *El Capital en el siglo XXI* (2013) y *Capital e Ideología* (2019), donde evidencia que a partir de la adopción de la visión neoliberal de la economía, la concentración de la riqueza y por ende la desigualdad se ha ido incrementando, llegando en países como EEUU a niveles similares a los previos de la gran depresión de 1929.

Organizaciones como OXFAM (2019) denuncian desde hace varios años que la desigualdad extrema está fuera de control. Cientos de millones de personas viven en la pobreza extrema mientras las élites más ricas reciben enormes ganancias. Nunca ha habido tantos multimillonarios como ahora, donde su riqueza ha alcanzado un récord histórico. Mientras tanto, las personas en mayor situación de pobreza del mundo se han empobrecido aún más.

Así para Beinhocker (2017) Director del Instituto del Nuevo Pensamiento Económico de la Universidad de Oxford, durante algunas décadas se pensó que se había llegado el final de la historia y que existía un consenso en relación a algunas visiones de la economía como: el libre comercio, la necesidad de mercados eficientes y flexibles, una menor participación del Estado y el papel positivo de las finanzas globales. Consenso que fue reforzado por instituciones internacionales como el FMI, el Banco Mundial y la OCDE, y la élite política y empresarial de Davos (Beinhocker, 2017).

Lo que vivió América Latina durante la década de los 90, lo empezó a sentir el norte a raíz de la crisis financiera de 2008 y que se consolidó en 2016 con la elección de Trump en EEUU. Grandes sectores de la sociedad de EEUU perdieron la fe en el consenso neoliberal, los partidos políticos que lo respaldaron y las instituciones que lo promovieron. Observando como la apertura comercial sólo benefició a una élite, o como los gobiernos, las corporaciones y los bancos sirven a sus propios intereses. Esto ha creado un vacío ideológico que se llena con viejas y malas ideas, sobre todo un renacimiento del nacionalismo en los EEUU y en varios países europeos, así como un resurgimiento de la dura izquierda socialista en otros países (Stiglitz, 2012; Beinhocker, 2017).

## 3. Hacia una nueva normalidad

### 3.1 A nivel global

La pandemia del COVID-19 se está constituyendo en la estocada final al agotamiento del consenso neoliberal que rigió el mundo los últimos 40 años, y que como se ha mencionado su descenso inició con la crisis financiera global del 2008, la crisis europea de 2010-2013 y que se ha consolidado con el resurgimiento de gobiernos nacionalistas y populistas de derecha en países desarrollados como Francia, EEUU y Reino Unido, donde estas propuestas lograron captar el descontento de la población. Así para economistas como el premio nobel Paul Krugman se avecina un nuevo orden mundial, donde China cumplirá un rol importante por su peso económico, aunque no tendrá la suficiente credibilidad para imponerse, pero que dada la guerra comercial que EEUU ha iniciado contra ella, la empuja a ese rol. No obstante, a criterio de Krugman este nuevo orden mundial al momento se dibuja más caótico y débil.

Varios reconocidos científicos y biólogos climáticos han expresado que nos dirigimos hacia el colapso de la civilización, y que ya puede ser demasiado tarde para cambiar de rumbo, incluso poniendo como ejemplificación de la situación, a la historia del Titanic cuando este observa muy tarde al iceberg. Señalan además, que los tres desafíos principales para la humanidad: el cambio climático, la degradación de la biosfera y las crecientes desigualdades, son solo facetas diferentes del mismo problema fundamental (The Voice, 2020).

### 3.2 A nivel nacional y local

Ante un escenario poco esperanzador, las opciones para una economía pequeña y vulnerable como la ecuatoriana, depende mucho de la orientación que tome el resto del mundo, es decir, las acciones que tome el país poco podrán influir a nivel planetario. Por lo que únicamente puede tomar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, que es algo que ha iniciado aunque aún a una escala bastante modesta.

En este sentido, las acciones que el Ministerio del Ambiente (MAE) ha impulsado a partir del año 2016, con la expedición del Plan de Acción REDD+ Bosques para el Buen Vivir, contiene elementos de política pública bastante bien orientadas a las acciones que el país puede tomar para mejorar su posición ante lo que la situación mundial nos lleve, sea cual sea que fuere.

El país debería iniciar una transición productiva hacia actividades relacionadas a la agroindustria pero derivada de una agricultura sostenible (agroecología, permacultura y similares) libre de deforestación, que se oriente por una parte a garantizar la soberanía y seguridad alimentaria, así como la exportación de productos transformados de alto valor agregado, producidos con los excedentes de la producción nacional y local.

#### Referencias

- Beinhocker, E., (2017). It's Time for New Economic Thinking Based on the Best Science Available, Not Ideology. *Economics*. Obtenido desde: <https://economics.com/time-new-economic-thinking-based-best-science-available-not-ideology/> .
- Boff, L., (2020). ¿Qué puede venir después del coronavirus? Red en defensa de la Humanidad. Obtenido desde: <https://especieenpeligroblog.wordpress.com/2020/04/28/que-puede-venir-despues-del-coronavirus-por-leonardo-boff/>
- FMI, (2020). Actualización de las Perspectivas de la Economía Mundial. Junio. Obtenido desde: <https://www.imf.org/es/search#q=proyecci%C3%B3n%20impacto%20COVID%20&sort=relevancy>
- Gaucín, D., (2016). El Mercado de los Fertilizantes. *El Economista*. México. Obtenido desde: <https://www.economista.com.mx/opinion/El-mercado-de-los-fertilizantes-I-20160210-0004.html>
- Gómez, T., (2020). ¿Por qué la deforestación y la pérdida de especies abren la puerta a nuevas enfermedades? *Mongabay*. Obtenido desde: <https://es.mongabay.com/2020/04/covid-19-deforestacion-y-la-perdida-de-especies/>
- Hay, R., Ford, H., (2020). The Covid-19 recovery is an opportunity for systemic change. Our future hangs in the balance. *The Guardian*. Obtenido desde: [https://www.theguardian.com/commentisfree/2020/jul/24/the-covid-19-recovery-is-an-opportunity-for-systemic-change-our-future-hangs-in-the-balance?CMP=tw\\_t\\_a-environment\\_b-gdneco](https://www.theguardian.com/commentisfree/2020/jul/24/the-covid-19-recovery-is-an-opportunity-for-systemic-change-our-future-hangs-in-the-balance?CMP=tw_t_a-environment_b-gdneco).
- Herrero, Y., (2020). Los monstruos que habitan la normalidad. *CTXT*. Obtenido desde: <https://ctxt.es/es/20200401/Firmas/32033/covid-sanidad-residencias-crisis-ecologica-pobreza-Atwood-Yayo-Herrero.htm>
- Hodgson, G., (2016). How Capitalism Actually Generates More Inequality. *Economics*. Obtenido desde: <https://economics.com/how-capitalism-actually-generates-more-inequality/>.

- ICRICT, (2020). La Pandemia Mundial, Recuperación Económica Sostenible y Fiscalidad Internacional. Obtenido desde: <https://www.icriict.com/press-release/2020/6/14/informe-del-icriict-la-pandemia-mundial-recuperacin-economica-sostenible-y-fiscalidad-internacional>
- IPCC, (2019). La tierra es un recurso decisivo. Informe del IPCC. Comunicado de prensa. Agosto 2019. Ginebra.
- IPCC, (2019a). Calentamiento global de 1.5°C. Resumen para responsables de políticas. Ginebra.
- Lascano, M., (2020). Estado del Arte de las Agendas de Cambio Climático en el Sector Bosques en los Seis Países de Intervención de Amazonía 2.0 y sus Aportes Iniciales. Informe de consultoría. UICN. Quito.
- MAE, (2016). Plan de Acción REDD+ Bosques para el Buen Vivir. Quito.
- OCDE, (2018). Inventario Complementario de Medidas de Apoyo para Combustibles Fósiles 2018. Obtenido desde: [https://www.oecd-ilibrary.org/energy/oecd-companion-to-the-inventory-of-support-measures-for-fossil-fuels-2018\\_9789264286061-en](https://www.oecd-ilibrary.org/energy/oecd-companion-to-the-inventory-of-support-measures-for-fossil-fuels-2018_9789264286061-en)
- OXFAM, (2019). Cinco datos escandalosos sobre la desigualdad extrema global y cómo combatirla. Obtenido desde: <https://www.oxfam.org/es/cinco-datos-escandalosos-sobre-la-desigualdad-extrema-global-y-como-combatirla>.
- Petri, J., (2020). Covid-19 Is Affecting Emissions on a Planetary Scale. Bloomberg Green. Obtenido desde: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-05-08/covid-19-pandemic-cuts-carbon-emissions-changes-planet-earth?srnd=premium&sref=P9HBC1CF>
- Piketty, T., (2019). Capital e ideología. Ediciones Deusto, S.A
- Piketty, T., (2013). Le Capital au XXIème siècle. Paris: du Seuil.
- Roston, E., (2020). Want to Stop the Next Pandemic? Start Protecting Wildlife Habitats. Time. Obtenido desde: <https://time.com/5817363/wildlife-habitats-disease-pandemics/>
- Sachs, J., (2008). Economía para un planeta alborrotado. Debate. España.
- Sierra, R., Calva, O., (2019). Análisis de la Dinámica y los Factores de Deforestación en la Amazonía del Ecuador, 1990-2017. MAE, ProAmazonía. Quito.
- Stiglitz, J., (2012). El precio de la desigualdad. Taurus.
- The Voice, (2020). Collapse of civilisation is the most likely outcome: top climate scientists. Junio. Australia.
- Vidal, E., (2020). La trampa del capitalismo verde. CTXT Contexto y Acción. España. Obtenido desde: <https://ctxt.es/es/20200701/Politica/32927/#.XxtBhBWzzbU.twitter>

## Cambio climático y emociones: caso de análisis en el sur del Ecuador

### *Climate change and emotions: a case analysis in southern Ecuador*

Verónica Iñiguez-Gallardo <sup>1</sup>, Daniela Lenti Boero

<sup>1</sup>Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias Biológicas,

[mviniguez1@utpl.edu.ec](mailto:mviniguez1@utpl.edu.ec)

#### Resumen

El cambio climático es un fenómeno físico que genera debates sociales donde las reacciones emocionales pueden determinar una participación activa de los individuos. El análisis de las emociones en el cambio climático está centrado en los Estados Unidos con pocas contribuciones del sur global. En este artículo, proponemos examinar preliminarmente una muestra de sujetos al sur del Ecuador para determinar el número y tipo de emociones que experimentan frente a este fenómeno, así como analizar las razones de su reacción emocional. Los datos preliminares muestran que la gente se siente principalmente 'preocupada', 'culpable' e 'impotente'. Además, sugieren diferencias demográficas entre edad, género y lugar de residencia. Finalmente, se muestra que las razones que despiertan diferentes reacciones emocionales involucran niveles acción individuales y colectivas, sin dejar de lado a gobiernos y corporaciones. Se espera que el análisis completo de las reacciones emocionales guíe hacia una mejor narrativa climática.

**Palabras clave:** emociones, estímulos verbales, cambio climático, Ecuador.

#### Abstract

Climate change is a physical phenomenon that generates social debates where emotional reactions can determine the active participation of individuals. The analysis of emotions in climate change is focused on the United States with few contributions from the global south. In this article, we propose to preliminarily examine a sample of subjects in south Ecuador in order to determine the number and type of emotions they experience towards this phenomenon, as well as to analyze the reasons for their emotional arousal. Preliminary data show that people feel mainly 'concerned', 'guilty' and 'helpless.' They also suggest demographic differences between age, gender and place of residence. Finally, it is shown that the reasons for different emotional reactions involve both individual and collective levels of action, including governments and corporations. It is hoped that the full analysis of emotional reactions will lead to a better climate narrative.

**Keywords:** emotions, verbal stimuli, climate change, Ecuador.

#### Introducción

El cambio climático genera un considerable debate social en el que intervienen hechos culturales, creencias sociales, representaciones cognitivas y reacciones emocionales que requieren ser estudiadas para adoptar prácticas individuales que reduzcan las emisiones de CO<sup>2</sup>. Además de ser una parte intensa de la mente humana, las emociones son el punto de partida de las acciones humanas, por lo que influyen en el pensamiento y el aprendizaje a nivel individual o colectivo (Caillaud, Bonnot, Ratiu, & Krauth-Gruber, 2016), así como son motores determinantes en la toma de decisiones (Lerner et al., 2015). Por lo tanto, su análisis es importante para ayudar a predecir los cambios de comportamiento necesarios para hacer frente al cambio climático.

En la literatura psicológica las emociones han sido un tema estudiado desde un campo biológico-neurológico (Ej, Darwin, James y Lange, Ekman, Panksepp, Ledoux), y desde un campo cognitivo (Ej, Russel, Russel y Fernandez-



Dols, Russel y Posner). En ambos casos, las investigaciones usualmente implican el uso de estímulos concretos hacia los sentidos, tales como fotografías, música, olores etc.; dichos estímulos se consideran como experiencias temporales. Sin embargo, en lo que respecta al campo del cambio climático, las reacciones emocionales no se basan en estímulos físicos presentados directamente a los sentidos de los sujetos, sino en una creencia basada en informes científicos, información transmitida socialmente, y, en la experiencia y percepción personal (Iniguez-Gallardo et.al. 2020); es decir, en experiencias duraderas. De hecho, según la literatura, las emociones, en particular la ‘preocupación’ está asociada a variables tales como la cobertura mediática y las señales de élite (Brulle, Carmichael, & Jenkins, 2012); conocimiento (Hardesty, 2015; Malka, Krosnick, & Langer, 2009; Shi, Visschers, & Siegrist, 2015); género (McCright, Marquart-Pyatt, Shwom, Brechin, & Allen, 2016; Shi, Visschers, Siegrist y Arvai, 2016); edad y país de residencia (Ming Lee, Markowitz, Howe, Ko, & Leiserowitz, 2015; Stokes, Wike, & Carle, 2015) e ingresos (Bronfman, Cisternas, López-vázquez, Maza, & Oyanedel, 2015). Esto sugiere que las emociones climáticas deben ser analizadas desde la representación cognitiva personal y social que ayude a dilucidar las razones que expliquen la reacción emocional. Adicionalmente, los estudios que examinan las emociones evocadas por el cambio climático provienen en su gran mayoría de los Estados Unidos, de ellos se destaca el estudio de Maibach & Leiserowitz (2009), quienes identificaron seis estados emocionales: “alarmado”, “preocupado”, “cauteloso”, “dudoso”, “desconectado” “negación” y “despectivo” y el de Smith & Leiserowitz (2014), quienes indican que los estadounidenses experimentan principalmente “interés”, “disgusto”, “preocupación”, “esperanza”, “impotencia”, “ira” o “tristeza” frente al cambio climático.

En este contexto, proponemos analizar las emociones climáticas a partir de la representación cognitiva social de una muestra poblacional ecuatoriana. Más específicamente, nos fijamos en: a) identificar las emociones más comúnmente despertadas por el cambio climático, y b) analizar las razones de dicha reacción emocional. Para ello, presentamos a los participantes estímulos verbales en formato checklist de diez estados emocionales para que seleccionasen aquellos que mejor representen su reacción emocional climática. Se trata de un estímulo cognitivo sofisticado que involucra palabras sin contrapartida sensorial, diferente de aquellos estímulos que se presentan a nuestros sentidos como la música, las expresiones faciales, los olores, el tacto, etc. Estos mismos estímulos verbales fueron utilizados para estudiar emociones básicas y complejas mediante el análisis del contenido de las respuestas del sujeto. Los resultados presentados son preliminares.

## **Metodología**

### ***Área de estudio***

Este trabajo se llevó a cabo al sur del Ecuador en la provincia de Loja. Esta provincia fue seleccionada con la finalidad de contribuir con el escaso trabajo relacionado con cambio climático y emociones dentro del país. Los trabajos de cambio climático se concentran en los Andes septentrionales (por ejemplo, Rhoades et al. 2006; Zavgorodniaya, Costales y Enríquez 2016), y en la Amazonía Central (Eisenstadt y West, 2017). La capital provincial, Loja, fue seleccionada para obtener datos del sector urbano. Loja tiene una población de ~225.000 habitantes activos económicamente en comercio (21%); agricultura (13%), construcción (11%), educación (11%), y actividades industriales (9%). Las zonas rurales fueron escogidas al azar usando un mapa de la Zona 7, quedando así: San Pedro de Vilcabamba (1491 habitantes), Celica (7947 habitantes), Tablón (992 habitantes), y Pindal (6411 habitantes). Estos sitios, se dedican principalmente a la agricultura (47%), comercio y servicios (32%), y construcción (7%).

## Métodos

### *Cuestionarios estructurados*

Utilizando una estrategia de muestreo aleatorio simple, se aplicaron 200 encuestas a habitantes de la zona urbana mayores de 18 años durante su tiempo libre en lugares públicos como parques, bares, iglesias, estaciones de autobuses, etc., y 200 encuestas (50 por cada sitio rural) a habitantes de las zonas rurales en parques, iglesias, mercados los fines de semana y en sus hogares a diferentes horas y días de la semana.

La encuesta incluyó un guion de preguntas demográficas y un set de diez estímulos verbales que fueron presentados en forma de pregunta tipo *checklist* de múltiples opciones que incluyeron diez emociones identificadas en investigaciones previas: “preocupación”, “culpabilidad”, “ira”, “confusión”, “impotencia”, “optimismo”, “escepticismo”, “felicidad”, “indiferencia” y “calma” (Maibach y Leiserowitz 2009; Garvey 2010; Doherty y Clayton 2011; Aitken y otros 2011; Brulle y otros 2012). Los participantes debieron escoger de esa lista los estados emocionales con los que se identificaban. Los datos obtenidos fueron analizados por conteo de frecuencias para conocer cuántas emociones se seleccionaban y cuáles fueron las más seleccionadas. Así mismo, se llevaron a cabo pruebas de Chi-cuadrado para examinar las diferencias entre la cantidad y tipo de emociones seleccionadas por los encuestados y sus parámetros demográficos.

Considerando el objetivo de conocer las razones que despiertan determinada reacción emocional, se incluyó una pregunta abierta para que los participantes explicaran en una frase corta el origen/causa de las emociones elegidas. Los datos de las preguntas abiertas se analizaron a través de un análisis de contenido de respuestas siguiendo el protocolo de codificación de Saldana (2018). Como fue mencionado, este es un análisis preliminar desarrollado únicamente sobre las primeras 40 frases de nuestros sujetos. Para el análisis de contenido, primero se extrajeron las palabras más descriptivas, luego se analizó la razón específica que despierta tal emoción. Para ello se tomó como guía el análisis semántico de Johnson-Laird y Oatley para definir emociones básicas tales como ‘felicidad’, ‘tristeza’, ‘miedo’, ‘ira’ y ‘asco’ y otras emociones complejas como ‘preocupación’ que se compone por varias emociones. Otras emociones complejas como ‘impotencia’ fueron analizadas tomando como referencia a TenHouten (2010), mientras que ‘escepticismo’, a pesar de no ser una emoción sino de una actitud cognitiva relaciona con la creencia, fue incluida por ser identificada en varios estudios.

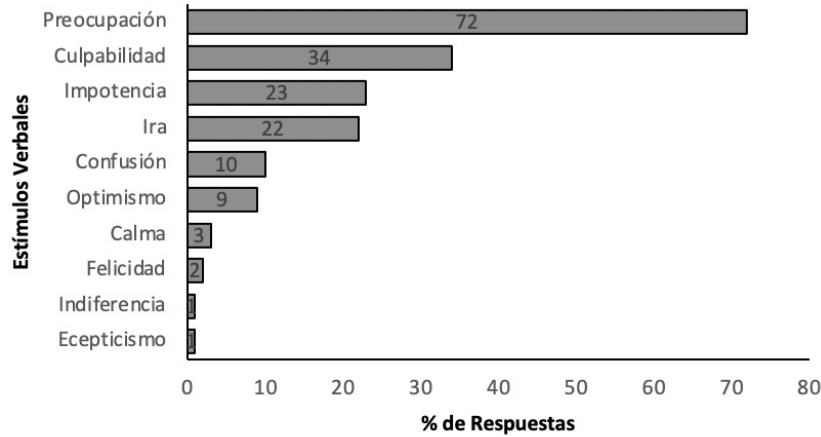
## Resultados

Del total de la muestra de 400 encuestados, la mayoría fueron varones (57%) de entre 18 y 30 años (41%) y de entre 31 y 40 años (23%). Las principales ocupaciones de los 200 habitantes de las zonas rurales fueron principalmente: trabajadores profesionales (22%), agricultores (21%) y trabajadores no calificados (17%). En las zonas urbanas, las ocupaciones se distribuyeron principalmente entre los trabajadores profesionales (34%), y estudiantes (27%). Los trabajadores profesionales incluyeron académicos y profesores, maestros de escuela, empleados del gobierno, médicos, enfermeras y abogados. Los trabajadores no calificados incluyeron albañiles, dueños de negocios, trabajadores, amas de casa y choferes.

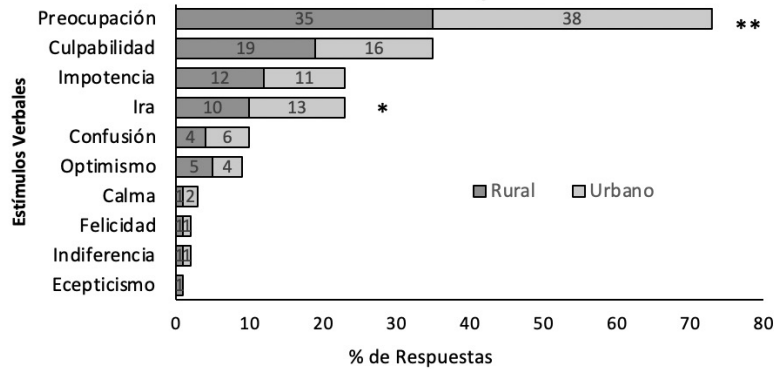
### *Emociones frente al cambio climático*

De acuerdo a los resultados los participantes (N=400), seleccionaron en su mayoría una emoción (52%) y dos emociones (23%). La media de emociones seleccionadas para toda la muestra fue de 1.8 con una desviación estándar de 1.2. Es decir, la mayoría experimenta más de una emoción frente al cambio climático. De todas ellas, la más frecuentemente seleccionada fue “preocupación”, seguida de “culpa”, “impotencia”, “ira” y “confusión”. “Optimismo”, “calma” y “felicidad” fueron seleccionadas en menor frecuencia, mientras que “indiferencia” y “escepticismo” fueron las menos seleccionadas de todas (Figura 1a).

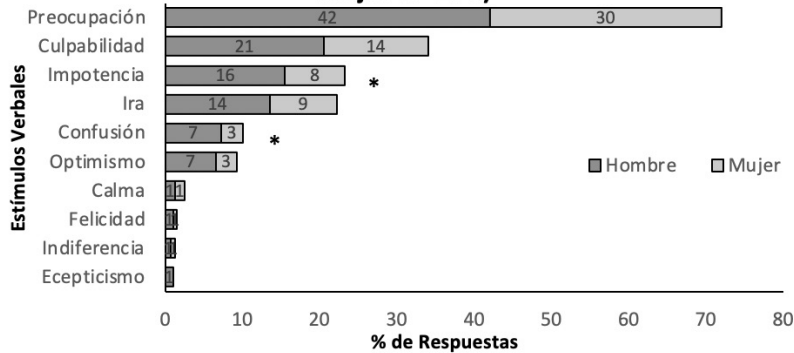
**(a) Emociones Seleccionadas N=400**



**(b) Emociones Seleccionadas (Rural N=200, Urbano N=200)**



**(c) Emociones Seleccionadas (Hombre N= 229, Mujer N=171)**



**Figura 1.** (a) emociones seleccionadas por 400 participantes en el sur del Ecuador, (b) emociones seleccionadas de acuerdo a Urbano=200, Rural=200, (c) emociones seleccionadas de acuerdo a Hombre N=229, Mujer N=171.

La prueba de Chi cuadrado realizada para detectar asociaciones entre los antecedentes demográficos de los encuestados y las emociones seleccionadas de la lista, produjo valores significativos entre edad, lugar de residencia y “preocupación” donde mayor cantidad de sujetos entre 18-40 años de edad [ $X^2(4,400)=15,239$ ,  $p < 0,004$ ], y del sector urbano [ $X^2(1,400)=7,741$ ,  $p < 0,004$ ] seleccionaron esta emoción. Así mismo, el test produjo valores significativos entre género e “impotencia” siendo más hombres los que seleccionaron esta emoción [ $X^2(1,400)=4,390$ ,  $p < 0,023$ ]. Otra asociación significativa se encontró entre lugar de residencia e “ira” donde

mayor cantidad de sujetos del sector urbano seleccionaron la “ira” [ $X^2(1,400)=3,260$ ,  $p < 0,046$ ]. Finalmente, el test encontró una asociación significativa entre “confusión” y género. Específicamente, el análisis sugiere que desproporcionadamente más encuestados hombres [ $X^2(1,400)=4,223$ ,  $p < 0,028$ .] seleccionaron esta emoción.

#### Razones que despiertan *la reacciones emocionales*

Los datos que se muestran corresponden a un análisis piloto sobre una muestra de 40 participantes.

*Preocupación:* es una emoción que se despierta sobre alguien o algo. Los resultados preliminares muestran que los sujetos se preocuparon por el ‘futuro’ ( $n=14$ ; 35% de la muestra), tanto usando explícitamente esta palabra, como usando el tiempo futuro en la frase. Entre algunas de las razones figuran, los parientes cercanos (hijos, hijas, sobrinos), generaciones futuras y la humanidad que despertaron preocupación en 8 de los 14 encuestados (57%), es decir, el 20% de toda la muestra. Además, el futuro fue descrito a través de características negativas (feo, desconocido, destruido, etc.). Eso sucedió entre 5 sujetos que enfocaron sus respuestas en el futuro.

Por otro lado, también se mencionaron eventos que se desarrollan en el presente ( $n=13$ ; 33%). Entre ellos, 4 señalaron daños a la salud humana y a la supervivencia de la humanidad, mientras que 9 (69%), señalaron diferentes aspectos relacionados con el ambiente tales como aumento de la temperatura, extinción de especies, destrucción del planeta, etc. Comparando el futuro y el presente, parece que, en la representación social de los sujetos, los problemas para el ambiente son precedentes a los problemas futuros para la humanidad.

*Culpabilidad:* es una emoción que se refiere a la actuación del sujeto pasada y presente que se autoevalúa como equivocada. En los datos, aparece generalmente en una frase completa como “Es culpa mía también” o “De una u otra manera he ayudado a contribuir con el cambio climático”. Los sujetos que mencionan sentirse culpables usando la primera persona del singular “yo” son 14 (35%). Otros sujetos 12 (30%), utilizaron la primera persona del plural “nosotros” mostrando que se sienten acompañados de otros. Ocho sujetos (20%), utilizaron locuciones como “humanos” o emplearon la tercera persona del singular, en frases como “Uno también aporta al calentamiento global”, sugiriendo la percepción de una menor implicación de ellos mismos como sujetos. Así mismo, 13 sujetos (33%), afirmaron contribuir al cambio climático con frases como “no reciclando residuos” o “teniendo una forma de vida consumista”. Nueve sujetos (22,5%), se culparon a sí mismos por no hacer lo suficiente para frenar el fenómeno como, por ejemplo, “no adoptar buenas prácticas, y otros tres sujetos por no llevar a cabo campañas de educación para despertar conciencia en la gente.

*Impotencia:* está relacionada con la sensación de falta de dominio sobre una situación. Once sujetos (28%), indican directamente a los agentes del cambio climático como superiores y no controlables, tales como: gobiernos extranjeros, políticos, clases altas, grandes empresas. Sin embargo, es interesante que nueve sujetos (23%), parecen sentirse “parte del juego” aunque como una parte minoritaria, y piensan que no tienen suficiente poder, no pueden obligar a otras personas a cuidar de la naturaleza, etc., pero que estaban dispuestos a hacer algo si se presenta la oportunidad. Mientras que cuatro sujetos (10%), atribuyen su falta de poder a otras personas que no se preocupan lo suficiente o no tienen suficiente conciencia.

*Ira:* es una emoción básica que se despierta en los sujetos de estudio por las acciones de los agentes o de otras personas. Los gobiernos, los países extranjeros que explotan los recursos naturales, los políticos, están en el origen de la ira para nueve de los sujetos (23%), mientras que diez de ellos (10%), están enojados por la inactividad, las malas prácticas o la baja conciencia de otras personas.

## Discusión y Conclusiones

Los resultados de esta investigación muestran que las personas al sur del Ecuador experimentan principalmente un estado emocional de preocupación, seguido de culpa e impotencia. En cuanto a las diferencias, llama la atención que los sujetos que se sienten más preocupados sean los más jóvenes y del sector urbano, este último grupo además sienten mayor ira. Así mismo, resalta una mayor cantidad de hombres que se sienten más impotentes y confundidos. Una conclusión general, es que el análisis del lenguaje de las emociones nos brinda un panorama completo de los diversos estados emocionales que son experimentados dentro de un mismo individuo. El conocimiento de ello, nos puede ayudar mejorar la narrativa en la comunicación del cambio climático con la finalidad de generar mayor participación activa.

## Referencias

- Bronfman, N. C., Cisternas, P. C., López-vázquez, E., Maza, C. De, & Oyanedel, J. C. (2015). Understanding Attitudes and Pro-Environmental Behaviors in a Chilean Community. *Sustainability*, (7), 14133–14152. <https://doi.org/10.3390/su71014133>
- Brulle, R. J., Carmichael, J., & Jenkins, J. C. (2012). Shifting public opinion on climate change: An empirical assessment of factors influencing concern over climate change in the U.S., 2002-2010. *Climatic Change*, 114(2), 169–188. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0403-y>
- Caillaud, S., Bonnot, V., Ratiu, E., & Krauth-Gruber, S. (2016). How groups cope with collective responsibility for ecological problems: Symbolic coping and collective emotions. *British Journal of Social Psychology*, 55, 297–317. <https://doi.org/10.1111/bjso.12126>
- Eisenstadt TA and West KJ (2017) Indigenous Belief Systems , Science , and Resource Extraction : Climate Change Attitudes in Ecuador. *Global Environmental Politics* 17:1(February): 40–58. DOI: 10.1162/GLEP.
- Hardesty, D. (2015). Investigating the Relationship Between Local Environmental Knowledge and Environmental Concern Among College Students. University of Nebraska.
- Maibach, E., & Leiserowitz, A. (2009). Global Warming's Six Americas. In *Yale Project Climate Change* (p. 42).
- Malka, A., Krosnick, J. a., & Langer, G. (2009). The association of knowledge with concern about global warming: Trusted information sources shape public thinking. *Risk Analysis*, 29(5), 633–647. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2009.01220.x>
- McCright, A. M., Marquart-Pyatt, S. T., Shwom, R. L., Brechin, S. R., & Allen, S. (2016). Ideology, capitalism, and climate: Explaining public views about climate change in the United States. *Energy Research and Social Science*. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.08.003>
- Ming Lee, T., Markowitz, E. M., Howe, P. D., Ko, C.-Y., & Leiserowitz, A. A. (2015). Predictors of public climate change awareness and risk perception around the world. *Nature Climate Change*, 5(July), 1014–1019. <https://doi.org/10.1038/nclimate2728>
- Shi, J., Visschers, V. H. M., & Siegrist, M. (2015). Public Perception of Climate Change: The Importance of Knowledge and Cultural Worldviews. *Risk Analysis*, 35(12), 2183–2201. <https://doi.org/10.1111/risa.12406>
- Smith, N., & Leiserowitz, A. (2014). The Role of Emotion in Global Warming Policy Support and Opposition. *Risk Analysis*, 34(5), 937–948. <https://doi.org/10.1111/risa.12140>

Stokes, B., Wike, R., & Carle, J. (2015). Global Concern about Climate Change, Broad Support for Limiting Emissions, (November).

Rhoades RE, Zapata Ríos X and Aragundy J (2006) Climate change in Cotacachi. In: Rhoades RE (ed.) Development with identity: community, culture and sustainability in the Andes. Wallingford: CABI, pp. 64–74. DOI: 10.1079/9780851999494.0064.

# Análisis del impacto del Cambio Climático en la producción de agua de una cuenca transfronteriza

## *Impact of Climate Change on water production in a transboundary basin*

Fernando Oñate-Valdivieso <sup>1</sup>, Arianna Oñate-Paladines <sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Departamento de Geología, Minas e Ingeniería Civil. Universidad Técnica Particular de Loja, 1101608 Loja. Ecuador, [fronate@utpl.edu.ec](mailto:fronate@utpl.edu.ec)

<sup>2</sup>Euroaquae Master Program, Newcastle University, King's Gate Newcastle Upon Tyne, NE1 7RU Newcastle, UK, [ayonate@outlook.es](mailto:ayonate@outlook.es)

### Resumen

El cambio climático tiene influencia directa en el ciclo hidrológico y podría afectar la disponibilidad de agua en cuencas áridas. La cuenca transfronteriza del río Zarumilla presenta una marcada estacionalidad en su producción de agua, por lo que se estudia el efecto de dos posibles escenarios climáticos en la producción de agua de la cuenca. Los resultados muestran un incremento significativo de caudales solo en la temporada húmeda, pero la estacionalidad se mantiene, por lo que necesario establecer acciones de gestión del recurso hídrico en la cuenca.

**Palabras clave:** Cambio climático; modelo SWAT; Escenarios RCP; Cuencas áridas; Cuencas transfronterizas.

### Abstract

Climate change has a direct influence on the hydrological cycle and could affect the availability of water in arid basins. The transboundary basin of the Zarumilla river presents a marked seasonality in its water production, therefore, the effect of two possible climatic scenarios on the water production of the basin is studied. The results show a significant increase in flows only in the wet season, but the seasonality is maintained, making it necessary to establish water resource management actions in the basin.

**Keywords** Climate change; SWAT model; RCP scenarios; Arid basins; Transboundary basins.

## 1. Introducción

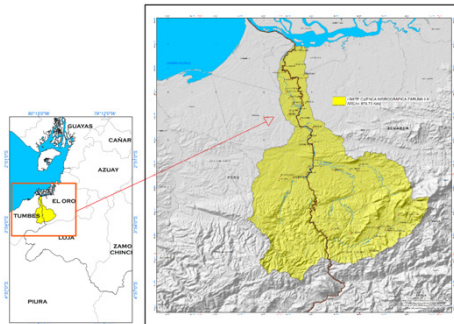
El cambio climático puede alterar el ciclo hidrológico y su efecto puede alterar las condiciones de cuencas áridas. La cuenca transfronteriza del río Zarumilla, abastece de agua para diferentes usos a la zona fronteriza de Ecuador y Perú. La cuenca es árida y presenta una marcada estacionalidad que reduce notablemente la disponibilidad de agua en gran parte del año. El objetivo del presente estudio es estudiar el impacto del cambio climático a corto plazo en la producción de agua de la cuenca.

## 2. Materiales y métodos

### Área de estudio

La cuenca transfronteriza del río Zarumilla ( $A=874,72 \text{ km}^2$ ), se encuentra localizada entre los  $03^\circ 24'$  y  $03^\circ 53'$  de Latitud Sur y los  $80^\circ 09'$  y  $80^\circ 23'$  de Longitud Oeste (Figura 1). Presenta un relieve compuesto por la llanura costera y una cadena de colinas y montañas orientadas en dirección NE-SW. Las alturas entre el nivel del mar hasta los 800 m, su cauce principal constituye el límite entre Ecuador y Perú. La mayor parte de la cuenca es árida y semiárida con precipitaciones anuales menores de 600 mm, presentándose períodos de sequía muy pronunciados.

Normalmente el período húmedo se produce entre los meses de enero a mayo con una precipitación equivalente al 85% de la total anual, el periodo seco ocurre entre los meses de junio a diciembre. (SIAGUA, S/F),



**Figura 1.** Área de estudio

### **Información recopilada**

Se recopiló información de precipitación y temperatura en 9 estaciones ecuatorianas y 6 estaciones peruanas, así como información hidrométrica en 4 estaciones peruanas. Los escenarios climáticos se obtuvieron de la Tercera comunicación nacional sobre cambio climático (MAE, 2017). Para fines de modelización se recopiló información topográfica, de uso y tipo de suelo.

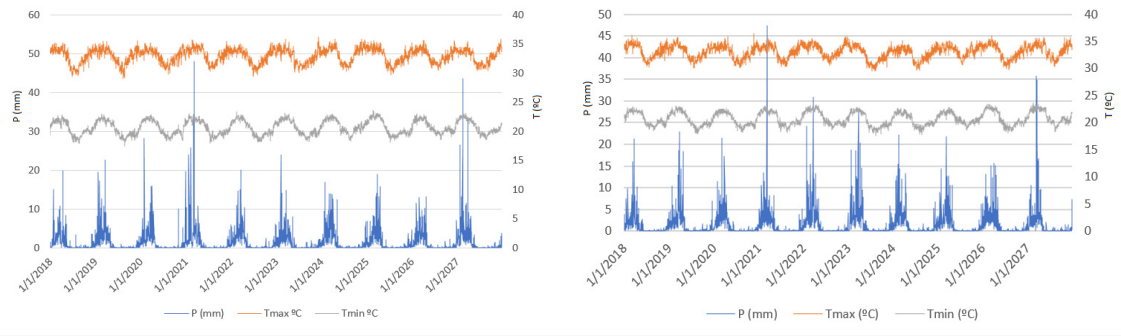
### **El modelo SWAT**

El Modelo SWAT (Soil and Water Assessment tool) es un modelo continuo semidistribuido de base física usado para pronosticar el impacto que las prácticas de manejo del suelo tienen en el agua, sedimentos y nutrientes en largos periodos de tiempo (Oñate-Valdivieso, y Bosque 2014). El modelo fue implementado empleando un DEM, información meteorológica a nivel diario, mapas de tipo y uso de suelo. El modelo fue calibrado para el período 1994-2006 y validado para el período 2006-2011 empleando como función objetivo la Eficiencia de Nash- Sutcliffe (EF) (Nash y Sutcliffe, 1970). Una vez calibrado se procedió a realizar simulaciones conforme a los escenarios RCP 4.5 (estabilización) y RCP 8.5 (muy altas emisiones), que producirían diferente grado de afectación climática; para determinar finalmente, caudales con 50%, 75% y 90% de probabilidad de ocurrencia.

### **3. Análisis de resultados**

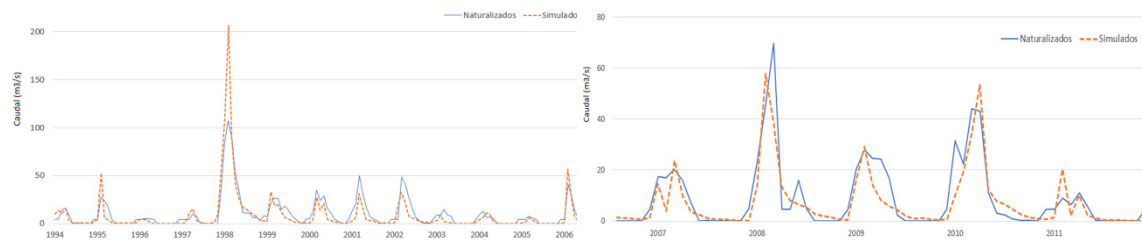
En la figura 2 se presentan los valores medios de precipitación y temperatura según los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 calculados al 2027. La precipitación total media anual presenta diferencias entre los escenarios que no exceden el 3.0%, siendo el escenario RCP 8.5 el que prevé mayor incremento. En el caso de la temperatura máxima las diferencias fluctúan entre 2.6°C y 2.8 °C %. Las temperaturas mínimas presentan disminuciones de entre 0.9°C y 0.8°C para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente; estos incrementos, suponen una mayor fluctuación térmica en el área de estudio hacia el año horizonte.





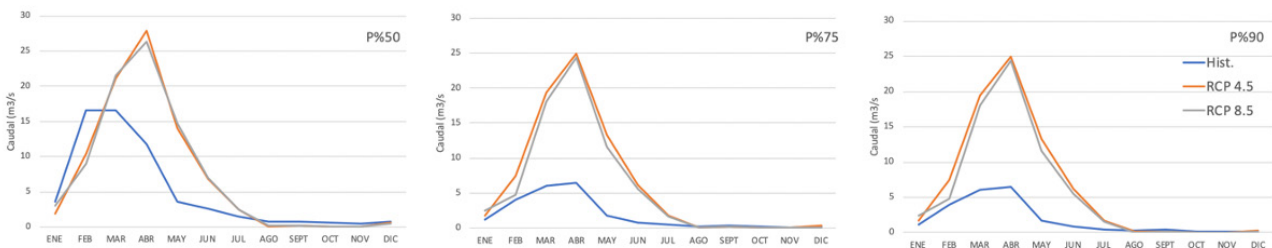
**Figura 2** Escenarios climáticos RCP 4.5 y RCP 8.5 al 2027

En la figura 3 se presentan la calibración y validación del modelo SWAT de la cuenca Zarumilla. Durante el período de calibración se alcanzó una EF de 0.79 y en el período de validación la EF fue de de 0.75, las que son aceptables, por lo que el modelo se consideró operativo.



**Figura 3.** Caudales simulados y registrados en la estación Puesto Bolsico a la salida de la cuenca. Períodos de calibración y validación

En figura 4 se presentan los caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de ocurrencia calculados a la salida de la cuenca (Estación Puesto Bolsico) con el registro histórico y con los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5. Las diferencias entre los caudales calculados con los escenarios climáticos no son mayores, esto se atribuye a que el año horizonte es relativamente cercano; aunque se producirán incrementos notables del caudal alcanzándose su nivel máximo en el mes de abril. Cambiará el régimen de caudales pues la temporada húmeda será de febrero a junio y la temporada seca de julio a enero. La estacionalidad se mantiene, por lo que se deben implementar medidas para un manejo integral del recurso hídrico y asegurar el abastecimiento permanente de agua. Adicionalmente se debe prever el impacto de posibles desbordamientos e inundaciones, así como estudiar el impacto en la producción de sedimentos ya que los incrementos de precipitación pueden ocasionar mayores pérdidas de suelo.



**Figura 4.** Comparación de caudales medios mensuales (históricos, escenario RCP 4.5 y RCP 8.5) para diferentes probabilidades de ocurrencia

#### 4. Conclusiones

Se calibró y validó un modelo semidistribuido de generación continua (modelo SWAT), con el fin de estudiar los caudales medios mensuales en la cuenca para las condiciones históricas y escenarios de cambio climático. Durante las fases de calibración y validación del modelo SWAT se obtuvieron eficiencias de Nash-Sutcliffe mayores a 0.75 que, según la literatura, son suficientes para considerar que el modelo está operativo.

La estacionalidad es marcada en los caudales, con una temporada seca de julio a enero. Históricamente los caudales de mayor magnitud se presentaban en el mes de febrero, pero según los escenarios climáticos, los mayores caudales se presentarán en abril. Se prevé un incremento considerable de los caudales en la temporada húmeda, que puede conllevar erosión del suelo y posibles desbordamientos e inundaciones. La estacionalidad se mantiene, por lo que es necesario establecer medidas de manejo del agua a fin de asegurar un abastecimiento permanente a lo largo del año.

#### 5. Referencias

- MAE (2017). Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito, Ecuador. 625pp.
- Nash, J. E.; Sutcliffe, J. V. (1970). "River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles." *Journal of Hydrology*. 10 (3): 282–290.
- Oñate-Valdivieso E., Bosque J. (2014) Semidistributed Hydrological Model with Scarce Information: Application to a Large South American Binational Basin. *Journal of Hydrologic Engineering* 19 (5): 1006-1014
- SIAGUA (S/F) Cuenca transfronteriza del río Zarumilla. Disponible en: [http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/cuenca\\_transfronteriza\\_rio\\_zarumilla.pdf](http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/cuenca_transfronteriza_rio_zarumilla.pdf). Fecha de consulta 29 de mayo de 2017

## IV. ESTADO DEL ARTE, CÁLCULOS HIDROLÓGICOS, HIDRÁULICOS Y DE INFRAESTRUCTURAS.

### Disponibilidad hídrica de la cuenca del río Catamayo. Uso comparativo de información satelital y estaciones hidrometeorológicas

Autor: Jimmy Cuenca-Satama<sup>1</sup>, Holger Benavides-Muñoz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Recursos Hídricos; Universidad Técnica Particular de Loja - UTPL, Loja-Ecuador

<sup>2</sup>Profesor de Recursos Hídricos; Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador; [hmbenavides@utpl.edu.ec](mailto:hmbenavides@utpl.edu.ec)

#### Resumen

En la presente investigación se calcula la oferta hídrica de la cuenca Catamayo, empleando métodos empíricos, utilizando datos primarios brindados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y de datos secundarios descargados de la Plataforma NASA Giovanni. Primero se calcularon los parámetros morfométricos de la cuenca, y posteriormente se completaron los datos faltantes de estaciones meteorológicas mediante el método de Regresiones múltiples, luego se estimaron los coeficientes de escurrimiento, a partir de la textura del suelo, pendiente y cobertura del suelo. Se interpolaron los datos pluviométricos trazando las isoyetas. Finalmente se aplicó el álgebra de mapas para obtener el total de volumen escurrido que se genera en forma mensual y promedio anual de la Cuenca Catamayo por cada uno de los datos empleados. Los resultados fueron que las dos fuentes de información pluviométrica (INAMHI – NASA Giovanni), ofrecen datos cuantitativamente diferentes, sin embargo, en la distribución espacial presentan cierta similitud, puesto que en ambos procesos el mayor porcentaje del territorio tiene una oferta hídrica entre 25.1 m<sup>3</sup>/s a 50 m<sup>3</sup>/s.

**Palabras clave:** disponibilidad de agua, oferta hídrica, método racional, NASA Giovanni

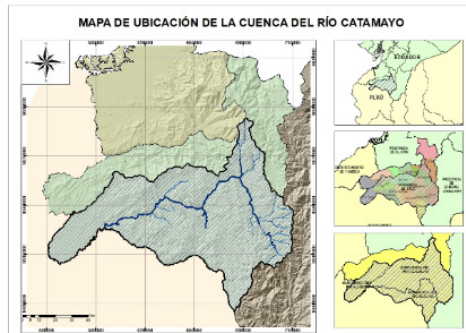
#### Introducción.

Según SENAGUA (2017), la disponibilidad de agua en el Ecuador varía dependiendo de la estacionalidad, es así, que en la estación lluviosa alcanza los 4 320 000 hm<sup>3</sup> mientras que 146 000 hm<sup>3</sup> en la estación seca. El presente estudio se ubica en la región sur del Ecuador, en la Cuenca Catamayo, donde aún faltan investigaciones sobre el mapeo de la estimación de la oferta hídrica con la finalidad de determinar las áreas que permiten almacenar agua para el fomento de obras de ingeniería para su regulación y abastecimiento, principalmente en actividades como la agricultura.

#### Metodología

La cuenca del río Catamayo está integrada por tres subcuencas de los ríos Alamor, Macará y Catamayo (Figura 1). Se ubica en la región sur del Ecuador, específicamente, en la provincia de Loja entre las coordenadas 03°39'55" a 04°30'38" Sur y 79°05'58" a 80°05'5" Oeste. Los cálculos hidrológicos se desarrollarán con las ecuaciones (1) a (6).

**Figura 1** Ubicación de Cuenca Catamayo



### Cálculo de Parámetros Morfométricos

**Tabla 1.** Parámetros Morfométricos de cuenca Catamayo

Formula	Factor	Unidad	Valor	Interpretación
Software Qgis	Área	km <sup>2</sup>	7270.40	Cuenca muy grande
Software Qgis	Perímetro	km	579.13	
Software Qgis	Longitud axial	km	148.02	
$k = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$ (1)	Gravelius		1.90	Rectangular, según Gaspari, et al. (2012)
$N = \frac{HM-Hm}{n}$ (2)	Altura media de la cuenca	m.s.n.m	1675.00	(Lux, 2012)(Suarez y Bravo, 2010)
Software Qgis	Pendiente media de la cuenca	%	39.79	
Software Qgis	Pendiente Promedio del Cauce	%	19.94	
$Dr = \frac{N}{A}$ (3)	Densidad de red Cauces	km/km <sup>2</sup>	1.72	(Lux, 2012)(Suarez y Bravo, 2010)
$Dd = \frac{L}{A}$ (4)	Densidad de drenajes	Cauces/km <sup>2</sup>	1.90	(Lux, 2012)(Suarez y Bravo, 2010)

**Elaborado por:** Los Autores

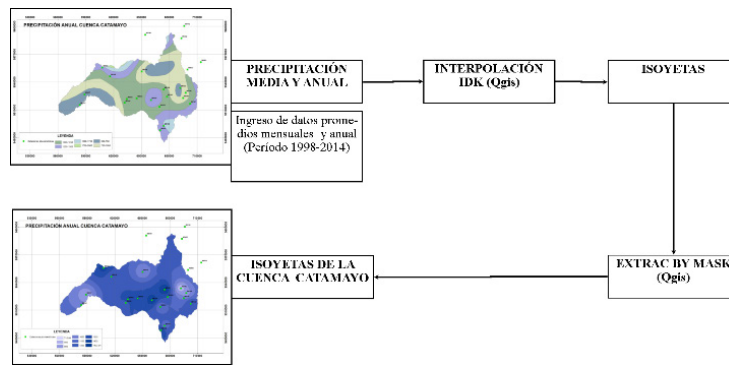
### Cálculo de precipitaciones mensuales y anuales uso de herramienta de Qgis Spline

Relleno de Datos Climáticos por Regresiones Múltiples desarrollada por Pizarro et al. (2009)

$$Y = a + \beta_1.X_1 + \beta_2.X_2 + \dots + \beta_N.X_N + e \quad (5)$$

Obtención de Isoyetas, Procedimiento en Qgis (Figura 2)

**Figura 2.** Esquema para el cálculo de la precipitación media de la cuenca Fuente: Los Autores



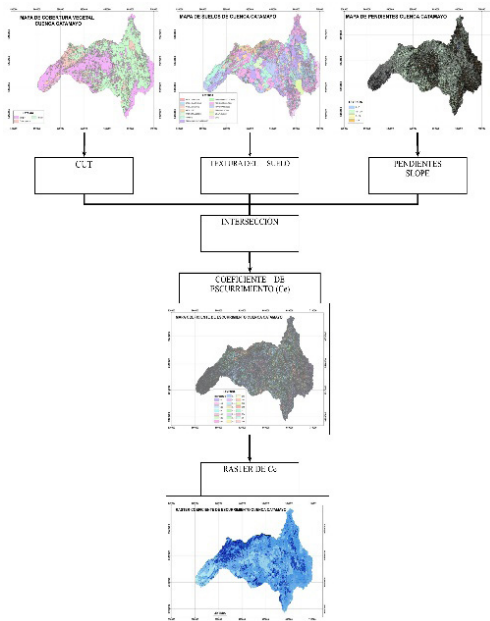
Cálculo de escurrimientos medios superficiales – Método Racional – Prevert (Moll, 2013)

$$V_m = C \times P_m \times A_c \quad (6)$$

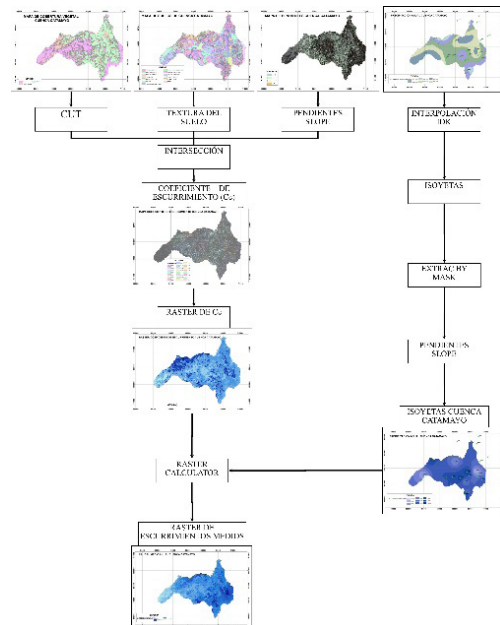
**Tabla 2.** Escala y año de las variables en análisis

Variables	Fuente	Escalas	Año
Suelo	IEE	1:25,000	2011 - 2013
Pendiente	Aster Global DEM1	1:50,000	2013
Cobertura Vegetal	MAGAP – MAE	1:100,000	2013 - 2014

**Figura 3.** Esquema de obtención de Coeficiente de Escurrimiento medios - método racional



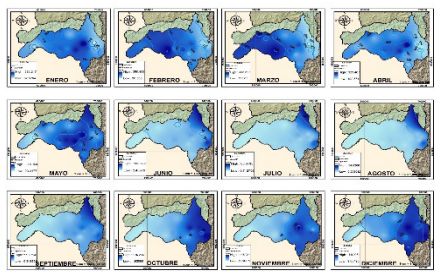
**Figura 4.** Esquema de Modelo de Escurrimientos



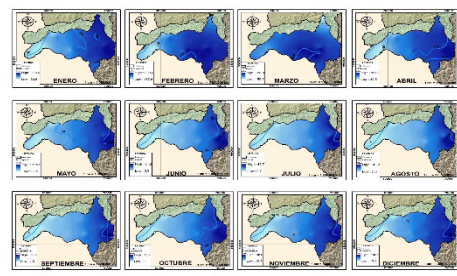
## Resultados

Las precipitaciones medias mensuales y volúmenes medios mensuales obtenidos con la data del INAMHI y de la NASA Giovanni se presentan mediante las figuras 5 hasta la figura 10.

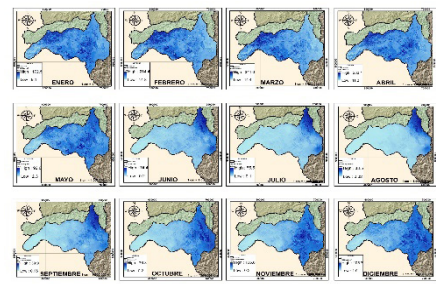
**Figura 5.** Precipitaciones medias mensuales INAMHI Giovanni



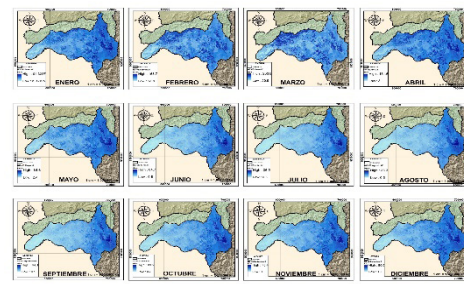
**Figura 6.** Precipitaciones medias mensuales NASA



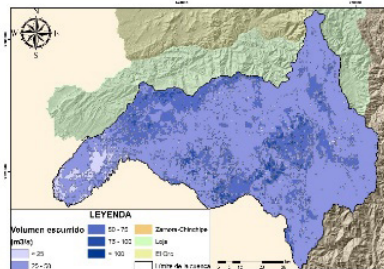
**Figura 7.** Volúmenes escurridos Mensuales INAMHI



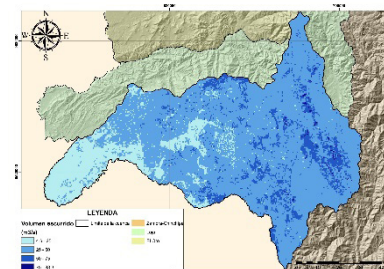
**Figura 8.** Volúmenes escurridos NASA Giovanni



**Figura 9.** Volumen Escurrido anual INAMHI Giovanni



**Figura 10.** Volumen escurrido anual NASA



## Análisis y Discusión

Los datos obtenidos de TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission/Misión de medición de lluvias tropicales) presentan valores de coeficientes de correlación significativo, se encuentra entre 0.69 y 0.93, con un promedio de 0.81, esto indica buena correlación entre las dos fuentes de datos, aunque el TRMM sobreestima la lluvia mensual (Javan & Azizzadeh, 2017). En estudios comparativos entre datos TRMM y estaciones meteorológicas en Argentina se obtuvieron para precipitaciones mensuales los coeficientes de confianza significativos al 95% (Brizuela, Noretto, Aguirre & Bressan, 2015). Estos datos de correlación suponen que los datos empleados en la presente investigación muestran un comportamiento satisfactorio de la precipitación en el período de estudio (1998-2014). Respecto a las diferencias de oferta hídrica media anual y volumen total anual existen varios estudios (Crespo, 2008), (Vázquez, 2010), (Duque & Vázquez, 2015) cuyos estudios se centran en determinar caudales a partir de datos TRMM, quienes compararon caudales calculados respecto de caudales observados,

determinando resultados satisfactorios. Córdova, (2017) indica que los valores obtenidos de TMPA 3B42 V7 (Análisis multisatélite de precipitación) presentan una probabilidad de sesgo negativa, lo que indica que tiende a subestimar los valores de toda la cuenca, además recomienda realizar exclusión de datos dentro de la evaluación de la estimación de precipitación los valores atípicos, para evitar generar sobreestimaciones o subestimaciones en la modelación hidrológica, esto explica en gran medida la diferencia entre los valores obtenidos del presente estudio en el cual se utilizaron todos los datos sin realizar exclusión de valores. Los datos de las estaciones INAMHI fueron completados y arrojaron un  $R^2$  entre 0.84 y 0.93, por lo que son válidos para emplearlos en el presente estudio.

## Conclusiones

Los datos de oferta hídrica media anual de la cuenca Catamayo obtenidos son de  $137.29 \text{ m}^3/\text{s}$ , y volumen total anual es de  $1647.52 \text{ m}^3/\text{s}$  con data de INAMHI, y de  $113.33 \text{ m}^3/\text{s}$  y volumen total anual de  $1359.92 \text{ m}^3/\text{s}$  con Data NASA Giovanni.

El  $R^2$  de datos de INAMHI fluctúan entre 0.84 y 0.93, es decir el coeficiente de determinación nos indica que los datos completados se ajustan significativamente a la variable de precipitación, ofreciendo mayor fiabilidad.

Los datos de escurrimientos de volúmenes obtenidos permiten apreciar que áreas dentro de la cuenca merecen especial atención respecto a su protección y conservación, pues de ellas dependen las actividades económicas productivas de la cuenca en estudio.

Las áreas de mayor importancia, según lo demuestran los escurrimientos, se encuentran en las estribaciones del Parque Nacional Podocarpus, y las áreas de páramos desde el cantón Loja hasta el Cantón Saraguro. Se aprecia mejor en los meses de estiaje.

## Referencias

- Brizuela, A. B., Nosetto, M. D., Aguirre, C. A., & Bressán, M. P. (2015). Comparación de datos de precipitación estimada por Trmm con mediciones en estaciones meteorológicas de Entre Ríos, Argentina. *UD y La Geomática*, (10), 18–26. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.udgeo.2015.10.a03>
- Córdova E., (2017). Evaluación del Producto de Precipitación Diaria TMPA 3B42V7, para su Aplicabilidad en la Modelización Hidrológica en el Ecuador Utilizando Diferentes Metodologías de Corrección de Datos. Maestría en Recursos Hídricos. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador. 112 p.
- Crespo, P., Coello, C., Iñiguez, V., Cisneros, F., Cisneros, P., Ramírez, M., & Feyen, J. (2008). Evaluación de Swat2000 como herramienta para el análisis de escenarios de cambio de uso del suelo en microcuencas de montaña del sur del Ecuador. En XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Pp. 29-31.
- Duque, L., & Vásquez, R. (2015). Modelación de la oferta hídrica en una cuenca de montaña tropical en función de la cobertura del suelo. *Aqua-LAC*, 7, 63-76. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Gaspari F, Díaz A, Delgado M and Senisterra G (2015) Evaluación del Servicio Ambiental de provisión hídrica en cuencas hidrográficas del sudeste bonaerense. Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 114 (1).
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) (2017) Climas del Ecuador

- Javan, K., & Azizzadeh, M. R. (2017). Evaluation of the TRMM-3B43 V7 rainfall products on a monthly scale in the Northwest of Iran. *Environmental Resources Research*, 5(2).
- Moll M (2013) Aplicaciones cartográficas para la valoración de superficies de escorrentía. *Riu Girona (Alicante)* 101-116. 10.14198/INGEO2013.60.06
- Nasa Giovanni (2019). Ver: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>
- Lux B. (2012). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. Maestría en Energía y Ambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Pizarro R, Ausensi P, Aravena D, Sangüesa C, León L, and Balocchi, F (2009) Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la Región del Maule, Chile. *Aqua-LAC*. 1 (2):172-185.
- SENAGUA Secretaría Nacional del Agua (2017) Boletín de la Estadística Sectorial del Agua.
- Suárez J., & Bravo J. (2010) Cálculo de parámetros morfométricos y propuesta de ordenación agroforestal en la subcuenca El Cacao provincia ciudad de la Habana.
- Vázquez, R. (2010). Modelación Hidrológica de una microcuenca Altoandina ubicada en el Austro Ecuatoriano. *Maskana*, 1(1), 79-90. Retrieved from <https://publicaciones.ucuenca.edu.es/ojs/index.php/maskana/article/view/370/315>.



## Fiabilidad de sistemas de riego a presión en parcelas utilizando ofimática

### *Reliability in pressure irrigation systems in plots using office automation*

Néstor Silverio <sup>1</sup>, C. Mireya Lapo Pauta <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica Particular de Loja, [nfsilverio@utpl.edu.ec](mailto:nfsilverio@utpl.edu.ec)

#### Resumen

La presente investigación contiene el diseño de un sistema de riego a nivel de parcela. Para lo cual se desarrolló una herramienta computacional usando Microsoft Excel, adoptando como criterio de diseño la fiabilidad de las variables: presión, velocidad de trasiego del flujo y la disposición de emisores dentro de la parcela.

Los inputs de la aplicación informática serán el tipo de suelo, el clima de la zona y el caudal disponible en el canal de riego o reserva con su altura de carga.

El output será el dimensionado de las tuberías que conforman la parcela que satisfaga los requerimientos de presión de consigna y demanda, así como las velocidades de circulación idóneas en búsqueda de garantizar un riego adecuado.

Los resultados de diseño obtenidos son muy prometedores y se han comparado con los obtenidos mediante softwares libres, denotando un valor de fiabilidad sobre el 90% para las variables hidráulicas.

**Palabras clave:** Sistemas de riego; balance hídrico; fiabilidad; parcela

#### Abstract

The present investigation contains the design of a plot-level irrigation system. For this purpose, a computer tool was developed using Microsoft Excel, adopting as design criteria the reliability of the variables: pressure, flow rate and the arrangement of emitters within the plot.

The inputs of the computer application will be the type of soil, the climate of the area and the flow available in the irrigation channel or reserve with its load height.

The output will be the dimensioning of the pipes that make up the plot that satisfies the requirements of set pressure and demand, as well as the ideal circulation speeds in order to guarantee adequate irrigation.

The design results obtained are very promising and have been compared with those obtained through free software, denoting a reliability value of over 90% for hydraulic variables.

**Keywords:** Irrigation systems; water balance; reliability; plot

#### Introducción

La producción agrícola y el sector agropecuario se han visto amenazados por el cambio climático (Benhin, 2006) y a su vez criticado por el consumo excesivo de agua siendo responsable del 70% de extracción de agua dulce en el mundo (FAO, 2015), este sector se encuentra amenazado física como económicamente por factores climáticos cambiantes como la temperatura y la precipitación (Akbari, Najafi Alamdarlo, & Mosavi, 2020). Comúnmente los sistemas de riego en la sierra ecuatoriana y en la Provincia de Loja, cuentan solamente con captación, conducción principal y conducción secundaria, prescindiendo de la estructura hidráulica a nivel de parcela obligando al agricultor a utilizar métodos tradicionales de riego lo que produce erosión, arrastre de sedimentos y desperdicio

del recurso hídrico (Anderson, 1984). El ahorro del recurso hídrico se puede lograr a través del diseño, gestión y optimización de sistemas de riego durante el ciclo de cultivo y reduciendo las pérdidas de agua, de acuerdo al requerimiento hídrico del cultivo (Seckler et al., 2003; Jensen, 2007; Perry, 2007; Lankford, 2012; Van Halsema y Vincent, 2012).

El diseño de un sistema a presión a nivel parcelario, implica básicamente calcular las necesidades de agua de los cultivos en su periodo más crítico, determinando el régimen de riego del cultivo seleccionado y el volumen de agua por ciclo de riego. (Avidan, 1994).

El cálculo de las necesidades de agua, demanda de una serie de información sobre la parcela, tipo de suelo, condiciones climáticas y fuentes de abastecimiento, así como de información susceptible de modificarse como la referente al tipo de cultivo y sistema de riego a ser adoptado. Para satisfacer las condiciones básicas del riego, se requieren cumplir los requisitos:

1. La precipitación horaria del sistema de riego (descargada) a la tierra por los emisores debe ser menor a la velocidad de infiltración del suelo, para evitar la erosión.
2. La lámina de riego ajustada o lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA) debe ser menor que la lámina disponible, para garantizar que la planta tenga soporte hídrico (agua) en sus raíces.
3. El porcentaje de agua aprovechable será menor al porcentaje máximo recomendado para el cultivo, para evitar la condición de estrés hídrico del cultivo y su rendimiento.
4. El caudal requerido sea menor o igual al caudal disponible en la fuente de abastecimiento.

Considerando esta problemática surgen algunas preguntas tales como: ¿Es posible conocer la dotación necesaria para varios cultivos?, ¿Cómo optimizar el recurso hídrico?

El presente proyecto pretende contestar estas incógnitas mediante una sistematización metodológica en el desarrollo de una herramienta computacional (HC) aplicada al riego parcelario. Esta herramienta permitirá determinar el régimen de riego y el diseño hidráulico en sistemas de riego presurizados a nivel de parcela, asegurando con su uso la selección y el diseño del sistema de riego por aspersión o microaspersión más económico y factible en parcela. Los resultados obtenidos muestran un índice de fiabilidad muy bueno, comparados con los obtenidos usando softwares libres.

## **Metodología**

La metodología utilizada para la implementación de la herramienta computacional (HC) usando Microsoft Excel se inicia con el cálculo del régimen agronómico y diseño hidráulico en cuatro etapas de trabajo que se describen seguidamente.

La primera etapa consiste en el cálculo de las necesidades hídricas del cultivo, es decir la cantidad de agua necesaria para que un cultivo se desarrolle de manera adecuada, siguiendo la metodología del Dr. Albert Avidan (Avidan, 1994).

En la segunda etapa se implementa la configuración de la interfaz de la herramienta computacional (HC), para el cálculo del régimen agronómico. Aquí será necesario ingresar todos los datos constantes de la parcela como: características del suelo, condiciones de clima, datos de fuentes de abastecimiento (canal de riego o cisterna de almacenamiento). Para el cálculo hidráulico de las tuberías dentro de la parcela, se usa el método funcional de velocidades utilizando la ecuación de Hazen-Williams para el cómputo de las pérdidas por longitud. Para lo cual

se configura la interfaz para ingresar el caudal del emisor, la longitud de tubería, las cotas de nudos demandantes en función de la topografía del terreno y la presión de operación de los emisores.

La tercera etapa, comprende la corrida de la herramienta computacional para el régimen agronómico obteniéndose el caudal requerido por ciclo de riego, el número de emisores por turno, la superficie de riego por turno y el dimensionado de las tuberías dentro de la parcela. La aplicación ofimática incluye la distribución de los emisores dentro de la parcela con las configuraciones: rectangular y triangular.

La cuarta etapa consiste en la comprobación del diseño agronómico e hidráulico, evaluando tanto las presiones de consigna en los nudos demandantes y el rango adecuado de velocidades de diseño. Para este objetivo se emplea los softwares libres, específicamente: CROPWAT 8.0, GESTAR 2016 y se usa Epanet 2.0 para simular los resultados, tomando como referencia el Índice General de fiabilidad (IGF) (Tabla 1) que es la probabilidad de un buen funcionamiento de la herramienta computacional (HC) respecto de los softwares libres.

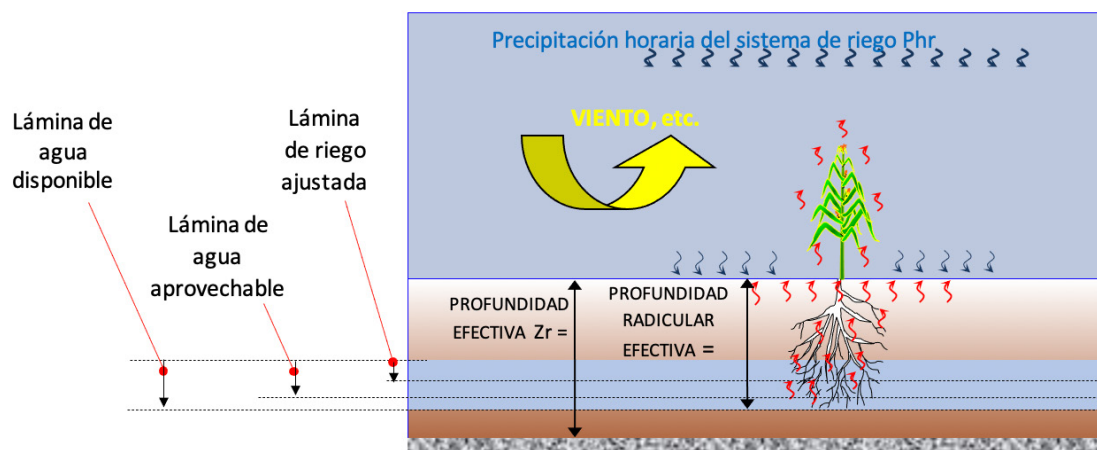
**Tabla 1:** Fiabilidad de los datos según el IGF

Fiabilidad	Valor de IGF
Muy Mala	<30%
Pobre	30-50%
Aceptable	50-70%
Buena	70-90%
Muy Buena	>90%

**Fuente:** (Rodríguez-Díaz, 2005) **Elaboración:** El autor

## Resultados

El cálculo del régimen de riego es proyectado teóricamente con conceptos sobre la relación suelo-agua-planta (figura 1) y está concebido con un balance hídrico por medio de láminas de agua. La cantidad de agua que es necesario reponer por cada ciclo de riego es determinado por el tiempo en que el suelo llega a saturarse versus la capacidad de retención de agua que tiene el suelo a disposición para la planta, más el gasto que dispone la planta en su periodo de máximo consumo.



**Figura 1:** Interpretación teórica del sistema de riego (relación suelo-agua-planta) **Elaboración:** El autor

La cantidad de emisores obtenidos dentro de la parcela con la herramienta computacional (HC) es de 256 emisores, considerando el radio efectivo húmedo de cada emisor en función de la presión de operación y el caudal disponible. En la tabla 2, se visualizan los resultados de cantidad de emisores en parcela, presión en nudo crítico y valor de velocidad en el tramo final de tubería en parcela.

**Tabla 2:** Comparación de resultados de (HC) con software libres

Método de análisis	Software			Fiabilidad según IGF
	(HC)	Gestar 2016	Epanet	
Cantidad de emisores dentro de la parcela	256 emisores	322 emisores		79.5%
Presión de operación en nudo crítico	33.25 m.c.a.		33.91 m.c.a.	98.1%
Velocidad en la última línea de tubería	1.2 m/s		1.16 m/s	96%

**Elaboración:** El autor

## Conclusiones

Se ha implementado una herramienta computacional para obtener el requerimiento hídrico del cultivo, según dos tipos de disposiciones de emisores dentro de la parcela de estudio; De igual manera es posible hacer el diseño hidráulico de la red en parcela con un IGF elevado, con un valor de 90% para los parámetros de presión y velocidad en el nudo de consumo más crítico comparando con el IGF proporcionado por (Rodríguez-Díaz, 2005).

El desarrollo implementado cuenta con una base de datos de algunos cultivos, tipos de suelos y tipos de emisores existentes; esta información puede ser modificada según requerimiento del usuario; Además, con su empleo es posible optimizar el diseño de un sistema de riego en parcela cumpliendo todas las condiciones agronómicas, con diversas disposiciones de laterales y de emisores, proporcionando versatilidad para la tarea de diseño.

## Referencias

- Akbari, M., Najafi Alamdarlo, H., & Mosavi, S. H. (2020). The effects of climate change and groundwater salinity on farmers' income risk. *Ecological Indicators*, 110. doi:10.1016/j.ecolind.2019.105893
- Anderson, D. C. (1984). Enhancing Irrigation Through Water User Associations: Ecuador. *Agricultural Administration*, 16, 55-66.
- Avidan, D. (1994). Determinación del régimen de riego de los cultivos. Estados de Israel: CINADCO.
- Benhin, J., (2006). Climate Change and South African Agriculture: Impacts and Adaptation Options. The Centre for Environmental Economics and Policy in Africa University of Pretoria, Pretoria, South Africa.
- FAO, (2015) Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015. FAO Statistical Pocket
- Jensen, M.E., 2007. Beyond irrigation efficiency. *Irrig. Sci.* 25, 233–245. Book. World, Food and Agriculture. FAO, Rome.
- Lankford, B., 2012. Fictions, fractions, factorials and fractures; on the framing of irrigation efficiency. *Agric. Water Manag.* 108, 27–38.

Perry, C., 2007. Efficient irrigation; inefficient communication; flawed recommendations Irrig. Drain. 56, 367–378.

Rodríguez-Díaz, J. (2005). ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA. UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, Córdoba.

Seckler, D., Molden, D., Sakthivadivel, R., (2003). The concept of efficiency in water resources management and policy. In: Kijne, J.W., Barker, R., Molden, D. (Eds.), Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement. CAB International.

Van Halsema, G.E., Vincent, L., (2012). Efficiency and productivity terms for water management: a matter of contextual relativism versus general absolutism. Agric. Water Manag. 108, 9–15.

## **Análisis de capacidad hidráulica del drenaje vial para condiciones de escurrimiento actuales**

### ***“Analysis of hydraulic capacity of road drainage for current runoff conditions”***

Andrés Paulo Guayas Ullauri<sup>1</sup>, Holger Manuel Benavides Muñoz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de maestría en Ingeniería vial, Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil, UTPL, [dpmhayds@yahoo.com.mx](mailto:dpmhayds@yahoo.com.mx)

<sup>2</sup>Profesor principal titular de Recursos Hídricos, Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil, UTPL, [hmbenavides@utpl.edu.ec](mailto:hmbenavides@utpl.edu.ec)

### **Resumen**

Proyecciones adecuadas del sistema de drenaje son fundamentales para el funcionamiento y duración satisfactoria de las obras viales, esto implica que las condiciones iniciales del diseño determinan el éxito para alcanzar esta meta, al menos a nivel de oficina.

Los estudios del año 2002 de la vía Cuenca-Machala, se analizaron, respecto de su componente hidrológico enfocado al drenaje transversal más influyente del kilómetro 25 al 50, y se contrastaron para el año 2019, acatando lo que indica la norma vial vigente. En la zona de estudio se verifica: incremento de precipitaciones respecto de las iniciales, cambios en la cobertura de los suelos, con el consecuente incremento de escorrentía en las cuencas hidrográficas. Lo anterior pronostica picos de caudales mayores a los estimados en los estudios indicados. Por lo tanto, el presente estudio actualiza y recomienda en pro de mejorar las capacidades hidráulicas de los elementos de drenaje transversal en estudio.

**Palabras clave:** Drenaje; Precipitación; Escorrentía; Cobertura.

### **Abstract**

Adequate projections of the drainage system are essential for the operation and satisfactory duration of road works, this implies that the initial design conditions determine the success to achieve this goal, at least at the office level.

The studies of the year 2002 of the Cuenca-Machala road were analyzed, regarding its hydrological component focused on the most influential cross drainage from kilometer 25 to 50, and were contrasted for the year 2019, complying with what the current road regulations indicate. In the study area it is verified: an increase in rainfall with respect to the initial data, changes in land cover, with the consequent increase in runoff in the hydrographic basins. The foregoing, forecasts higher flow peaks than those estimated in the indicated studies. Therefore, the present study updates and recommends in order to improve the hydraulic capacities of the cross drainage elements under study.

**Keywords:** Drainage; Precipitation; Runoff; Coverage.

### **Introducción**

La importancia del elemento agua en el campo de la ingeniería civil, es trascendental para el desarrollo, funcionamiento y duración apropiada de las distintas estructuras artificiales que conforman el medio en el cual se desarrolla nuestra civilización. El entendimiento y predicción adecuada de los distintos fenómenos asociados a su

generación y tratamiento, desde el punto de vista del drenaje, se vuelve crucial para asegurar el funcionamiento de estas estructuras.

En vialidad, el drenaje tiene fundamental importancia para su normal desenvolvimiento, ya que el agua debe ser evacuada de forma segura y continuar su camino natural de descarga, para evitar comprometer la seguridad de la estructura vial. Pronosticar la cantidad de agua a evacuar para garantizar el buen servicio de las vías no es simple de resolver, ya que esta cantidad depende de factores variables en el tiempo como: la precipitación, morfometría de las cuencas y factores que gobiernan la escorrentía. Varias metodologías dan pronósticos de cantidad de agua, sin embargo, la disponibilidad de los insumos necesarios de estas metodologías se vuelve determinante para poder elegir el modelo a seguir.

Se dispone del estudio de consultoría denominado: “Estudios para la concesión de la carretera Cuenca-Machala”, ejecutada por la Asociación C&M – A&V presentada en el año 2002, y que evalúa el componente drenaje en función de “Normas interinas de diseño de carreteras y puentes y especificaciones técnicas complementarias de construcción, CORPECUADOR 1999” (normativa de la época); esta información es la línea base del presente trabajo.

Se siguen las metodologías indicadas en la “Norma Ecuatoriana vial NEVI-12-MTOP” (norma actual) y en la normativa previa (CORPECUADOR), de forma que se evalúan los resultados obtenidos por ambos métodos para el año 2019 y se contrastan con los obtenidos en el estudio del año 2002; todo esto enfocado a las obras de drenaje transversal de consideración, en el tramo comprendido entre el kilómetro 25 al kilómetro 50.

Finalmente, de los resultados obtenidos se procede con la evaluación y diagnóstico hidráulico de las estructuras de drenaje indicadas en la línea base, para finalizar con las recomendaciones y propuestas de mejora para estas estructuras de drenaje vial.

## **Metodología**

La norma vial recomienda las metodologías de pronóstico de caudales a seguir para el diseño-evaluación de las diferentes estructuras de drenaje. La línea base pronostica los caudales punta en función del Método Racional Generalizado; los métodos: Racional, Racional Generalizado y del Natural Resources Conservation Service (N.R.C.S. antes el Soil Conservation Service más conocido por sus siglas S.C.S.), se usan para el pronóstico de caudales del presente estudio.

El Método Racional es considerado como uno de los modelos lluvia-escorrentía más antiguos (Aparicio Mijares, 1989), define que el caudal máximo es proporcional a la lluvia de diseño y al área de la cuenca (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013); el Racional Generalizado trata de justificar las falencias del método racional, fórmulas empíricas (Burkli-Ziegler, Jarvis-Myers), método del hidrógrafo unitario, método de Carl F. Izzard, entre otros (Ruhle, 1966); y el del N.R.C.S. representa el Hidrograma Unitario Adimensional con el Hidrograma triangular, de donde se obtienen relaciones que usa para el pronóstico del caudal unitario (Natural Resources Conservation Service, 2007), ver Tabla 1.

**Tabla 1.** Ecuaciones para método: Racional, Racional Generalizado y N.R.C.S. Fuente. El Autor.

Método	Ecuación
Racional	$Q = \frac{CiA}{3,6}$ [2.1] Q: Caudal (m <sup>3</sup> /s); C: Coeficiente de escorrentía (adimensional); i: Intensidad lluvia de diseño (mm/h); A: Área de aporte (km <sup>2</sup> ).
Racional Generalizado	$Q = \alpha\beta \frac{MER}{360}$ [2.2] Q: Caudal (m <sup>3</sup> /s); $\alpha$ : Coeficiente de corrección de R (adimensional); $\beta$ : Coeficiente por retención del cauce (adimensional); M: Área (Ha); E: Coeficiente de escorrentía; R: Precipitación (mm/h).
N.R.S.C.	$q_p = \frac{0,208 \times A \times Q}{T_p}$ [2.3] $q_p$ : Caudal (m <sup>3</sup> /s); A: Área de aporte (km <sup>2</sup> ); Q: Precipitación efectiva (mm/h); $T_p$ : Tiempo al pico (h).

El coeficiente de escorrentía es la razón entre el volumen de escorrentía superficial total y el volumen total de agua precipitada, en un intervalo de tiempo determinado (Monsalve Sáenz, 1999), está en función de las características del terreno, uso y manejo del suelo, condiciones de infiltración y en general de más variables que pueden resultar complejas de valorar, normalmente para escoger un valor apropiado se recurre a tablas y el buen juicio de quien lo realiza (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

Los valores del coeficiente de escorrentía en función de las variables antes indicadas se pueden determinar de los valores presentados por la normativa; las coberturas de los suelos se solventan con la información de acceso libre, del Sistema Nacional de Administración de Tierras (SINAT).

Precipitación es toda forma de humedad emanada y depositada en la superficie terrestre, tales como lluvia, granizo, roció, neblina, nieve o helada (Monsalve Sáenz, 1999). El estudio de la lluvia se basa en la distribución de la intensidad mientras ocurre (Monjo, 2010), y su estudio se lo realiza con fines estadísticos de forma que se encuentren valores útiles para posteriores diseños (Maderey R., 1980). La intensidad de la precipitación pluviométrica es la cantidad de lluvia que precipita en un rango de tiempo (Maderey R., 1980).

Las precipitaciones son cubiertas con la información de carácter público del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), y en adición a esta información se utiliza la publicación del año 2015, también elaborada por el INAMHI, conocida como: “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación”, que es una actualización al “Estudio de Lluvias intensas” publicado en el año 1999 por el mismo INAMHI.

Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica (Chow, Maidment, & Mays, 1994) a la superficie que es definida topográficamente y que drena por un curso o sistemas conectados de cursos de agua, el caudal efluente a través de una salida simple (Monsalve Sáenz, 1999). Los análisis morfométricos de la cuenca son fundamentales para entender e interpretar su comportamiento morfodinámico e hidrológico (Dominguez, Gómez-Tagle, & Gómez-Tagle R., 2007). La morfometría de cada cuenca es proporcional con la posibilidad de cosecha hídrica, como respuesta a eventos climáticos que se traducen por ejemplo en escorrentía superficial expresada en términos de caudales (Gaspari, Rodríguez Vagaría, Senisterra, Delgado, & Besteiro, 2013) junto a la materialización de acciones para los distintos niveles de proyecto, la integración de disciplinas e instituciones, y la transacción entre los actores con un criterio de equidad. La metodología de investigación es parte también del proceso investigativo, pues se trata de avanzar en el conocimiento de las variables físicas y biológicas de funcionamiento integral del sistema. Este manual, basado en el marco conceptual del Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, permitirá capacitar



a estudiantes avanzados para desarrollar, elaborar, implementar e intervenir en la producción de proyectos adecuados a condiciones reales, mediante el procesamiento de datos geospaciales (Sistema de Información Geográfica).

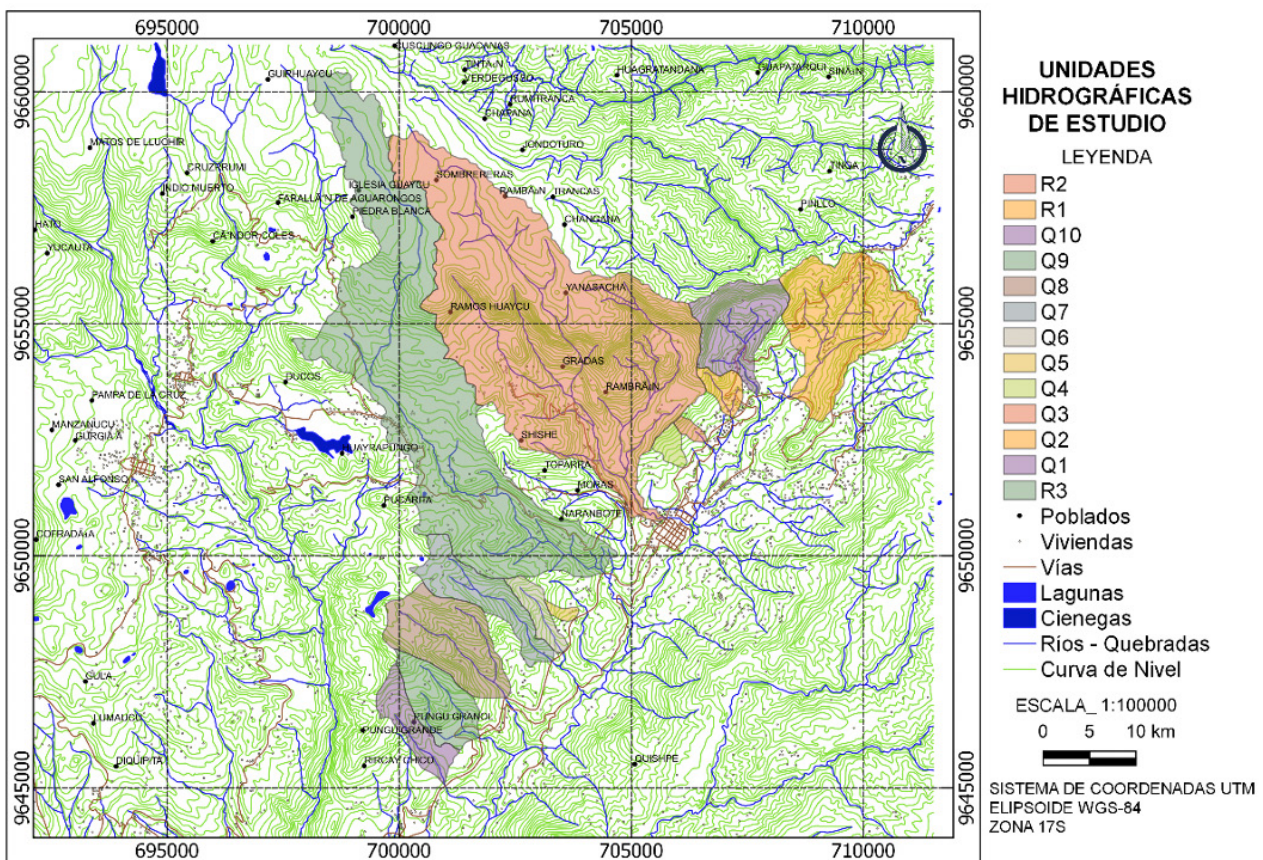
El área de una cuenca es el valor de la superficie encerrada por la divisoria de aguas (Gaspari et al., 2013; Rodrigues et al., 2013), se la determina de la cartografía disponible de la zona (acceso libre), la misma que se la obtiene de las cartas topográficas generadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM). Para poder afinar la demarcación de las subcuencas -microcuencas, se utiliza la información de imágenes que genera el software Google Earth.

El periodo de retorno de un evento hidrológico de determinada magnitud, es el intervalo de tiempo promedio (expresado en años) entre la ocurrencia de un evento de una magnitud dada (Mélize & Reason, 2007), es importante definirlo ya que la severidad o grado de la magnitud de un suceso extremo está inversamente relacionado con su frecuencia de ocurrencia (Vélez Upegui & Botero Gutiérrez, 2011). En función del tipo de estructura a proyectar en un curso de agua, la norma define el periodo de retorno.

## Resultados

La vía Cuenca-Machala, de 185 km aproximadamente, forma parte de la red primaria del país y se la codifica como la E35 y E80. La zona de análisis (kilómetros del 25 al 50), se emplaza en el sistema hidrográfico de la cuenca del Río Jubones, se caracteriza por un clima sub-húmedo temperado, con precipitaciones de 420 a 1.512 mm anuales, temperaturas de 12 a 18°C (Asociación C&M-A&V, 2002). En el tramo se identifican once cursos de relevancia que corresponden a obras de arte menor (R1, Q1 a Q11) y dos cursos a obras de arte mayor (R2 y R3). La figura 1 indica las unidades hidrográficas para los cursos definidos.

**Figura 1.** Unidades Hidrográficas en área de estudio. Fuente. El Autor.

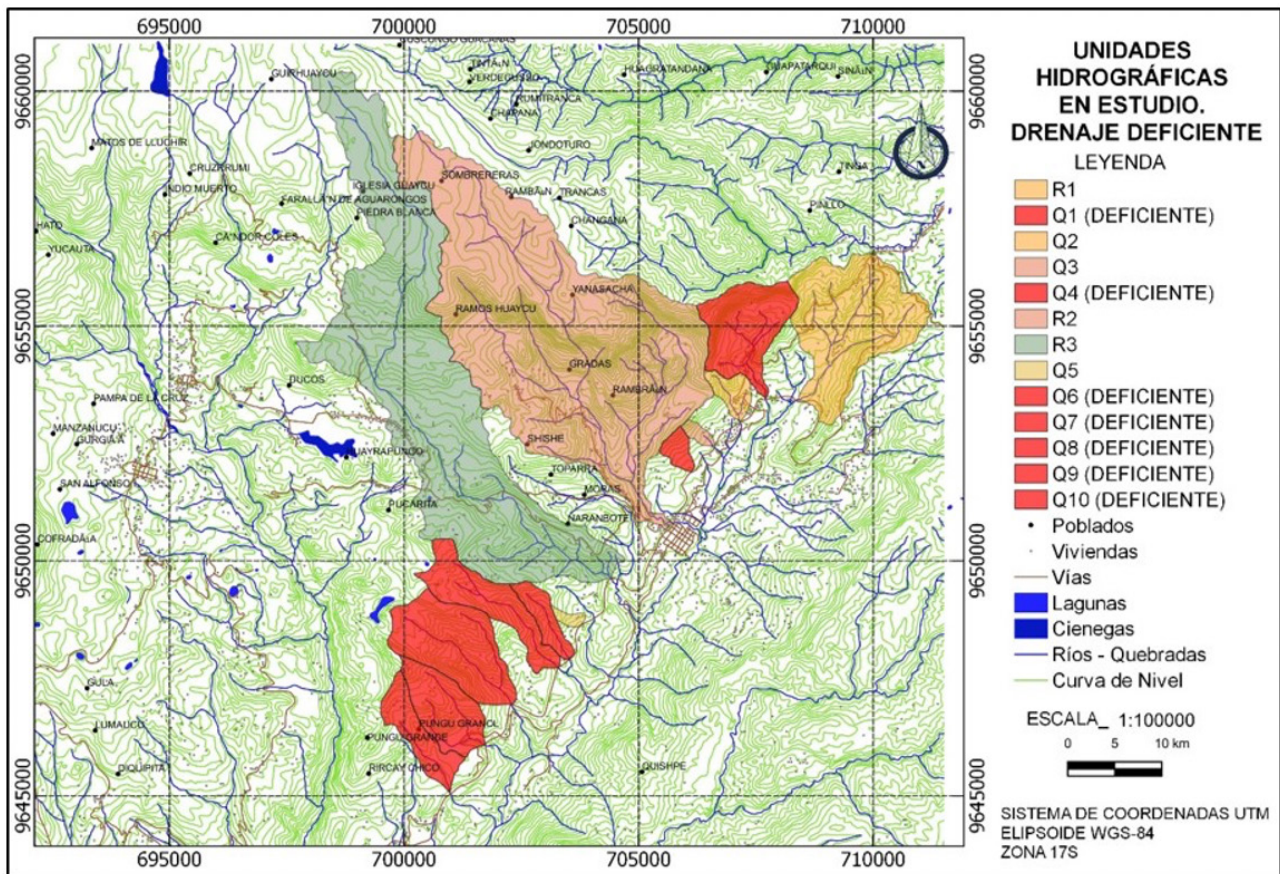


La Tabla 2 indica las principales variables hidrológicas estimadas y los resultados de pronóstico para caudal, según el método Racional Generalizado, para las unidades hidrográficas. La figura 2 se resaltan en rojo las unidades hidrográficas con problemas de capacidad hidráulica en su estructura de descarga.

**Tabla 2.** Resultados obtenidos. Fuente. El Autor.

CÓDIGO TESIS	OBRA DE ARTE	LÍNEA BASE						ESTUDIO										ESTADO	
		Tr (años)	A (km <sup>2</sup> )	C	I (mm/h)	RACIONAL GENERALIZADO	Qmax Disponible (m <sup>3</sup> /s)	CORPECUADOR		Tr (años)		A (km <sup>2</sup> )	C		I (mm/h)		RACIONAL GENERALIZADO (m <sup>3</sup> /s)		RACIONAL GENERALIZADO (m <sup>3</sup> /s)
								C	RACIONAL GENERALIZADO (m <sup>3</sup> /s)	DISEÑO	VERIFICACIÓN		DISEÑO	VERIFICACIÓN	DISEÑO	VERIFICACIÓN			
R1	MENOR	25	6.51	0.4	63	39.4	124.0	0.286	39.4	100	150	6.21	0.69	0.69	72	76	89.00	107.00	CUMPLE
Q1	MENOR	25	2.33	0.4	85	19.0	34.0	0.292	19.0	100	150	3.06	0.70	0.70	95	100	62.00	71.00	EXCEDIDO
Q2	MENOR	10	1.16	0.5	105	13.6	28.0	0.308	13.6	100	150	0.62	0.67	0.67	126	133	18.20	23.00	CUMPLE
Q3	MENOR	10	0.18	0.5	105	2.1	8.7	0.322	2.1	100	150	0.21	0.69	0.69	164	173	7.20	7.50	CUMPLE
Q4	MENOR	25	0.39	0.5	105	4.6	0.8	0.313	4.6	50	100	0.41	0.68	0.71	121	133	10.50	12.40	EXCEDIDO
R2	MAYOR	100	28.50			110.0		0.269	110.0	200	300	25.42	0.63	0.63	44	46	245.00	265.00	
R3	MAYOR	100	25.10			125.1		0.262	125.1	200	300	21.53	0.63	0.63	42	44	191.00	212.00	
Q5	MENOR	10	1.15	0.4	105	11.8	22.9	0.301	11.8	100	150	0.17	0.71	0.71	185	195	7.10	7.80	CUMPLE
Q6	MENOR	25	0.77	0.5	100	8.5	3.6	0.341	8.5	100	150	0.81	0.72	0.72	105	110	20.40	23.90	EXCEDIDO
Q7	MENOR	25	2.86	0.4	70	19.2	7.3	0.292	19.2	100	150	2.46	0.68	0.68	76	80	39.50	44.00	EXCEDIDO
Q8	MENOR	25	3.05	0.5	88	29.0	45.3	0.301	29.0	100	150	3.83	0.69	0.69	73	77	56.00	64.00	EXCEDIDO
Q9	MENOR	25	2.09	0.5	85	19.6	24.2	0.293	19.6	100	150	2.16	0.69	0.69	96	101	44.00	49.50	EXCEDIDO
Q10	MENOR	25	0.83	0.3	85	5.0	1.7	0.312	5.0	50	100	1.46	0.65	0.68	98	108	25.10	32.00	EXCEDIDO

**Figura 2.** Unidades Hidrográficas con drenaje deficiente. Fuente. El Autor.



## Conclusiones y recomendaciones

Para el año 2019 hay aumento en los valores de precipitaciones pronosticadas para diseño, respecto de los valores presentados en el estudio base, esto debido a las ecuaciones del INAMHI para la zona en estudio. El valor del coeficiente de escorrentía determinado según CORPECUADOR, en cada unidad hidrográfica, varía respecto de los valores del coeficiente de escorrentía estimados en la línea base. Los valores estimados del coeficiente de escorrentía según la NEVI-12, son más conservadores (hasta en 25 %) según se incrementa el periodo de retorno hasta los 150 años, manteniéndose constante para valores superiores.

La predicción de caudal mediante los métodos Racional y Racional Generalizado, generan caudales superiores a los estimados por el método del N.R.S.C., para las condiciones “actuales” analizadas, desde el 10 % hasta el 200 %. En cumplimiento a la NEVI-12, los métodos Racional y Racional Generalizado predicen valores de caudal mayores a los estimados en la línea base, con valores mayores para periodos de retorno de diseño del 500 %; y para periodos de revisión del 600 %.

Para las condiciones actuales y bajo los lineamientos de CORPECUADOR, los métodos Racional y Racional Generalizado, predicen valores de caudal superiores hasta 330 % y 500 % respectivamente, en la mayoría de los casos, a los de valores de caudal estimados en la línea base. La línea base utiliza el método Racional Generalizado para la estimación de caudales máximos, pero la formulación abordada en dicha línea base, no se corresponde con la metodología que indica el Ing. Federico Ruhle (Ruhle, 1966) desarrollador del método.

Los métodos de cálculo: Racional, Racional Generalizado y N.R.S.C., permiten evidenciar insuficiente capacidad hidráulica en las secciones de drenaje para los cursos: quebrada de la Selata (Q1), quebrada sin nombre 4 (Q4), quebrada sin nombre 7 (Q6), quebrada Yerba Buena (Q7), quebrada Granadillas (Q8), quebrada del Arco (Q9) y quebrada Caledóneas (Q10), para los caudales pronosticados en los periodos de retorno de diseño y verificación, instruidos por la NEVI-12.

Los lineamientos de la NEVI-12, respecto del componente hidrológico e hidráulico, deben ser verificados de manera oportuna para toda la vía objeto de estudio. Intervenir de manera inmediata en los cursos: quebrada sin nombre 1 (Q2) y quebrada Avispera (Q5). Corregir de manera oportuna las secciones de drenaje para los cursos: quebrada de la Selata (Q1), quebrada sin nombre 4 (Q4), quebrada sin nombre 7 (Q6), quebrada Yerba Buena (Q7), quebrada Granadillas (Q8), quebrada del Arco (Q9) y quebrada Caledóneas (Q10).

Bajo el contexto de las medidas de adaptación al clima, cuyas acciones reduzcan la vulnerabilidad de las carreteras frente a eventos meteorológicos extremos relacionados con la variabilidad y cambio climático o exacerbados por este último, es factible la intervención física de los sistemas de drenaje (Banco de Desarrollo de América Latina, 2018), para su mejora actual y/o futura.

La irregularidad de las precipitaciones, que se asocia al cambio climático, generan precipitaciones extremas más frecuentes, que afectan al drenaje (Enríquez de Salamanca Sánchez-Cámara, 2016) caused by the emission of greenhouse gases (GHG, y como las obras de tierra, las estructuras y las obras de drenaje son a priori los componentes más vulnerables. (Castañares, 2018), es imperiosa la revisión de sus diseños iniciales para cotejarlos con las condiciones actuales y futuras, por lo que es factible realizar revisiones a las infraestructuras proyectadas y construidas con la norma CORPECUADOR.

## Referencias

- Aparicio Mijares, F. J. (1989). Fundamentos de hidrología de superficie. (E. L. S. A. de C.V., Ed.) (Primera ed). México.
- Asociación C&M-A&V. (2002). Estudios para la concesión de la carretera Cuenca - Machala. Quito.
- Banco de Desarrollo de América Latina. (2018). Prácticas para la adaptación de las carretas al clima. Retrieved from [https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1221/Guía BP adaptación carreteras\\_CAF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1221/Guía_BP_adaptación_carreteras_CAF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Castañares, G. H. (2018). La adaptación al cambio climático en el transporte ferroviario en España. Ingeniería Civil, (191), 133–140.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología aplicada. Hidrología aplicada. Retrieved from <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=158911&indexSearch=ID%5Cn-http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BINA1.xis&method=post&formato=2&cantidad=>
- Domínguez, F. M., Gómez-Tagle, A., & Gómez-Tagle R., A. F. (2007). El análisis morfométrico con sistemas de información geográfica, una herramienta para el manejo de cuencas. Retrieved from [https://docuri.com/download/rn048-2\\_59c1e785f581710b286c65be\\_pdf](https://docuri.com/download/rn048-2_59c1e785f581710b286c65be_pdf)
- Enríquez de Salamanca Sánchez-Cámara, Á. (2016). Consideración del cambio climático en la evaluación de impacto ambiental de infraestructuras lineales de transporte. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=109393>
- Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Delgado, M. I., & Besteiro, S. I. (2013). Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas. (Editorial de la Universidad de La Plata, Ed.) (1a ed). La Plata. Retrieved from <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27877>
- Maderey R., L. E. (1980). Intensidad de la precipitación en el Valle de México. Boletín Instituto de Geografía. scielomx. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-4611198000100001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-4611198000100001)
- Mélice, J.-L., & Reason, C. J. C. (2007). Return period of extreme rainfall at George, South Africa. South African Journal of Science, 103(11–12), 499–501. Retrieved from [http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0038-23532007000600014](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0038-23532007000600014)
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). Norma Ecuatoriana vial NEVI-12-MTOP (Vol. 2A). Quito. Retrieved from [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_2A.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf)
- Monjo, R. (2010). El índice n de la precipitación intensa. Www.Divulgameteo.Es. Retrieved from <http://www.divulgameteo.es/uploads/Indice-n.pdf>
- Monsalve Sáenz, G. (1999). Hidrología en la ingeniería. (AlfaOmega, Ed.) (2a Edición).

- Natural Resources Conservation Service. (2007). Part 630 Hydrology. National Engineering Handbook. Chapter 16 Hydrographs. Washington, DC. Retrieved from <https://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H&H/NEHhydrology/ch16.pdf>
- Ruhle, F. G. O. (1966). Determinación del derrame máximo superficial de las cuencas imbríferas. Desarrollo del método racional generalizado. *La Ingeniería*, (987), 23–47.
- Vélez Upegui, J. J., & Botero Gutiérrez, A. (2011). Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales (Estimation of the time of concentration and the lag time at San Luis creek basin, Manizales). *Dyna*, 78(165), 58–71. Retrieved from <https://www.redalyc.org/html/496/49622372006/>

# Evapotranspiración y cambio climático: un caso de estudio en el sur del Ecuador

## *Evapotranspiration and climate change: a case study in southern Ecuador*

Fernando Oñate-Valdivieso<sup>1</sup>, Gabriela Cajas<sup>2</sup>, Arianna Oñate-Paladines<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geología, Minas e Ingeniería Civil. Universidad Técnica Particular de Loja, 1101608 Loja. Ecuador, [fronate@utpl.edu.ec](mailto:fronate@utpl.edu.ec)

<sup>2</sup>Departamento de Geología, Minas e Ingeniería Civil. Universidad Técnica Particular de Loja, 1101608 Loja. Ecuador

<sup>3</sup>Euroaquae Master Program, Newcastle University, King's Gate Newcastle Upon Tyne, NE1 7RU Newcastle, UK,

### Resumen

El cambio climático es atribuido a las actividades humanas. En el presente trabajo se analizan el efecto de dos escenarios climáticos en la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) en dos provincias del sur del Ecuador. La ET<sub>o</sub> se calculó mediante la ecuación de Hargreaves. El análisis realizado permite observar incrementos en la ET<sub>o</sub> que podrían conllevar cambios en el balance hídrico en la zona de estudio y posible disminución en la disponibilidad de agua.

**Palabras clave:** Cambio climático; evapotranspiración; escenarios RCP.

### Abstract

Climate change is attributed to human activities. In the present work, the effect of two climatic scenarios on the reference crop evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) in two southern provinces of Ecuador is studied. The ET<sub>o</sub> was calculated using the Hargreaves equation. The analysis carried out allows us to observe increases in ET<sub>o</sub> that could produce changes in the water balance in the study area and possible decrease in the availability of water.

**Keywords:** Climate change; evapotranspiration; RCP scenarios.

## 1. Introducción

Se estima que las actividades humanas han causado aproximadamente 1°C del calentamiento global, con un rango probable de 0.8 °C a 1.2 °C, por encima de los niveles preindustriales en 2017 incrementando 0.2 °C por década (Hoegh-Guldberg, & et al, 2018). Ecuador es uno de los países más vulnerables ante el cambio climático, con posibles aumentos de temperatura de aproximadamente 2° C hasta fin de siglo, con impactos sobre el recurso hídrico de diferente magnitud en todo el territorio nacional debido a las condiciones geográficas y climáticas del país (MAE, 2017).

Para estudiar los efectos del cambio climático se establecen escenarios basados en un conjunto de relaciones climatológicas internamente coherentes y definidas explícitamente. El quinto reporte del IPCC define 4 escenarios climáticos llamados trayectorias de concentración representativas (RCP). Cada escenario tiene propósitos diferentes: el RCP 2.6 describe escenarios de concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) extremadamente bajas. Los escenarios RCP 4.5 y RCP 6.0, son de estabilización y el escenario RCP 8.5 considera un nivel muy alto de emisiones de GEI (IPCC, 2014)

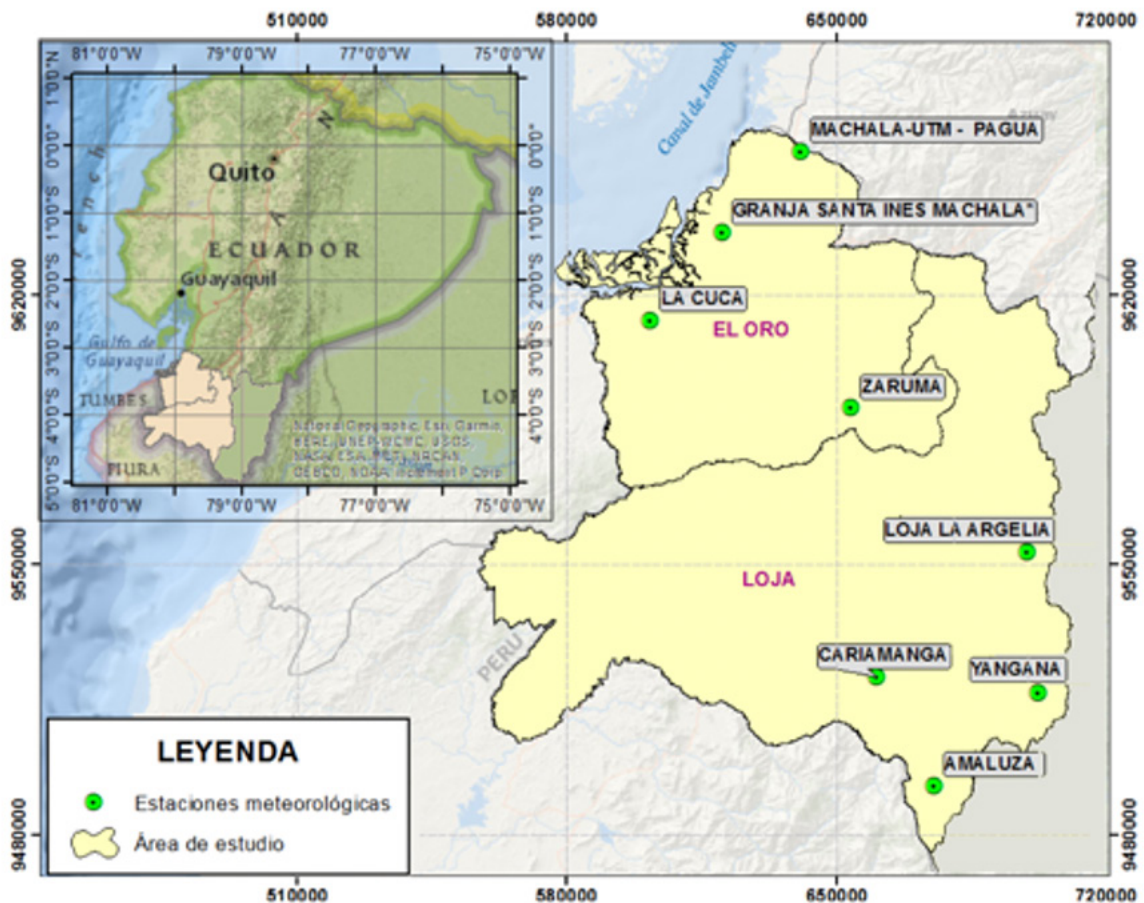
En el presente trabajo se analizó el efecto de dos escenarios de cambio climático en la evapotranspiración del cultivo de referencia. Para el efecto se emplearon los escenarios RCP 2.6 y RCP 6.0 de la base de datos de

WorldClim y se aplicó la ecuación de Hargeaves para determinar la evapotranspiración de referencia en 8 estaciones meteorológicas en la región sur del Ecuador.

## 2. Materiales y métodos

### Área de estudio

El área de estudio se sitúa en la Región Sur del Ecuador, ubicada en las coordenadas 3°30' y 5°0' de latitud Sur; y; 78°20' y 80°30' de longitud Oeste. El área de estudio comprende parte de la región costa del Ecuador con temperaturas superiores a 22°C y precipitaciones entre 500 a 1000 mm y parte de la zona interandina con temperaturas que fluctúan entre 12°C a 22°C, y precipitaciones entre 600 hasta 6700 mm en las partes altas de la cordillera. El área de estudio tiene dos estaciones climáticas bien diferenciadas: una temporada húmeda que se presenta de diciembre a mayo, que es la de mayores temperaturas y la temporada seca de junio a noviembre (Oñate-Valdivieso, et al. 2020). El área de estudio se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Área de estudio: provincias de El Oro y Loja (Ecuador)

### Información recopilada

Se recopiló información de temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media registrada en 8 estaciones meteorológicas (Tabla 1) ubicadas dentro de la zona de estudio para el período 1980-2010. Los escenarios climáticos se obtuvieron de WorldClim (<https://www.worldclim.org>). Se consideraron los escenarios climáticos RCP 2.6 (escenario de mitigación) y RCP 6.0 (escenario de estabilización).

**Tabla 1.** Estaciones seleccionadas

ESTACIÓN	CÓDIGO	LONGITUD	LATITUD	ELEVACIÓN
Amaluza	M0150	79° 25' 50.00" W	4° 35' 05.00" S	1672.00
Cariamanga	M0146	79° 33' 15.60" W	4° 20' 00.20" S	1950.00
La Argelia	M0033	79° 12' 12.19" W	4° 02' 15.14" S	2160.00
Yangana	M0147	79° 10' 30.20" W	4° 22' 04.50" S	1835.00
Zaruma	M0180	79° 36' 41.60" W	3° 41' 51.16" S	1100.00
UTM-Pagua	M0185	79° 47' 00.00" W	3° 06' 00.00" S	13.00
La Cuca	M0012	80° 04' 54.00" W	3° 29' 49.00" S	53.00
Granja Santa Inés	M0292	79° 54' 55.32" W	3° 17' 29.00" S	5.00

### Evapotranspiración del cultivo de referencia

Para determinar la evapotranspiración de referencia se hizo uso de la ecuación de Hargreaves (Allen et al., 2006).

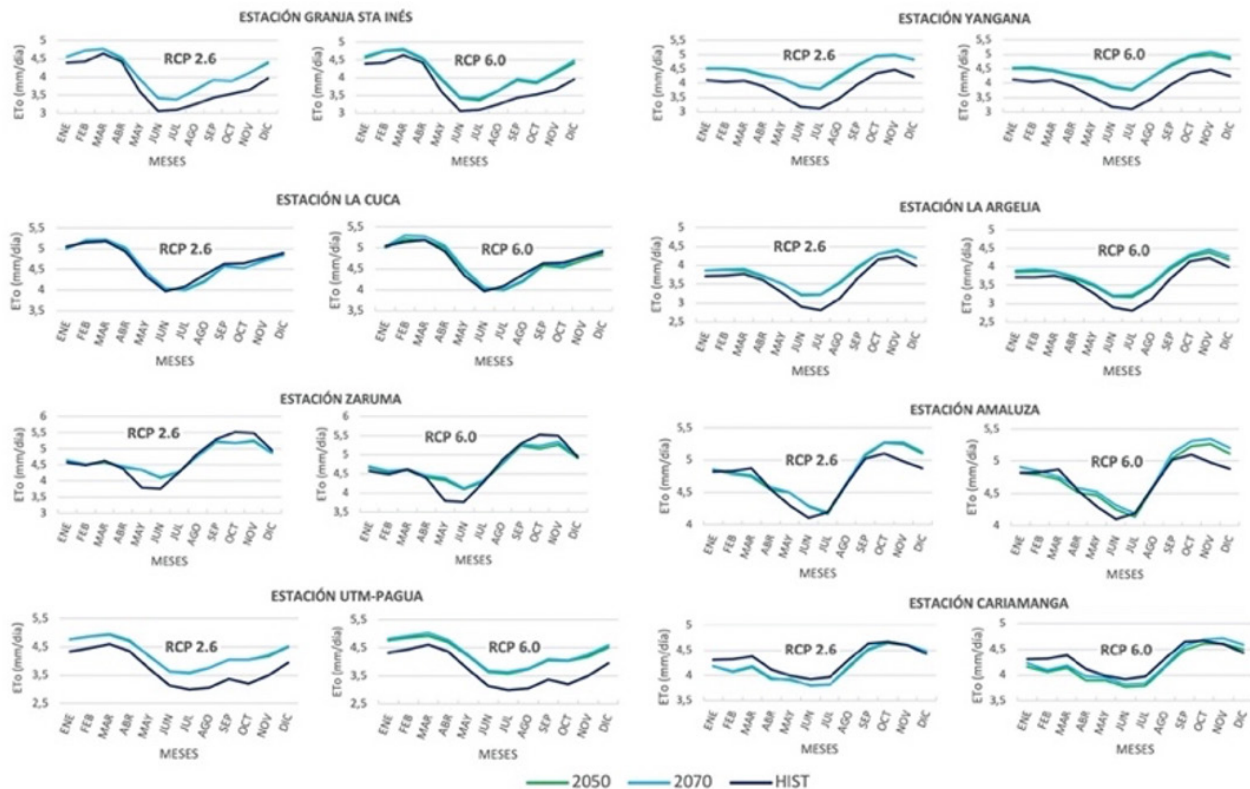
$$ET_o = 0.0023 \times (T_{media} + 17.8) \times (T_{máx} - T_{mín})^{0.5} \times Ra \quad (1)$$

En donde:  $ET_o$  es la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm día-1),  $T_{máx}$  es la temperatura máxima mensual del aire (°C),  $T_{mín}$  es la temperatura mínima mensual del aire (°C),  $T_{media}$  es la temperatura media mensual del aire (°C) y  $Ra$  es la Radiación solar extraterrestre (MJ m<sup>-2</sup> día-1). El cálculo de  $ET_o$  se realizó mensualmente considerando el período histórico (1980-2010), así como los escenarios RCP 2.6 y RCP 6.0 planteando como años horizontes 2050 y 2070.

### 3. Análisis de resultados

En la figura 2 se presenta los resultados del cálculo de la  $ET_o$  considerando el registro histórico, los años horizonte 2050 y 2070 y los escenarios RCP 2.6 y RCP 6.0. Como puede apreciarse, se observa una diferencia del orden de 0.1 mm/día entre los escenarios RCP 2.6 y RCP 6.0, esto debido principalmente a que el escenario RCP 2.6 es un escenario de baja emisión de GEI y el escenario RCP 6.0 es de estabilización, por lo que las variaciones de la temperatura no son excesivas y esto se refleja en la  $ET_o$ . Al comparar los niveles de  $ET_o$  con el registro histórico se puede apreciar que en las estaciones de la provincia de Loja existe un incremento significativo que para la estación Yangana alcanza el mayor incremento (valor de 1 mm/día en promedio), la misma tendencia se observa en las estaciones Cariamanga y La Argelia, aunque en menor proporción. La estación Amaluza presenta valores similares durante 7 meses del año, en los restantes, el nivel de  $ET_o$  es considerablemente mayor. Algo similar ocurre en las estaciones de la provincia de El Oro, siendo la estación UTM-Pagua la que presenta mayores pérdidas por  $ET_o$ . Aunque se observa similitudes entre el registro histórico y los escenarios en las estaciones La Cuca y Zaruma, en la primera las diferencias son poco significativas.





**Figura 2.** ETo en las estaciones en estudio considerando el registro histórico (HIST) y los escenarios RCP 2.6 y RCP 6.0

#### 4. Conclusiones

El cálculo de evapotranspiración de referencia se lo realizó mediante la ecuación de Hargreaves. Para dos escenarios climáticos y para dos años horizonte. Al comparar los valores de ETo mediante los dos escenarios climáticos empleados con respecto al registro histórico se observa la mayor pérdida del agua se presenta en la estación Yangana y UTM-Pagua. Las pérdidas por ETo para los dos escenarios RCPs utilizados, son similares ya que los dos escenarios son optimistas y consideran bajas concentraciones de GEI proyectadas. En términos generales se preve incrementos de Eto, lo que conlleva cambios en el balance hídrico y posibles disminuciones en la disponibilidad de agua.

#### 5. Referencias

Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M. (2006) Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Servicio de Recursos, Formento y Aprovechamiento de Aguas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Rome pp. 298.

Hoegh-Guldberg, O., Kennedy E., Hawthorne L., Beyer C., McClennen H. Possingham P. (2018) Securing a Long-term Future for Coral Reefs. Trends in Ecology & Evolution 33(12), 936-944

IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución Del Grupo de Trabajo II Al Quinto Informe de Evaluación Del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático, 34. <https://doi.org/10.1186/1749-7922-7-4>

MAE (2017). Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito, Ecuador. 625pp.

Oñate-Valdivieso, F., Uchuari, V. & Oñate-Paladines, A. (2020) Large-Scale Climate Variability Patterns and Drought: A Case of Study in South – America. *Water Resour Manage* 34, 2061–2079. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02549-w>

# Implementación del pronóstico climático utilizando el modelo regional WRF para escenarios adversos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la costa peruana.

Marcelo Cervantes Camac <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Agraria La Molina, [20091022@lamolina.edu.pe](mailto:20091022@lamolina.edu.pe)

## Resumen

En un contexto de déficit hídrico que experimentará la costa peruana durante de las próximas décadas (Maddocks, Young y Reig, 2015), se requiere plantear nuevas estrategias en la gestión agrícola para salvaguardar la seguridad alimentaria considerando escenarios relacionados con el cambio climático (Allen et al., 2016). Esta investigación utilizó el pronóstico climático ejecutado por el modelo regional Weather Research and Forecasting (Skamarock et al., 2008), y el modelo agrícola Solanum, creado por científicos del Centro Internacional de la Papa (Condori et al, 2018). Ambas metodologías permitieron obtener proyecciones del rendimiento de un cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*), cultivo importante para la región, con más de 4 473.03 Ton de producción anual en el país (INIA, 2016).

**Palabras clave:** Gestión agrícola, pronóstico de rendimiento, Weather Research and Forecasting Model (WRF), Modelo agrícola Solanum, papa (*Solanum tuberosum*) cv. UNICA

## Abstract

In a context of water deficit that the Peruvian coast will experience during the next decades (Maddocks, Young and Reig, 2015), it is necessary to propose new strategies in agricultural management to safeguard food security considering scenarios related to climate change (Allen et al., 2016). This research used the climate forecast executed by the regional Weather Research and Forecasting model (Skamarock et al., 2008), and the Solanum agricultural model, created by scientists from the International Potato Center (Condori et al, 2018). Both methodologies allowed obtaining projections of the yield of a potato crop (*Solanum tuberosum*), an important crop for the region, with more than 4 473.03 Ton of annual production in the country (INIA, 2016).

**Keywords:** Agricultural management, yield forecast, Weather Research and Forecasting Model (WRF), SOLANUM agricultural model, UNICA potato (*Solanum tuberosum*)

## 1. Introducción

Como lo describe la agenda al 2030 y el acuerdo de Paris, existe urgencia en promover estrategias que permitan prevalecer la agricultura sostenible, asumiendo su adaptación ante eventos adversos del cambio climático. Si se toma en cuenta una zona vulnerable ante eventos del déficit hídrico como la costa del territorio peruano (Maddocks, Young y Reig, 2015), afectaría desfavorablemente a la demanda de producción de alimentos (FAO, 2016), sobre todo la de un cultivo milenario como la papa (*Solanum tuberosum*).

Actualmente el país sureño cuenta con la mayor producción en Latinoamérica (Pino et al., 2016), cuya oferta proviene también desde la costa (Egúsquiza, 2014). Este estudio ha fusionado las metodológicas del pronóstico climático dinámico y la modelación agrícola (Condori et al, 2018) para obtener los valores de rendimiento del tubérculo anticipadamente a la cosecha, considerando diferentes estados de estrés hídrico.

## 2. Metodología

Para calcular el estrés hídrico de las parcelas, se utilizó el *Crop Water Stress Index (CWSI)*: índice que ha resultado muy eficaz en zonas costeras, puesto que involucra la termometría infrarroja (Capraro, 2017) y la temperatura ambiental (Bellvert et al., 2010).

Mientras que el pronóstico climático fue el resultado de una ejecución en el modelo regional *Weather Research and Forecasting (WRF) versión 3.8*, obteniendo un *downscaling* de hasta 3 km de resolución. Los datos de entrada del modelo regional fueron descargados desde la página del *modelo Global CFS version2*: Pronóstico climático de 9 meses con parámetros de presión (*PGBF*) y archivos de flujo (*FLXF*) (Saha et al., 2011). Se extrajeron las variables meteorológicas predictores al rendimiento del tubérculo desde un mes y medio antes de la cosecha.

Para determinar la performance del modelo agrícola *Solanum*, se diseñó un croquis experimental de bloques completamente al azar con repeticiones, donde finalmente se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman. La fundamentación se demostró estadísticamente por los supuestos de normalidad, auto correlación de los errores y homogeneidad de varianzas.

## 3. Resultados

Respecto al pronóstico climático, solamente para la temperatura, sobreestimó a los datos observados desde la estación meteorológica. En cuanto al sesgo y precisión, indicó un favorable resultado para las temperaturas mínimas, precipitación acumulada y evapotranspiración potencial (Ver tabla 1). No obstante, se descarta afirmar un pronóstico acertado para la precipitación acumulada, reiterando que los valores del sesgo cercanos a cero no necesariamente indican un pronóstico acertado cuando existen errores atípicos.

**Tabla 1:** Medidas de precisión de los pronósticos climáticos sub-estacionales

Variables meteorológicas predictores	BIAS	RMSE	MAE
Temperatura Mínima (°C)	0.39	1.09	0.74
Temperatura Máxima (°C)	2.6	3.35	2.8
Radiación Solar acumulada (MJ/m <sup>2</sup> . día)	-1.33	3.87	3.12
Precipitación acumulada (mm/día) Continúa...	-0.07	0.15	0.07
Continuación...			
Evapotranspiración T1 Potencial diaria (mm/día)	0.15	0.58	0.48
T2	0.17	0.55	0.45

T1 es el grupo control y T2 estuvo sometido a una escala de estrés entre 0.4 y 0.6 en la escala de CWSI

Sobre las proyecciones futuras de rendimiento, se evidenciaron los menores valores de sesgo durante el inicio del periodo de tuberización y la etapa de madurez con mayor efectividad en el rendimiento en peso seco. Se obtuvieron mejores resultados de los pronósticos en el tratamiento sometido entre 0.4 y 0.6 en la escala del CWSI. Se pudieron afirmar que los errores de los pronósticos no siguieron una distribución normal, que no existió independencia entre los valores obtenidos y que existió heterogeneidad entre los valores pronosticados

y observados. En consecuencia, fue requerido validar los pronósticos mediante una prueba estadísticas no paramétrica (Ver tabla 1). Finalmente, se obtuvo la evidencia estadística suficiente para afirmar que no existen diferencias significativas entre los valores de rendimiento observados y pronosticados verificados mediante la prueba de Friedman (Ver tabla 2 y 3).

**Tabla 2: p-values de las pruebas estadísticas (supuestos)**

Pronósticos de rendimiento		
Pruebas estadísticas	Peso fresco	Peso Seco
Shapiro-Wilk (Normalidad de errores)	0.04896	8.51E-05
Barlett (Homogeneidad de varianzas)	2.20E-16	2.20E-16
Durbin-Watson (No autocorrelación errores)	2.93E-06	0.134

p- valor de 0.368, considerando un nivel de significancia de 5%.

**Tabla 3: Resultados de la prueba no paramétrica de Friedman para el peso fresco**

Metodología de cálculo	Promedio	Suma de calificaciones
Observados	40.908	7
Pronóstico de un mes y medio	39.936	7

p- valor de 0.368, considerando un nivel de significancia de 5%.

**Tabla 4: Resultado de la prueba no paramétrica de Friedman para el peso seco**

Metodología de calculo	Promedio	Suma de calificaciones
Observados	7.3967	8
Pronóstico de un mes y medio	7.176	7

p- valor de 0.097, considerando un nivel de significancia de 5%.

#### 4. Conclusiones

Se obtuvo un antecedente en la aplicación de los pronósticos climáticos sub-estacionales obtenidos a partir del WRF para realizar proyecciones futuras del rendimiento de tubérculo en campañas agrícolas de papa (*Solanum tuberosum*), considerando distintos escenarios de estrés hídrico. La prueba de Friedman, indica una semejanza estadística entre los valores observados y los pronosticados al 95 por ciento de confianza, especialmente para el segundo tratamiento.

## Referencias

- Allen, R.; Pereira, L.; Raes, D.; Smith, M. (1998). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, 1(227). Recuperado de <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>
- Bellvert, J.; Girona, J.; Zarco-Tejada, J.; Fereres, E. (2010). Utilización del Crop Water Stress Index (CWSI) para la programación del riego en viñedos. Instituto de Agricultura Sostenible, 1(10). Recuperado de [https://quantalab.ias.csic.es/pdf/Agricultura%2C%20Agua%20y%20Energia\\_2011.pdf](https://quantalab.ias.csic.es/pdf/Agricultura%2C%20Agua%20y%20Energia_2011.pdf)
- Capraro, F. (setiembre, 2017). Revisión y análisis de índices de estado hídrico de cultivos bajo riego utilizando termografía: Casos de uso en olivos y almendros. Noveno congreso de Agro informática. Simposio llevado a cabo en el Instituto de Automática (INAUT), San Juan, Argentina.
- Condori, B.; Barreda, C.; Bararyenya, A.; Byarugada, A.; Kude, D.; Lung'aho, C.; Onditi, J. (2018). How big is the potato (*Solanum tuberosum* L.) yield gap in Sub-Saharan Africa and why? A participatory approach. *Open Agriculture*, 3: 180-189. doi: 10.1515/opag-2018- 0019
- Egúsqüiza, R. (2014). La papa en el Perú. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Maddocks, A.; Young, S.; Reig, P. (2015). Ranking the World's Most Water-Stressed Countries in 2040. The World Resources Institute. Recuperado de <https://www.wri.org/blog/2015/08/ranking-world%E2%80%99s-most-water-stressed-countries-2040>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (2016). Estrés Hídrico y Térmico en papas: Avances y Protocolos. Santiago de Chile: INIA.
- Saha, S.; Moorthi, S.; Hua-Lu, H.; Wu, X.; Wang, J.; Nadiga, S.;...Golberg, M. (2010). The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *American Meteorological Society*, 91 (8): 1015–1058. doi: 10.1175/2010BAMS3001.1
- Skamarock, W.; Klemp, J.; Dudhia, J.; Gill, D.; Barker, D.; Duda, M.;...Powers, J. (2008). A Description of the Advanced Research WRF model, Version 3. Estados Unidos: NCAR.

## V. HÁBITAT, ESPECIES Y CAMBIO CLIMÁTICO. RESILIENCIA CLIMÁTICA Y MITIGACIÓN.

### **Evaluación de la contaminación atmosférica generada por las emisiones de material particulado (PM<sub>10</sub>), en una zona urbana**

#### *Evaluation of the atmospheric pollution generated by the emissions of particulate material (pm<sub>10</sub>), in the metropolitan area of Cúcuta, North of Santander*

Jarol Derley Ramón Valencia <sup>1,2\*</sup>; Belcy Hernández Tabaco<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Grupo de Investigaciones Agua, Aire y Suelo (GIAAS)

<sup>2</sup>Semillero de Investigación de Variabilidad y Cambio Climático (SIVCC) Universidad de Pamplona Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Tel: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 140 [jarol.ramon@unipamplona.edu.co](mailto:jarol.ramon@unipamplona.edu.co)

#### **Resumen**

El aire con el que convivimos y en definitiva necesitamos, se está convirtiendo en un gran receptor de productos que se debería conocer y controlar para poder evitar efectos adversos sobre la población como afecciones en el aparato respiratorio. (Whittaker, A, et al, 2004; Villamizar y Justinico. 2017). Para estudiar la evolución de las partículas atmosféricas se debe iniciar desde la fuente que lo emite, seguido de la actividad fotoquímica que se genera en la atmosfera generando nuevos contaminantes los cuales son precursores de ozono y partículas finas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) (USEPA y otros oxidantes fotoquímicos, así como aerosoles atmosféricos. Estos pueden originar el transporte a gran escala de estos contaminantes, especialmente aquellos que tienen tiempos de vida más largos contaminado áreas rurales consideradas como aire limpio de referencia troposférica. (Bonn, B. and Moortgat G. K. 2002; Gomez et al, 2017).

**Palabras claves:** Material Particulado; Contaminación atmosférica; Muestreo; Base de datos.

#### **ABSTRACT**

The air that we live with and ultimately need, is becoming a great receiver of products that should be known and controlled in order to avoid adverse effects on the population as conditions in the respiratory system. (Whittaker, A et al., 2004; Villamizar y Justinico. 2017). To study the evolution of atmospheric particles, it must be initiated from the source emitting it, followed by the photochemical activity generated in the atmosphere, generating new pollutants which are precursors of ozone and fine particles (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) (USEPA and other photochemical oxidants as well as atmospheric aerosols which may lead to the large-scale transport of these pollutants, especially those with longer lifetimes contaminated rural areas considered as tropospheric reference clean air (Bonn, B. and Moortgat, GK 2002; Gomez et al, 2017).

**KEYWORDS:** Particle Material; Atmospheric pollution; Sampling; Database.

## Desarrollo

### Introducción

En la actualidad uno de los temas de interés más frecuente es el estudio de la calidad del aire, debido a las altas concentraciones emitidas a la atmósfera de contaminantes primarios como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub>) y especialmente material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), que reaccionan en la atmósfera generando otros contaminantes secundarios que son precursores de ozono troposférico y otras partículas tóxicas, que generan impacto directo sobre la salud humana y el medio ambiente.

La calidad del aire se monitorea constantemente en la ciudad de Cúcuta con el fin de controlar y vigilar los niveles de contaminación en diferentes áreas que pueden ser influenciados por diversas fuentes, entre las cuales tenemos principalmente el flujo vehicular, evaporación de combustible, procesos industriales, entre otros, que impactan de forma seca y/o humedad en la superficie de la tierra afectando los recursos naturales y la salud humana.

En las grandes ciudades, los vehículos son las principales fuentes de contaminantes del aire, contribuyendo con más del 50% de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y compuestos orgánicos. (Fenger, J. 1999; Angulo et al, 2017). Estos gases son emitidos a nivel del suelo y su remoción en zonas urbanas es compleja debido, entre otros aspectos, a la configuración de las fuentes, al ancho de las calles, la interferencia de los edificios, la velocidad y dirección del viento y la radiación solar. (USEPA, 2009; Kristinne et al, 2015; Rivera et al, 2017).

Para la aplicación de modelos de dispersión los cuales son modelos matemáticos de simulación de contaminantes, son un conjunto de ecuaciones matemáticas, las cuales relacionan las variables que describen el comportamiento de un contaminante, desde su evacuación a la atmósfera hasta su deposición final, y constituyen una herramienta indispensable en la evaluación de impactos de fuentes emisoras. Además, es necesario estudiar la evolución del estado de los contaminantes respecto a un sistema de referencia, los cuales depende de muchos factores como: la naturaleza física y química de los contaminantes, las características meteorológicas del ambiente, el terreno sobre el cual se transportan y se difunden y la altura de las fuentes respecto a la superficie (Melo et al, 2017).

### Metodología

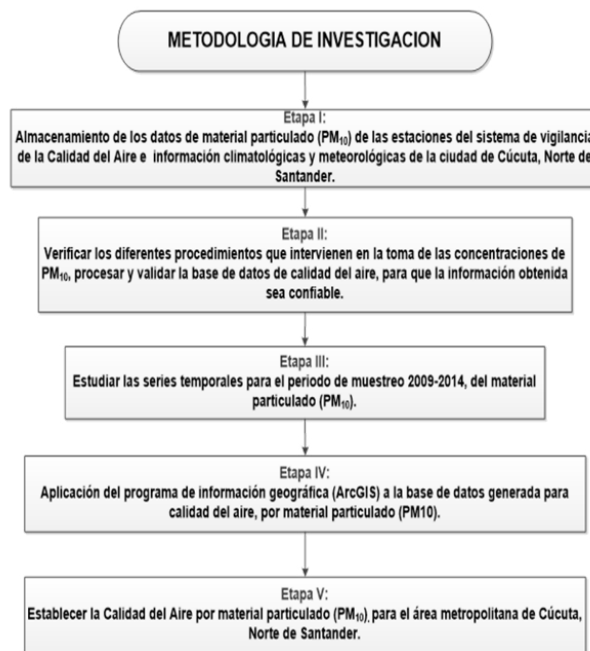
El Municipio de Cúcuta se localiza en la cordillera oriental en el departamento de Norte de Santander (Ver figura 1), a una altitud de 320 msnm, entre el valle de los Ríos Táchira y Zulia, la atraviesa el Río Pamplonita. Las principales cuencas son: Zulia, Pamplonita. Tiene una extensión de 113.130 Ha de las cuales 4.778 corresponden al área urbana y 108.352 corresponden al área rural, lo que demuestra que la mayoría del terreno es territorio rural. Desde el punto de vista territorial el municipio es eminentemente rural, desde el punto de vista poblacional el municipio es eminentemente urbano.

ETAPA I. Almacenamiento de los datos de material particulado (pm10) de las estaciones del sistema de vigilancia de la calidad del aire e información climatológicas y meteorológicas de la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander. Para dar inicio al estudio, se recopiló la información de los años correspondientes al 2009 hasta 2014 de los datos de material particulado (PM10), del componente aire, registrado en las tres estaciones (Panamericano, Sena y Cínera), que están bajo la autoridad de la subdirección de desarrollo sectorial sostenible de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR), de Cúcuta, Norte de Santander. De igual manera se compiló información climatológica y meteorológica registrada por la estación Camilo Daza (Aeropuerto Camilo Daza), aledaña a la zona de estudio, proporcionada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).



ETAPA II. Verificar los diferentes procedimientos que intervienen en la toma de las concentraciones de pm10, procesar y validar la base de datos de calidad del aire, para que la información obtenida sea confiable. Seguido se verificaron el funcionamiento de los equipos de muestreo de partículas atmosféricas (Hi-Vol), situados en las estaciones Cinera, Sena y Panamericana, de la ciudad de Cúcuta, es importante mencionar que los equipos de calibran cada tres meses y luego se validaron la base de datos de calidad del aire por material particulado (PM10).

**Figura 1.** Metodología de Investigación



**Fuente: Autores**

ETAPA III. Estudiar las series temporales del material particulado (PM10), donde se efectúa el análisis estadístico básico a la base de datos generada, en el cual se halla la correlación existen entre el material particulado con los diferentes parámetros climatológicos y meteorológicos obtenidos para la ciudad de Cúcuta, además se estudia la evolución mensual y anual del material particulado (PM10)

ETAPA IV. Aplicación del programa de información geográfica (ArcGIS) a la base de datos generada para calidad del aire, por material particulado (PM10). En esta etapa, se realizaron el tratamiento a la base de datos, con la aplicación de las diferentes herramientas del programa de Sistemas de Información Geográfica (ArcGis), con fin de representar y diagnosticar el comportamiento de las concentraciones promedio de material particulado (PM10), en el área de estudio. Identificando el mes que registra mayor emisión de este indicador a la atmosfera en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.

ETAPA V. Establecer la calidad del aire por material particulado (PM10), para el área metropolitana de Cúcuta, Norte de Santander. Se calculó los índices de calidad del aire por PM10, (ver anexo IV), adoptado de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

## Resultados

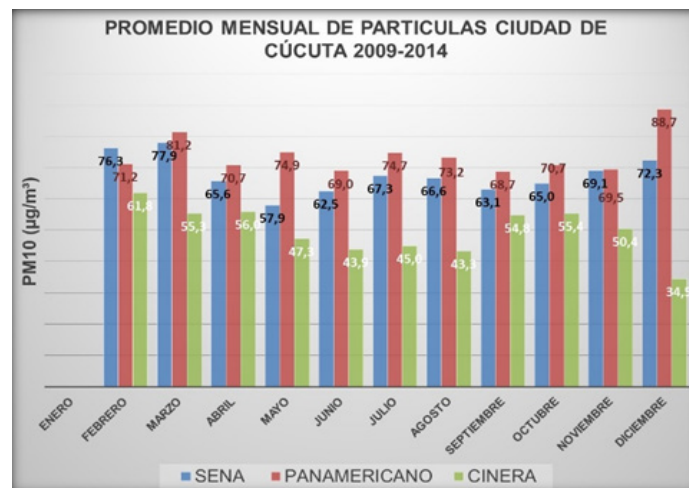
La ciudad de Cúcuta capital del Departamento de Norte de Santander, denomina como autoridad ambiental a la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, la cual proporciono herramientas para el desarrollo de la investigación. El área de estudio se caracteriza presentar diversas fuentes generadoras de material particulado PM10 como son las chimeneas de las ladrilleras, cementeras, alto flujo vehicular, obras civiles, comercio fronterizo, entre otros, para discutir los resultados se clasifican las tres estaciones de calidad del aire según la fuente potencial antropogénico de la zona de estudio y sus alrededores.

**Estación Cinera:** se caracteriza en función de la quema de combustible, principalmente por el flujo vehicular.

- **Estación Panamericana:** se caracteriza en función de la generación de residuos sólidos urbanos, teniendo en cuenta el tránsito de avión que entran y salen del aeropuerto Camilo Daza cercano a esta estación.
- **Estación Sena:** se caracteriza por la generación de partículas de origen residencial, industrial y flujo vehicular en los alrededores de la estación.

Para la evolución mensual de la concentración de material particulado (PM10) para los años 2009 – 2014 ver figura 2, se puede apreciar un aumento de las partículas para meses febrero, marzo y diciembre, meses en los cuales es mayor la demanda de productos generados por la industria principalmente en las estaciones de Sena y Panamericano, las cuales se caracterizan por ser áreas industriales, además la estación Cinera se caracteriza por su ubicación principalmente en el centro de Cúcuta, indicado un incremento del flujo vehicular. Mientras para los meses de junio, julio y agosto se observa una disminución de las partículas indicando que son transportadas y depositadas en otros lugares lejanos de la ciudad de Cúcuta.

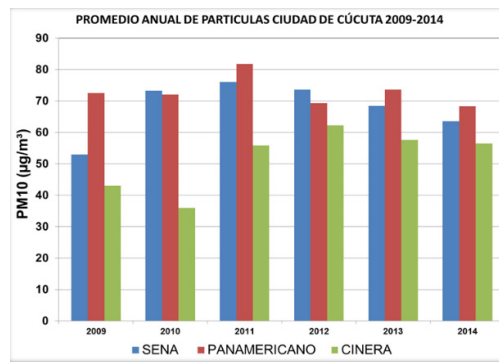
**Figura 2.** Evolución mensual del PM10 durante el periodo de estudio



**Fuente:** Autores

Para los años 2011 y 2012 se registra las mayores concentraciones promedio anuales de PM10 para el periodo de muestreo de 2009 – 2014 en las tres estaciones de monitoreo de la calidad del aire del sistema de vigilancia de la ciudad de Cúcuta como se aprecia en la figura 3. Es evidente un aumento de los procesos industriales principalmente por las chimeneas de las ladrilleras presentes en los alrededores de la ciudad de Cúcuta, además del incremento de la quema de combustible principalmente por el flujo vehicular, tipo de combustible que se emplea, el modelo del carro, entre otros todas estas variables son producto del aumento de la población para estos años.

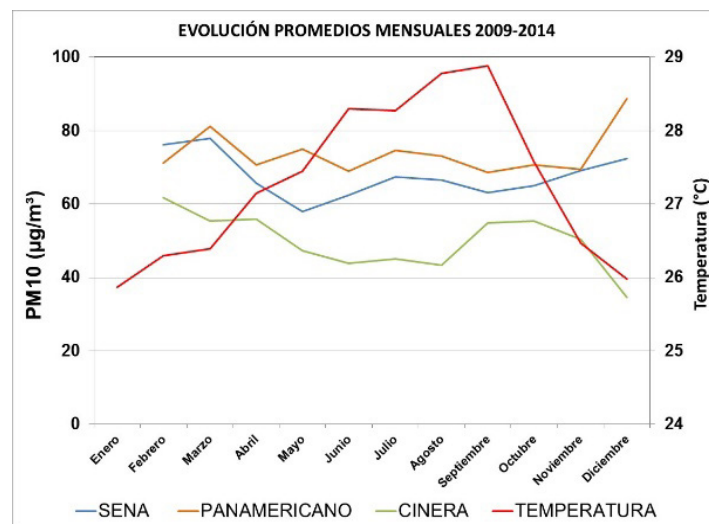
**Figura 3.** Evolución anual del PM10 durante el periodo de estudio



**Fuente: Autores**

Entre las variables climatológicas que presenta mayor relación con las partículas menores de 10 µm, encontramos la temperatura (°C) y la precipitación (mm), por lo tanto se representa la evolución promedio mensual de las concentraciones de PM10 para las tres estaciones de calidad del aire Sena, Panamericano y Cinera en comparación con la temperatura y precipitación, ver figura 10 y 11. Estas variables climatológicas presentan una correlación alta con partículas generadas en la ciudad de Cúcuta. El comportamiento de la temperatura en la zona de estudio registra valores mensuales altos para los meses de julio, agosto y septiembre como se aprecia en la figura 4, indicando mayor actividad fotoquímica durante el día, que hacen reaccionar las partículas en la atmósfera, disminuyendo la concentración de PM<sub>10</sub> para estos meses.

**Figura 4.** Evolución mensual del PM10 Vs Temperatura para el periodo de estudio

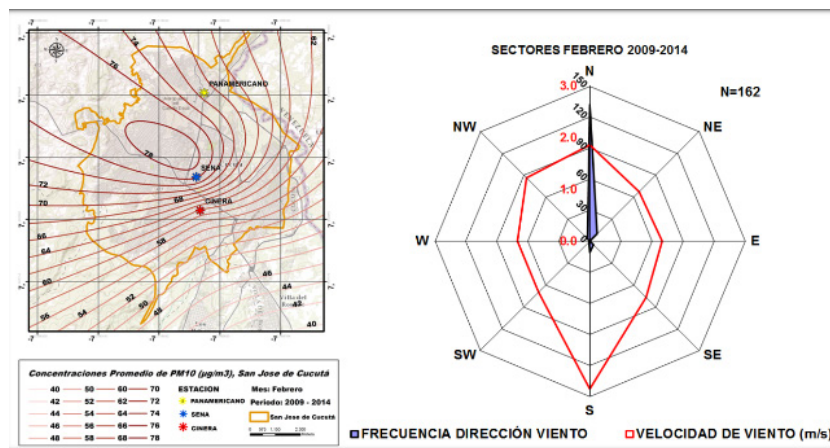


**Fuente: Autores**

Las reacciones fotoquímicas en la atmósfera, de las partículas con otros compuestos generan otras partículas más tóxicas para los seres humanos denominadas secundarias de diámetro más fino (< 2.5µm) que son transportadas a larga distancia comúnmente conocidas como PM<sub>2.5</sub>. Para los meses de febrero y diciembre sucede lo contrario con el material particulado porque las reacciones fotoquímicas disminuyen debido a las bajas temperaturas permitiendo que las partículas se concentren en la zona de estudio.

El comportamiento de las concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ) en el área de Cúcuta, norte de Santander, emitidas por las diversas fuentes existentes en la ciudad y monitoreadas por las estaciones Panamericano, Sena y Cinera son de gran importancia, ya que nos indican el grado de contaminación que presenta un área determinada. Para el mes de febrero las concentraciones promedio de material particulado ( $PM_{10}$ ), registran por la estación Panamericano valores que oscila entre  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para la estación Sena se registran valores entre  $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y la menor concentración se presentan en la estación Cinera entre  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , predominando con mayor frecuencia durante el mes de febrero los vientos débiles del norte como lo indica la figura 5.

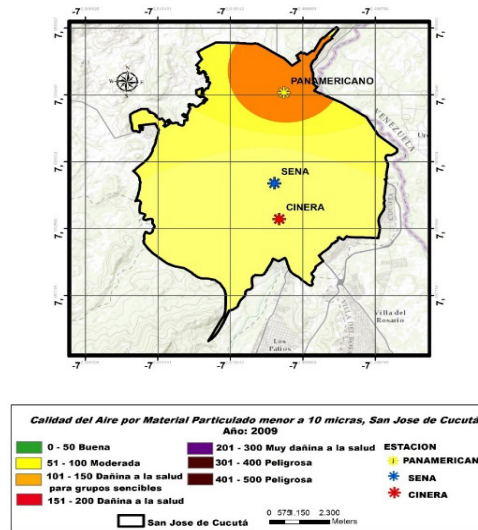
**Figura 5.** Mapa de concentraciones de material particulado ( $PM_{10}$ ) para el mes de febrero, en el área metropolitana de Cúcuta



Fuente: Autores

Cúcuta, actualmente no hace parte de las primeras cinco ciudades con mala calidad del aire de Colombia, pero en vista de su crecimiento desproporcionado de población, posibles factores que inciden en la generación de partículas y la variabilidad del cambio climático, adquirió como propósito evaluar la calidad del aire en su área metropolitana, debido a la gran importancia que tiene el componente aire para la población residente, aledaña y visitante de la ciudad, además existen evidencias nacionales e internacionales de efectos ambientales, tales como enfermedades, cambio genético del ADN, disminución de la visibilidad, daños a los materiales e impacto en la flora y fauna, razón por la cual se inició con la investigación enfocada en la línea de contaminación atmosférica, específicamente en la calidad del aire por material particulado ( $PM_{10}$ ) para la ciudad de Cúcuta, obteniendo como resultado los mapas que representan la calidad dl aire para la ciudad (Ver figura 6).

**Figura 6.** Mapa de la calidad del aire para la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander, año 2009.



**Fuente: Autores**

## Conclusiones.

La estación Panamericano y Sena registran mayores concentraciones de partículas menores a 10 micras para el periodo 2009-2014, producto de las diversas fuentes antropogénicas existentes en este sector, sumando la presencia de vientos fuertes en dirección sur que transportan las partículas generadas en otras zonas de la ciudad de Cúcuta, indicando que no se cumple con la normativa Colombia (Resolución 2254 del 2017). Para los años 2011 y 2012 se evidencia un incremento de las concentraciones de material particulado menor de 10 micras, por el aumento de los procesos industriales, quema de combustibles, generación de residuos sólidos, entre otros productos del incremento de la población para estos años en la ciudad de Cúcuta.

Se determinó que para los meses de febrero, marzo y diciembre aumentan las concentraciones de material particulado PM10, debido a que se presenta un descenso de las temperaturas y se incrementan las precipitaciones para estos meses del año, por otra parte se evidencia un leve descenso de las concentraciones de PM10, para los meses centrales del año principalmente julio, agosto y septiembre debido al incremento de las reacciones fotoquímicas que necesitan mayores temperaturas durante el día para generar otras partículas denominadas secundarias que son perjudiciales para la salud de los ciudadanos de Cúcuta.

Los mapas de concentración de PM10 evidencian un incremento de las partículas en la estación Panamericano con concentraciones promedios que oscilan entre  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras en la estación Cinera las concentraciones de PM10 son mínimas con promedios que oscilan en  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , estratificando la ciudad de Cúcuta en dos zonas:

- Zona Norte: presenta mayor concentración de partículas de PM10
- Zona Sur: presenta menor concentración de partículas de PM10

El estudio del comportamiento mensual de la frecuencia, dirección y velocidad de los vientos en la ciudad de Cúcuta, registra un comportamiento característico para los meses centrales del año como junio, julio, agosto y septiembre se evidencia con mayor frecuencia vientos en dirección sur y para el resto de meses se evidencia con

mayor frecuencia vientos en dirección norte. Por otra parte, se comprueba que la velocidad del viento presenta una evolución característica durante el año con vientos débiles (entre 0 y 2.5 m/s) dirección norte y con vientos fuertes (entre 2.5 y 5 m/s) dirección sur.

Las partículas cuando se dispersan en la atmósfera mantienen una relación inversamente proporcional con los vientos de la zona, como es el caso de la estación Cínera por su ubicación cercana al sur de la ciudad registra concentraciones bajas de PM<sub>10</sub>, debido a la influencia de los vientos fuertes arrastrando las partículas a otras zonas, caso contrario sucede en las estación Panamericano y Sena que incrementa sus valores debido al depósito de las partículas transportadas por el viento en este caso de otra zonas de las ciudad de Cúcuta.

Para el año 2009 el índice de calidad del aire se registró de 113, el cual se clasifica como calidad del aire dañina a la salud para personas de grupos sensibles, según los Índices de Calidad del Aire (ICA), adoptada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). Finalmente se determina la calidad del aire por material particulado menor a 10 micras, para los diferentes años de estudio, con el fin de comunicar a los habitantes de la ciudad de Cúcuta, aledaños y visitantes del riesgo que representa para la salud la contaminación atmosférica por este indicador, además desarrollar futuras investigaciones de posibles enfermedades relacionadas con dicho tema.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental CORPONOR por la facilitación de información para la generación de nuevo conocimiento. Por otra parte, agradecemos a la Universidad de Pamplona por su acompañamiento y contribución científica y académica.

## Referencias

- Amaya, M. (2008). Estudio de emisiones atmosféricas para el municipio Riohacha en las contaminantes partículas suspendidas totales (PST) y menores de 10 micras PM<sub>10</sub>. K2 Ingeniería.-Corporación Autónoma regional de La Guajira.
- Angulo, W. J., Mendoza, J. A. y Uriel, H. U. (2017). Análisis de la vulnerabilidad por fenómenos de remoción en masa en la Cuenca Tanauca estudio de caso. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (8), Numero (2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2017.3276>
- Bonn, B. and Moortgat G. K. 2002. New particle formation during  $\alpha$  and  $\beta$  – pinene oxidation by O<sub>3</sub>, •OH and NO<sub>3</sub>, and the influence of water vapour: particle size distribution studies. Atmospheric Chemistry and Physics.
- CELIS H. José. Aspectos Generales de la contaminación atmosférica con material particulado. Universidad de Concepción, Chile.
- Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, (CORPONOR). 2009. Proceso: evaluación, seguimiento y control ambiental.
- Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia). 2013. Normas Referentes a la Calidad del Aire y Emisiones Atmosféricas.
- Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, (CORPONOR). 2015. Síntesis Ambiental del Norte de Santander.

- Correa H. Enrique. Contaminación del aire por material particulado, zonas urbanas complejos industriales o mineros, dispersión y monitoria, Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia, Octubre de 1993. p. 3.
- Emission Inventory Improvement Program, (EPA). Volumes I to VII. Clearinghouse for Inventories & Emission Factors. Citado en: Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Manual de bases técnicas para el Programa de Inventario de Emisiones. Bogotá, 2001.
- Fenger, J. 1999. Urban air quality. Atmos. Environ. 33, 4877-4900.
- Gómez, Julio. Ajuste y Revisión del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San José de Cúcuta. Tomo1. Cúcuta, 2010, 137 h. Documento Técnico de Soporte. Parte 1: Grandes Temas y Directrices para la Revisión. Disponible en Planeación y Ejecución de la Alcaldía de Cúcuta-Norte de Santander.
- Gómez, S. A., Mora, W. J. y Ramón, B. (2017). Caracterización física y química de la fibra natural de esparto (*juncus ramboi* subsp. *colombianus*) como alternativa de refuerzo en materiales compuestos. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (8), Numero (1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2017.3273>
- Gómez, Julio. Ajuste y Revisión del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San José de Cúcuta. Tomo1. Cúcuta, 2010, 137 h. Documento Técnico de Soporte. Parte 1: Grandes Temas y Directrices para la Revisión. Disponible en Planeación y Ejecución de la Alcaldía de Cúcuta-Norte de Santander.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2013. Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2007-2010.
- Kristinne Echávez, K., Pastran, Y. y Polo, A. (2015). Estimación del CO<sub>2</sub> emitido y capturado en la sede sabanas y el campus deportivo de la Universidad Popular del Cesar. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (6), Numero (2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2015.3252>
- Martínez A, Ernesto D, Yolanda. 2014. Contaminación Atmosférica. Universidad de Castilla-La Mancha. pág. 13.[http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1043/1/digital\\_18506.pdf](http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1043/1/digital_18506.pdf). Última visita septiembre 2015.
- Melo, J., Saavedra, S. y Ramón, J. (2017). Evaluación de la adsorción de cu+2 y azul de metileno en biosorbentes de bajo costo obtenidos a partir de biomasa residual de la agroindustria de cítricos. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. Volumen (8), Numero (2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2017.3277>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2017. Resolución 2254 de 2017, Calidad del Aire.
- Ramón, J. D. 2015. Estudio de parámetros de calidad del aire en una zona urbana, industrial y rural. Revista el Hombre y la Máquina. Última visita agosto 2015.
- Rivera, H. U., Suárez, A. P. y Vera, L. Y. (2017). Análisis del ciclo de vida de la cerveza artesanal matrona. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (8), Numero (1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2017.3269>
- TALSA S.A. 7º Conferencia ETH en Combustión Generadora de Nano Partículas. Zúrich, Agosto de 2003.
- USEPA. Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos. 2009. Waste and Cleanup Risk Assessment Glossary.

Villamizar, V. A. y Justinico, A. J. (2017). Reconstrucción paleoclimática y paleoambiental de los territorios de la llanura inundable del araucana a partir del análisis de sedimentos recientes, Departamento de Arauca. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178. Volumen (8), Numero (1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2017.3272>

Whittaker, A., Bérubé, K., Jones, T., Maynard, R., and Richards, R. 2004. Killer Smog of London, 50 Years on: Particle Properties and Oxidative Capacity. Science of the Total Environment. Última visita agosto 2015.



## **Incendios forestales y su incidencia en la región sur del Ecuador**

### *Forest fires and their incidence in the southern region of Ecuador*

Víctor Hugo González-Jaramillo <sup>1</sup>, Fátima Priscila Soto Torres <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica Particular de Loja – Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil, [vhgonzalez@utpl.edu.ec](mailto:vhgonzalez@utpl.edu.ec)

#### **Resumen**

El seguimiento de los incendios forestales es de gran importancia, ya que afectan en gran medida a los ecosistemas en donde estos se producen. En la zona sur de Ecuador se tiene una gran incidencia de incendios forestales, los cuales se producen especialmente en la época seca del año, siendo importante su detección, seguimiento y evaluación. Las técnicas tradicionales de inventarios forestales se realizan mediante mediciones en campo, operaciones que pueden llegar a ser costosas, y difíciles de implementar, especialmente en los sitios de difícil acceso. Una técnica que permite obtener esta información con un nivel de precisión aceptable es el uso de técnicas de Teledetección, para lo cual en esta investigación se usa datos del satélite Landsat. Con los datos de incendios recopilados se crea un algoritmo para la delimitación automática de zonas afectadas y generación de cartografía para dar seguimiento a la evolución de la cobertura vegetal.

**Palabras clave:** Incendios forestales; Teledetección; vegetación; índices espectrales.

#### **Abstract**

The monitoring of forest fires is of great importance, since they greatly affect the ecosystems where they occur. In the southern zone of Ecuador there is a high incidence of forest fires, which occur especially in the dry season, and therefore their detection, monitoring and evaluation is important. Traditional forest inventory techniques are performed through field measurements, operations that can be expensive and difficult to implement, especially in hard-to-reach sites. One technique that allows obtaining this information with an acceptable level of precision is the use of remote sensing techniques, for which data from the Landsat satellite is used. With the fire data collected, an algorithm is created to automatically delimit affected areas and generate cartography to track their evolution and changes in vegetation cover.

**Keywords:** Forest fires, Remote Sensing; Vegetation; Spectral indexes.

#### **Introducción**

Los incendios forestales a nivel mundial afectan a grandes extensiones (Abdollahi et al., 2018), incidiendo principalmente áreas que contienen vegetación natural. Su incidencia no solo afecta a la vegetación del sitio, sino también a los ecosistemas como tales, y los servicios que estos brindan, especialmente la provisión del recurso hídrico para las poblaciones ubicadas aguas abajo. Siendo de especial interés para las diferentes comunidades la detección temprana, prevención, seguimiento y control de los mismo, lo cual se enmarca con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y acciones de mitigación del Cambio Climático a nivel mundial

Las zonas afectadas y los daños tangibles son inventariados por instituciones de control como el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias y el Ministerio del Ambiente y Agua, quienes usan esta información en planes de control y remediación. Las metodologías utilizadas implican el uso de levantamientos manuales de las zonas afectadas con técnicas de campo con uso de tecnologías como GPS. También se hace uso de fotografías aéreas e imágenes satelitales. Las imágenes satelitales permiten el monitoreo de la vegetación a gran escala (González-

Jaramillo et al., 2016), en donde es posible el monitoreo de la vegetación mediante la aplicación de diferentes tipos de índices espectrales (Fraser, Li & Cihlar, 2000; Silleos et al., 2006), los que además se usan para el monitoreo de la ocurrencia de fenómenos como los incendios forestales (Xiao-rui et al., 2005; Abdollahi et al., 2018).

En la presente investigación, para la detección y seguimiento de los incendios forestales se hace uso de imágenes satelitales Landsat, ya que existe un amplio registro histórico y poseen una resolución espacial y temporal que permite el monitoreo continuo de este tipo de fenómenos (Opazo & Chuvieco, 2009).

## **Metodología**

La zona de estudio para la investigación corresponde al sur del Ecuador, donde se encuentran las provincias de El Oro, Loja, y Zamora Chinchipe; provincias que representan tres regiones geográficas con características diferentes y corresponden a la Cosa, Sierra, y Amazonía.

Para utilizar las imágenes satelitales Landsat, es necesario aplicar correcciones radiométricas y topográficas a las bandas de las imágenes, procesos que eliminan errores registrados ya sean al momento de toma de datos o por degradación del sensor. Con los datos corregidos el proceso inicia con una clasificación supervisada en donde se identifique de manera clara la localización de los incendios forestales, para lo cual se ha elegido incendios con perímetros superiores a 20 ha). Con las zonas de incendios delimitadas por medio de una clasificación supervisada se procede al muestreo de píxeles semilla (Opazo y Chuvieco, 2009), lo que luego permitirá tener registrados los valores espectrales que presentan las áreas afectadas por los incendios forestales.

Los índices seleccionados para el análisis multi-temporal de la información corresponden al Índice de Vegetación Normalizada (NDVI) y al Índice de Área Quemada Normalizado (NBR) (De Santi & Vaughan, 2009). Estos dos índices se utilizan para establecer una distancia normalizada y determinar un umbral de acuerdo al tipo de índice que presente y al tipo de cobertura vegetal presente en el sitio de estudio. Se selecciona el índice que brinde la mejor separabilidad de las áreas quemadas. Lo que finalmente permite la delimitación de los perímetros de las áreas quemadas. La validación de la identificación de las áreas quemadas se realiza usando los registros de ocurrencia de los incendios forestales y las clasificaciones usando técnicas de fotointerpretación.

## **Resultados**

Se ha delimitado 60 perímetros de incendios forestales, los cuales constan en los inventarios forestales y delimitación de incendios. De los sitios delimitados se ha trabajado con las bandas espectrales para obtener los valores de los índices NDVI y NBR. El índice que presenta una mejor representación de los sitios de áreas quemadas corresponde al NBR ya que ofrece una mejor separabilidad, superando al NDVI; con respecto a la cobertura vegetal se observa que los valores más altos se presentan en los bosques, seguidos por el herbazal y por último los arbustos.

Los valores del índice NBR antes del incendio poseen valores positivos, y posteriores al incendio presentar unos valores negativos, mientras que los valores registrados para el NDVI no presentan unos cambios significativos.

El análisis de resultados utilizando el Coeficiente Kappa muestra resultados que van desde un 70 al 90% de congruencia al comparar los métodos de clasificación supervisada y el método automático a través del establecimiento de un umbral con el índice NBR.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que no es recomendable usar un método supervisado para la clasificación de los incendios forestales, ya que esto implicaría el uso de la capacidad del intérprete. En estos casos pueden presentarse falsos positivos, especialmente en las zonas con sombras, las cuales pueden ser consideradas como zonas afectadas por un incendio. En cambio, el uso de técnicas que usan extracción de píxeles semilla aumentan la capacidad de discriminación, especialmente porque se obtiene información previa al incendio, e información post incendio. Con estos datos se puede detectar de una manera precisa las áreas afectadas, en donde los valores de los índices espectrales como el NDVI y NBR muestran cambios significativos en los periodos de estudio. El análisis multitemporal (previo y post incendio) ayuda a descartar la influencia estacional que se pueda tener en los datos en las fechas de las imágenes satelitales.

El uso de los datos satelitales permite delimitar los perímetros de los incendios forestales de manera automática y precisa, permitiendo la generación de cartografía, la cual servirá para procesos de registro y seguimiento de los incendios, brindando la oportunidad de monitorear amplias zonas afectadas y la dinámica posterior de regeneración de la vegetación natural.

## Referencias

- Abdollahi, M.; Islam, T.; Gupta, A.; Hassan, Q.K. (2018). An Advanced Forest Fire Danger Forecasting System: Integration of Remote Sensing and Historical Sources of Ignition Data. *Remote Sens.* , 10, 923.
- De Santis, A., & Vaughan, P. (2009). Revisión de las técnicas de identificación cartográfica de áreas quemadas. *Recursos Ruaris*, 93-100.
- Fraser, R., Li, Z., & Cihlar, J. (2000). Hotspot and NDVI differencing synergy (HANDS): a new technique for burned area mapping over boreal forest. *Remote sensing of environment*, 362-376.
- González-Jaramillo, V., Fries, A., Rollenbeck, R., Paladines, J., Oñate-Valdivieso, F., & Bendix, J. (2016). Assessment of deforestation during the last decades in Ecuador using NOAA-AVHRR satellite data.. 70(3). <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2016.03.02>
- Nikolaos G. Silleos, Thomas K. Alexandridis, Ioannis Z. Gitas & Konstantinos Perakis (2006). Vegetation Indices: Advances Made in Biomass Estimation and Vegetation Monitoring in the Last 30 Years, *Geocarto International*, 21:4, 21-28, DOI: [10.1080/10106040608542399](https://doi.org/10.1080/10106040608542399)
- Opazo, E., & Chuvieco, E. (2009). Cartografía de áreas quemadas en Sudamérica:detección de píxeles semilla. *Revista de teledetección*, 50-71.
- Xiao-rui, T., Mcrae, D.J., Li-fu, S. et al. (2005). Satellite remote-sensing technologies used in forest fire management. *Journal of Forestry Research* 16, 73–78 <https://doi.org/10.1007/BF02856861>

## Flujos del agua en suelos de un bosque montano tropical en el sur del Ecuador

### *Water flow paths in soils in a mature montane rainforest in South Ecuador*

Folkert Bauer<sup>1</sup>, Luis Balcázar<sup>2</sup>, Christina Bogner<sup>3</sup>, Franz Pucha-Cofrep<sup>4</sup>, Stefan Engelhardt<sup>5</sup>, Bernd Huwe<sup>6</sup>, Benjamin Leutner<sup>7</sup>, Pablo Viñan<sup>8</sup>, Jörg Zeilinger<sup>9</sup>

<sup>1</sup> Dep. de Física de los Suelos, Universidad de Bayreuth, Alemania, [folkert.bauer@gmail.com](mailto:folkert.bauer@gmail.com),

<sup>2</sup> Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM),

<sup>3</sup> Dep. de la Investigación de los Ecosistemas, Instituto de Geografía, Universidad de Colonia, Alemania,

<sup>4</sup> Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador

<sup>5</sup> Umwelt - Geräte - Technik GmbH, Alemania,

<sup>6</sup> Dep. de Física de los Suelos, Universidad de Bayreuth, Alemania,

<sup>7</sup> German Remote Sensing Data Center, German Aerospace Center (DLR), Alemania,

<sup>8</sup> Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador,

<sup>9</sup> Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

### Resumen

Se identificaron y caracterizaron las trayectorias de los flujos de agua en los suelos de un ecosistema forestal andino natural no perturbado y afectado por derrumbes en el sur del Ecuador. En los sitios afectados, los suelos equivalen a un conglomerado hecho de suelo fino y contenido alto de fragmentos de rocas. Los experimentos con trazadores de colorante y los parámetros de los suelos documentaron una percolación más profunda al menos hasta el material parental erosionado. Mediante un modelo de elementos finitos en 2D se evaluó la posible ocurrencia de un flujo subsuperficial poco profundo. A par de las propiedades edáficas y ecohidrológicas, el modelo incluía la variabilidad espacial de la conductividad hidráulica saturada y la capa orgánica del suelo del bosque.

En las laderas no afectadas por derrumbes el flujo preferencial domina en la capa superior del mineral, mientras que la percolación más profunda del agua es limitada. En consecuencia, se dan las condiciones para favorecer el flujo subsuperficial lateral poco profundo dentro de la capa superior del suelo con un espesor medio de 20 cm, y/o a lo largo de la interfaz entre la capa superior del suelo y la capa orgánica.

**Palabras clave:** bosque montano tropical; hidrología de ladera; derrumbes; suelos poco profundos; trayectorias de flujo de agua

### Abstract

Water flow paths in soils of an undisturbed and landslide affected natural Andean forest ecosystem in Southern Ecuador were identified and characterized. In landslide affected sites soils often resemble a melange of fine soil and high rock fragment content. Dye tracer experiments and soil parameters documented a deeper percolation at least until the weathered bedrock. Via a 2D finite element model the potential occurrence of shallow subsurface

flow was assessed. Aside soil and ecohydrological properties the model included the spatial variability of the saturated hydraulic conductivity and the organic layer of the forest floor.

In the landslide unaffected hillslopes preferential flow dominates in the mineral topsoil while deeper percolation of the water is limited. Consequently, conditions are given to favour lateral shallow subsurface flow within the topsoil featuring an average thickness of 20 cm, and/or along the interface between topsoil and organic layer.

**Keywords** tropical montane forest; hillslope hydrology; landslides; shallow soils; water flow pathways

## Introducción

El número de los estudios previos relacionado a las trayectorias de flujo de agua en los bosques tropicales de montaña es bajo (p. ej. Bogner et al., 2008a; Licata et al., 2008; Vanclay, 2009) comparado con los estudios de las tierras bajas tropicales (p. ej. Bonell, 2004; Chappell & Sherlock, 2005; Dyke & Thornes, 2000). Sin embargo, a causa de la presión creciente por la deforestación y el cambio del uso de la tierra (p. ej. Cramer, 2008), un conocimiento amplio sobre estos ecosistemas naturales es necesario para que en el marco de las estrategias del manejo sostenible los efectos negativos de los impactos humanos en las trayectorias de flujo de agua sean lo más bajo posible (p. ej. Bonell & Balek, 1993). En este contexto, lo presente enseña la identificación, caracterización y modelaje de las trayectorias de flujo de agua en suelos de un bosque montano tropical no perturbado y perturbado por derrumbes en el sur del Ecuador, cuya proporción de la deforestación es una de las mayores en Sudamérica.

## Metodología

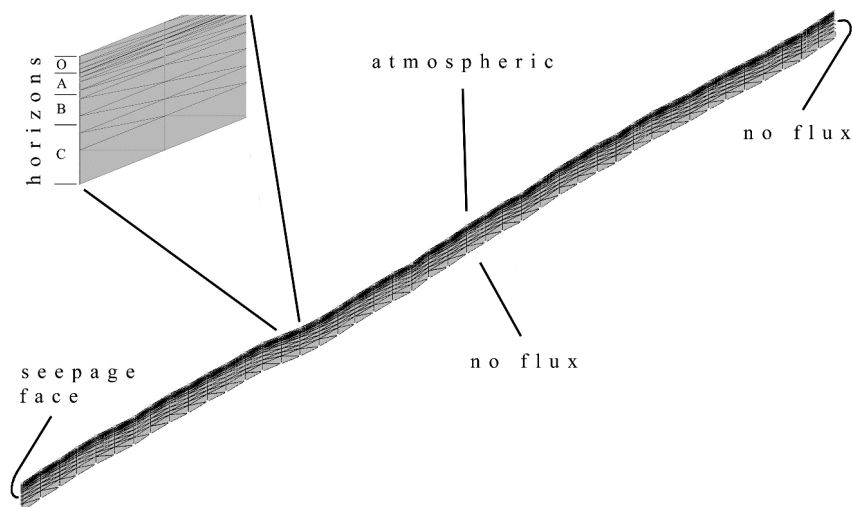
En el Parque Nacional de Podocarpus, ubicado en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, en el sur oriente del Ecuador, en zonas de pendientes poco pronunciadas por encima de 2100 m SNM (Figura 1), se caracterizan por la presencia de suelos tipo Histosol y Stagnosol (IUSS, 2007) mostrando patrones de estancamientos de agua (Liess et al., 2009) y fragmentos de roca en cantidades bajas hasta despreciables (Beck et al., 2008). La presencia de dichos suelos incrementa con la altitud, mientras los suelos del tipo Cambisol y Regosol (IUSS, 2007) aparecen particularmente por debajo de 2100 m SNM, y están claramente relacionados con el ángulo de la pendiente (Liess et al., 2009). Por consiguiente, estos tipos de suelos se presentan frecuentemente en pendientes afectadas por derrumbes y equivalen a un conglomerado hecho de suelo fino y contenido alto de fragmentos de rocas (Schrumpf et al. 2001; Wilcke et al. 2003).



**Figura 1.** Parte boscosa del área de la investigación de la Estación Científica San Francisco, ubicado al norte del Parque Nacional de Podocarpus (Ecuador). El borde entre el área de cresta y plateau y los pendientes afectados por derrumbes marca aprox. la altura de 2100 m SNM.

A par de la investigación de la influencia del contenido de roca sobre parámetros hidrológicos y físicos de suelos como por ejemplo la relación entre el contenido de fragmentos de rocas y la conductividad hidráulica saturada del suelo mineral, también se considera las trayectorias de flujo de agua en suelos de pendientes afectadas y no afectadas por derrumbes. Para esto, se ha empleado métodos convencionales de trabajo de campo y laboratorio, marcador trazador y técnicas de procesamiento de imágenes, tal como modelos estadísticos (Bauer, 2010; Bogner et al., 2014).

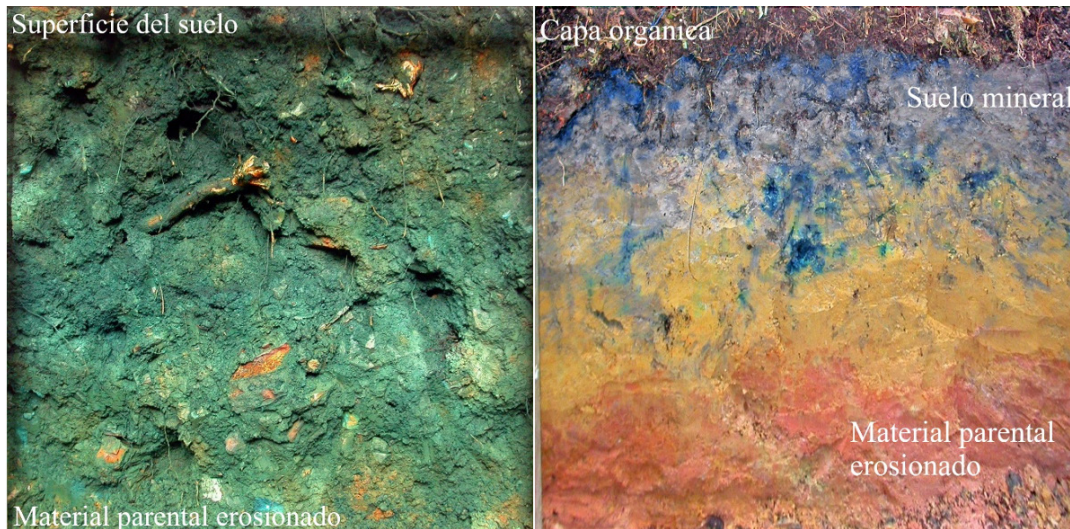
Estudios previos llevados a cabo en la misma área de investigación demuestran indirectamente la existencia de dicho flujo lateral (Wilcke et al., 2001; Goller et al., 2005; Fleischbein et al., 2006; Zimmermann & Elsenbeer, 2008). Sin embargo, en ninguno de estos estudios se relacionó este flujo subsuperficial poco profundo con ángulos particulares de la pendiente o altitudes. A causa de una carta digital de suelos (Liess et al., 2009) y en base a los resultados obtenidos de las pendientes no afectas por derrumbes (por este estudio), se sabe que particularmente en pendientes inclinadas menos de  $30^\circ$  que están por encima de 2100 m SNM, las condiciones están dados para un flujo subsuperficial extendido. En cambio, en las pendientes afectadas por derrumbes estos requisitos no están aún evidentes. De todas formas, no se puede excluir la posibilidad de la presencia de un flujo subsuperficial en los suelos relativamente poco profundos en un terreno empinado con cantidades altas de lluvia durante todo el año. Por eso, y dado que los parámetros claves como permeabilidad del subsuelo, material parental, interceptación y evaporación están poco claros o se han investigado exclusivamente como la variabilidad espacial de la conductividad hidráulica (Zimmermann & Elsenbeer, 2008), se ha conducido una serie de experimentos virtuales análogos a Weiler & McDonnell (2004, 2006) para evaluar la presencia potencial de un flujo subsuperficial poco profundo en Cambisoles debajo de 2100 m SNM. En estos experimentos se ha incluido también la capa orgánica por su abundancia alta en el área de investigación, de la cual se estimaron parámetros hidráulicos a través de calculaciones numéricas inversos. Los experimentos virtuales se basaron en un modelo de elementos finitos bidimensionales que representó un transecto de  $\sim 54$  m de largo debajo de la cobertura vegetal del bosque (Figura 2). A par de los parámetros de suelo, la evapotranspiración y la interceptación, este modelo englobó la variabilidad espacial de la conductividad hidráulica y el potencial de la matriz del suelo.



**Figura 2.** Transecto del modelo numérico (enseñando las condiciones límites) empleado para evaluar la presencia potencial de un flujo subsuperficial poco profundo en Cambisoles debajo de 2100 m SNM.

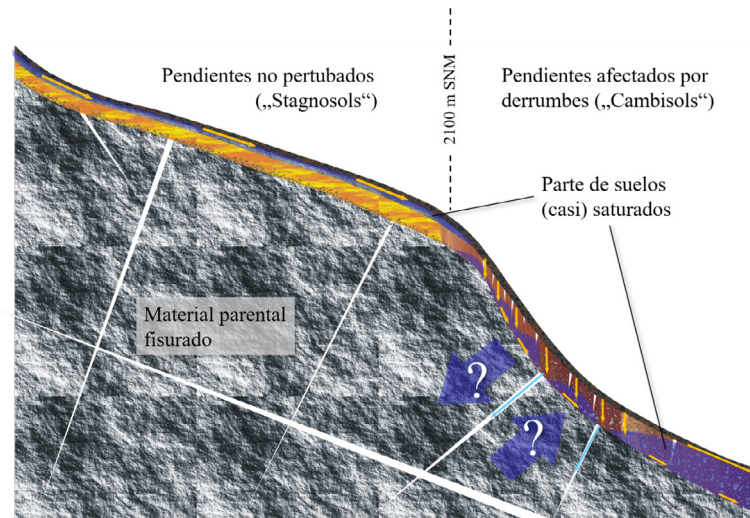
## Resultados y conclusiones

Los resultados demuestran que el contenido de fragmentos de roca y la densidad del suelo, mantienen una influencia leve pero significativa sobre la conductividad hidráulica saturada del suelo mineral. Los experimentos de trazador y los parámetros de suelo documentaron una percolación vertical más profunda en las pendientes afectadas por derrumbes (Figura 3) que en los suelos de pendientes no afectadas donde los flujos preferenciales se realizan en los macroporos con baja interacción con la matriz del suelo (Figura 4). Cerca de la superficie se encuentra una capa casi impermeable a lo largo del interfaz entre subsuelo y suelo superior que limita la percolación revelando los requisitos para flujos laterales a lo largo de la interfaz entre suelo mineral y capa orgánica (Figura 5).



**Figura 3 y 4 (largo de cada canto: 1 m).** Perfiles marcados por un trazador azul (BrilliantBlue) aplicado en la superficie y la capa orgánica respectivamente. Ambos perfiles se encuentran bajo cobertura del bosque primario. El perfil izquierdo (< 2100 m SNM) representa un suelo tipo Cambisol equivaliendo a un conglomerado hecho de suelo fino y contenido alto de fragmentos de rocas que indica, que el sustrato procede de un deslizamiento. El trazador percolaba en la matriz del suelo hasta el material parental erosionado. En cambio, el perfil derecho representa un suelo tipo Stagnosol (> 2100 m SNM). Parte del trazador infiltró el suelo mineral exclusivamente por canales dejados las raíces muertas hasta aprox. 50 cm de profundidad máxima.

Los resultados de los experimentos virtuales han corroborado que en las épocas lluviosas los flujos subsuperficiales poco profundos suelen formarse en los Cambisoles (primordialmente < 2100 m SNM) cuando están espaciosamente (casi) saturados y bajo de la suposición de que el material parental es impermeable. Al contrario, el modelo no reproducía ese flujo rápido por lluvias muy intensivas con suelos no saturados. Sin embargo, la hipótesis del material parental impermeable necesita ser probada. Como los Andes son las consecuencias de actividades tectónicas, se debe suponer que el material parental está por consiguiente fisurado y agrietado (por lo general, los ríos y quebradas siguen las líneas tectónicas prominentes). Esto no excluye la posibilidad de que el agua percolando en el suelo también se infiltra en el material parental por fisuras locales y viceversa dependiendo de las condiciones de presión en el acuífero fisurado (Figura 5). Cabe señalar que la zona de captación subterránea no necesariamente refleja la cuenca topográfica que está por encima. Esto se debe considerar, sobre todo, cuando se determina el balance hídrico de una cuenca pequeña.



**Figura 5.** Modelo conceptual de los flujos del agua en el área indicado. Las flechas amarillas indican la dirección del flujo del agua en el suelo. El intercambio hídrico potencial entre el material parental y el suelo está marcado por las flechas azules. Basando en las investigaciones hechas es de esperar que en los Stagnosols (tal como en los Histosols) los flujos subsuperficiales suelen surgir a lo largo del interfaz entre la capa orgánica y suelo mineral, mientras que ese flujo debe ocurrir mucho menos frecuente en los Cambisoles, es decir, cuando están espaciosamente (casi) saturados y dado el caso de que el material parental es impermeable.

## Referencias

- Bauer, F. (2010). Water flow paths in soils of an undisturbed and landslide affected mature montane rainforest in South Ecuador. PhD thesis. Obtenido desde [https://epub.uni-bayreuth.de/395/2/Dissertation\\_Bauer.pdf](https://epub.uni-bayreuth.de/395/2/Dissertation_Bauer.pdf) (Julio 2020).
- Beck, E., Makeschin, F., Haubrich, F., Richter, M., Bendix, J., Valerezo, C. (2008). The Ecosystem (Reserva Biológica San Francisco). In Beck, E., Bendix, J., Kottke, I., Makeschin, F., Mosandl, R. (Eds.), Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador. Ecological Studies, Springer, Berlin, pp. 1-14.
- Bogner, C., Engelhardt, S., Zeilinger, J., Huwe, B. (2008a). Visualisation and analysis of flow patterns and water flow simulations in disturbed and undisturbed tropical soils. In Beck, E., Bendix, J., Kottke, I., Makeschin, F., Mosandl, R. (Eds.). Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador. Ecological Studies, Springer, Berlin, pp. 387-397.
- Bogner, C., Bauer, F., Trancón y Widemann, B., Viñan P., Balcazar L., Huwe B. (2014). Quantifying the morphology of flow patterns in landslide-affected and unaffected soils. J. Hydrol. 511, 460-473.
- Bonell, M., Balek, J. (1993). Recent scientific developments and research needs in hydrological processes of the humid tropics: In Bonell, M., Hufschmidt, M.M., Gladwell, J.S. (Eds.). Hydrology and Water Management in the Humid Tropics. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 167-260.



- Bonell, M. (2004). Runoff generation processes in tropical forests. In Bonell, M., Bruijnzeel, L.A. (Eds.). *Forests, Water and People in the Humid Tropics*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 314-406.
- Chappell, N.A., Sherlock, M.D. (2005). Contrasting flow pathways within tropical forest slopes of Ultisol soils. *Earth Surf. Process. Landforms* 30, 735-753.
- Cramer, W. (2008). Global change impacts on the biosphere. In Jørgensen, S.E., and Fath, B.D. (Eds.). *Global Ecology*. Elsevier, Oxford, pp. 1736-1741.
- Dykes, A.P., Thornes, J.B. (2000). Hillslope hydrology in tropical rainforest steeplands in Brunei. *Hydrol. Process.* 14, 215-235.
- Fleischbein, K., Wilcke, W., Valarezo, C., Zech, W., Knoblich, K. (2006). Water budgets of three small catchments under montane Forest in Ecuador: experimental and modelling approach. *Hydrol. Process.* 20, 2491-2507.
- Goller, R., Wilcke, W., Leng, M.J., Tobschall, H.J., Wagner, K., Valarezo, C., Zech, W. (2005). Tracing water paths through small catchments under a tropical montane rain forest in South Ecuador by an oxygen isotope approach. *J. Hydrol.* 308, 67-80.
- IUSS Working Group WRB (2007). *World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007*. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome
- Licata, J.A., Gyenge, J.E., Fernandez M.E., Schlichter, T.M., Bond, B.J. (2008). Increased water use by ponderosa pine plantations in northwestern Patagonia, Argentina, compared with native forest vegetation. *For. Ecol. Manage.* 255(3), 753-764.
- Liess, M., Glaser, B., Huwe, B. (2009). Digital Soil Mapping In Southern Ecuador. *Erdkunde* 63(4), 309-319.
- Schrumpf, M., Guggenberger, G., Schubert, C., Valarezo, C., Zech, W. (2001). Tropical montane rain forest soils: development and nutrients status along an altitudinal gradient in the south Ecuadorian Andes. *Die Erde.* 132, 43-59.
- Vanclay, J.K. (2009). Managing water use from forest plantations. *For. Ecol. Manage.* 257(2), 385-389.
- Weiler, M., McDonnell, J.J. (2004). Virtual experiments: a new approach for improving process conceptualization in hillslope hydrology. *J. Hydrol.* 285, 3-18.
- Weiler, M., McDonnell, J.J. (2006). Testing nutrient flushing hypotheses at the hillslope scale: A virtual experiment approach. *J. Hydrol.* 319, 339-356.
- Wilcke, W., Valladarez, H., Stoyan, R., Yasin, S., Valarezo, C., Zech, W. (2003). Soil properties on a chronosequence of landslides in montane rain forest, Ecuador. *Catena* 53, 79-95.
- Zimmermann, B., Elsenbeer, H. (2008). Spatial and temporal variability of soil saturated hydraulic conductivity in gradients of disturbance. *J. Hydrol.* 361, 78-95.

## VI. EXPERIENCIAS DE DIÁLOGO Y PROYECTOS ENTRE ACADEMIA, GOBIERNO Y SOCIEDAD.

### Condiciones higrotérmicas actuales y futuras en viviendas sociales en el Norte de Argentina

#### *Current and future hygrothermal conditions inside social houses in the North of Argentina*

Silvana Flores Larsen <sup>1</sup>, Celina Filippín <sup>2</sup>

<sup>1</sup> INENCO – U.N.Sa-CONICET, Universidad Nacional de Salta, Argentina; [seflores@unsa.edu.ar](mailto:seflores@unsa.edu.ar),

<sup>2</sup> CONICET, Santa Rosa, La Pampa, Argentina; [cfilippin@cpenet.com.ar](mailto:cfilippin@cpenet.com.ar)

#### Resumen

El cambio climático afectará fuertemente al Norte argentino. En la gran mayoría de sus ciudades las viviendas sociales suelen ser la tipología más común. Lamentablemente, no son las construcciones más adecuadas desde el punto de vista energético, lo que implica que los habitantes viven en condiciones poco confortables e inclusive con riesgo para la salud debido a las altas temperaturas. En este trabajo, se estudian las condiciones interiores actuales y futuras (hacia 2035) de una vivienda social en verano. Se simulan las temperaturas interiores y se evalúan los riesgos de salud asociados a las condiciones existentes en el interior de las viviendas. Los resultados muestran sobrecalentamientos excesivos que empeorarán incluso más en el futuro cercano. Es fundamental avanzar en la implementación de estrategias bioclimáticas y de eficiencia energética en este tipo de viviendas.

**Palabras clave:** confort térmico; resiliencia; salud; periodos extremos; olas de calor

#### Abstract

Climate change will strongly affect northern Argentina. In the vast majority of its cities, social housing is the most common typology. Unfortunately, these constructions are not appropriate from the energy point of view, so their inhabitants live in uncomfortable conditions and even at health risk due to the high temperatures. In this work, the current and future indoor conditions (towards 2035) of a social housing in summer are studied. Interior temperatures are simulated and the associated health risks evaluated. The results show excessive overheating that will worsen even more in the near future. It is essential to advance in the implementation of bioclimatic and energy efficiency strategies in this type of housing.

**Keywords:** thermal comfort; resilience; health; extreme periods; heat waves

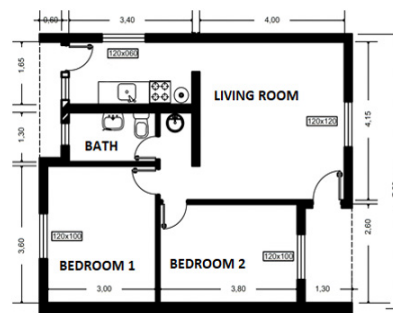
#### Introducción

En el actual contexto de cambio climático, es sabido que está aumentando significativamente la frecuencia de los eventos extremos en diversas regiones del mundo. El Norte argentino es uno de los lugares en donde más se sentirá el incremento de la temperatura y de eventos extremos de altas temperaturas. En esta zona, muchas localidades presentan máximas que superan ampliamente los 40°C durante varios días. En Rivadavia, la temperatura máxima alcanzó los 46°C (en 2010 y 2014), mientras que Orán batió su récord histórico al alcanzar los 44.5°C en octubre (El Tribuno, 2019). En este trabajo, se seleccionó Orán (-23.15°S, -64.32°W, 357 m snm) por ser la segunda más poblada de la provincia de Salta, con 76.000 habitantes. El objetivo fue estudiar las condiciones higrotérmicas y riesgo de salud en el interior de viviendas sociales en enero (el mes más caluroso del verano), para las condiciones actuales y para

el futuro cercano (2035). Existen trabajos previos realizados para viviendas sociales de otras ciudades argentinas (Filippín et al., 2017, 2018; Flores Larsen et al., 2019), en los que se estudió el comportamiento térmico interior en clima presente y futuro. Se encontró que el cambio climático incrementará los consumos destinados a refrigeración (entre 1.7–8.4 kWh/m<sup>2</sup>-década) y disminuirá los de calefacción (entre 6.0–7.6 kWh/m<sup>2</sup>-década). En este trabajo se avanza sobre el análisis del índice de calor como variable de estudio de las condiciones de salud de los habitantes de las viviendas sociales en el futuro cercano.

### Metodología:

Se seleccionó una vivienda social diseñada por el Instituto Provincial de la Vivienda. Cada casa apareada tiene dos dormitorios, una sala de estar con cocina y un baño, con una superficie total de 50,74 m<sup>2</sup>. Los muros son de ladrillo hueco de 0,18 m de espesor revocado en ambas caras, sin aislación térmica. El techo de chapa incluye 76,2 mm de lana mineral como aislante térmico. Las ventanas son de vidrio simple con carpintería de aluminio.



**Figura 1.** Planta y corte de la vivienda

Las condiciones del aire interior (temperatura por hora y humedad relativa) se obtuvieron a partir de simulaciones del rendimiento térmico de la vivienda con el software de libre disponibilidad EnergyPlus 9.1 (2020) para el “Enero actual” y el “Enero futuro 2035”. Este software ha sido validado y es ampliamente utilizado en el ámbito científico y profesional para modelar tanto las condiciones higrotérmicas y lumínicas interiores como el consumo de energía (para calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, etc.) en edificios (Kamal et al., 2019; Queiroz et al., 2020; Kalani et al., 2017). El Índice de Calor HI es una temperatura aparente que se obtiene a partir de la temperatura y humedad relativa obtenidas previamente, mediante un modelo desarrollado por la National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA (2020). HI es ampliamente utilizado en EEUU y ha sido adoptado por otros países. Presenta cuatro categorías de riesgos a la salud: 27-32°C (Precaución), 32-41°C (Precaución Extrema), 41-54°C (Peligro) y > 54°C (Peligro extremo).

Las casas fueron se orientaron y simularon hacia los cuatro puntos cardinales, como se disponen en un barrio, y los resultados se promediaron. Los patrones ocupacionales y las ganancias internas de la iluminación y el equipamiento se construyeron considerando el comportamiento habitual de una familia de 4 personas. Las tasas de infiltración se estimaron a partir de la Norma Nacional IRAM 11604 y se consideró ventilación natural nocturna cuando las temperaturas exteriores lo permiten (Text < 26°C).

Generación de los datos meteorológicos horarios: EnergyPlus requiere de un archivo en formato especial EPW con los datos climáticos horarios del lugar para un año completo. Para simular el comportamiento de la vivienda bajo las condiciones actuales, se utilizan los años meteorológicos típicos (archivos TMYx, Crawley y Lawrie, 2015), que se generan a partir de la selección mediante métodos estadísticos de doce meses típicos de 15 años de datos horarios de un lugar determinado. Para este trabajo, se utilizó el TMYx más reciente disponible para Orán, descargado de climate.onebuilding.org, basado en datos de 2004-2018.

Para el futuro cercano, se seleccionó el año 2035 como representativo del periodo 2030-2039, considerando un escenario de cambio climático con forzamiento radiativo RCP 8.5, que es el más utilizado en simulación de edificios. En Argentina, los investigadores del Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera CIMA desarrollaron los escenarios para el siglo XXI para la Tercera Comunicación Nacional al IPCC, a partir de la selección de los modelos que mejor ajustan los datos observados en las cuatro regiones del país. Para este trabajo, utilizamos los resultados de los tres modelos disponibles para RCP 8.5 en la base de datos de 3CN CIMA (<http://3cn.cima.fcen.uba.ar/>). Las variables descargadas fueron las de interés para la simulación de edificios: temperatura media, máxima y mínima mensual. Se consideró que la variación de la radiación solar no será significativa, lo cual debe ser validado con datos en tierra en el futuro. La Tabla 4 muestra los valores medios y desvíos standard obtenidos para cada modelo, para enero de 2035 (promedio 2030-2039).

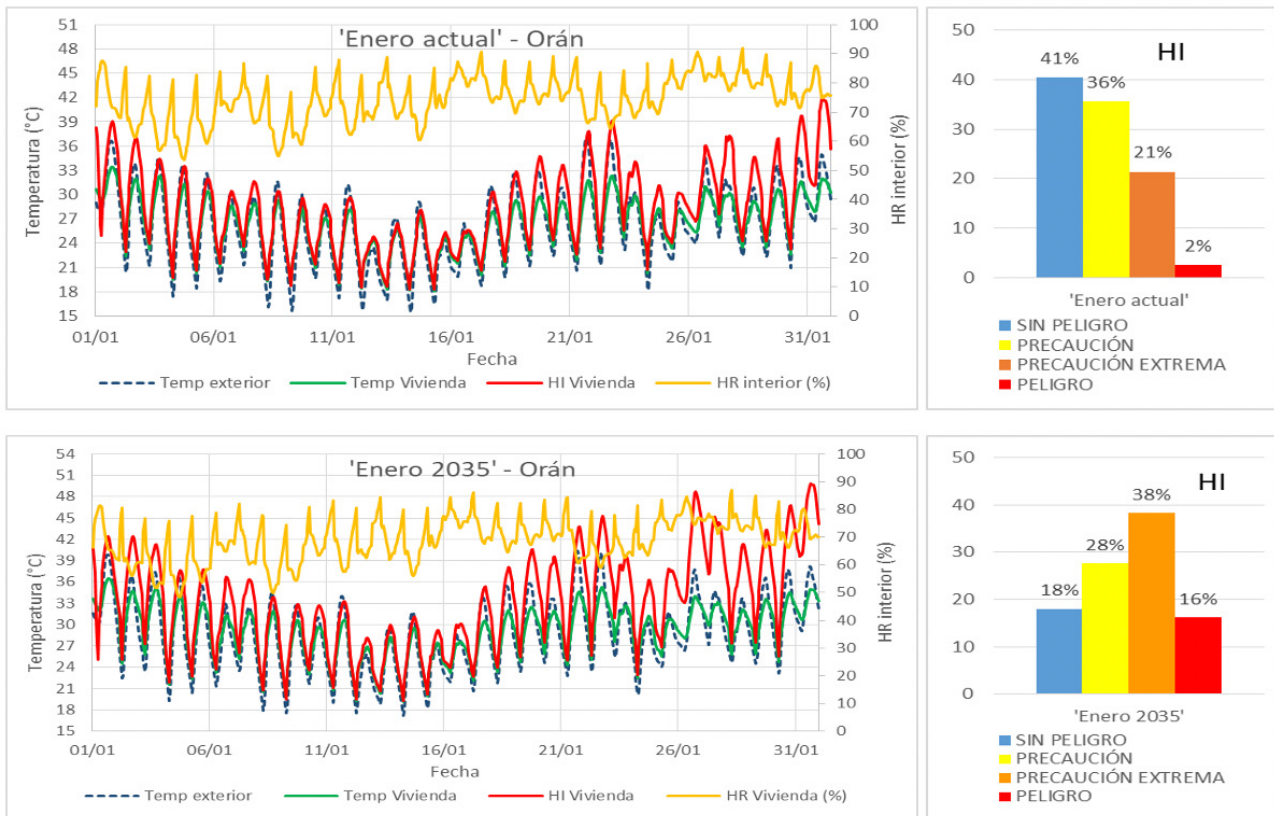
**Tabla 1.** Estimaciones de temperatura media mensual ( $T_{as}$ ), máxima ( $T_{max}$ ) y mínima ( $T_{min}$ ) para ‘Enero 2035’ en Orán, de los tres modelos globales utilizados.

Modelo	IPSL-CM5A-MR	MPI-ESM-LR	MRI-CGCM3	Average	SD Average
$T_{as}$ (January 2035), °C	29.5	28.9	27.7	28.7	0.9
$T_{max}$ (January 2035), °C	36.1	33.3	31.8	33.7	2.2
$T_{min}$ (January 2035), °C	22.9	24.4	23.6	23.7	0.7

El segundo paso consistió en utilizar los valores medios mensuales obtenidos y el método de ‘morphing’ para producir el futuro archivo climático horario. Este método es el más utilizado para generar valores horarios y consiste en utilizar las predicciones de los cambios en los promedios mensuales del clima futuro pronosticados por los diferentes modelos de cambio climático disponibles, para realizar transformaciones matemáticas de ‘shifting’ y ‘stretching’ (Jentsch et al., 2013). De esta forma, un archivo TMYx del clima actual existente, es transformado a un archivo de clima ‘futuro’, en el que se mantiene la relación entre las variables climáticas que se incluye en el archivo TMYx actual. En nuestro caso, el proceso matemático fue programado en Python y el archivo resultante se transformó a formato EPW e ingresado en EnergyPlus.

## Resultados

La Figura 2 muestra las estimaciones de temperatura y humedad relativa en el interior de la vivienda para ‘Enero actual’ y ‘Enero 2035’, como así también el Índice de Calor (HI) horario y el porcentaje de horas en cada categoría de riesgo de salud durante el mes completo. Se observa que, en ‘Enero actual’, las temperaturas interiores alcanzan los 33°C en los periodos más cálidos (con temperaturas exteriores de 36°C). Sin embargo, a estas altas temperaturas debe sumarse el efecto de la alta humedad relativa, lo cual eleva la sensación térmica y, en consecuencia, el índice de calor HI a valores por encima de 32°C (Precaución extrema: posible golpe de calor, calambres musculares y/o agotamiento por calor con exposición prolongada y/o actividad física.). Los máximos de HI se producen alrededor de las 18 hs, en coincidencia con los máximos de temperatura interior. En las condiciones actuales, las viviendas están en confort y sin riesgo un 41% de las horas. En ‘Enero 2035’, el aumento de las temperaturas interiores que alcanzarán los 35°C en los días más cálidos provocarán un incremento de HI hacia las categorías de más riesgo, y solamente un 18% de las horas los habitantes estarán confortables en sus viviendas (principalmente en la madrugada).



**Figura 2.** Condiciones horarias dentro de la vivienda (temperatura, humedad relativa e Índice de Calor HI) y porcentaje de horas en las categorías de riesgo para la salud, para 'Enero actual' (arriba) y 'Enero 2035' (abajo).

## Conclusiones

En Argentina, más del 90% de la población vive en áreas urbanas. En materia de vivienda, aproximadamente 3 millones de hogares (29% del total de hogares argentinos), presentan algún tipo de déficit habitacional (BID, 2010). Entre 2006 y 2014, se construyeron alrededor de 556.000 viviendas sociales en el país (CNV, 2014). En este trabajo se concluye que las viviendas sociales, tal como están diseñadas actualmente, no brindan un espacio de protección a las condiciones exteriores en los días más calurosos del verano debido a que no han incluido estrategias pasivas de acondicionamiento, conceptos de arquitectura bioclimática ni materiales energéticamente eficientes. Las temperaturas interiores muestran un sobrecalentamiento importante con riesgos para la salud de sus habitantes, principalmente los adultos mayores (que pasan la mayor parte del tiempo en los interiores) y los niños. La situación de las viviendas sociales en climas cálidos y húmedos requiere de una revisión urgente por parte de los organismos estatales y diseñadores. Si bien el trabajo se realizó para una localidad específica, los resultados pueden extrapolarse a zonas climáticas de Argentina con características similares, como es el caso de la Mesopotamia. En localidades con otros climas, como el caso de aquellas en zonas cordilleranas o de altura, deben realizarse nuevas simulaciones bajo estas condiciones climáticas específicas para estudiar su comportamiento térmico. Los resultados de este trabajo pueden ser utilizados para corroborar la necesidad de establecer políticas que incluyan estrategias de diseño bioclimático y de eficiencia energética en las viviendas de estos sectores más vulnerables en vistas de que el cambio climático tenderá a profundizar las malas condiciones de vida de este sector.

## Referencias

- BID (2010). Cambios en las políticas de vivienda social en la Argentina (1976-2007): ¿Cambiaron también los resultados habitacionales?. Cuenin F, Moya D. Nota Técnica N°IDB-TN-190, 2010.
- Bravo J., Carrilho G., Soares P. (2020). Comparison of methodologies for generation of future weather data for building thermal energy simulation. *Energy & Buildings* 206 109556.
- CNV (2014). Revista del Consejo Nacional de la Vivienda, Vol. 43, Agosto de 2014. <http://ipv.salta.gov.ar/wp-content/uploads/2014/08/cnv43.pdf>
- Crawley D.B., Lawrie L.K. (2015), Rethinking the TMY: is the 'typical' meteorological year best for building performance simulation? *Proc. Building Simulation*, 2015.
- EnergyPlus (2020), DOE; USA. <http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus>.
- Filippin C., Ricard E., Flores Larsen S. Santamouris M. (2017). Retrospective analysis of the energy consumption of single-family dwellings in central Argentina. Retrofitting and adaptation to the climate change. *Renewable Energy* 101, pp. 1226-1241.
- Filippin C., Flores Larsen S., Ricard E. (2018). Improvement of energy performance metrics for the retrofit of the built environment. Adaptation to climate change and mitigation of energy poverty. *Energy and Buildings* 165, pp. 399-415.
- Flores Larsen S., Filippin C., Barea G. (2019) "Impact of climate change on energy use and bioclimatic design of residential buildings in the 21st century in Argentina." *Energy and Buildings* 184, pp. 216–229.
- IRAM 11604. Norma. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites. Buenos Aires, Argentina, 2011.
- Kalani K.W.D., Dahanayake C., Chow C.L. (2017). Studying the potential of energy saving through vertical greenery systems: Using EnergyPlus simulation program. *Energy and Buildings* 138, pp. 47-59.
- Kamal R., Moloney E., Wickramaratne C., Narasimhan A., Goswami D.Y. (2019). Strategic control and cost optimization of thermal energy storage in buildings using EnergyPlus. *Applied Energy* 246, pp. 77-90.
- NOAA (2019). The Heat Index Equation. Disponible en: <https://www.wpc.ncep.noaa.gov>.
- Queiroz N., Westphal F., Ruttkey Pereira F. (2020). A performance-based design validation study on EnergyPlus for daylighting analysis, *Building and Environment* 183, 107088.

## Cálculo del consumo de agua en una unidad académica

### *Calculation of water consumption in an academic unit*

Benjamín Lara Ledesma<sup>1</sup>, Sonia Tatiana Sánchez Quispe<sup>1</sup>, Constantino Domínguez Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, [blarale@hotmail.com](mailto:blarale@hotmail.com)

#### Resumen

La dotación de agua es un parámetro que sirve para determinar los caudales que deberán considerarse en el diseño de una instalación hidráulica, ya sea para una casa-habitación, edificio para cualquier uso o, en este caso, para una unidad académica. Se tiene el dato de la dotación que debe de ser suministrada a una institución académica, pero estos valores fueron determinados hace varios años y con el avance de la tecnología se cuenta con muebles de baño que consumen poca agua, de ello se desprende el presente estudio que consiste en determinar el consumo en el edificio donde está ubicada la Facultad de Ingeniería Civil, y con ello calcular el consumo que se tiene en la Facultad, y compararlo con las dotaciones sugeridas. Como un producto agregado se podrá determinar si existen fugas de agua.

**Palabras clave:** agua potable; consumo; contadores de agua; dotación de agua.

#### Abstract

The water endowment is a parameter that serves to determine the flows that will have to be considered in the design of a hydraulic installation, already be for a house-room, building for any use or, in this case, for an academic unit. There is had the information of the endowment that must be supplied an academic institution, but these values were determined several years ago and with the advance of the technology one tells him with furniture of bath that they consume few water, with it there parts the present study that consists of determining the consumption in the building where there is located the Civil Engineer School, and with it to calculate the consumption that is had in the School, and to compare it with the suggested endowments. Since there will be able to decide an added product if there exist escapes of water.

**Keywords:** drinking water; consumption; water meters; water endowment.

#### Introducción

El agua que utiliza la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Ciudad Universitaria, proviene de un pozo profundo ubicado dentro de ella. La operación del pozo está a cargo del Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS). La Universidad paga el consumo de electricidad del pozo y con ello queda exenta del pago del servicio de agua potable. El consumo de agua no es medido en Ciudad Universitaria, por ello el OOAPAS quiere cobrar el servicio. Los cálculos del consumo de agua se han hecho con los datos de las dotaciones recomendadas para edificios que albergan instituciones académicas. Los valores recomendados son excesivos, por ello se realiza esta investigación, con el objeto de determinar el consumo real en un edificio específico de Ciudad Universitaria.

Así es como en este tema se decide determinar el consumo de agua en la Facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Con ello se tiene el consumo y se puede comparar con los valores ya establecidos en manuales utilizados comúnmente para la implementación de las instalaciones

hidráulicas en este tipo de edificios. Como un producto agregado se podrá determinar si existen fugas. El contador de agua instalado para esta investigación es un contador de velocidad de chorro múltiple (Ruiz, 2013).

Los muebles sanitarios utilizados en la Facultad de Ingeniería Civil son ahorradores de agua que normalmente en dichas instalaciones, así como en diversos edificios de uso público y dependencias de gobierno se utilizan. El edificio de la Facultad de Ingeniería Civil que es donde se realizó esta investigación, se cuenta con dos baños: uno para mujeres con tres sanitarios con fluxómetro y tres lavabos ahorradores de agua; y el de hombres, con ocho sanitarios, cinco lavabos ahorradores de agua y diez mingitorios con fluxómetro; Figura 1. Los sanitarios son de cinco litros por descarga y los lavabos tienen llaves ahorradoras de 1.9 litros por minuto (Catálogo Helvex, 2013).



**Figura 1.** Mobiliario sanitario de la Facultad de Ingeniería Civil.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), ha publicado una serie de manuales y normas de diferentes temas relacionados con el agua, para su consulta. En el manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, se encuentran las dotaciones de agua recomendadas, ver Tabla 1. (Comisión Nacional del Agua, 2007).

### Cálculo del consumo de agua

El contador se colocó en donde está la acometida de agua para el edificio de la Facultad de Ingeniería Civil; ésta cuenta con una cisterna de tres metros de largo por dos metros de ancho y dos metros de profundidad. Los datos que se obtuvieron fueron las lecturas del contador y la profundidad de la lámina de agua en la cisterna cuando no estaba a su máxima capacidad. La Facultad de Ingeniería Civil contaba con 1 628 alumnos inscritos durante las mediciones, nueve empleados de personal administrativo, cuatro personas de limpieza y 200 profesores; que sumados son 1 841 usuarios.

**Tabla 1.** Consumos para usos públicos.

Tipo de instalación	Consumo de agua
Hospitales, clínicas y centros de salud	800 litros/cama/día
Orfanatorios y asilos	300 litros/huésped/día
Educación y cultura:	
Educación elemental	20 litros/alumno/turno
Educación media y superior	25 litros/alumno/turno
Alimentos y bebidas	12 litros/comida
Entretenimiento (teatros públicos)	6 litros/asiento/día
Recreación social (deportivos municipales)	25 litros/asistente/día
Deportes al aire libre, con baño y vestidores	150 litros/asistente/día



Tipo de instalación	Consumo de agua
Estadios	10 litros/asiento/día
Cuarteles	150 litros/persona/día
Reclusorios	150 litros/interno/día
Estaciones de transporte	10 litros/pasajero/día
Estacionamientos	2 litros/m <sup>2</sup> /día
Jardines y parques	5 litros/m <sup>2</sup> /día

El consumo de agua se determinó semana por semana, se tomaron los volúmenes acumulados restando el último volumen del primero para obtener el volumen utilizado en ese periodo de tiempo, después se dividió entre los días transcurridos de una fecha a la otra y se dividió entre el número de usuarios con los que contaba la Facultad en ese periodo; el resultado fue en metros cúbicos por alumno y por día, después se convirtieron a litros por alumno y por día.

Es importante mencionar que la acometida de agua no es directa a los muebles sanitarios, sino que se encuentra una cisterna, por lo que esto se tomó en cuenta. Cuando el volumen inicial se toma y la cisterna está llena y al tomar el segundo volumen y la cisterna se encuentra llena, el volumen que se toma es sólo el de la resta del segundo menos el inicial, pero cuando la cisterna en el segundo volumen no está llena, se calcula el volumen faltante y éste se suma a la resta del segundo volumen más el inicial, ya que este volumen faltante también fue consumido. Los volúmenes de fin de semana se toman para determinar la existencia de fugas por lo que también se comparan los volúmenes obtenidos.

Para el cálculo del consumo se toman 14 horas por día ya que en los manuales y reglamentos normalmente se toma por turnos; en este caso, se tomaron las horas que se trabaja en la Facultad, que es de 7:00 am a 9:00 pm. Con los datos de la Tabla 2, se obtuvo un consumo de 66 litros por alumno y por día, o sea 33 litros por alumno y por turno.

En la Tabla 2 se muestran algunos de los datos (ya que son bastantes y como ejemplo son suficientes) obtenidos para llevar a cabo el presente trabajo de investigación. Las lecturas del contador se tomaron todos los días lunes y viernes durante los primeros seis meses del año 2019.

**Tabla 2.** Parte de los datos obtenidos en la investigación.

Día	Hora	Volumen acumulado (m <sup>3</sup> )	Profundidad del agua en la cisterna (m)
Viernes	18:00	29.81	1.92
Lunes	06:40	31.69	2.00
Viernes	20:50	65.20	1.56
Martes	06:40	70.15	2.00
Viernes	20:00	99.31	2.00
Lunes	06:47	101.09	2.00
Jueves	20:25	138.93	1.93
Lunes	06:30	160.32	2.00
Viernes	20:30	195.06	1.95

Día	Hora	Volumen acumulado (m <sup>3</sup> )	Profundidad del agua en la cisterna (m)
Lunes	06:30	195.49	2.00
Viernes	20:30	220.52	1.91
Lunes	06:50	221.16	2.00
Viernes	20:30	256.01	1.79

## Conclusiones

Tenemos un consumo promedio de 33 litros por alumno y por turno y si lo comparamos con el manual, que es el de la CONAGUA marca que, para educación media y superior, deben ser 25 litros por alumno y por turno. Son 8 litros por alumno y por turno más de lo indicado en el manual, por lo que se debe de implementar un programa de uso eficiente del agua para bajar el consumo de agua.

Como se contabilizó el agua durante los fines de semana y durante el periodo vacacional, se pudo determinar las pérdidas de agua, que resultaron ser de 0.00443 litros por segundo, que al día resultan de 383 litros y al año 140 mil litros. Que resultaría el consumo de dos personas al año, suponiendo en una dotación aproximada a 200 litros por persona y por día. De aquí resulta la importancia de buscar en donde están ubicadas las fugas y repararlas.

## Referencias

- Catálogo Helvex de productos y dispositivos ahorradores de agua (2013). Recuperado de <http://www.helvex.com/catalogos/catalogo%20Institucional%202013.pdf>.
- Comisión Nacional del Agua (2007). Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento. Datos básicos. Recuperado de <http://sasmropolitano.net/wp-content/uploads/2015/02/02.-DATOS-BASICOS-CNA-TABLAS-DE-DOTACION-PARA-CALCULO-DE-DERCHOS.pdf>.
- Ruiz, A.A. (2001). Medidores de velocidad (hélice, turbina y molinete). Serie autodidáctica de medición del agua. Subdirección General de Administración del Agua (CONAGUA) y Coordinación de Tecnología Hidráulica (IMTA). México, D.F.

## Adsorción de colorantes en óxido de grafeno reducido

### *Dyes adsorption on reduced graphene oxide*

Cristian Vacacela Gomez<sup>1</sup>, Talia Tene<sup>2</sup>, Marco Guevara<sup>3</sup>, Fabian Arias Arias<sup>4</sup>, Hannibal Brito<sup>4</sup>, Lorenzo Caputi<sup>5</sup>

<sup>1</sup> CompNano, Yachay Tech University, School of Physical Sciences and Nanotechnology, Urcuquí, EC-100119, Ecuador, [cvacacela@yachaytech.edu.ec](mailto:cvacacela@yachaytech.edu.ec)

<sup>2</sup> Grupo de Físicoquímica de Materiales, Universidad Técnica Particular de Loja, EC-110160 Loja, Ecuador, [tbtene@utpl.edu.ec](mailto:tbtene@utpl.edu.ec)

<sup>3</sup> Faculty of Mechanical Engineering, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, EC-060155 Riobamba, Ecuador, [marco.guevara@espoch.edu.ec](mailto:marco.guevara@espoch.edu.ec)

<sup>4</sup> Ecuador Grupo de Investigación de Materiales Avanzados, Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, EC-060155 Riobamba, Ecuador, [fabian.arias@espoch.edu.ec](mailto:fabian.arias@espoch.edu.ec)

<sup>5</sup> UNICARIBE Research Center, University of Calabria, I-87036 Rende (CS), Italy, [lorenzo.caputi@fis.unical.it](mailto:lorenzo.caputi@fis.unical.it)

### Resumen

Debido al cambio climático, por factores propios de la Tierra o antropogénicos, el agua es uno de los recursos naturales más afectados. El presente trabajo demuestra la adsorción de azul de metileno en óxido de grafeno reducido (rGO, siglas en inglés) desde aguas contaminadas. La cinética de adsorción demuestra que el rGO es capaz de remover el colorante en 30 min. La máxima capacidad de adsorción del rGO es de 121.95 mg/g a 298 K. Estos resultados evidencian el potencial del rGO para tratar efluentes contaminadas con colorantes, y su potencial uso en la remoción de metales pesados.

**Palabras clave:** Grafeno; Óxido de Grafeno Reducido; Adsorción; Azul de Metileno

### Abstract

Owing to climate change, as natural effect of Earth or anthropogenic factors, water is one of the most affected natural resources. The present work demonstrates the adsorption of methylene blue on reduced graphene oxide (rGO) from wastewater systems. The adsorption kinetic evidence that dye can be adsorbed in 30 min. The maximum adsorption capacity is found to be 121.95 mg/g at 298 K. The results show the potential of rGO to treat contaminated effluent with dyes as well heavy metals.

**Keywords:** Graphene; Reduced Graphene Oxide; Adsorption; Methylene Blue

### Introducción

De acuerdo con la edición 2020 del Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo [1], la industria (incluido el sector de la energía) extrae el 19% de las reservas de agua dulce del mundo, este porcentaje va en aumento, y se pronostica que para el 2050 la demanda global de agua por parte de este sector será del 24%. En zonas con estrés hídrico, esto se traduce como un incremento de la escasez y limitación al acceso de agua limpia. Por otro lado, las aguas residuales producidas por la industria también contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero. Dado que, en los países en vías de desarrollo, como el Ecuador, entre el 80–90% del agua residual no se recoge ni se trata [2], las emisiones relacionadas con el uso del agua y el sector del saneamiento constituyen un agente que potencia el cambio climático.

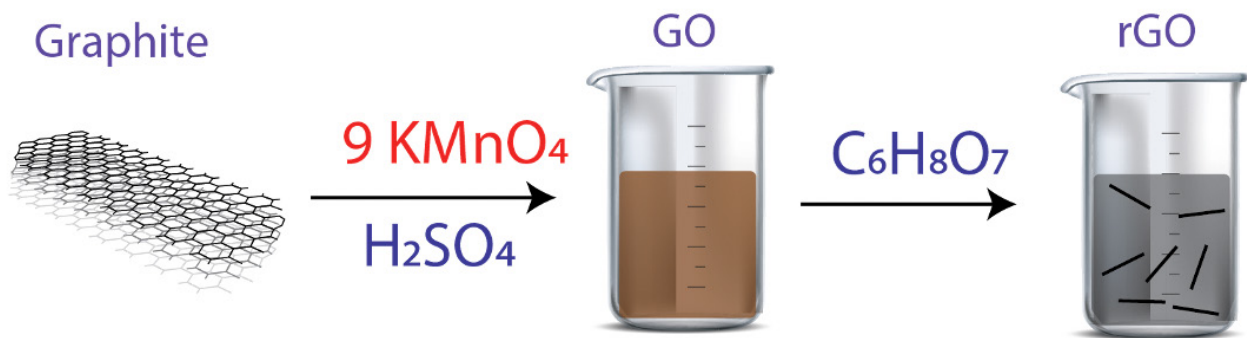
La industria podría contribuir a la mitigación del cambio climático reduciendo el consumo de agua, mejorando su eficiencia hídrica y recuperando los elementos contaminantes de manera que se pueda reutilizar. Acerca de este último, existen varios tratamientos de aguas contaminantes, por ejemplo, degradación microbiana [3], coagulación [4], oxidación química [5], separación por membrana [6], filtración [7], ósmosis inversa [8] y adsorción [9]. Entre estos, la adsorción de contaminantes muestra ventajas superiores a gran escala tales como bajo costo operativo, simple aplicación y, sobre todo, protección del medio ambiente. Sin embargo, los materiales usados en los procesos de adsorción, por lo general muestran baja eficiencia [10] y necesitan largos períodos de adsorción.

Una posible alternativa es el uso de materiales basados en carbono, por ejemplo, carbón activado, y recientemente, grafeno y sus derivados (e.g., óxido de grafeno (GO, siglas en inglés) y óxido de grafeno reducido (rGO, siglas en inglés)) [11]. El grafeno es un material bidimensional que tiene el espesor de un átomo de carbono, presenta propiedades mecánicas, térmicas y ópticas únicas [12] no encontradas en otros materiales, y debido a su gran superficie específica y efectos físicos/químicos a nano-escala [13], diferentes grupos de investigación han propuesto al grafeno como un excelente nanomaterial para el tratamiento de aguas contaminadas [14].

El presente trabajo tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos en cooperación con la Universidad Técnica Particular de Loja, relacionados a la adsorción de azul de metileno [15]. El azul de metileno es un colorante ampliamente usado en la industria textil, si este es consumido accidentalmente por la ingesta de aguas contaminadas, puede ocasionar daños irreversibles en la salud [16].

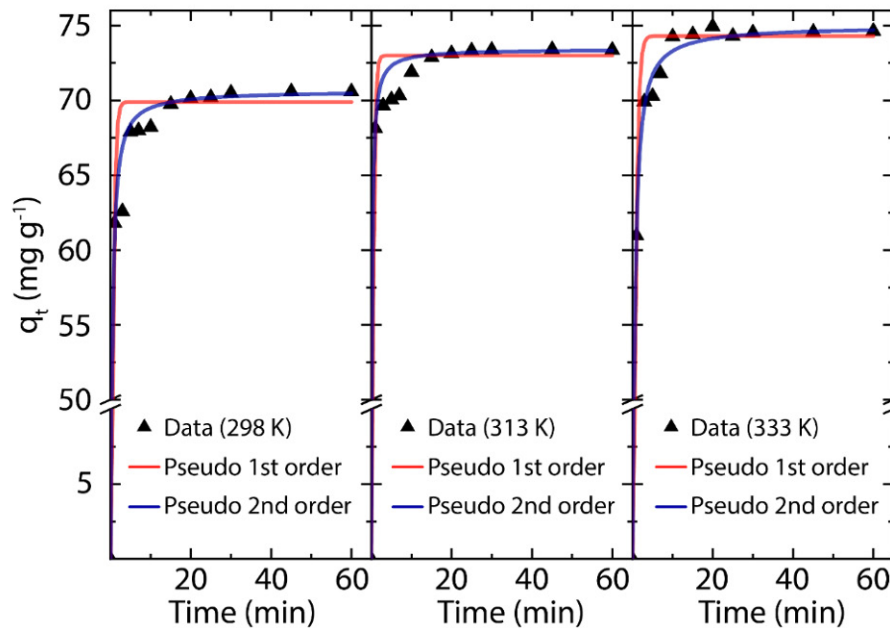
## Metodología

Polvo de grafito (<150  $\mu\text{m}$ , 99.99%), ácido sulfúrico (95.0-98.0%), permanganato de potasio ( $\geq 99.0\%$ ), ácido clorhídrico (37%), ácido cítrico ( $\geq 99.5\%$ ), y azul de metileno fueron obtenidos de Sigma Aldrich y usados sin purificación extra. Figura 1 muestra el proceso de síntesis de rGO. El proceso completo de síntesis, caracterización y adsorción se detalla en la Ref. [15]. Todos los experimentos se realizaron con pH neutro.



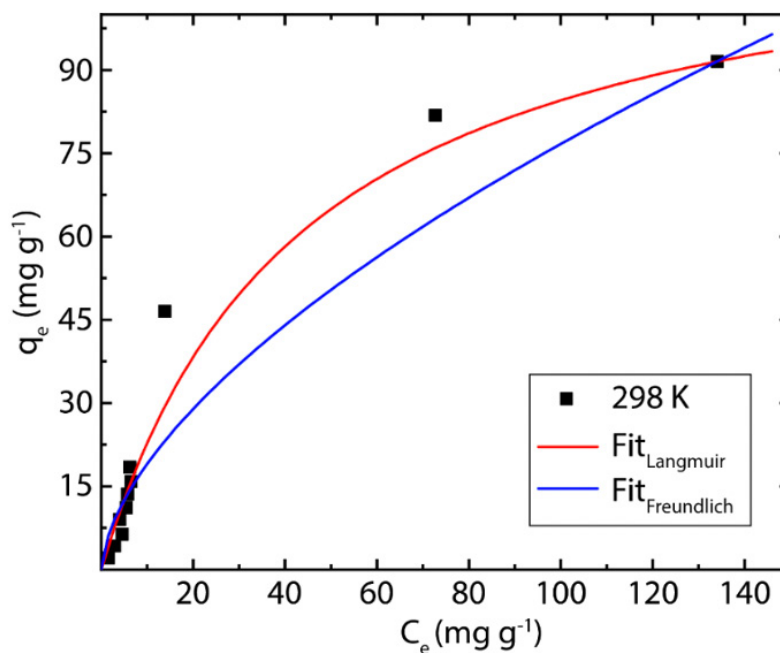
**Figura 1.** Representación del proceso de síntesis de óxido de grafeno (GO) y óxido de grafeno reducido (rGO). Siglas en inglés usadas por convención.

## Resultados y Discusión



**Figura 2.** Cinética de adsorción de azul de metileno en óxido de grafeno reducido (rGO) como función del tiempo de contacto y diferentes temperaturas. Resultados tomados de la Ref. [15].

La Figura 2 muestra las curvas de la cinética de adsorción, considerando diferentes temperaturas en un tiempo de contacto de hasta 60 min. Claramente se puede observar que independiente de la temperatura, el rGO llega a su capacidad máxima de adsorción en 30 min. Basados en los modelos de primer y segundo orden [15], el incremento de la temperatura incrementa la capacidad de adsorción de  $\sim 68$  mg/g a  $\sim 75$  mg/g, lo que sugiere que el rGO se puede utilizar como un excelente material adsorbente a temperatura ambiente con una buena eficiencia.



**Figura 3.** Isothermas de adsorción de azul de metileno en óxido de grafeno reducido (rGO) a 298 K. Modelo Langmuir (rojo) y modelo Freundlich (azul).

La Figura 3 presenta las isotermas de adsorción considerando como tiempo de equilibrio 30 min (cinética de adsorción). Los modelos usados son Langmuir y Freundlich [15]. En particular, el modelo Langmuir es el que mejor se ajusta a los datos experimentales y evidencia que el rGO tiene una capacidad de adsorción máxima de 121.95 mg/g a 298 K. Por otra parte, se pudo observar que incrementando la temperatura hasta 333 K la capacidad de adsorción de rGO disminuye a 107.53 mg/g [15]. Este resultado evidencia una relación inversamente proporcional entre la temperatura y la capacidad máxima de adsorción del material y, corrobora nuestra afirmación, el rGO puede ser utilizado como excelente material adsorbente a temperatura ambiente sin un tratamiento previo o posterior del sistema acuático contaminado. Además, estos resultados sugieren que rGO puede ser utilizado en la remoción de otros colorantes o metales pesados.

## Conclusiones

En el presente trabajo se presentó la adsorción de azul de metileno en rGO. rGO muestra una capacidad de adsorción de 121.95 mg/g a 298 K y pH neutro. El tiempo de contacto hasta obtener la máxima adsorción es de 30 min. Los resultados proponen al rGO como un excelente nanomaterial para el tratamiento de aguas contaminadas mediante remoción de colorantes, metales pesados y otros desechos. Sin embargo, es necesario realizar estudios en efluentes contaminados donde la presencia de diferentes agentes contaminantes podría afectar la adsorción del rGO.

## Referencias

- [1] Connor, R. (2015). The United Nations world water development report 2015: water for a sustainable world (Vol. 1). UNESCO publishing.
- [2] Corcoran, E. (Ed.). (2010). Sick water?: the central role of wastewater management in sustainable development: a rapid response assessment. UNEP/Earthprint.
- [3] Varjani, S. (2020). Microbial Degradation of Dyes: An overview. *Bioresource Technology*, 123728.
- [4] Sadoon, Z. A. (2020). Removal of Reactive Dyes by Electro Coagulation Process from Aqueous Solution. *Journal of Engineering*, 26(2), 14-28.
- [5] Li, Y. (2020). Redox-responsive carboxymethyl cellulose hydrogel for adsorption and controlled release of dye. *European Polymer Journal*, 123, 109447.
- [6] Fan, X. (2020). Hydrothermal reduced graphene oxide membranes for dyes removing. *Separation and Purification Technology*, 241, 116730.
- [7] Liu, H. (2020). Biosynthesis based membrane filtration coupled with iron nanoparticles reduction process in removal of dyes. *Chemical Engineering Journal*, 387, 124202.
- [8] Tinghui, L. (1983). Effect of membrane materials and average pore sizes on reverse osmosis separation of dyes. *Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development*, 22(1), 77-85.
- [9] Mokhtar, A. (2020). Adsorption behavior of cationic and anionic dyes on magadiite-chitosan composite beads. *Carbohydrate polymers*, 229, 115399.
- [10] Wijaya, R. (2020). Green reduction of graphene oxide using kaffir lime peel extract (*Citrus hystrix*) and its application as adsorbent for methylene blue. *Scientific Reports*, 10(1), 1-9.

- [11] Li, Y. (2013). Comparative study of methylene blue dye adsorption onto activated carbon, graphene oxide, and carbon nanotubes. *Chemical Engineering Research and Design*, 91(2), 361-368.
- [12] Gomez, C. V. (2016). Structural and electronic properties of graphene oxide for different degree of oxidation. *Materials Today: Proceedings*, 3(3), 796-802.
- [13] Coello-Fiallos, D. (2017). DFT comparison of structural and electronic properties of graphene and germanene: Monolayer and bilayer systems. *Materials Today: Proceedings*, 4(7), 6835-6841.
- [14] Wang, H. (2020). 3D graphene-based macrostructures for water treatment. *Advanced Materials*, 32(3), 1806843.
- [15] Arias Arias, F. (2020). The Adsorption of Methylene Blue on Eco-Friendly Reduced Graphene Oxide. *Nanomaterials*, 10(4), 681.
- [16] Davies, J. (2007). Methylene blue but not indigo carmine causes DNA damage to colonocytes in vitro and in vivo at concentrations used in clinical chromoendoscopy. *Gut*, 56(1), 155-156.

## Uso y manejo del Suelo en Loja-Ecuador, algunas implicaciones frente al Cambio Climático

### *Land use and management in Loja-Ecuador, some implications for climate change*

Pablo Ochoa Cueva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Técnica Particular de Loja, [paochoa@utpl.edu.ec](mailto:paochoa@utpl.edu.ec)

#### Resumen

El uso y manejo del suelo es clave para determinar las condiciones económicas, sociales y ambientales de la población global. El cómo poder alimentar a la creciente población es uno de los problemas cruciales abordados en los ODS; así como llevar una gestión sostenible de los recursos naturales. Por lo que esta propuesta analiza dos realidades cercanas (cantón Loja), y a la vez contrapuestas ya que una interesa ampliar y diversificar los cultivos, mientras que la otra área pretende el manejo y conservación de los recursos naturales (suelo y agua). Estas áreas ubicadas en altitudes y ecosistemas diferentes, situados en una corta distancia, han sido el mejor escenario para ilustrar estos intereses contrapuestos relacionados con el crecimiento de la frontera agrícola, versus la conservación de la cobertura vegetal natural. El cambio en las condiciones de cobertura vegetal y clima son determinantes para la gestión sostenible de sus recursos en ambas áreas de estudio analizadas.

**Palabras clave:** cambio climático; uso y manejo del suelo; ODS; Ecuador.

#### Abstract

Land use and management is key to determining the economic, social and environmental conditions of the global population. How to feed the growing population is one of the crucial issues addressed in the SDGs; as is sustainable management of natural resources. Therefore, this proposal analyzes two nearby realities (Loja canton), which are at the same time opposed, since one is interested in expanding and diversifying crops, while the other area aims at managing and conserving natural resources (soil and water). These areas located at different altitudes and ecosystems, situated in a short distance, have been the best scenario to illustrate these conflicting interests related to the growth of the agricultural frontier, versus the conservation of natural vegetation cover. The change in the conditions of plant cover and climate are determining factors for the sustainable management of its resources in both study areas analyzed.

**Keywords:** climate change; land use and management; SDGs; Ecuador

#### Introducción

Una de las constantes preocupaciones mundiales es el disminuir el hambre y la pobreza, esto ha sido abordado por las Naciones Unidas tanto en los objetivos del milenio (2000 – 2015), como en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS, 2015 – 2030 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>). Sin embargo, para poder alcanzar algunas metas propuestas no se ha considerado los efectos que el cambio climático puede provocar, trastocando o redireccionando el posible cumplimiento de las mismas.

¿Que podría haber más valioso que el poder alimentarse y alimentar a la familia?, sin embargo, más del 50% de las tierras de cultivo a nivel mundial se encuentran entre moderadas o severamente degradadas, amenazando la seguridad alimentaria de millones de personas que viven en el umbral de pobreza y de pobreza extrema. Por otra parte, se ha evidenciado a escala global y local, fuertes procesos migratorios producto de escenarios de desertificación y sequía (UNCCD, 2017)



Al ser el uso y manejo del recurso suelo, uno de los factores determinantes para pretender alcanzar las metas propuestas en los ODS, así como la seguridad alimentaria (Arteaga et al., 2020). Por una parte, se intenta disminuir el hambre y la pobreza, pero esto por otra parte podría afectar en la conservación de los recursos naturales al ampliar la frontera agrícola. Por ello planteamos hacer una descripción de experiencias locales con sus implicaciones relacionadas con el uso del suelo frente a diferentes condiciones climáticas y de gestión.

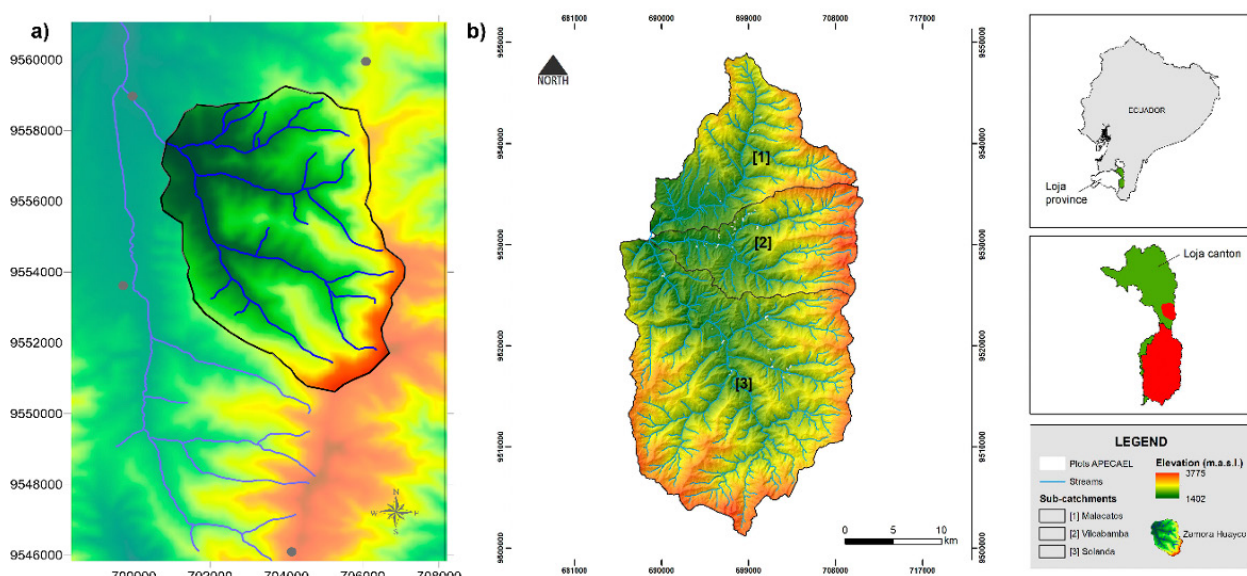
## Metodología

Las dos áreas de estudio se encuentran en el cantón Loja; sin embargo, cada una tiene condiciones específicas de uso y manejo del suelo, así como de posibles afectaciones por el cambio climático. Estas zonas tienen intereses diferentes o contrapuestos pero su fin último es buscar su sostenibilidad. Zamora Huayco es una cuenca ubicada al sur-este de la ciudad de Loja en un ecosistema húmedo montano, entre las coordenadas 9559962N, 708180E, 698895E, 9548415N; misma que provee cerca del 50% del caudal de agua para la ciudad de Loja (Fries et al., 2020a); por ello en esta se pretende la restauración de zonas degradadas por mal manejo del suelo, así como la conservación de las coberturas naturales (Fig 1a).

La otra zona corresponde el sur del cantón Loja, es una cuenca seca-subtropical, cuyas necesidades y ecosistema son diferentes. Está entre las coordenadas 9501332.12 S y 655722.14 W (Fig. 1b). Área en la que la Asociación Agro-artesanal de Productores Ecológicos de Café Especial del cantón Loja (APECAEL), tiene sus parcelas y demanda hacer estudios para poder ampliar el área agrícola-productiva para la siembra y producción de café orgánico (Chamba et al., 2016; Ochoa et al., 2017).

Para analizar la cuenca Zamora Huayco, se han desarrollado algunos estudios en los cuales se concluye la importancia de conservar una cobertura vegetal natural para evitar problemas de erosión (Ochoa et al., 2015) o desabastecimiento o inundaciones en la parte baja de la cuenca frente a eventos extremos de precipitación o sequía (Mejía-Ventimilla et al., 2019; Fries et al., 2020a).

En la zona sur del cantón Loja se hizo una caracterización de las principalmente condiciones ambientales (suelo, clima, topografía) (Chamba et al., 2016), para poder sugerir áreas potenciales para el cultivo de café (Ochoa et al., 2017). Estos resultados preliminares determinaron la necesidad de estudiar a mayor profundidad el balance hídrico y déficit de humedad del suelo para esta zona de estudio (Fries et al., 2020b).



**Figura 1.** Descripción del área de estudio: a) Zamora Huayco, y b) sur del cantón Loja.

## Resultados

Las condiciones de: suelo, cobertura vegetal, topografía y clima fueron caracterizadas para ambas áreas en estudio (Chamba et al., 2016; Ochoa et al., 2017; Fries et al., 2020 a; b). Los análisis temporales de la cobertura del suelo describen condiciones favorables en cuanto al manejo de los recursos suelo y agua para la cuenca Zamora Huayco (Mera et al., s/f). La cobertura de vegetación natural ha mejorado e incrementado su área con el paso del tiempo; contrario a lo comúnmente previsible. Esto es debido a la oportuna decisión de la administración del gobierno local en destinar parte de los recursos del pago por el servicio de agua potable, para la recuperación de esta cuenca.

Por otra parte, en la parte sur del cantón Loja de clima seco-subtropical, que justamente esta es la principal limitante que condiciona el poder ampliar sitios para el cultivo de café. A pesar de ello, es posible establecer áreas potenciales para cultivar café, unas con limitantes principalmente por la estacionalidad climática y la temperatura que genera mayor Evapotranspiración de las diferentes coberturas vegetales, teniendo déficit hídrico. Sin embargo, fueron planteadas estrategias como planificación de fechas de siembra para cumplir con este propósito.

Si bien en la primera zona el propósito es conservar el recurso suelo y agua; y se unió la comunidad local con un mismo interés que es preservar estos recursos; por otra parte, está el interés en ampliar y diversificar los sitios productivos, para así mejorar sus ingresos económicos en este sector de la población rural.

Ambos escenarios buscan tener cantidad y calidad de agua y es la disponibilidad de este recurso el mayor riesgo de disminuir frente a procesos de cambio climático. La cantidad de agua que nace desde el Parque Nacional Podocarpus, favorece a ambas zonas de estudio; y tiene diferentes usos, sin embargo, el consumo humano e irrigación son los que predominan en estos sitios respectivamente.

## Conclusiones

Ofrecer herramientas o insumos para la toma de decisiones ha sido la principal preocupación en gran parte de estas experiencias de investigación; algunas de éstas incluso, ya están alineadas con los ODS. Sin embargo, estamos conscientes en la necesidad de generar espacios de dialogo y divulgación de resultados con los actores claves en cada una de las escalas de gobierno: comunal, parroquial, cantonal, provincial o nacional. Para empoderar a la sociedad en su conjunto como los verdaderos gestores de sus recursos naturales.

## Referencias

- Arteaga, J., Ochoa, P., Fries, A., & Boll, J. (2020) Identification of Priority Areas for Integrated Management of Semi-Arid Watersheds in the Ecuadorian Andes. *Journal of the American Water Resources Association* 56, (2) 270-282 <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12837>
- Chamba, Y. M., Capa, E. D., & Ochoa, P. A. (2016). Environmental characterization and potential zoning for coffee production in the Andes of southern Ecuador. In *21st Century Watershed Technology Conference and Workshop Improving Water Quality and the Environment Conference Proceedings*, 3-9 December 2016, IKIAM Universidad Regional Amazonica Quito, Ecuador (pp. 1-12). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Fries, A. E., Muñoz, H. M. B., Reina, A. J. G., Zari, J. E. A., Sánchez-Paladines, J., & Ochoa Cueva, P. (2020). Baseline of study. In *Management of Hydrological Systems* (pp. 5-60). CRC Press.

- Fries, A.; Silva, K.; Pucha-Cofrep, F.; Oñate-Valdivieso, F.; Ochoa-Cueva, P. (2020). Water Balance and Soil Moisture Deficit of Different Vegetation Units under Semiarid Conditions in the Andes of Southern Ecuador. *Climate*, 8, 30.
- Mejía-Veintimilla, D.; Ochoa-Cueva, P.; Samaniego-Rojas, N.; Félix, R.; Arteaga, J.G.; Crespo, P.; Oñate-Valdivieso, F.; Fries, A. (2019). River Discharge Simulation in the High Andes of Southern Ecuador Using High-Resolution Radar Observations and Meteorological Station Data. *Remote Sensing*, 11, 2804.
- Ochoa-Cueva, P., A. Fries, P. Montesinos, J.A. Rodríguez-Díaz, and J. Boll. (2015). Spatial Estimation of Soil Erosion Risk by Landcover Change in the Andes of Southern Ecuador. *Land Degradation & Development* 26 (6): 565–73. <https://doi.org/10.1002/ldr.2219>
- Ochoa, P.A., Y.M. Chamba, J.G. Arteaga, and E.D. Capa. (2017). Estimation of Suitable Areas for Coffee Growth Using a GIS Approach and Multicriteria Evaluation in Regions with Scarce Data. *Applied Engineering in Agriculture* 33 (6): 841. <https://doi.org/10.13031/aea.12354>
- UNCCD. (2017). *Global land outlook*. Bonn, Germany: Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification.

## Estimación del Balance de Masa para un sector del Glaciar Quito

Ing. Msc. Bolívar Cáceres Correa

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

En el año 2010 se inició el monitoreo de un sector del Glaciar Quito adyacente a la estación Pedro Vicente Maldonado con la finalidad de conocer la respuesta de un pequeño glaciar a las variaciones climáticas en la Península Antártica, dicho monitoreo se lo realiza en el marco de un convenio de cooperación entre el INAMHI-INAE (Instituto Antártico Ecuatoriano) y el apoyo logístico de la Armada del Ecuador, con esta finalidad se instaló una red de estacas de medición de la ablación en una cantidad de 13 divididas en dos transectas ubicadas sobre los sectores B y C, se realiza la lectura anual desde el año 2011 hasta la presente expedición.

Complementariamente se realizan mediciones meteorológicas, glaciológicas y documentación fotográfica sobre el comportamiento del glaciar durante el período enero -febrero que dura la estancia en la Estación Pedro Vicente Maldonado.

**Palabras clave:** monitoreo, glaciar, red, ablación, transectas.

### 1. Antecedentes y justificación

Se considera este estudio relacionado con el punto dos de los ejes de Investigación propuestos por el INAE, esto es eje interrelación Ecuador Antártida.

Se trata de conocer el balance de masa ([1], [2], [13], [14], [15], [16]) sobre un segmento del territorio Antártico Ecuatoriano y Durante la XIV Expedición Ecuatoriana a la Antártida realizada en el verano Austral se implementó una red básica de mediciones glaciológicas([2], [3]), se han realizado mediciones durante ocho períodos recolectando información de base para documentar la evolución glaciológica de este pequeño glaciar en la Península Antártica teniéndose un **valor estimado** promedio de -250mm de equivalentes en agua ([3], [4], [5], [6], [7])

La finalidad del presente proyecto de dos años es completar una serie básica de datos estadísticos con la finalidad de realizar una primera aproximación estadística con la finalidad de establecer si existe o no correlación con los datos de balance da masa medidos en otros sitios de la Península y en el Ecuador continental. ([2], [8], [14], [15], [16],[17], [18])

El conocimiento de la repuesta de los pequeños glaciares en esta zona es de creciente interés para la comunidad científica. La evolución de los glaciares en la zona continental es bien conocida y documentada ([1], [15], [19], [20]) razón por la cual se considera de interés conocer la evolución de los pequeños glaciares ubicados en la parte no continental, los resultados obtenidos a futuro se los podrá contrastar por los generados en la zona por colegas argentinos ([17], [18]), y Rusos (comunicación personal) los cuales cuentan con series al momento mayores a diez años de datos.

Las mediciones se las realizará directamente en el campo sobre la red de estacas instaladas en dos sectores del glaciar Quito, levantamientos topográficos mediante la utilización de un DGPS, mediciones glaciológicas (densidad, fusión, sublimación y toma de fotografías para estimar la evolución superficial del albedo). ([8], [9]).

### 2. Metodología de medición

1. Medición del balance de masa sobre la red existente sectores Ay B. ([3], [4], [5], [6]) 2.- Mediciones de densidad y acumulación anual en los sectores Ay B. ([3], [4], [5], [6])

2. Medición de la capa de nieve acumulada a nivel diario en las cercanías de la Estación Pedro Vicente Maldonado. ([7] )
3. Medición de la evolución de la acumulación estacional de nieve y de su densidad en la superficie del glaciar. ([3] , [4] , [5] , [6] , [7])
4. Estimación de la sublimación en las cercanías de la estación Maldonado mediante la utilización de lisímetros ([10] , [11] , [12] , [13])
5. Experimentación para estimar la fusión de nieve a nivel diario mediante la utilización de una caja de fusión (actualmente en la estación Maldonado). Los protocolos para los numerales 4-7 ya han sido establecidos.([1] , [12] , [13]).
6. Mediciones topográficas para documentar los desplazamientos superficiales del glaciar en los sectores A y B (red de estacas), y documentación de la evolución del frente Glaciar. ([1] , [3] , [4] , [5] , [6] , [7])
7. Toma de fotografías del glaciar con la finalidad de documentar la evolución del segmento glaciar seleccionado.

### **3. Datos obtenidos.**

Estos fueron obtenidos durante los trabajos de campo sobre el glaciar Quito, posteriormente estos fueron procesados, obteniéndose los resultados que se muestran sobre la figura 1.

Este mapa fue generado sobre la base de una imagen Landsat, sobre la cual se colocaron las mediciones realizadas tanto sobre las estacas como sobre la parte terminal del glaciar.

La delimitación de este sobre la parte nor-este así como el desarrollo del río corresponde a la información proporcionada por el INAE

### **4. Conclusiones.**

Comparando los límites del glaciar Quito para el 2010 con los límites actuales medidos para 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016,2017, 2020 se puede decir de manera preliminar que este presenta variaciones muy pequeñas, en cuanto a su balance de masa este si ha sufrido variaciones evidentes, esto deberá ser confirmado una vez que se analicen y procesen los datos tomados durante las mediciones que se realizaron durante la expedición del presente año.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Cáceres B. Estudio de la evolución del glaciar 15 del Antisana de 1956 al 2001 utilizando fotogrametría y topografía y su relación con los eventos climáticos regionales. Revista Politécnica. Monografía de recursos minerales 2. Volumen 24,#2. Abril 2003
- [2] Cáceres B., Francou B., Favier V., Bontron G., Tachker P., Bucher R., Taupin J.D., Vuille M., Maisincho L., Delachaux E., Chazarin J.D., Cadier E., Villacís M. El glaciar 15 del Antisana investigaciones glaciológicas y su relación con el recurso hídrico. Climate Variability and Change-Hydrological impacts (Proceedings of the Fifth World Conference held at Habana, Cuba, November 2006) IAHS Publ. 308, 2006.
- [3] Cáceres B., Informe de trabajos XIV expedición ecuatoriana a la Antártida. 2011
- [4] Cáceres B., Informe de trabajos XV expedición ecuatoriana a la Antártida. 2012
- [5] Cáceres B., Informe de trabajos XVI expedición ecuatoriana a la Antártida. 2013
- [6] Cáceres B., Informe de trabajos XVII expedición ecuatoriana a la Antártida. 2014
- [7] Cáceres B., Informe de trabajos XVIII expedición ecuatoriana a la Antártida. 2015
- [8] Cogley, J.G. (2010): Mass-balance terms revisited. *Journal of Glaciology*, 56 (200): 997-1001.
- [9] Cogley, J.G., Hock, R., Rasmussen, L.A., Arendt, A.A., Bauder, A., Braithwaite, R.J., Jansson, P., Kaser, G., Möller, M., Nicholson, L. and Zemp, M. (2011): Glossary of Glacier
- [10] Dumont M., Brissaud O., Picard G., Schmitt B., Gallet J.-C., and Arnaud Y. High-accuracy measurements of snow Bidirectional Reflectance Distribution Function at visible and NIR wavelengths – comparison with modelling results. Received: 13 July 2009 – Published in *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*: 16 September 2009 Revised: 12 February 2010 – Accepted: 8 March 2010 – Published: 11 March 2010.
- [11] Dumont M., Sirguey P., Arnaud Y., and Six D. Monitoring spatial and temporal variations of surface albedo on Saint Sorlin Glacier (French Alps) using terrestrial photography. Received: 23 November 2010 – Published in *The Cryosphere Discuss.*: 20 January 2011. Revised: 5 September 2011 – Accepted: 21 September 2011 – Published: 27 September 2011
- [12] Favier V., Agosta C., Genthon C., Arnaud L., Trouvillez A., and Gallée H. Modeling the mass and surface heat budgets in a coastal blue ice area of Adelie Land, Antarctica. Received 29 November 2010; revised 20 May 2011; accepted 1 June 2011; published 26 August 2011. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 116, F03017, doi:10.1029/2010JF001939, 2011
- [13] Favier V., Wagnon P., Chazarin J.-P., Maisincho L., Coudrain A. One-year measurements of surface heat budget on the ablation zone of Antisana Glacier 15, Ecuadorian Andes. Received 17 November 2003; revised 4 April 2004; accepted 15 April 2004; published 17 September 2004. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 109, D18105, doi:10.1029/2003JD004359, 2004.

6. Figuras.

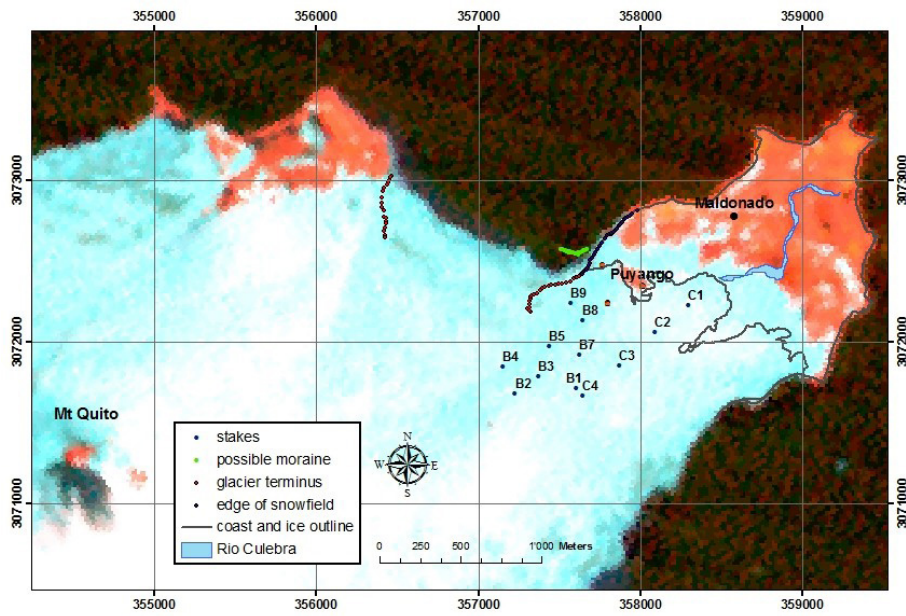


Figura 1. Ubicación de las balizas de ablación sobre el sector B y C

## **Análisis de condiciones meteorológicas para la generación de pronósticos del estado del tiempo como herramienta de apoyo para el sistema de alertas tempranas ante eventos climáticos extremos**

*“Analysis of meteorological conditions for the generation of weather alerts as a support tool for the early warning system in the event of extreme weather events”*

Jacipt Alexander Ramón Valencia<sup>1</sup>, Derly Estefany Vera Mogollón <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Pamplona (Colombia), [jacipt@unipamplona.edu.co](mailto:jacipt@unipamplona.edu.co)

### **Resumen**

El pronóstico meteorológico estima el comportamiento de las condiciones atmosféricas, proporciona información para planificarse y prepararse. Para la estimación del estado del tiempo se tienen en cuenta datos proporcionados por la red de monitoreo hidrometeorológico del proyecto SATC, adicionalmente se verifica la información con el análisis de imágenes satelitales, observación de la atmosfera actual y comportamiento histórico. Una vez realizado el boletín meteorológico diario, compuesto por el pronóstico del tiempo para la parte alta, media y baja de las cuencas del departamento Norte de Santander se compara con los modelos numéricos WRF y GFS generados por el IDEAM. En un Sistema de Alerta Temprana, los pronósticos son fundamentales ya que una variación del estado del tiempo está relacionada con procesos naturales, los pronósticos se fundamentan en generar información válida para Consejos Municipales para la Gestión del Riesgo de Desastres, entidades competentes, empresas, investigadores, sector agropecuario y comunidad en general

**Palabras clave:** Atmósfera; Boletín; Comportamiento; Red meteorológica; Satélite.

### **Abstract**

The weather forecast estimates the behavior of atmospheric conditions, provides information to plan and prepare. To estimate the weather, data provided by the SATC project's hydrometeorological monitoring network are taken into account. Additionally, the information is verified with the analysis of satellite images, observation of the current atmosphere and historical behavior. Once the daily meteorological bulletin, made up of the weather forecast for the upper, middle and lower parts of the basins of the Norte de Santander department, is compared with the WRF and GFS numerical models generated by IDEAM. In an Early Warning System, forecasts are fundamental since a variation of the weather is related to natural processes, forecasts are based on generating valid information for Municipal Councils for Disaster Risk Management, competent entities, companies, researchers, agricultural sector and community in general

**Keywords.** Atmosphere; Bulletin; Behavior; Weather red; satellite

### **Introducción**

Una de las principales razones para observar el tiempo es obtener datos y hacer previsiones meteorológicas. Un Sistema de Alerta Temprana, consiste en la transmisión rápida de datos que active mecanismos de alarma en una población previamente organizada y capacitada para reaccionar de manera temprana y oportuna. El suministro de información oportuna se realiza por medio de las instituciones encargadas, lo que permite a las personas expuestas a la amenaza tomar acciones para reducir el riesgo y prepararse para una respuesta efectiva (Domínguez & Lozano, 2014), es por ello que los pronósticos son fundamentales, ya que una variación del estado del tiempo puede estar relacionada con procesos naturales,



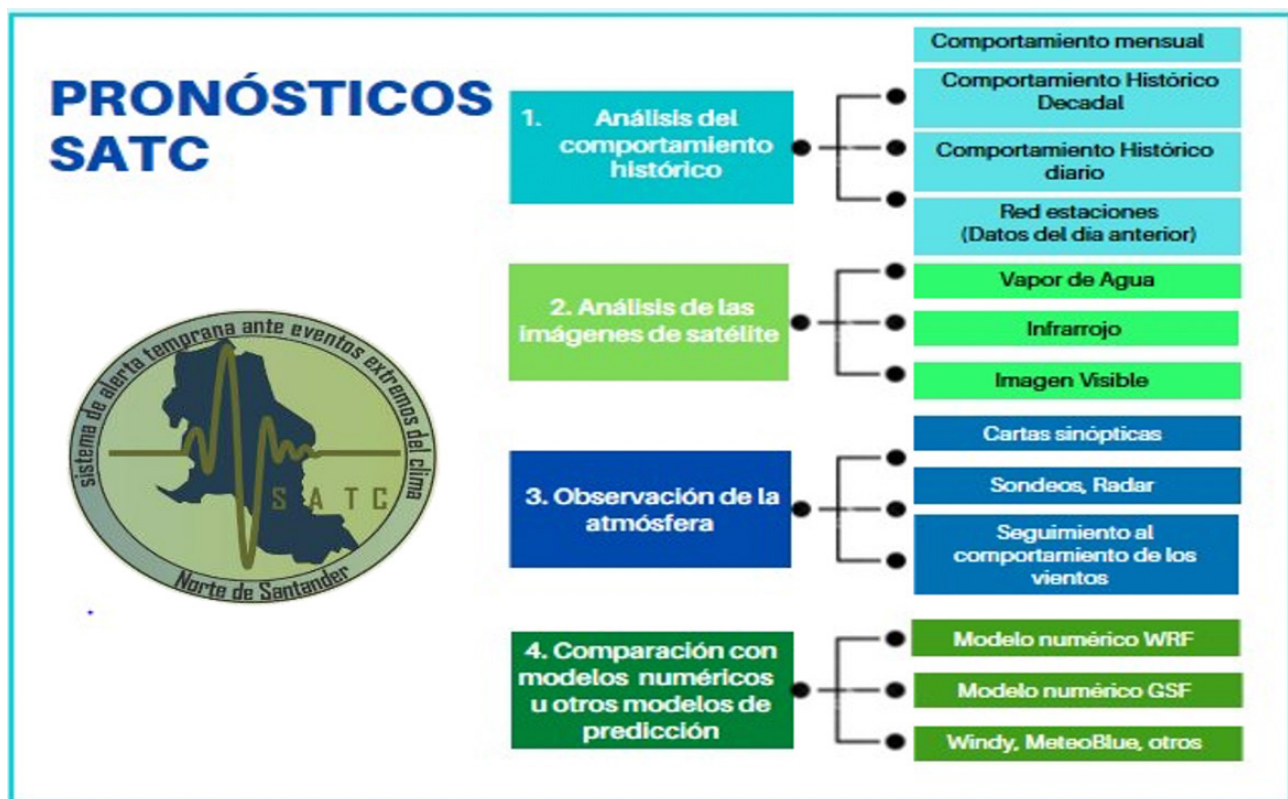
De acuerdo a lo anterior es indispensable contar con sistemas de monitoreo permanente que permita tener información en tiempo real para alertar de manera oportuna a la comunidad sobre la posibilidad de ocurrencia de un evento que pueda causar daño, para lo cual es indispensable el monitoreo, el pronóstico, la generación de alertas y la puesta en marcha de los planes Municipales de Gestión del Riesgo. (Alzate Velásquez & Ramón Valencia, 2016).

Para la estimación del estado del tiempo y comunicación a través del boletín meteorológico diario se tienen en cuenta datos proporcionados por la red de monitoreo hidrometeorológico del proyecto SATC, adicionalmente se verifica la información con el análisis de imágenes satelitales, observación de la atmosfera actual y comportamiento histórico. Una vez realizado el boletín meteorológico diario, compuesto por el pronóstico del tiempo para la parte alta, media y baja de las cuencas del departamento Norte de Santander se compara con los modelos numéricos WRF y GFS generados por el IDEAM y se desarrolla la correspondiente difusión. Finalmente se compara lo pronosticado con las condiciones meteorológicas reales presentadas para determinado día, determinando entonces la validez, certeza y confiabilidad de los pronósticos generados.

### Metodología

Actualmente existen diferentes métodos para realizar un pronóstico, el método que un pronosticador utilice depende básicamente de su experiencia, la cantidad de información disponible, el nivel de dificultad que presenta la situación y el grado de exactitud o confianza necesaria en el pronóstico. Los pronósticos del tiempo son muy valiosos y se elaboran con diversas técnicas y métodos, implementando el uso de datos de diversos tipos. En la figura 1 se muestra la metodología para el desarrollo de pronósticos planteada por los autores del proyecto, posteriormente se evidencia la explicación de cada etapa planteada.

**Figura 1.** Metodología para el desarrollo de pronósticos Proyecto SATC. Fuente. Vera M, 2020.



**Comportamiento mensual, histórico decadal e histórico diario:** Es necesario llevar a cabo el análisis del patrón general del comportamiento de la precipitación y temperatura, teniendo en cuenta que a nivel regional se presentan grandes desviaciones respecto a este comportamiento. Para el análisis de la distribución espacial, temporal y el comportamiento mensual, histórico decadal e histórico diario de las precipitaciones y temperaturas, es necesario tener en cuenta datos históricos y estudios desarrollados por el IDEAM.

Adicionalmente a lo nombrado anteriormente se desarrolla una síntesis de condiciones meteorológicas presentadas en el día anterior, este seguimiento se realiza a los datos obtenidos con las estaciones meteorológicas del Proyecto SATC, teniendo en cuenta a) Precipitación, b) Temperatura Máxima, c) Temperatura Media, d) Temperatura Mínima

En la etapa 2 se desarrolla análisis de Imagen satelital/Vapor de agua, representativas de la humedad de la media y alta tropósfera, análisis de imágenes infrarrojas y análisis de imágenes visibles para identificar la nubosidad baja que no se puede ver ni en las imágenes infrarrojas ni en las de vapor de agua. Por su parte la etapa 3, observación de la atmósfera actual consiste en la variación de la variación atmosférica ya que estas variaciones están estructuralmente ligadas a las perturbaciones atmosféricas y la verificación de la velocidad y dirección del viento en las estaciones automáticas instaladas en los municipios y en plataformas disponibles, adicionalmente se revisan cartas sinópticas e imágenes de radas disponibles.

En Colombia el IDEAM corre de forma experimental 2 modelos de mesoescala: el modelo WRF y el modelo MM5. El WRF (Weather Research and Forecasting) que permite resolver los procesos con pasos de tiempo más rápido agilizando la entrega de los resultados y en general su presentación final. El principal insumo de estos modelos son los datos iniciales que suministra el modelo de baja resolución de la NOAA conocido como GFS (Global Forecast System). Por ello surge la necesidad de ajustar este resultado tan grueso con WRF y/o MM5 teniendo en cuenta tanto aspectos topográficos como información provenientes de estaciones meteorológicas. (IDEAM, S.f.).

Los resultados de los modelos de predicción numérica del tiempo también se utilizan en la etapa 4 para evaluar el estado de la atmósfera y lo que ocurrirá. Toda esta información se combina con los boletines meteorológicos, basados en el conocimiento meteorológico, y en estos momentos se realizan estos pronósticos pero a grandes escalas Adicionalmente se hace revisión de meteogramas. Finalmente se realiza el boletín meteorológico diario y se hace la correspondiente difusión.

## Resultados

Con la metodología implementada se han generado pronósticos del estado del tiempo acertados de acuerdo a la comparación realizada entre las condiciones atmosféricas presentadas y el pronóstico desarrollado para un día determinado, utilizando información generada por entidades territoriales y que están al alcance de los usuarios.

De acuerdo a las observaciones diarias realizadas se observa la variabilidad del comportamiento de la atmósfera en las diferentes partes de las cuencas analizadas (Parte Alta, media y baja) evidenciando la presencia de microclimas variados.

En un Sistema de Alerta Temprana, los pronósticos son fundamentales ya que una variación del estado del tiempo está relacionada con fenómenos naturales, los pronósticos se fundamentan en generar información válida para Consejos Municipales para la Gestión del Riesgo de Desastres, entidades competentes, empresas, investigadores, sector agropecuario y comunidad en general

## Conclusiones

Con el constante monitoreo de los parámetros climatológicos: temperatura, precipitación, presión, velocidad y dirección del viento, punto de rocío, brillo solar se ha podido observar la variación meteorológica presentada en las cuencas de estudio, puesto que la parte alta, media y baja de las cuencas presentan comportamientos diferentes.

Con el seguimiento diario de las variables meteorológicas se evidenció que para el año 2020, las variables estudiadas no necesariamente siguen los patrones climatológicos e históricos (Precipitación total mensual, Número de días con lluvia, Temperatura Mínima, Temperatura media, Temperatura máxima y Comportamiento decadal) establecidos para cada municipio.

Con la difusión diaria de los pronósticos del estado del tiempo, se ha llegado a la academia, sectores de producción agropecuaria, empresas prestadoras de servicios públicos, Consejos Municipales para la Gestión del Riesgo de desastres y comunidad en general del departamento Norte de Santander; así mismo se evidencia la aplicación del pronóstico generado en las labores desempeñadas por los actores mencionados anteriormente.

El desarrollo de estimaciones acertadas del tiempo y la inclusión de estos en los sistemas de alerta temprana ha conllevado a ser pioneros en el desarrollo de estrategias que permiten que las comunidades estén más preparadas ante la ocurrencia de procesos naturales (inundaciones, sequías, entre otras), apoyando las estrategias de respuesta planteadas por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres en el año 2013.

## Referencias

- Alzate Velásquez , D. F., Ramón Valencia , J. A., & Ramón Valencia , J. D. (2016). Sistema de alerta temprana ante eventos climáticos extremos como medida adaptación y mitigación al cambio climático. Artículo Seleccionado del CADI, 126-134.
- Domínguez, E., & Lozano, S. (2014). Estado del Arte de los Sistemas de alerta temprana en Colombia. Ciencias de la tierra, pp. 321-332. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v38n148/v38n148a07.pdf>
- IDEAM. (S,f). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacionciudadana/glosario>
- UNGRD. (2013). Guía Metodológica para la Elaboración de la Estrategia de Respuesta Municipal “Preparación para el Manejo de Emergencias y Desastres”. Bogotá.
- Obtenido de [http://cedir.gestiondelriesgo.gov.co/dvd/archivospdf/Guia\\_metodologica\\_para\\_la\\_Estrategia\\_de\\_Respuesta\\_Municipal.pdf](http://cedir.gestiondelriesgo.gov.co/dvd/archivospdf/Guia_metodologica_para_la_Estrategia_de_Respuesta_Municipal.pdf)

# Cambio Climático y Biodiversidad en Campus Universitarios en Reino Unido

Victor Molina-Dueñas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Ambato, [vh.molina@uta.edu.ec](mailto:vh.molina@uta.edu.ec)

## Resumen

El cambio climático y la pérdida de biodiversidad se experimenta a escala global. En 2015 las Naciones Unidas invitaron a gobiernos, organizaciones e individuos a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En este contexto, las universidades son identificadas como actores clave para promover desarrollo sostenible en estudiantes, en proceso de convertirse en profesionales y potencialmente futuros líderes de sus comunidades.

Este ensayo analiza estrategias implementadas por universidades del Reino Unido para preservar/mejorar la biodiversidad en los campus universitarios con el fin de promover la sostenibilidad, y la consecución de los ODS.

Palabras clave: Biodiversidad, Cambio Climático, Sostenibilidad, Universidad.

## Abstract

Climate change and biodiversity loss is experienced at the global scale. In 2015, the United Nations invited governments, organizations and individuals to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs) by 2030.

In this context, universities are identified as key players in promoting sustainable development among students, who are in the process of becoming professional practitioners, and potentially future leaders of their communities.

This essay discusses strategies implemented by UK universities to preserve/improve biodiversity on university campuses to promote sustainability as well as to achieve SDGs.

Keywords: Biodiversity, Climate Change, Sustainability, University.

## Introducción

A nivel mundial, la sostenibilidad ambiental es una preocupación debido a los efectos del crecimiento de la población, la industrialización, el cambio climático, el agotamiento de los recursos naturales, la pérdida de diversidad biológica, entre otros factores.

Si bien algunas de estas cuestiones han estado presentes a lo largo de la historia natural y humana, es el nivel de complejidad alcanzado cuando interactúan a escala global lo que preocupa a la generación actual. Además, desde la década de 1960, las tecnologías de la información y la radiodifusión de los medios de comunicación han permitido la cobertura mediática de los desastres ambientales, en particular los causados por la acción humana, casi en tiempo real en todo el mundo; han sensibilizado a los ciudadanos, alimentando el surgimiento de movimientos de base ambiental, reclamando un cambio, en diferentes latitudes.

En respuesta, a nivel internacional, se están promoviendo programas de medio ambiente y sostenibilidad entre los gobiernos de todo el mundo desde la década de 1970, incluyendo informes mundiales, conferencias y programas promovidos por las Naciones Unidas, como el Informe Brundtland 1987, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano de 1992, la Convención sobre la Diversidad Biológica de 1993, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, y la Plataforma Intergubernamental de las Naciones Unidas sobre ciencia y políticas sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas (IPBES).

El enfoque especial de esta investigación es el ODS 15 Vida de Ecosistemas Terrestres y el papel que las universidades están desempeñando con respecto a la biodiversidad dentro de su propio entorno construido o Campus Universitario.

## Metodología

Caso de estudio fue seleccionado como método de investigación, principalmente debido a su relevancia contextual y potencial transformador. En cuanto al potencial transformador, un enfoque de estudio de caso, como lo afirma Corcoran, Walker y Wals (2004), podría ayudar a “mejorar la propia práctica institucional o la propia” (p.18). Sin embargo, si la transferibilidad y la contribución a la práctica institucional en otros lugares es el propósito, continúa Corcoran, et al. (2004), entonces la investigación tiene que ser llevada a cabo, documentada y compartida de acuerdo con la transferibilidad esperada.

## Resultados

Los resultados se presentan en dos ámbitos definidos: El papel de las universidades en la promoción de los valores y estilos de vida de la sostenibilidad, y Biodiversidad en campus universitarios en Reino Unido.

El papel de las universidades en la promoción de los valores y estilos de vida de la sostenibilidad. Teniendo en cuenta la complejidad y la interdependencia de los ODS, y con el fin de hacer frente a los desafíos del desarrollo sostenible, la UNESCO (2015) identifica el papel clave de la ciencia y las universidades en la búsqueda de soluciones y tecnologías innovadoras para las cuestiones globales, así como en la preparación de profesionales para la implementación de esas soluciones a nivel local. La visión de la UNESCO de 2030 sobre el papel de las universidades ha sido respaldada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), pero sumando a los problemas ambientales actuales, los cambios sociales como “las sociedades envejecidas, la epidemia de obesidad, la migración masiva, el extremismo, los conflictos, etc.” (OCDE, 2017, p.9), todos ellos tienen un impacto a nivel mundial.

Las universidades de todo el mundo llegarán a 262 millones de estudiantes en 2025, según la UNESCO (2015). Sin embargo, no es sólo la población estudiantil, sino el hecho de que “más que nunca, la gente está convencida hoy en día de que los conocimientos y las habilidades obtenidas en las universidades son cruciales para el bienestar personal, así como para la salud social y económica de las ciudades, naciones y regiones”. (UNESCO, 2015, p.3), creando la oportunidad de diseñar “nuevos programas de posgrado y pregrado (...) para enseñar a los solucionadores de problemas mundiales del mañana cómo trabajar en todas las disciplinas, escalas y geografías” (UNESCO, 2015, p.10). Se requiere un enfoque académico para hacer frente a los desafíos de los ODS. En ese sentido, El-Jardali, Ataya y Fadlallah. (2018) alegan que no sólo se requiere innovación en materia de políticas públicas a nivel nacional y local en los Estados miembros, sino también la participación de las universidades para alcanzar los Objetivos de desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Biodiversidad en Campus en Reino Unido. El alcance de la influencia de las universidades del Reino Unido se puede medir en términos globales desde el número de estudiantes en las universidades del Reino Unido, en el año escolar 2016-17, representa alrededor de 2'564.470 estudiantes (Universities UK, 2018, p.7), incluidos 665.995 estudiantes extranjeros matriculados en programas universitarios transnacionales en el año escolar 2014-15 (Universities UK, 2016, p.20-22), en 181 países diferentes en todas las regiones globales (p.31).

- El potencial de difusión de la experiencia de las universidades del Reino Unido en el tratamiento de los BSAP, mediante el compromiso expresado por el Secretario de Estado para el Medio Ambiente y para Asuntos Exteriores y del Commonwealth en el Plan de Acción sobre la Diversidad Biológica del Reino Unido (UK JNCC, 1994).

- La experiencia de las Universidades del Reino Unido en el tratamiento de los BSAP podría ser de gran valor para las universidades de todo el mundo que están interesadas en proteger la biodiversidad en el campus, especialmente en los países que poseen puntos críticos de biodiversidad, como es el caso del Ecuador.

Para el investigador, está claro que el foco de preocupación en las universidades es el cambio climático. Sin embargo, todavía se considera que vale la pena explorar la mejora de la biodiversidad en los campus universitarios.

Al analizar las estrategias universitarias hacia la sostenibilidad, es importante evaluar si tales estrategias no se emplean principalmente para aprovechar la marca comercial de la universidad a través de tácticas de marketing, como ha explicado Selby, Jones y Kagawa (2009), y Salvioni, Franzoni y Cassano (2017). Cuando la estrategia implementada hacia la sostenibilidad aporta más beneficios a la marca comercial en lugar de los indicadores de sostenibilidad, se llama lavado verde o greenwashing, y algunos casos han sido estudiados por Jones (2012) en el Reino Unido.

## Conclusiones

El estudio concluye que las universidades del Reino Unido abordan de manera desigual diversos patrones de impacto de cambio climático, degradación ambiental y pérdida de biodiversidad dentro de los límites de sus campus universitarios, en respuesta a los ODS, y en particular al ODS 15: Vida de los Ecosistemas Terrestres.

## Referencias

- Corcoran, P. B., Walker, K. & Wals, A. (2004). Case Studies, Make-Your-Case Studies, And Case Stories: A Critique Of Case-Study Methodology In Sustainability In Higher Education, *Environmental Education Research*, 10(1), 7-21.
- Jones, D. R. (2012). Looking Through The “Greenwashing Glass Cage” Of The Green League Table Towards The Sustainability Challenge For UK Universities. *Journal of Organizational Change Management*, 25(4), 630-647.
- Salvioni, D. M., Franzoni, S., & Cassano, R. (2017). Sustainability in the higher education system: An opportunity to improve quality and image. *Sustainability*, 9(6), 914. 1-27.
- Selby, D., Jones, P., & Kagawa, F. (2009). Sustainability promotion and branding: Messaging challenges and possibilities for higher education institutions. *Sustainability*, 1(3), 537-555.
- UNESCO. (2015). UNESCO Science Report: towards 2030. Baseline Arts Ltd. Oxford, United Kingdom. Retrieved from UNESCO website <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235406>
- OCDE (2017). Benchmarking higher education system performance: Conceptual framework and data. Enhancing Higher Education System Performance, OECD Paris. Retrieved from <https://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/Benchmarking%20Report.pdf>
- U.K. Joint Nature Conservation Committee (1994). Biodiversity: The UK Action Plan. London. Retrieved from U.K. Joint Nature Conservation Committee website [http://archive.jncc.gov.uk/PDF/UKBAP\\_Action-Plan-1994.pdf](http://archive.jncc.gov.uk/PDF/UKBAP_Action-Plan-1994.pdf)
- Universities UK. (2018). Where is UK Higher Education Transnational Education. Retrieved from Universities UK website <https://www.universitiesuk.ac.uk/International/heglobal/Pages/where-is-uk-he-tneTNE.aspx>

Universities UK. (2016). The Scale and Scope of UK Higher Education Transnational Education. Retrieved from Universities UK website <http://heglobal.international.ac.uk/media/3780659/Scale-and-Scope-of-UK-HE-TNE-Report.pdf>

