

**ESTUDIO DE INUNDACIÓN EN EL RÍO QUINDÍO MEDIANTE MODELACIÓN
MATEMÁTICA. SECTOR BOCATOMA ARMENIA-CALLE LARGA**

LUÍS EDUARDO PEÑA ROJAS
Ingeniero Civil

**Trabajo para optar al título de
Magíster en Ingeniería Sanitaria y Ambiental**

Director
CARLOS RAMÍREZ CALLEJAS
Ingeniero Civil M.Sc.

SANTIAGO DE CALI
UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
MAESTRÍA EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
JUNIO DE 2006

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	MARCO CONTEXTUAL	5
2.1	Situación Mundial de los Recursos Hídricos	5
2.2	Recursos Hídricos Regionales	6
2.3	Variabilidad y Cambios Observados en el Sistema Climático	7
2.3.1	EL NIÑO / Oscilación Sur (ENOS)	10
2.4	Impacto y Vulnerabilidad	13
2.5	Impactos sobre los Recursos Hidrológicos e Hídricos	13
3	ANTECEDENTES	18
4	CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DEL RÍO QUINDIO	20
4.1	Características Generales de la Cuenca	20
4.2	Descripción del Problema a Estudiar	23
4.3	Propósito del Estudio	24
5	METODOLOGÍA	25
5.1	Recopilación de Información Existente	25
5.2	Análisis y Procesamiento de la Información Recolectada	26
5.3	Programa de Mediciones de Campo	27
5.3.1	Aforos y calibración de curvas de gasto	27
5.3.2	Batimetrías	31
5.3.3	Georeferenciación	32
5.4	Modelación Hidráulica	33
6	DEFINICIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS A PARTIR DE SERIES HIDROLÓGICAS	34
6.1	Probabilidad de las series hidrológicas	34
6.1.1	Parámetros estadísticos	38
6.1.2	Momentos de una distribución de probabilidad	39
6.1.3	Momentos de una distribución de densidad de probabilidad	39
6.1.4	Distribuciones de probabilidad	40
6.2	Posición de graficación	43
6.3	Valoración del Ajuste de las Distribuciones	44
6.3.1	Análisis Individual de Datos	45
6.4	Análisis de Resultados	49
7	MODELACIÓN HIDRODINÁMICA DEL RÍO QUINDÍO, TRAMO BOCATOMA EPA-CALLE LARGA	57
7.1	Selección del Modelo de Simulación Hidráulico a Implementar	57
7.1.1	Revisión de Modelos Disponibles	57
7.1.2	Evaluación de las Características de los Modelos Revisados	60
7.2	Características Generales Modelo Implementado (HEC.RAS 3.1.3.)	70
7.3	Ecuaciones Unidimensionales para Flujo NO Permanente en Canales Abiertos	70
7.3.1	Relaciones Integrales	71
7.3.2	Formas diferenciales de las ecuaciones de Saint Venant	77
7.3.3	Leyes de Resistencia Empírica	78
7.4	Esquematización del Sistema Fluvial	79
7.4.1	Esquematización de Planicies de Inundación	80

7.4.2	Condiciones de Frontera	81
7.4.3	Condiciones Iniciales	83
7.4.4	Secciones Transversales	84
7.5	Calibración del Modelo Hidrodinámico	84
7.6	Resultados del Modelo Hidrodinámico	85
7.7	Definición de Zonas de Inundación en el Río Quindío	98
7.8	Análisis de Resultados.	99
8	GUÍA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR ZONAS POTENCIALMENTE INUNDABLES EN CORRIENTES HÍDRICAS SUPERFICIALES CON INFORMACIÓN ESCASA	101
8.1	Objetivo General de la Guía	101
8.2	Actividades de Desarrollo de la Guía	101
8.2.1	Modelo Hidrológico	102
8.2.2	Estimación de Caudales Máximos a Partir de Series Hidrológicas	103
8.2.3	Modelo Hidráulico	104
8.2.4	Delimitación de Zonas Inundables	105
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
9.1	CONCLUSIONES	107
9.2	RECOMENDACIONES	111
10	BIBLIOGRAFÍA	113
11	ANEXOS	120

RESUMEN

Definir las áreas con riesgo de inundación es un factor importante dentro de la planificación del territorio. Indudablemente al reducir la exposición de la población a las amenazas naturales a través de la implementación de herramientas técnicas que permitan la evaluación racional del comportamiento de fenómenos como las crecientes, se contribuirá con la prevención de riesgos y desastres.

La presente tesis se basa en la intención de implementar un modelo hidráulico que describa la respuesta hidrológica del río Quindío ante la ocurrencia de crecientes con periodos de recurrencia de 25, 50 y 100 años. Para lograrlo el estudio incluye la modelación Hidráulica del río Quindío en el tramo bocatoma EPA – Calle Larga.

Para determinar las cotas máximas que podría alcanzar el nivel del agua en el río Quindío se implementó el modelo HEC-RAS, el cual requirió del levantamiento de información primaria (aforos y batimetrías) y secundaria (series de caudales). Con la información disponible y la generada en campo fue posible obtener un modelo hidráulico que delimitara las zonas inundables para cada período de recurrencia de las crecientes. El tramo de interés para el presente estudio se delimitó como el comprendido entre la estación limnigráfica Bocatoma EPA que se encuentra sobre el río Quindío aguas arriba de la bocatoma del acueducto del municipio de Armenia (capital del departamento del Quindío) y la estación limnigráfica Calle Larga que se ubica a dos kilómetros aguas arriba de la confluencia del Río Quindío con el Río Verde.

Finalmente, el estudio presenta una propuesta metodológica para la delimitación de zonas potencialmente inundables en corrientes hídricas superficiales de montaña. La metodología pretende ofrecer mecanismos y procedimientos para la delimitación de zonas inundables mediante la utilización de herramientas técnicas como los modelos de simulación, siendo esta alternativa más racional que la propuesta actualmente en el decreto 2811 de 1974.

1 INTRODUCCIÓN

América Latina (AL) es una de las regiones con mayor disponibilidad hídrica y megadiversidad del planeta; así mismo, presenta una alta fragilidad ecológica a la variabilidad y al cambio climático. El incremento de la intensidad y frecuencia de huracanes, los cambios en el régimen de precipitación, las frecuentes crecientes, y la reducción de los glaciares, entre otros, indican que estos son un problema para el desarrollo de la región, afectando especialmente los sectores más pobres de la sociedad con lo que se pone en riesgo el logro de las Metas de Desarrollo del Milenio (MDM), al aumentar las desigualdades en salud, acceso a alimentación adecuada, a agua potable y a otros recursos.

En esta región, la población urbana representa más del 80% de la población total y crece paralelamente la pobreza, aumentando la producción social de riesgo, por el uso de áreas de alta vulnerabilidad. Por otro lado, la agricultura de subsistencia depende de las precipitaciones para sus cultivos y está amenazada, frente al aumento de condiciones climáticas extremas que hacen más crítica esta situación. Los modelos climáticos indican que esto será más común, afectando negativamente los ecosistemas vitales y humanos. Las relaciones cada vez más evidentes entre variabilidad, cambio climático y pobreza, obligan a integrar este impacto como parte de las estrategias de planeación para el desarrollo de la región, para que los sectores más vulnerables mejoren sus modos de subsistencia a través del conocimiento y previsión de sus efectos. Además, se hace necesario identificar las adaptaciones que deben tener las actividades humanas frente a variabilidad y cambio climático.

Hay suficientes pruebas de la variabilidad climática en una amplia gama de escalas temporales en toda América Latina, desde períodos entre estaciones hasta el largo plazo. En muchas subregiones de América Latina, esta variabilidad en el clima normalmente tiene que ver con fenómenos que ya han producido impactos con importantes consecuencias socioeconómicas y ambientales, que se verían acentuadas por el calentamiento mundial y sus cambios meteorológicos y climáticos conexos, obligando a los gobiernos a revisar y modificar la legislación a fin de disminuir los riesgos en los asentamientos humanos.

En Colombia la ley 99/1993 establece entre las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales, artículo 31 numeral 4 “....asesorar a los departamentos, distritos y municipios de su comprensión territorial en la definición de los planes de desarrollo ambiental y en sus programas y proyectos en materia de protección del medio ambiente y los recursos naturales renovables, de manera que se asegure la armonía y coherencia de las políticas y acciones adoptadas por las distintas entidades territoriales”. Además, deben “Promover y ejecutar obras de irrigación,

avenamiento, defensa contra las inundaciones, regulación de cauces y corrientes de agua...” según el numeral 19. En consecuencia, es necesario desarrollar metodologías que permitan describir el comportamiento hidrológico e hidrodinámico de los cuerpos de agua superficiales, haciendo posible una planificación racional, no sólo de los recursos naturales, sino también del territorio.

La legislación actual no considera una delimitación racional de zonas de protección contra las inundaciones. Según el Código Nacional de Recursos Naturales¹, es bien del estado “...*Una faja paralela a la línea de mareas máximas o la del cauce permanente de ríos y lagos, **hasta de treinta metros de ancho***”. Esta ley sólo menciona la protección de los recursos naturales, sin embargo, no considera aspectos como la seguridad de los ciudadanos.

El efecto del cambio climático en el flujo de circulación y en la recarga de aguas subterráneas varía de una región a otra y de un escenario climático a otro, sobre todo en función de las proyecciones de cambio de las precipitaciones. Las proyecciones realizadas por IPCC (2001a) sobre los efectos del cambio climático en los Recursos hidrológicos e hídricos, muestran que en muchas regiones hay tendencias aparentes – aumentos y disminuciones – en los caudales de los flujos de las corrientes de agua. Ahora bien, la confianza en que estas tendencias son un resultado del cambio climático es baja debido a la existencia de otros factores, como la variabilidad del comportamiento hidrológico a lo largo del tiempo, el corto período que abarcan los registros instrumentales y la respuesta de los flujos de los ríos a estímulos distintos del cambio climático.

No obstante, se han hecho proyecciones que muestran que la magnitud y la frecuencia de las inundaciones podrían aumentar en muchas regiones como consecuencia de una creciente ocurrencia de sucesos de precipitación fuerte que pueden también hacer que aumenten las escorrentías en la mayor parte de las zonas así como la recarga de aguas subterráneas en algunas llanuras para alimentos, sucesos que pueden con cambios en el uso del suelo, producto de una inadecuada planificación ambiental y un débil ordenamiento territorial.

La dirección general del cambio en los flujos extremos y en la variabilidad de los flujos está en general en consonancia entre los escenarios del cambio climático, aunque la confianza en la magnitud potencial del cambio en una cuenca dada es baja. Por lo tanto las corrientes hídricas superficiales podrían representar una amenaza para la población que habita las riberas de los cauces, aún si se encuentra ubicada por fuera de la franja de los 30 metros de ancho que menciona la ley, pues el área que inunda una corriente no depende de una longitud plana

¹ Decreto Ley 2811 de 1974 Artículo 83 (d) en relación con las márgenes de ríos, lagos y lagunas que se deben proteger.

medida desde la línea del caudal medio sino que depende de la elevación máxima que adopta la crecida.

El IPCC² (2001b) ha reportado además que sobre los fenómenos extremos, muchos de los cuales ejercen un impacto importante en el medio ambiente y en la sociedad, no se cuenta con suficiente información para evaluar las tendencias recientes, y los modelos climáticos carecen de la precisión espacial necesaria para hacer proyecciones fiables, por ejemplo, los fenómenos a escala muy pequeña, no se simulan en los modelos climáticos y por tanto no se están incluyendo dentro de los planes e ordenamiento de las cuencas hidrográficas.

Se ha afirmado además que aunque las proyecciones actuales muestran poco cambio o un ligero aumento en la amplitud de los fenómenos de El Niño en los próximos cien años, a causa de deficiencias en la precisión de los modelos de simulación, Incluso sin cambios o con pocos cambios, es probable que el calentamiento mundial produzca mayores extremos en la desecación y en las fuertes cantidades de lluvia y un aumento del riesgo de sequías y crecidas asociadas al fenómeno El Niño (IPCC, 2001b), haciendo imperante la necesidad de realizar estudios que permitan preveer y prevenir estos eventos.

La protección de la población y la conservación de los recursos naturales como fin ultimo de la planificación debe considerar la vulnerabilidad de las poblaciones, entendida esta como el grado por el cual un sistema o una comunidad es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos del cambio climático, incluidas la variabilidad y los extremos del clima. La vulnerabilidad es función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y de la variación a la que un sistema está expuesto, de su sensibilidad y de su capacidad de adaptación (IPCC, 2001a), induciendo los procesos de planificación ambiental del territorio no sólo a la consideración de aspectos ecológicos, sino también a la formulación de estrategias para la protección de la vida y de los bienes de los ciudadanos, especialmente de aquellos que son mas vulnerables y quienes no tienen el poder de decidir por que desconocen el riesgo al que están expuestos.

En escenarios de variabilidad y cambio climático, en una época ha quedado atrás la antigua visión ingenieril sectorizada e independiente de las especificidades, potencialidades y necesidades de las comunidades, *El Estudio de Inundación en el Río Quindío Mediante Modelación Matemática Sector Bocatoma Armenia-Calle Larga* pretende contribuir al conocimiento del comportamiento hidrológico e hidrodinámico de la cuenca alta y media de la cuenca del río Quindío, para delimitar zonas que representen amenaza por inundaciones.

² Intergovernmental Panel on Climate Change

Este proyecto considera el caso del río Quindío como una primera aproximación a la descripción del comportamiento del tránsito de las crecidas en el cauce principal, con el objeto de delimitar zonas vulnerables a las crecientes mediante la utilización del modelo computacional HEC-RAS, contribuyendo a generar herramientas de planificación y toma de decisiones con respecto al uso, manejo y conservación de suelos y aguas; y a la disminución de los riesgos sociales asociados, a través de la generación de estrategias para la prevención, medidas de adaptación y de mitigación en aras de proteger la vida de los habitantes de la región

2 MARCO CONTEXTUAL

2.1 Situación Mundial de los Recursos Hídricos

Aunque el agua es el elemento más frecuente en la Tierra, únicamente 2,53% del total es agua dulce y el resto es agua salada. Aproximadamente las dos terceras partes del agua dulce se encuentran inmovilizadas en glaciares y al abrigo de nieves perpetuas. Los recursos hídricos son renovables (excepto ciertas aguas subterráneas), con enormes diferencias de disponibilidad y amplias variaciones de precipitación estacional y anual en diferentes partes del mundo (UNESCO, 2003)

El agua juega un papel complejo y multifacético, tanto en las actividades humanas como en los sistemas naturales (Fernández-Jáuregui, 1999). Debates tanto a nivel académico como público, han resultado en el reconocimiento del agua como un elemento finito y frágil, y que como bien de dominio público, debe ser gestionado de forma multidimensional y multiobjetivo, incluyendo la participación comunitaria, la ciencia, la técnica y los entes que toman decisiones a fin de evitar y predecir escenarios de estrés hídrico.

La precipitación constituye la principal fuente de agua para todos los usos humanos y ecosistemas. Esta precipitación es recogida por las plantas y el suelo, se evapora en la atmósfera mediante la evapotranspiración y corre hasta el mar a través de los ríos o hasta los lagos y humedales. El agua de la evapotranspiración mantiene los bosques, las tierras de pastoreo y de cultivo no irrigadas, así como los ecosistemas (UNESCO, 2003).

Cerca de una tercera parte de la población del planeta vive en países que sufren estrés hídrico entre moderado y alto, es decir donde el consumo de agua es superior al 10 por ciento de los recursos renovables de agua dulce. Unos 80 países, que representan el 40 por ciento de la población mundial, sufrían una grave escasez de agua a mediados del decenio de los noventa (CSD 1997a) y se calcula que en menos de 25 años dos terceras partes de la población mundial estarán viviendo en países con estrés hídrico (CSD 1997b). Se prevé que para el año 2020, el aprovechamiento de agua aumentará en un 40 por ciento y que se necesitará un 17 por ciento adicional para la producción alimentaria a fin de satisfacer las necesidades de una población en crecimiento.

Se ha avanzado notablemente en la comprensión de la naturaleza del agua y de su interacción con el entorno biótico y abiótico. Actualmente se poseen mejores estimaciones sobre los efectos del cambio climático en los recursos hídricos y la

comprensión de los procesos hidrológicos ha permitido que en el transcurso de los años se haya podido contar con recursos hídricos suficientes para nuestras necesidades y reducir los riesgos de situaciones extremas. Sin embargo, las presiones sobre el sistema hidrológico continental aumentan al ritmo del crecimiento demográfico y del desarrollo económico y se plantean graves retos frente a la falta progresiva de agua y a su contaminación (UNESCO, 2003).

2.2 Recursos Hídricos Regionales

A América Latina y el Caribe le corresponde un 8.4% de la población mundial; está bien dotada de recursos hídricos de agua dulce y tiene un escurrimiento anual de 13.120 km³, que representan el 30.8% de la disponibilidad mundial (Davis, 1996). Las aguas subterráneas son también abundantes, aunque es más difícil cuantificarlas. Se estima que la precipitación anual media en la región es de 1.500 mm, más del 50% del promedio mundial. A pesar de esto, existen grandes variaciones en cuanto a la disponibilidad del recurso, debido al aumento de la población, a las tendencias de urbanización, el turismo, el desarrollo rural y otros factores; se estima que las necesidades de agua se incrementarán en un 70% para el año 2025. Adicionalmente, el aumento de la demanda incrementará la contaminación tanto de los recursos hídricos superficiales como subterráneos (García, 1998).

Se estima que en los próximos 20 años en América Latina y el Caribe, se necesitarán inversiones en infraestructura de recursos hídricos del orden de los US\$ 100.000 millones, como resultado de las tendencias crecientes sobre el uso del agua (WWF, 1996). Muchas de estas inversiones serán en presas de embalse para la regulación de los caudales, incrementando por lo tanto las pérdidas debidas a la evaporación.

La mayoría de las regiones tropicales y subtropicales mundiales se caracterizan por grandes variaciones anuales y estacionales en las lluvias, a menudo compuestas por variaciones erráticas en el corto plazo. Esta múltiple variabilidad incrementa la demanda de desarrollo de infraestructura y la necesidad de manejar la oferta y demanda de agua (GWP, 2000). Se estima que para el año 2025, aproximadamente un 85% de la población total de la región será urbana (UN 1995), incrementando por lo consiguiente, las extracciones de agua y el uso de las corrientes para la disposición y transporte de los desechos.

A nivel de Colombia, la oferta hídrica de esorrentía superficial per cápita total es de 59.000 m³/hab/año; sin embargo, la oferta per cápita accesible anual, bajo condiciones naturales, es de 12.000 m³/hab/año (Ministerio del Medio Ambiente,

1998). El consumo promedio de los hogares urbanos con servicio de agua potable es de 200 litros/habitante -día y de 120 litros/habitante- día para los rurales.

2.3 Variabilidad y Cambios Observados en el Sistema Climático

De acuerdo con IPCC (2001 a), un conjunto de observaciones cada vez mayor describe la imagen global de un mundo en fase de calentamiento y de otros cambios en el sistema climático.

La temperatura media mundial de la superficie (es decir, el promedio de la temperatura del aire cerca de la superficie de la tierra y de la temperatura de la superficie del mar) ha subido desde 1861. Durante el siglo XX, el aumento ha sido de $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ³⁴. Este valor es superior en $0,15^{\circ}\text{C}$ a la previsión calculada anteriormente por IPCC para el período que iba hasta el año 1994, debido a las temperaturas relativamente altas de los años restantes del siglo (1995 a 2000) y a la mejora de los métodos de tratamiento de los datos. Estas cifras tienen en cuenta varios ajustes, como los efectos de las islas de calor urbanas. El registro muestra una gran variabilidad. Por ejemplo, la mayor parte del calentamiento que se produjo en el siglo XX tuvo lugar en dos períodos: de 1910 a 1945 y de 1976 a 2000. Desde finales de los años cincuenta, época en la que se efectúan observaciones adecuadas mediante globos meteorológicos, el aumento de la temperatura mundial general en los 8 kilómetros inferiores de la atmósfera y en la temperatura de la superficie ha sido similar a $0,1^{\circ}\text{C}$ por decenio. Mundialmente, es muy probable⁷ que los años noventa hayan sido el decenio más cálido y 1998 el año más cálido en el registro instrumental desde 1861.

Los datos de los satélites muestran que es muy probable⁵ que haya habido disminuciones de un 10 % en la extensión de la capa de nieve desde finales de los años 60, y las observaciones en tierra muestran que es muy probable⁷ que haya habido una reducción de unas dos semanas en la duración anual de la capa de hielo en lagos y ríos en latitudes medias y altas del hemisferio norte durante el siglo XX.

Los datos de los mareógrafos muestran que el **nivel medio del mar** en el mundo subió entre 0,1 y 0,2 metros durante el siglo XX. El contenido de calor mundial de

³ Las tendencias de las temperaturas generalmente se redondean al $0,05^{\circ}\text{C}$ más próximo por unidad de tiempo. Los períodos a menudo están limitados por la disponibilidad de datos.

⁴ En general se utiliza un nivel de significación estadística del 5 % y un nivel de confianza del 95 %.

⁵ Se han utilizado las siguientes expresiones para indicar cálculos de confianza basados en apreciaciones: *prácticamente seguro* (más del 99 % de probabilidades de que el resultado sea verdad); *muy probable* (90 a 99 % de probabilidades); *probable* (66 a 90 % de probabilidades); *probabilidad media* (33 a 66 % de probabilidades); *improbable* (10 a 33 % de probabilidades); *muy improbable* (1 a 10 % de probabilidades); *excepcionalmente improbable* (menos del 1 % de probabilidades). Se aconseja al lector remitirse a cada capítulo para mayor información.

los océanos ha aumentado desde finales de los años cincuenta, período para el que se dispone de observaciones adecuadas de las temperaturas submarinas.

Es muy probable⁶ que las precipitaciones hayan aumentado de 0,5 a 1 % por decenio en el siglo XX en la mayoría de las latitudes medias y altas de los continentes del hemisferio norte y es probable que la cantidad de lluvia haya aumentado de 0,2 a 0,3 % por decenio en las regiones tropicales (de 10°N a 10°S). Los aumentos en los trópicos no son obvios en los últimos decenios. También es probable que la cantidad de lluvia haya disminuido en un 0,3% por decenio en gran parte de las zonas subtropicales (de 10°N a 30°N) del hemisferio norte durante el siglo XX. Contrariamente al hemisferio norte, no se han detectado cambios sistemáticos comparables en los promedios latitudinales amplios del hemisferio sur. No hay datos suficientes para establecer las tendencias de las precipitaciones en los océanos. En las latitudes medias y altas del hemisferio norte es probable que en la segunda mitad del siglo XX haya habido un aumento del 2 al 4 % en la frecuencia de las precipitaciones fuertes. El aumento de estas precipitaciones puede deberse a diversas causas, como los cambios en la humedad atmosférica, las tormentas y las tempestades a gran escala. Es probable que haya habido un aumento de la nubosidad del 2 % en las zonas de latitud media y alta durante el siglo XX. En la mayoría de las zonas las tendencias corresponden bien a la disminución observada de la amplitud de la variación de las temperaturas diarias.

Desde 1950 es muy probable que haya habido una reducción de la frecuencia de las temperaturas muy bajas y un menor aumento de la frecuencia de las temperaturas muy altas. Los episodios de calor del fenómeno El Niño-Oscilación Austral (ENOA) (que frecuentemente influye en las variaciones regionales de precipitaciones y temperaturas en muchas zonas de los trópicos, de los subtrópicos y en algunas zonas de latitud media) han sido más frecuentes, persistentes e intensos desde mediados de los años 70 en comparación con los cien años anteriores. En el siglo XX (de 1900 a 1995) ha habido aumentos relativamente pequeños en las zonas terrestres con fuertes sequías o fuerte humedad. En muchas regiones, estos cambios están dominados por una variabilidad climática interdecenal y multidecenal, como el cambio en el ENOA hacia fases más cálidas. En algunas regiones, como en zonas de Asia y África, se ha observado un aumento de la frecuencia y de la intensidad de las sequías en los últimos decenios.

Los cambios en el clima se producen como consecuencia de la variabilidad interna dentro del sistema clima y de factores externos (tanto naturales como antropogénicos). La influencia de diversos factores externos en el clima permite