

Las predicciones sobre los riesgos geoambientales del cambio climático en Tucumán y su aplicación en las acciones preventivas de adaptación

Sayago, Florencia¹; Sayago, José Manuel²

¹ Cátedra de Biología Legal. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán. Mendoza 3493, (4000) San Miguel de Tucumán. florenciasayago@yahoo.com.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Instituto de Geociencias y Medio Ambiente (INGEMA) Universidad Nacional de Tucumán. Lucio V. Mansilla 480, (4000) San Miguel de Tucumán. jmsayago@arnet.com.ar

► **Resumen** — La Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático obliga a tomar medidas para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos. Un obstáculo para su planificación es la incertidumbre sobre los futuros efectos regionales. El Panel Internacional de Cambio Climático calcula un incremento térmico global de entre 1,5°C - 6,5°C para el presente siglo, con marcada dispersión espacial. En Tucumán, los modelos predictivos basados en la periodicidad paleoclimática determinaron dos escenarios extremos: uno de condiciones más húmedas y otro de marcada aridez. En cada uno se valora el tipo e intensidad de los riesgos a nivel unidad geomorfológica o uso del suelo, entre otros, inundación fluvial, aluvionamiento, erosión, remoción en masa, elevación de napas, (condiciones húmedas); disminución de agua superficial, salinización, erosión eólica, aumento de heladas (condiciones secas). Frente a la incertidumbre sobre los efectos regionales, los principios jurídicos de "prevención" y de "precaución" orientan la actuación de la Administración Pública mediante medidas de: a) previsión, b) prevención, c) planificación, y d) intervención tomando como mínimo dos líneas de actuación: un posible escenario de condiciones húmedas, y un escenario de condiciones áridas.

Palabras clave: Cambio climático. Administración Pública. Riesgo ambiental.

► **Abstract** — "Predictions on climate change geoenvironmental risks in Tucumán and its application in preventive actions of adaptation". According to the United Nations Framework Convention on Climate Change, the Parties should take precautionary measures to anticipate, prevent or minimize the causes of climate change and mitigate its adverse effects. Uncertainty on the future regional effects of climate change is an obstacle for its planning. The International Panel of Climate Change establish the probability of a global increase in temperature between 1,5°C and 6,5°C for the present century, with marked spatial dispersion. In Tucumán, the predictive models based on paleoclimatic periodicity have determined two extreme scenarios: one of more humid conditions, and another one of marked aridity. In each scenario, type and intensity of different risks are evaluated in each geomorphological unit. By means of two matrixes, the impact of flooding, siltation, rainfall erosion, land sliding, water table rise, etc. under humid conditions, and fresh water shortage, soil salinization, wind erosion, frost increase, under dry conditions are evaluated. The «prevention» as well as «precautionary» principles guide Public Administration in order to adopt measures of: a) prediction, b) prevention, c) planning, and d) intervention, considering at least two lines of action: a possible scenario of humid conditions, and one of arid conditions.

Keywords: Climate change, public administration, environmental hazard.

INTRODUCCIÓN

Si bien existen numerosos instrumentos internacionales que regulan cuestiones ambientales vinculadas al cambio climático, tales como el Convenio de Basilea sobre el

control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (ratificado por Ley Nacional N° 23.922, del año 1991), el Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundado previo, aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto del comercio internacional (ratificado por Ley Nacio-

nal N° 25.278, del año 2000), el Convenio de Estocolmo sobre Reducción y Eliminación de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) (ratificado por Ley Nacional N° 26.011, del año 2005), la Convención de Viena para la protección de la capa estratosférica de Ozono (ratificado por Ley N° 23.724 del año 1989), o el Protocolo de Montreal (ratificado por Ley Nacional N° 23.778, del año 1990), sin duda alguna el instrumento central de toda la producción regulatoria es la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), ratificado por Ley Nacional N° 24.295, en 1993.

La Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (artículo 31. United Nations. 1984. Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. FCCC/INFORMAL/84. GE.05-62301 (S) 220705 220705. 01 - 27) establece que «las Partes deberían proteger el sistema climático de conformidad con sus responsabilidades comunes, pero diferenciadas y sus respectivas capacidades». Si bien Argentina es signataria de la Convención, no es un país del Anexo I, por ende no está obligada a una reducción cuantificada de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, sí se encuentra comprendida en las obligaciones generales de todas las Partes, entre ellas la que establece el artículo 3 de la Convención: «las Partes deberían tomar medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos». En el artículo 4.1.b) las Partes se comprometen a «formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, tomando en cuenta las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático».

Es decir, las autoridades nacionales (y provinciales, en virtud de la naturaleza federal del Estado argentino) deben considerar

políticas, estrategias y acciones de mitigación (reducción de emisiones y aumento de los sumideros de gases de efecto invernadero) y adaptación del cambio climático en su agenda pública.

En el presente trabajo nos centraremos en la adaptación al cambio climático por dos razones: en primer lugar, porque la estabilización planetaria de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero está lejos de alcanzarse, lo cual torna indispensable prever la adaptación a los cambios que, inevitablemente, se producirán. En segundo lugar, porque nuestra propuesta metodológica aspira a ser una herramienta de identificación y predicción de riesgos a escala local, entendiendo que la actuación adaptativa de la Administración Pública a nivel provincial o municipal es prioritaria, mientras que las políticas de mitigación son debatidas y coordinadas a nivel internacional.

EL PROBLEMA DE LA INCERTIDUMBRE

El primer paso (al igual que en cualquier otra política pública sectorial) es la planificación, la cual, por otro lado, no puede ser un eje en sí misma, sino que debe insertarse en las estrategias nacionales y regionales de desarrollo (Barros y Kulloc, 2006). El Marco de Adaptación de Cancún (United Nations. 2010. Cancún Adaptation Framework. FCCC/CP/2010/7/Addendum1. 1-31), aprobado por la COP16 recomienda las siguientes acciones y medidas de adaptación:

- a) Planificación, a nivel de estrategias, programas, planes y proyectos.
- b) Evaluación de Impacto, Vulnerabilidad y Adaptación, incluyendo la evaluación de necesidades financieras y económicas, sociales y ambientales de todas las opciones de adaptación.
- c) Fortalecimiento institucional.
- d) Desarrollo de la resiliencia de los sistemas socio económicos y ecológicos a través de la diversificación económica y el manejo sustentable de los recursos naturales.
- e) Adopción de estrategias de reducción de desastres, tomando en consideración el

Marco para la Acción de Hyogo. (United Nations, 2005. Hyogo Framework for Action 2005–2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters (A/CONF.206/6.)

f) Adopción de medidas para la comprensión, coordinación y cooperación con respecto a los refugiados climáticos.

g) Investigación y transferencia de tecnología, prácticas y procesos, y construcción de capacidades en adaptación.

h) Fortalecimiento de los sistemas de información, educación y concientización.

i) Mejoramiento de la investigación, observación, registro y modelización de datos sobre el clima.

En materia de cambio climático, la planificación tiene estrecha relación con el problema de la incertidumbre. Las actuales predicciones sobre cambios globales de temperatura y precipitación, efectuados por los centros de investigación de mayor prestigio, se basan, en general, en modelos de simulación combinados con las actuales observaciones climáticas. Al respecto, las predicciones relativas al incremento de temperatura global con una duplicación de las emisiones de CO₂ muestran un cuasi lineal crecimiento anual de aproximadamente un 1% que alcanzaría en este siglo entre 1,5 - 6,5°C (IPCC, 2007), lo cual asigna a las predicciones un carácter aleatorio de cara al futuro. En cuanto a las precipitaciones, como expresa Pierrehumbert (2002), el clima es un *pas des deux* entre el dióxido de carbono y el agua. Así, los cambios espaciales en la distribución de la precipitación (pluvial y nival) derivados del calentamiento global constituyen uno de los problemas más complejos a resolver. Los modelos más confiables expresan en síntesis que habrá un fuerte incremento de las precipitaciones cerca del Ecuador, alguna reducción en las regiones de subsidencia subtropical y un consistente incremento en las latitudes medias (Allen e Ingram, 2002). En tal sentido, la región tucumana se caracteriza por una marcada variabilidad multianual en el régimen pluvial (Sayago y Collantes, 2009), representada por periodos húmedos que generan flujos to-

rrenciales, aluviones o movimientos en masa en las áreas montanas e inundaciones y elevación de napas en la llanura, mientras que durante los intervalos áridos se produce una reducción en la disponibilidad de agua para consumo humano y riego. En la Figura 1 se comprueba la irregularidad temporal de las precipitaciones, sumado a la distorsión de los ritmos climáticos naturales por influencia del efecto invernadero, confirmando la dificultad para predecir el comportamiento climático futuro y sus efectos sobre el paisaje y los asentamientos humanos.

Si bien la incertidumbre de las predicciones climáticas (al nivel actual del conocimiento científico) dificulta establecer la responsabilidad administrativa ante situaciones de catástrofe, los principios jurídico-ambientales de prevención («Las causas y las fuentes de los problemas ambientales se atenderán en forma prioritaria e integrada, tratando de prevenir los efectos negativos que sobre el ambiente se pueden producir»). Ley Nacional N° 25.675, del año 2002, artículo 4° (Legislación Argentina 2002 – D - 4836), y de precaución, enunciado en el artículo 3° de la Convención Marco, el cual prescribe que «cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, no debería utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas, tomando en cuenta que las políticas y medidas para hacer frente al cambio climático deberían ser eficaces en función de los costos a fin de asegurar beneficios mundiales al menor costo posible» (United Nations. 1984. Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. FCCC/INFORMAL/84. GE.05-62301 (S) 220705 220705. 01 - 27), nos indican que existe una obligación de actuación por parte de las autoridades con respecto a los riesgos naturales pronosticados por los expertos.

El principio de precaución orienta la decisión de las autoridades públicas en el momento presente frente a la incertidumbre de futuro (Bestani, 2011). Es un principio categórico: la incertidumbre no exime a las autoridades de la obligación de actuar. En cuanto al principio de prevención, entende-

mos que obliga a la Administración Pública a incorporar las dimensiones espaciales y temporales del Cambio Climático adoptando medidas de: a) previsión, b) prevención, c) planificación y d) intervención, con respecto a los riesgos naturales pronosticados por los expertos (Sayago y Sayago, 2008).

PROPUESTA METODOLÓGICA FRENTE A LA INCERTIDUMBRE

Una de las mayores limitaciones para la construcción de modelos predictivos sobre cambios en el clima regional es la corta extensión temporal de los registros instrumentales modernos, los cuales cubren normalmente una centuria o menos y «mezclan» las respuestas naturales del clima con las antropogénicas. Por el contrario, «la visión del pasado provee el reconocimiento y la comprensión de que el cambio climático es el efecto acumulado de mecanismos causales que operan sobre cortas y largas escalas tem-

porales» (Global Environmental Change, 1999). Estos conceptos explican con claridad la importancia creciente asignada a las reconstrucciones paleoclimáticas, como expresión de condiciones paleoambientales que dominaron en el pasado en cada región y ante la gran incertidumbre de los actuales modelos predictivos globales pueden constituir una aproximación válida de cara al futuro. Los trabajos seminales de Schumm (1977) a través de conceptos como «*postdiction*», «*explanation*» y «*prediction*» explican cómo los procesos modernos que proveen una interpretación del presente pueden ser usados, por analogía, para desarrollar modelos del pasado y del futuro. Así, los procesos generados por los climas del pasado (cercano y lejano), desde eventos de fuerte impacto social y económico como los detectados en las últimas décadas en la región, hasta fenómenos de carácter catastrófico, que en el pasado provocaron la migración de comunidades humanas o produjeron la

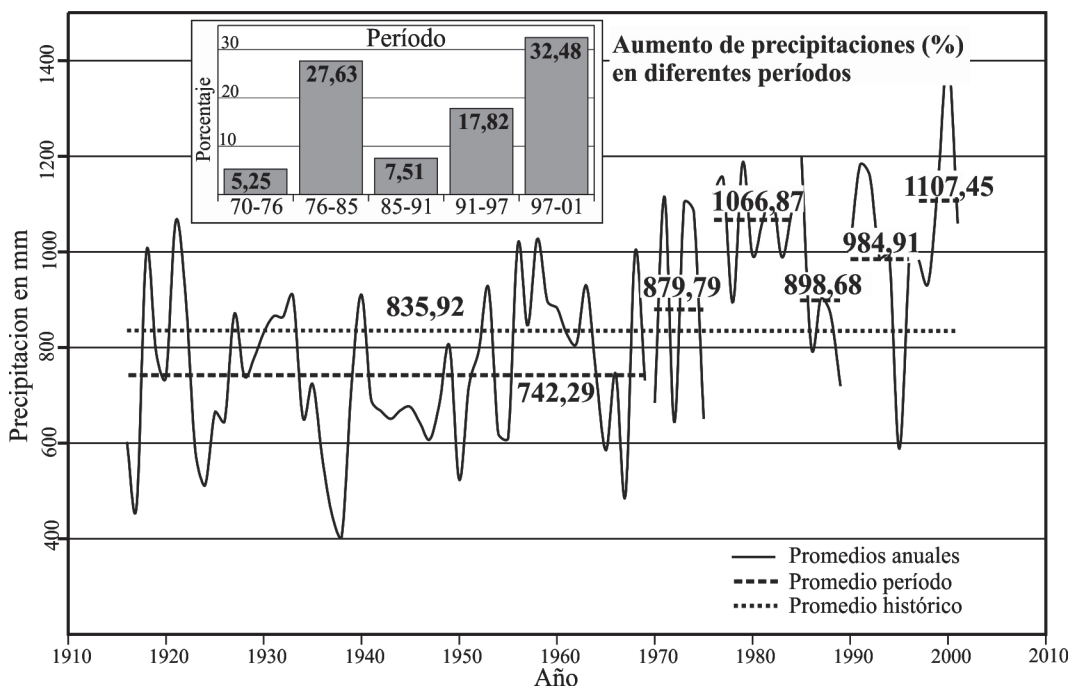


Figura 1. Ciclicidad pluviométrica en la provincia de Tucumán durante el siglo XX. Obsérvese el marcado aumento pluvial durante las últimas tres décadas (modificado de Sayago y Collantes, 2009).

aparición de importantes biomas durante el último milenio, González (1999) y Caria y Garralla (2003) reflejan los posibles extremos de variabilidad climática regional. Los procesos que se analizan son de origen natural, aunque potenciados por la acción antrópica, fundamentalmente en la última centuria y en el último milenio que han actuado sobre las ocupaciones humanas, infraestructuras o directamente sobre las personas. La metodología desarrollada por Sayago y Collantes (2009) en el área metropolitana de Tucumán (figura 2) se fundamenta en la sectorización del espacio rural, urbano o suburbano en unidades caracterizadas por la recurrencia de elementos endógenos (relieve, suelo, cuenca fluvial, ocupación de la tierra, espacio antropizado, infraestructura) que le asignan homogeneidad geográfica, cuya complejidad está dada por el nivel de la información incorporada. En esta primera aproximación los extremos de cambio climático/paleoclimático (árido y húmedo) constituyen los dos escenarios en los que se valoran el tipo e intensidad de los riesgos futuros a nivel de unidad de relieve y tipo de uso de suelo (Sayago y Collantes, 2009). Un escenario caracterizado por condiciones definitivamente más húmedas (Tabla 1) y uno con marcada aridez (Tabla 2), generado por severas y recurrentes sequías. Las matrices de valoración integran el tipo e intensidad de amenazas geoambientales detectadas en cada unidad geomorfológica basados en relevamientos efectuados a tal efecto y antecedentes de la literatura científica regional. Adicionalmente, han podido determinarse diversas amenazas geoambientales a nivel provincial, en el flanco oriental de los cordones preandinos y la llanura chaqueña oriental (Sayago y Collantes, 2006), evaluándose la amenaza de inundación fluvial, aluvionamiento, erosión, remoción en masa, elevación de napas, bajo un escenario de condiciones húmedas y otro definitivamente árido caracterizado, entre otros, por la disminución de agua para consumo y riego, la salinización de suelos, la erosión eólica o el aumento de heladas.

FAZ OPERATIVA DE LA ADAPTACIÓN

En el plano operativo, el Marco de Políticas de Adaptación (Adaptation Policy Framework, APF) del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) propone una metodología compuesta por cinco componentes (González, Di Pietro, Argerich, González y Castillo Marín, 2011):

- Componente 1: La evaluación del alcance y el diseño del proyecto de adaptación.
- Componente 2: La evaluación de la vulnerabilidad actual.
- Componente 3: La evaluación de los riesgos climáticos futuros.
- Componente 4: La formulación de una estrategia de adaptación.
- Componente 5: La continuación del proceso de adaptación.

El componente 1 requiere de la intervención de los decisores políticos, quienes deben definir el alcance espacial y temporal de las acciones de adaptación en función de factores económicos, sociales, políticos, geográficos, normativos, etc.

Los componentes 2 y 3 se apoyan principalmente en los actores del área técnica – científica, quienes deberán elaborar y utilizar herramientas de predicción y manejo de riesgos ambientales, tal como la que proponemos en el presente trabajo.

Los componentes 4 y 5 tienen un marcado carácter transversal ya que la elaboración y ejecución de planes de prevención deberían surgir de la colaboración entre científicos, tecnólogos de las agencias gubernamentales, organizaciones civiles, ciudadanos y medios de comunicación.

La planificación de la adaptación para cada escenario y cada proceso implica efectuar un análisis detallado de los factores causales, mecanismos generadores y sus efectos sobre el paisaje rural y/o urbano y sus habitantes, comenzando por programas de alerta temprana para cada riesgo ambiental. El énfasis internacional sobre sistemas

TABLA 1: ESCENARIO HUMEDO

	Aumento de las inundaciones en ríos y canales	Aumento de la sedimentación en ríos y canales	Dstrucción de la infraestructura urbana por inundación pluvial	Aumento de erosión lateral de cauce	Aumento de remoción en masa	Aumento de inundación pluvial (anegamiento)	Elevación de la napa freática	Contaminación de las aguas subterráneas por efluentes domiciliarios	Subsistencia edificia por elevación de napas	Aumento de la contaminación en ríos y canales por efluentes domiciliarios	Aumento de los efluentes industriales	Aumento de erosión hídrica	Aumento de la contaminación hídrica por basurales	Aumento del área con freática arsenical	Aumento de la polución atmosférica por mayor nubosidad
A. Maciso antiguo fracturado y elevado	Sub. 1-2 Rur. 4	Sub. 1 Rur. 4	Sub. 3 Rur. 3	Sub. 1-2 Rur. 4	Sub. 3 Rur. 4	Sub. 3 Rur. 2-3	Sub. 3 Rur. 1-2	Sub. 2 Rur. 1	Sub. 2 Rur. 1	Sub. 2	Sub. 2	Sub. 1-2 Rur. 3-4	Sub. 1-2 Rur. 1	Sub. 1-2 Rur. 3-4	Sub. 1-2 Rur. 1
B. Relieve de cuesta fracturado y disecado	Sub. 3-4 Rur. 4	Sub. 3-4 Rur. 4	Sub. 3-4 Rur. 4	Sub. 4 Rur. 4	Sub. 3 Rur. 3	Sub. 3 Rur. 2-3	Sub. 1-2 Rur. 1-2	Sub. 3 Rur. 2	Sub. 2-3 Rur. 1	Sub. 2 Rur. 2	Sub. 2	Sub. 2-3 Rur. 3-4	Sub. 2-3 Rur. 1-2	Sub. 2-3 Rur. 1-2	Sub. 2-3 Rur. 1-2
C. Glacis de erosión proximal	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 3	Urb. 3 Sub. 3-4 Rur. 4	Urb. 2 Sub. 2 Rur. 3	Urb. 4 Sub. 2 Rur. 3	Urb. 3-4 Sub. 2-3 Rur. 2-3	Urb. 4 Sub. 3 Rur. 2	Urb. 4 Sub. 3 Rur. 1	Urb. 4 Sub. 3 Rur. 3	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 3	Urb. 1 Sub. 2-3 Rur. 3-4	Urb. 4 Sub. 3 Rur. 2	Urb. 1 Sub. 2 Rur. 3	Urb. 4 Sub. 3 Rur. 2
D. Glacis de erosión distal	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 2 Sub. 2	Urb. 2 Sub. 2	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 1 Sub. 3	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 3 Sub. 3	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 1 Sub. 2	Urb. 4 Sub. 4
E. Glacis cubierto antiguo disecado	Sub. 2 Rur. 3	Sub. 2 Rur. 3	Sub. 2 Rur. 3	Sub. 2 Rur. 3	Sub. 3 Rur. 3	Sub. 3 Rur. 2	Sub. 1-2 Rur. 1-2	Sub. 2 Rur. 1	Sub. 2 Rur. 1	Sub. 2 Rur. 2	Sub. 3 Rur. 2	Sub. 2-3 Rur. 4	Sub. 3 Rur. 2	Sub. 3 Rur. 2	Sub. 3 Rur. 2
F. Valle fluvial del río Salí	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 1 Sub. 1 Rur. 2	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 3	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 3	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 2	Urb. 4 Sub. 3 Rur. 2	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 2 Sub. 3 Rur. 3	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 3	Urb. 2 Sub. 3 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4
G. Planicie fluvio-eólica	Urb. 3 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 3 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 3 Sub. 3 Rur. 3	Urb. 4 Sub. 3 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 3 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 3 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 3	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 2	Urb. 4 Sub. 3 Rur. 2	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 1-2 Sub. 2-3 Rur. 3	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 3	Urb. 2 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

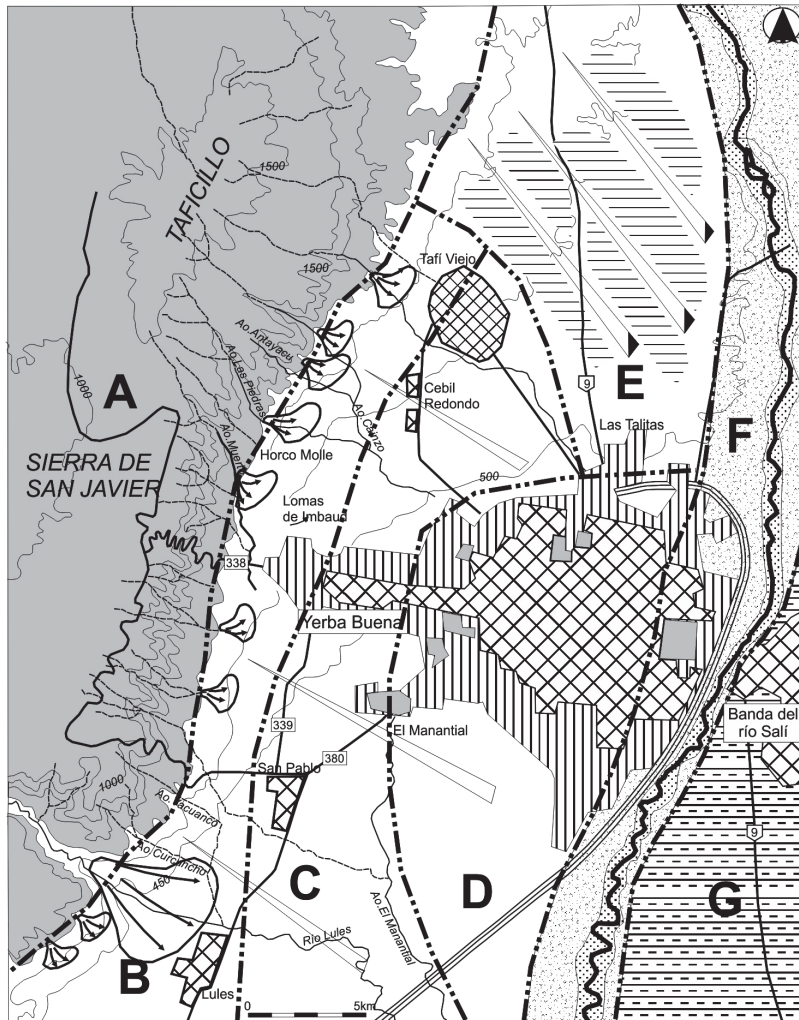
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Tabla 1. Intensidad de amenazas geomorfológicas en el Gran San Miguel de Tucumán en escenarios húmedos (Sayago *et al.*, 2010).

TABLA 2: ESCENARIO SECO

AMENAZAS AMBIENTALES		Disminución del recurso hídrico (consumo humano y riego)	Disminución de l agua subterránea (freatica o acuíferos profundos)	Aumento de la contaminación de las aguas superficiales y freatica	Desecación de suelos	Salinización de suelos	Disminución de la productividad de las tierras	Aumento de la polución atmosférica	Aumento de las enfermedades pulmonares	Aumento de la erosión eólica	Aumento de las tormentas de polvo	Aumento de la subsidencia del terreno por la depresión de la napa freatica	Aumento de la remoción en masa por desecación de taludes	Incremento de heladas	Aumento de los incendios	Migración de la población rural a las ciudades	
REFERENCIAS Uso del Suelo Urb. Urbano Sub. Suburbano Rur. Rural Intensidad Amenaza 1. Bajo 2. Medio 3. Alto 4. Muy Alto	A. Maciso antiguo fracturado y elevado	Sub. 1-2 Rur. 2-3	Sub. 3 Rur. 3	Sub. 2 Rur. 1-2	Sub. 2 Rur. 2	Sub. 1 Rur. 1	Sub. 2-3 Rur. 1	Sub. 1 Rur. 1	Sub. 1 Rur. 1	Sub. 1 Rur. 1	Sub. 1 Rur. 1	Sub. 2-3 Rur. 2-3	Sub. 2-3 Rur. 2-3	Sub. 1 Rur. 1	Sub. 4 Rur. 4	—	
	B. Relieve de cuesta fracturado y disecado	Sub. 2-3 Rur. 2-3	Sub. 2 Rur. 2	Sub. 2-3 Rur. 2	Sub. 2-3 Rur. 2	Sub. 1 Rur. 1	Sub. 2-3 Rur. 2-3	Sub. 1 Rur. 1	Sub. 1-2 Rur. 1-2	Sub. 1 Rur. 1	Sub. 1 Rur. 1	Sub. 2 Rur. 2	Sub. 2-3 Rur. 2-3	Sub. 2 Rur. 2	Sub. 3-4 Rur. 3-4	—	
	C. Glacis de erosión proximal	Urb. 3-4 Sub. 3-4 Rur. 3-4	Urb. 3 Sub. 3 Rur. 3	Urb. 3-4 Sub. 3-4 Rur. 2-3	Urb. 3 Sub. 3 Rur. 2	Urb. 2-3 Sub. 2-3 Rur. 3	Urb. 1 Sub. 1 Rur. 3	Urb. 1 Sub. 1 Rur. 3	Urb. 3 Sub. 3 Rur. 2	Urb. 3 Sub. 3 Rur. 2	Urb. 2-3 Sub. 2-3 Rur. 2-3	Urb. 3-4 Sub. 3-4 Rur. 3-4	Urb. 1 Sub. 2 Rur. 3	Urb. 1-2 Sub. 1-2 Rur. 2	Urb. 1 Sub. 1 Rur. 3	Urb. 2 Sub. 3 Rur. 3	Urb. 2 Sub. 3 Rur. 3
	D. Glacis de erosion distal	—	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 3 Sub. 4	—	—	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 4 Sub. 4	Urb. 3-4 Sub. 3-4	—	Urb. 2 Sub. 3	Urb. 2 Sub. 3	Urb. 3 Sub. 4
	E. Glacis cubierto antiguo disecado	Sub. 2-3 Rur. 2-3	Sub. 2 Rur. 3	Sub. 2-3 Rur. 3	Sub. 2-3 Rur. 2	Sub. 2 Rur. 3	Sub. 1 Rur. 2	Sub. 4 Rur. 4	Sub. 2 Rur. 1	Sub. 2 Rur. 1	Sub. 3 Rur. 3	Sub. 3-4 Rur. 3-4	Sub. 2 Rur. 3	Sub. 2 Rur. 3	Sub. 4 Rur. 4	Sub. 1 Rur. 2	Sub. 3
	F. Valle fluvial del río Salí	Urb. 3-4 Sub. 3-4 Rur. 3-4	Urb. 3 Sub. 3 Rur. 3	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 2 Sub. 2 Rur. 2	Urb. 2 Sub. 2-3 Rur. 2-3	Rur. 2	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 2 Sub. 2 Rur. 2-3	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 2 Sub. 2 Rur. 2	Urb. 2 Sub. 2-3 Rur. 3	Urb. 2 Sub. 2 Rur. 2-3	Urb. 2 Sub. 2 Rur. 2-3	Urb. 3 Sub. 4 Rur. —
	G. Planicie fluvio-eólica	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 3	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 3	Urb. 3 Sub. 3 Rur. 4	Urb. 1 Sub. 1 Rur. 4	Rur. 4	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 2	Urb. 4 Sub. 4 Rur. 2	Urb. 2 Sub. 2 Rur. 4	Urb. 3 Sub. 3 Rur. 4	Urb. 3 Sub. 2 Rur. 1	—	Urb. 2 Sub. 3 Rur. 4	Urb. 2 Sub. 2 Rur. 4	Urb. 3 Sub. 4 Rur. 4

Tabla 2. Tipo e intensidad de amenazas geoambientales en el Gran San Miguel de Tucumán, en escenarios secos. (Sayago et al., 2010).





REFERENCIAS





Unidades Geomorfológicas

- A.** Macizo antiguo fracturado y elevado
- B.** Relieve de cuesta fracturado y disecado
- C.** Glacis de erosión proximal
- D.** Glacis de erosión distal
- E.** Glacis cubierto antiguo disecado
- F.** Valle fluvial del río Salí
- G.** Planicie fluvio-eólica








Expansión Urbana

-  Área antes 1970
-  Área después 1970

Topografía

-  Curvas de nivel
-  Río principal
-  Rutas Nacionales y provinciales
-  Límite unidad Geomorfológica

Rasgos Geomorfológicos

-  Abanicos aluviales
-  Glacis de Erosión
-  Glacis cubierto
-  Nivel disecado
-  Llanura de inundación
-  Planicie Fluvio-eólica
-  Terrazas fluviales

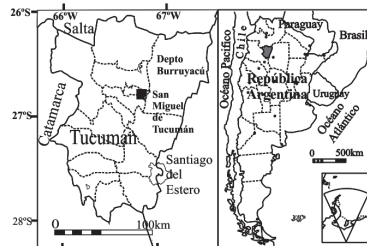


Figura 2. Croquis geomorfológico del Gran San Miguel de Tucumán con las principales unidades de terreno y las etapas de la expansión urbana (tomado de Sayago et al, 2010).

de alerta temprana ha cambiado su enfoque. Científicos y tecnólogos son considerados cada vez más como los líderes para el desarrollo de una capacidad regional, nacional y multinacional para alertar anticipadamente. El adoptar un enfoque general para todo tipo de peligros, en el cual las necesidades locales sean claramente identificadas y apoyadas por políticas nacionales genera sinergias que pueden y deben apoyarse. Algunos ejemplos de programas de contingencia aplicables en la región ante diferentes amenazas y escenarios climáticos se detallan a continuación:

- Modelos de simulación sobre diferentes niveles de inundación en cuencas fluviales, como base para identificar las áreas más necesitadas de acciones de prevención.

- Programas de alerta incluyendo sistemas de alarma y aviso, preparación de la población para la emergencia e identificación de puntos de acogida más favorables.

- Identificación de puntos susceptibles para la provisión de agua para consumo humano y/o riego, en situación de extremo estrés hídrico.

- Elaboración de alternativas de manejo agrosilvopastoril ante situaciones de extrema sequía o excesiva precipitación.

- Programas de alerta y salvataje en casos de incendio producto de la sequía.

- Programas sanitarios para la prevención de epidemias o control de enfermedades pulmonares ante escenarios húmedos o secos.

CONCLUSIONES

Los principios jurídico-ambientales de «precaución» y «prevención» orientan la actuación de la Administración Pública en materia de adaptación al cambio climático.

A la luz del principio precautorio, la incertidumbre científica respecto de los efectos de los futuros cambios climáticos a escala local no exime a la Administración Pública de la obligación de actuar en forma preventiva (anticipatoria), a través de la planificación de estrategias y acciones de adaptación a dichos cambios climáticos.

Las predicciones científicas a partir de herramientas metodológicas disponibles sobre los efectos del Cambio Climático en la región NOA permiten orientar la actuación pública en materia de respuesta ante los riesgos naturales. Las autoridades locales deberán establecer, como mínimo, dos líneas esenciales de actuación en un lapso de cuatro décadas: una para un posible escenario de condiciones húmedas y otra para un escenario de condiciones áridas.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, M. R. e Ingram, W. J. 2002. Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature*. 419: 224-232.
- Barros, V. y Kullock, D. 2006. Programa Nacional de Adaptación y Planes Regionales de Adaptación. Fundación e Instituto Torcuato Di Tella. 197 pp.
- Bestani, A. 2011. El principio de precaución en el derecho ambiental. En: Cafferatta, N. (Ed.), *Summa Ambiental*: 244-267. Abeledo Perrot, Buenos Aires.
- Busnelli, J., Neder, L. y Sayago, J.M. 2006. Temporal dynamics of soil erosion and rainfall erosivity as geoindicators of land degradation in Northwestern Argentina. *Quaternary International* 158: 147-161.
- Caria, M. A. y Garralla, S., 2008. Caracterización arqueopalinoológica del sitio Ticucho1 (Cuenca Tapia-Trancas) Tucumán, Argentina. En: Collantes, M. M., Sayago, J. M. y Neder, L. (Eds.) *Cuatrenario y Geomorfología*, II Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Actas 1: 421-428, S.M. de Tucumán.
- Global Environmental Change, 1999. Chapter. 6. National Research Council, U.S.A. 595 pp.
- González, A. R., 1999. La cultura de La Aguada y el periodo Formativo. Evolución e historia en el proceso cultural del Noroeste Argentino. En: *Formativo Sudamericano*. Ledergerber C. Cuenca. pp. 285-301.
- González, M. P., Di Pietro, L., González, M. F., Argerich, M., Castillo Marín, N. 2011. Manual de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático para la planificación y gestión local. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Buenos Aires, 57 pp.
- IPCC, 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. Mitigation of Climate Change: working Group III, contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC (Climate Change, 2007). Cambridge University Press, 896 pp.
- Pierrehumbert, R. T., 2002. The hydrologic cycle in deep-time climate problems. *Nature*, 419: 191-198.

- Sayago, F. y Sayago, J. M., 2008. «Legal responsibility for climatic change's natural risks: applicability of prevention principle in the subtropical region of Argentina» (Responsabilidad legal por los riesgos naturales del cambio climático: aplicación del principio de prevención en la región subtropical de Argentina). Libro de Resúmenes del XXXIII^a Congreso Internacional de Geología. Oslo. 27-30.
- Sayago, J. M. y Collantes, M. M. 2006. Cambio Climático y riesgos ambientales en la fachada oriental de los cordones preandinos del noroeste argentino. III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología Tomo 1: 111-121 pp.
- Sayago, J. M. y Collantes, M. M., 2009. ¿Cambio climático o cambio geomorfodinámico? En: Geomorfología y Cambio Climático, Sayago J. M. y Collantes M. M. (Eds.). Publicación Ingema, p. 9-24, Tucumán.
- Sayago, J. M., Collantes, M. M., Neder, L. y Busnelli, J., 2010. Cambio climático y riesgos ambientales en el Gran San Miguel de Tucumán. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 66 (4): 546-556.
- Shumm, S. A. 1977. The fluvial System. John Wiley & Son (Ed), 333 pp. New York.
- United Nations, 1984. Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. FCCC/INFOMAL/84. GE.05-62301 (S) 220705 220705. 01-27.
- United Nations, 2005. Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters (A/CONF. 206/6.)
- United Nations, 2010. Cancún Adaptation Framework. FCCC/CP/2010/7/Add.1. 1-31.