



Boletín 1

ISSN 2411-6890



Boletín 1
ISSN 2411-6890

BOLETÍN DEL COLEGIO DE GEÓGRAFOS DEL PERÚ

Publicación digital de investigaciones geográficas

Número 1 - 2014

COORDINADOR EDITORIAL

Gilmer Medina Tarrillo

EQUIPO DE REDACCIÓN

John James Beraún Chaca

José Manuel Mamani Ccoto

COMITÉ ASESOR (COMITÉ CONSULTIVO)

Alicia Huamantínco Araujo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Hildegardo Córdova Aguilar, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú

Jose Úbeda Palenque, Universidad Complutense de Madrid, España

Miguel Alva Huayaney, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

COLABORADORAS

Leyla Benites Rosas

Marilyn Ishikawa Muchotrigo

PORTADA Y EDICIÓN GRÁFICA

Marilyn Ishikawa Muchotrigo

© COLEGIO DE GEÓGRAFOS DEL PERÚ
© BOLETÍN 1

ISSN: 2411-6890

Lima, Perú
2014

© Este artículo es de acceso abierto sujeto a la licencia Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



CONTENIDO

EDITORIAL

ARTÍCULOS

- 1. El orden natural del paisaje** 9
Julio Muñoz Jiménez
- 2. Problemática ambiental de los asentamientos insalubres en el Municipio Cerro, La Habana: Potencialidades para el desarrollo local** 21
Nancy Pérez Rodríguez; Jorge Rodríguez Veliz; Midelkys Martínez Mesa
- 3. Neogeografía y sociedad de la información geográfica. Una nueva etapa en la historia de la Geografía** 45
Gustavo D. Buzai
- 4. El caudal ecológico en la gestión del agua** 57
Ángel Celso Rojas Rosales
- 5. Los paisajes de la cuenca hidrográfica Ariguanabo, su evaluación y características de su paisaje natural protegido "Río Ariguanabo"** 79
Eduardo Salinas, Alberto E. García, Bárbara Liz Miravet, Elizabeth Cruañás, Ricardo Remond y Adrián Martínez
- 6. La georreferenciación del registro de direcciones de los votantes. Al servicio de los ciudadanos y para beneficio del estado: Aplicación de técnicas geográficas** 95
Eduardo Tena del Pino
- 7. Evaluación del enfriamiento del clima durante la pequeña edad del hielo en los andes centrales deducido de la altitud de la línea de equilibrio de glaciares actuales y pasados** 109
Jose Úbeda, Néstor Campos, Claudia Giráldez, Eduardo García, Tatiana Quirós, David Palacios

EDITORIAL

En el presente contexto donde la geografía viene ganando presencia a nivel profesional y académico para la toma de decisiones, su utilidad se acentúa para entender y afrontar diversos problemas a nivel territorial. Por lo tanto, resulta fundamental facilitar la divulgación del conocimiento contribuyendo a la institucionalización de la discusión geográfica.

El primer número del Boletín del Colegio de Geógrafos del Perú, Boletín CGP N° 01-2014, es el resultado de un gran esfuerzo colectivo; contiene siete trabajos de destacados geógrafos peruanos y extranjeros. Es meritorio resaltar el aporte de la comunidad geográfica internacional con cinco de los siete artículos, cuyos autores son nativos de España, Cuba y Argentina.

Las temáticas van desde la reflexión conceptual de temas como el paisaje y las tecnologías de la información geográfica, pasando por el ensayo de métodos para mejorar la comprensión de la información climática registrada en los glaciares, y trabajos aplicados en base a experiencias profesionales, en temas como: Problemas ambientales en asentamientos humanos, geoecología y unidades de paisaje, Sistemas de Información Geográfica aplicado a los procesos electorales y el método del caudal ecológico en la gestión del agua.

El primer artículo, diserta sobre la evolución de las formas de entender, interpretar y valorar el orden natural del paisaje, destacando los esfuerzos de los geógrafos por analizarlo objetivamente; el segundo, analiza la problemática ambiental en barrios insalubres, en base a un estudio de caso en el municipio Cerro, La Habana, con el fin de proponer acciones que permitan mejorar las condiciones de vida de la población; el tercero, aborda el desarrollo de las Geotecnologías y su impacto en las teorías y métodos de la Geografía, así como el desarrollo de la ciencia hacia lo que el autor define como Geografía Global y la Neogeografía; el cuarto, se analiza el marco conceptual y metodológico del caudal ecológico, así como su importancia en la gestión del agua, especialmente en la ejecución de proyectos de infraestructura; el quinto, analiza los paisajes geográficos de la cuenca del río Ariguanabo, Cuba, desde su identificación y delimitación cartográfica hasta su análisis y diagnóstico en base a indicadores de sensibilidad y conflictos de uso; el sexto, se analiza la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en los procesos electorales en base a un proyecto piloto que tiene como objetivo optimizar la localización de los locales de votación en función de la ubicación del elector; y el séptimo, analiza las evidencias de cambios en el clima pasado aplicando métodos basados en las evidencias geomorfológicas dejadas por el último avance de los glaciares, en la denominada pequeña edad del hielo, la aplicación de los métodos se realiza en tres glaciares de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales.

Estamos seguros que los temas serán de su interés, por lo que invitamos a leer y abrir un espacio de discusión de cada uno de los artículos. Asimismo, invitamos a presentar sus investigaciones para el siguiente número de nuestro boletín, para lo cual pueden escribirnos a la dirección electrónica: cgp.asuntossociales@gmail.com o cgpsec@gmail.com.

Gilmer Medina Tarrillo
Director



EL ORDEN NATURAL DEL PAISAJE¹

Julio Muñoz Jiménez

RESUMEN

En las primeras formulaciones de la geografía moderna el orden natural se entiende como la armonía de las fuerzas físicas o el poder de la Naturaleza que se siente ante la visión panorámica de un paisaje. A lo largo del siglo XX se ha registrado un continuado esfuerzo por parte de los geógrafos por objetivar y explicar en términos científicos e incluso por controlar o modificar este orden, inicialmente percibido como un sentimiento o una impresión subjetiva. Ello ha llevado a despojarlo progresivamente de sus connotaciones culturales y a centrar el interés en la definición de las estructuras o sistemas naturales que subyacen a la configuración visual de los territorios. De forma simultánea se ha ido reduciendo el peso atribuido al orden natural del paisaje en la interpretación y valoración de los territorios, salvo en el caso de los ámbitos donde alcanza cualidades excepcionales, y ha cambiado de sentido su relación con el orden cultural. Aunque nunca ha desaparecido y se ha revitalizado en los últimos tiempos el entendimiento del orden natural como algo sentido y percibido a través de una perspectiva cultural y se ha atribuido un valor prioritario a la "naturalidad" como criterio de calidad paisajística, dentro de la geografía académica no se ha formulado en nuevos términos la integración de las perspectivas científica y cultural en el tratamiento del orden natural del paisaje.

DATOS DEL AUTOR

Doctor en geografía e historia por la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente, se dedica a la docencia universitaria en esta misma casa de estudios, además participa en el proyecto "Impacto del cambio climático en las reservas hídricas sólidas y riesgos hidro-volcánicos asociados en los estratovolcanes tropicales" (2010-2012) del Ministerio de Ciencia e Innovación de España. Ha sido miembro de la Junta Directiva de la Asociación de Geógrafos Españoles y ha formado parte del comité de redacción de las revistas *Ería*, *Anales de Geografía* de la Universidad Complutense y *Geocalli*. Autor del manual de geomorfología *Geomorfología general* de la colección *Espacios y sociedades* de la editorial Síntesis.

© Este artículo es de acceso abierto sujeto a la licencia Reconocimiento 4.0 Internacional de *Creative Commons*. No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

¹ Presentado originalmente durante el Seminario "Naturaleza y cultura del paisaje" organizado por la Fundación Duques de Soria, llevado a cabo del 14 al 18 de julio de 2003 en Soria, España.

EL ORDEN NATURAL Y EL SENTIMIENTO DE LA NATURALEZA EN LA VISIÓN PAISAJÍSTICA DE LA GEOGRAFÍA DECIMONÓNICA

Bajo la influencia del idealismo y de la sensibilidad romántica la geografía decimonónica parte de la idea de que el paisaje es ante todo la expresión visible, del **orden natural del mundo**; un orden en el que el hombre se integra de forma indisociable y con cuyos componentes mantiene -o ha de mantener- una relación armónica (Ortega Cantero, 2001a). Dada esta íntima y estrecha relación con él, el geógrafo no puede contemplar el paisaje ni percibir el orden del mundo que en él se manifiesta con distanciamiento o frialdad: desde Humboldt hasta Reclus las presentaciones panorámicas de los paisajes de la Tierra tienen la forma de narraciones personalizadas en las que el autor no sólo expone los avances en el conocimiento de la Naturaleza que de ellas se derivan, sino también da cuenta de los sentimientos y las sensaciones (con frecuencia de gozo, sobrecogimiento o incluso de temor) que su contemplación suscita (Martínez de Pisón y Álvaro, 2002).

Puede decirse que en las mejores expresiones de este paisajismo geográfico moderno se manifiesta claramente una perspectiva según la cual el hombre está esencialmente comprometido con el **orden de la Naturaleza**, ya que de éste depende el mantenimiento de sus condiciones materiales de vida y la preservación de las cualidades, significados y valores que dan un sentido positivo a su relación con el mundo. Aunque no se diga de forma expresa, la **naturalidad** -es decir, el nivel con que se manifiesta ese orden o con que se aprecia la integración armoniosa del hombre en él- constituye el criterio básico de valoración de los paisajes y de los territorios donde se observan.

En conformidad con este punto de vista calificable de **naturalista y comprometido**, el conocimiento geográfico no hace una referencia diferenciada al paisaje humanizado o cultural y en él -como dice Nicolás Ortega- convergen y se combinan de forma equilibrada **explicación y comprensión**: "Para explicar el paisaje el geógrafo estudia los componentes y las relaciones, tiene en cuenta los nexos causales, delimita unidades..., caracteriza sus formas, define su localización y establece comparaciones. Todo ello conforma la vertiente explicativa del entendimiento geográfico del paisaje, su dimensión más sistemática y formalizable.

Junto a eso, para comprender el paisaje, el geógrafo debe acudir a otras vías de conocimiento... menos sistemáticas y formalizables que las otras... donde las visiones analógicas y los lenguajes metafóricos adquieren mayor importancia" (Ortega Cantero, 1998, 145-46).

LA OBJETIVACIÓN DEL ORDEN NATURAL DEL PAISAJE EN LA GEOGRAFÍA POSITIVISTA: LA CIENCIA DEL PAISAJE

La coexistencia de las dos vías de conocimiento indicadas -la que busca "enriquecer el dominio de la inteligencia sobre las fuerzas físicas" y la que pretende "aumentar nuestros goces por la contemplación de la Naturaleza" (Humboldt, 1808-1824)- se rompe dentro de la Geografía académica en los últimos años del siglo XIX como consecuencia de la consolidación de la perspectiva científica del racionalismo positivista. Desde esta perspectiva se considera que las interpretaciones no distanciadas del orden natural -emotiva o interesadamente comprometidas con él- carecen de objetividad, están impregnadas de ideas o creencias precientíficas y son impropias de una cultura avanzada en la que se ha producido un elevado nivel de distanciamiento entre los fenómenos naturales y el hombre y donde el aprovechamiento y el control efectivo de la Naturaleza

por éste priman ya sobre las primitivas ideas de sometimiento o adaptación a ella. En consecuencia, se invalida la vía de la comprensión y se promociona como único camino válido para acceder al conocimiento objetivo del paisaje el análisis explicativo, conforme a las normas de la ciencia positivista (Muñoz Jiménez, 1989). Ello conduce a la búsqueda y al desarrollo en importantes escuelas geográficas de una **Ciencia del Paisaje**; una **Landschaftskunde** o **Landschaftovedenie** dentro de la que no obstante el enfoque naturalista y la toma en consideración prioritaria del **orden natural** siguen vigentes (Rougerie y Beroutchachvili, 1991; Frolova, 2001).

Pero este planteamiento del paisaje en los términos de la científicidad positivista tiene unas consecuencias trascendentales en el entendimiento de este **orden** y en su significado conceptual y metodológico. Ya no se entiende como "orden universal" o "armonía del mundo" ni se piensa que es algo susceptible de ser directamente percibido, sentido o intuido -y mucho menos valorado- en la experiencia paisajística; ahora el **orden natural** se entiende como el conjunto de relaciones e interacciones que rige la organización y el funcionamiento armónico de los componentes y factores de los que se deriva la configuración del paisaje y se considera que dicho sistema es algo subyacente a éste y que en modo alguno se manifiesta de forma explícita a la sensibilidad humana. El tratamiento científico del paisaje consiste precisamente en el descubrimiento de ese **orden** o conjunto de relaciones que explican sus caracteres y su dinámica (Muñoz Jiménez, 1981). De este modo, al tiempo que la percepción del hombre no dotado del distanciamiento y la objetividad necesarias es rechazada como fuente idónea de información o criterio fiable de valoración, se abre camino la separación conceptual de **paisaje y orden natural** y la subordinación a nivel metodológico de aquél a éste. Lo que interesa cada vez más a los geógrafos es descubrir y explicar científicamente el orden no visible del **complejo territorial natural** que subyace al paisaje visualmente perceptible conseguir mediante ello mayores grados de control de la Naturaleza y niveles más elevados de capacidad para intervenir en la organización y ordenación de los territorios (Beroutchachvili y Bertrand, 1978; Frolova, 2002).

Esta **cientifización** del paisaje, con la correlativa pérdida de su dimensión subjetiva cultural, se produce fundamentalmente en países donde por diversas razones la geografía asume o se ve abocada a asumir una orientación pragmática ante la creciente demanda de medios eficaces para la gestión de nuevos espacios. Tanto en la geografía rusa como en la alemana la **esencia objetiva del paisaje**, escondida detrás de las formas percibidas por el ojo del observador, se constituye progresivamente en centro de la investigación y de este modo se descubren en él y se incorporan a su conocimiento nuevos aspectos o componentes que no entraban en el cuadro de la antigua concepción del paisaje, ligada a la visibilidad. A diferencia del paisaje de Humboldt, el Landschaft de los geógrafos rusos y alemanes de finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX adquiere cada vez más los rasgos de un modelo científico abstracto, fundado en una mirada distanciada, neutral y objetiva de los hechos naturales que hace posible relacionar el **orden natural** con un orden pautado formado por normas o **leyes** inalterables y de validez general (Richthofen, 1883); una mirada ajena desde todos los puntos de vista a las percepciones subjetivas y a las valoraciones emotivas, los resultados de cuya aplicación se exponen en serias monografías con un lenguaje frío y riguroso, voluntariamente distinto del utilizado en los "cuadros de la Naturaleza" de la época anterior (Fochler-Hauker, 1953).

EL ENTENDIMIENTO DEL PAISAJE Y DEL ORDEN NATURAL EN LAS CORRIENTES REGIONALES Y ECOLÓGICAS DE LA GEOGRAFÍA CLÁSICA: LA ECOLOGÍA DE PAISAJES

Con la difusión de los nuevos conceptos ecológicos y el predominio de la perspectiva regional clásica el tratamiento geográfico del paisaje y del orden que lo sustenta cambia nuevamente de sentido y se diversifica: la configuración paisajística de cada uno de los territorios que componen la superficie de la Tierra pasa a concebirse como resultado o expresión, no sólo de la infraestructura y de las pautas funcionales impuestas por la Naturaleza, sino también del **género de vida** desarrollado por las sociedades humanas para adaptarse dinámicamente a ellas, por lo que el complejo de relaciones subyacente a los paisajes tiene dos componentes, uno **natural** y otro **cultural**, que interactúan entre sí en cada región y cuyo peso relativo varía según los casos. De este modo la Ciencia del Paisaje evoluciona hacia una Ecología de paisajes (**Landchaftökologie**), en la que el orden natural deja de entenderse como sinónimo de *orden global del mundo* (incluido el hombre), pasando a significar sólo el conjunto de caracteres o factores no directamente relacionados con el hombre que constituyen el *ecotopo* de éste e, interactuando con su género de vida o su cultura, dan razón del aspecto visible de los territorios (Troll, 1950). Ello conduce, en la práctica, a que de este **subsistema natural** y de los paisajes de las áreas donde, por lo limitado de la presencia humana, tiene carácter dominante (**paisajes naturales**) se ocupen los geógrafos más interesados por lo físico o las escuelas más "naturocéntricas" (Troll, 1971), mientras que del **subsistema antrópico** y de los paisajes de las áreas donde, dada la densidad de la ocupación y la intensidad de la actuación humana, tiene carácter dominante (**paisajes culturales**) se ocupen los geógrafos o los grupos de investigación más centrados en el hombre (Sauer, 1956).

En este contexto marcado por la asimilación de los conceptos de la nueva Ecología y por un entendimiento de la superficie terrestre como espacio discontinuo compuesto por unidades objetivamente diferenciadas, aunque taxonómicamente relacionadas (**regiones** o **coras**) el subsistema natural -es decir, la Naturaleza presente en cada territorio- se va haciendo sinónimo de **medio físico** o **medio ambiente** (Rimbert, 1973; Richard, 1975). Así, cada vez con más frecuencia hablar de conservación del orden natural o de **protección de la Naturaleza** se considera lo mismo que hablar de conservación o **protección del medio ambiente**. Incluso, sobre todo al tratar de regiones escasamente antropizadas, comienzan a utilizarse como sinónimos los términos **paisaje, paisaje natural, Naturaleza y medio ambiente**.

Es también dentro de esta perspectiva en la que se va consolidando la idea de identificar orden natural con **orden primigenio**, fuera del tiempo y de la historia humanas y sólo conservado en paisajes excepcionalmente valiosos propios de territorios donde la incidencia antrópica no lo ha podido alterar o "corromper" (Ojeda Rivera et al., 2000). Esta idea significa una ruptura muy significativa con la visión tradicional de la Geografía moderna: el hombre, lejos de integrarse armónicamente en el orden natural así entendido, se contraponen a él y la cultura desempeña un papel de antagonista esencial de la Naturaleza. Surge así la necesidad de defender o proteger la Naturaleza frente a las agresiones del hombre y de atribuir la máxima valoración -e incluso de poner bajo protección legal- a los paisajes que conservan una configuración básicamente independiente de la presencia humana y ligada de forma casi exclusiva al orden natural (Martínez de Pisón, 1998 y 2000b). Pero esta actitud de respeto y defensa de los paisajes naturales más "puros" no impide que, como norma general, los geógrafos físicos se dediquen a incrementar y a profundizar sus conocimientos y sus métodos de análisis con la intención, no ya de explicar científicamente el **orden natural**, sino de controlarlo, prevenir su comportamiento, neutralizar o contener sus componentes peligrosos e incluso sentar las bases para su modificación a gran escala.

EL ORDEN NATURAL COMO MODELO ADIMENSIONAL SIN REFERENCIA PAISAJÍSTICA: LA CIENCIA DEL GEOSISTEMA

Donde alcanza mayores niveles esta objetivación del paisaje y esta vinculación de su estudio a la práctica de la prevención de riesgos naturales y a la ordenación de territorios es en la escuela geográfica soviética. Bajo la influencia de la ideología marxista llevada al poder por la Revolución de 1917, en ella se consolida y se hace prácticamente exclusiva la visión "naturahocéntrica" y aplicada que ya caracterizaba a la *Landschaftlovedenie* rusa. Abandonando toda referencia a los aspectos visuales y a los elementos culturales, el paisaje es reducido a un sistema de componentes naturales en el que **geomasas** y **geoenergías** interactúan conforme a leyes físicas y químicas en la superficie terrestre. Se formula así el concepto de **geosistema** como modelo teórico general del conjunto de elementos y procesos responsable del **orden territorial natural** y se promueve la sustitución de la Ciencia del Paisaje por una ciencia nueva, la *Ciencia del Geosistema* (Frolova, 2001); una "ciencia del paisaje no fundada en el paisaje" capaz de llevar el conocimiento de dicho orden hasta el nivel necesario para poder corregirlo, adaptarlo o modificarlo conforme a las decisiones de la sociedad o del poder político y poner de este modo también bajo control su expresión visible (Muñoz Jiménez, 1998).

Y es de destacar que esta nueva línea de investigación rompe totalmente con la perspectiva regional o corológica de los estudios anteriores al partir de un entendimiento de la superficie terrestre como espacio fundamentalmente unitario y continuo sin límites internos que delimiten objetivamente dentro de él compartimentos o unidades. Este espacio acoge un solo y único sistema natural resultante de la interacción de la litosfera, la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera, el **geosistema**, cuyo estado y cuyo comportamiento definen el equilibrio u orden natural en todo él o en cualquier sector del mismo que se planteó como objeto de estudio (Beroutchachvili y Mathieu, 1977). Ya no se trata, pues, de conocer el orden natural o el medio natural de una determinada región sino de conocer el orden o el medio natural en un ámbito territorial delimitado convencionalmente y se considera que para ello la configuración paisajística de este no reúne las condiciones de objetividad necesarias para servir de fuente de información o instrumento de generalización. Estrictamente adecuada a las exigencias de la Teoría General de los Sistemas, la metodología que se propone exige el mantenimiento de una red de control del **campo del geosistema**, cuyos registros expresados en términos cuantitativos son los únicos datos manejados en el análisis, el cual se centra sucesivamente en el contenido material y energético, en la estructura, en el funcionamiento y en el comportamiento del sistema natural en el territorio estudiado (Beroutchachvili y Panareda, 1977). De este análisis sistémico no guiado por criterios fisionómicos puede derivarse, al final de su desarrollo, la división del mismo en **geocoras** diferenciadas por el estado en que el geosistema se encuentra y en las que **el paisaje** muestra normalmente similitudes apreciables.

Podría decirse que, con este enfoque, muy valorado e influyente en los años sesenta y setenta del siglo XX, se invierte la relación metodológica entre el paisaje percibido y el orden que le subyace: en las formulaciones anteriores "del paisaje se parte" para llegar al conocimiento del sistema natural, mientras que ahora "al paisaje se llega" partiendo del conocimiento en profundidad de dicho sistema (Rougerie y Beroutchachvili, 1991). Con él igualmente el entendimiento del **orden natural** llega al máximo grado de distanciamiento de la percepción humana del paisaje -y de las sensaciones, emociones y significados que de ella se derivan- y su valoración es más ajena a toda consideración cultural. En la Ciencia del Geosistema la evaluación de la **calidad natural** de un área se basa en criterios presuntamente objetivos, como el volumen o la diversidad de las **geomasas**, la distribución de las mismas dentro del **campo geosistémico**, la riqueza o el número de

estados con que responde a las **funciones de entrada** de materia y energía y la capacidad de comportarse adecuadamente ante **estímulos** previsibles o **impactos** antrópicos incontrolados y voluntariamente planificados (Frolova, 2001). Porque el conocimiento de su funcionamiento y de su comportamiento hace posible y tiene como finalidad guiar la transformación del **geosistema** -es decir, la modificación del **orden natural**- de acuerdo con las necesidades o los deseos de la sociedad, formalizados y traducidos en términos científicos por el poder político (Beroutchachvili y Radvanyi, 1978).

EL ORDEN NATURAL ANTROPIZADO EN LAS MODERNAS CORRIENTES DE GEOGRAFÍA FÍSICA GLOBAL: EL ANÁLISIS INTEGRADO DE PAISAJES

La evidencia de que, debido a la necesidad de mantener una red de estaciones de control global y sincrónico de los diversos parámetros naturales en áreas extensas, la aplicación correcta de esta metodología estrictamente sistémica era sumamente costosa (sólo viable de hecho en países con economía centralizada en manos del Estado) y, sobre todo, la constatación en numerosos trabajos concretos de que, pese a las voluminosas inversiones de recursos, la capacidad de predicción obtenida de ella para abordar las transformaciones deseadas no alcanzaba casi nunca niveles suficientes de fiabilidad ha llevado en las últimas décadas a una revalorización del paisaje visualmente percibido como fundamento del análisis global y de la ordenación del **medio natural**; un medio en el que el hombre se hace siempre presente y en el que se integra de una forma cada vez más explícita (Bertrand, 1968; Bertrand y Bertrand, 2002). Dicha integración del hombre no se realiza sin embargo en tanto que componente del orden natural, armónicamente adaptado al mismo y capaz de establecer con él un diálogo cargado de emociones, significados y valoraciones, sino en tanto que factor o corresponsable material de dicho orden.

En las diversas modalidades de **Análisis integrado de paisajes** que se han venido desarrollando se conserva como referencia conceptual y metodológica básica la Teoría General de los Sistemas, pero ya no se busca una adecuación estricta a ella ni se admiten sus exigencias máximas de cuantificación; en consecuencia se reducen expresamente las pretensiones de control y capacidad de transformación del **sistema territorial** y se vuelve a un enfoque prioritariamente explicativo, aunque abierto a la aplicación y a la posibilidad de que los resultados obtenidos sirvan de base a la ordenación del medio natural en áreas concretas (Bertrand, 1972a; Bertrand y Dollfus, 1973; Tricart y Kilian, 1982). De otro lado, pese a mantenerse con alto rango la noción de **geosistema** (desprovista originariamente -como se ha dicho- de todo significado dimensional o corológico), se retorna a una visión de la superficie terrestre como espacio discontinuo compuesto por unidades objetivamente delimitadas; pero éstas ya no se entienden como regiones definidas por su peculiar (excepcional) forma de interacción entre Naturaleza y cultura sino como individuos o asociaciones integradas en una taxonomía corológica que va de la **zona** hasta el **geotopo**, cada uno de los cuales se define como un sistema en el que interactúan tres subsistemas -un potencial abiótico, una explotación biótica y una acción antrópica-, los caracteres y el estado del cual se expresan significativamente a través de su configuración global o paisaje (Bertrand, 1968).

Se considera, sin embargo, que los sistemas territoriales mayores se expresan en complejas asociaciones de paisajes dotados de analogías estructurales y dinámicamente relacionados; sólo los sistemas correspondientes a los niveles taxonómicos inferiores tienen su correlato perceptible en complejos paisajísticos sencillos o en unidades elementales de paisaje (**geofacies**). Constituyen éstas el dato fundamental y la fuente principal de información para el análisis integrado, a través del cual y con el

apoyo del entramado taxonómico se puede acceder al conocimiento del **orden** que caracteriza a la unidad territorial objeto de estudio y plantear la valoración de éste en términos objetivos (Bertrand, 1968). Pero dicho análisis se centra prioritariamente en el nivel taxonómico inmediatamente superior al de las facies paisajísticas, compuesto por unidades corológicas algo mayores resultantes de la asociación de **geofacies** funcional y dinámicamente articuladas, a las que se da el nombre de **geosistemas** (en plural y con significado espacial limitado) y cuya asociación dentro de unos mismos márgenes ecológicos y espaciales define **regiones naturales** (Muñoz Jiménez, 1998).

El análisis integrado de los paisajes, que consiste en la investigación por sondeo directo del contenido material y la estructura de cada uno de ellos y en el reconocimiento de sus relaciones espaciotemporales, se constituye de este modo en punto de partida para acceder al conocimiento de la articulación interna, el funcionamiento, el estado **y** el modo de asociación de los **geosistemas** que componen las **regiones naturales** (o sectores de regiones naturales) objeto de estudio y llegar a conocerlas en profundidad. En el planteamiento y desarrollo de esta metodología se parte del postulado de que en una situación teórica de mantenimiento del **equilibrio natural** a cada geosistema le corresponde un único paisaje, por lo que las geofacies que se reconocen en su ámbito no son sino expresión de distintas etapas de acercamiento o de alejamiento a dicho paisaje de referencia, al que se atribuye un máximo valor. La proximidad fisionómica y estructural a esta expresión óptima del **orden natural** propio de cada geosistema y la importancia de las tendencias que conducen a ella se convierten así en criterios básicos para la valoración de los paisajes (Muñoz Jiménez, 1998).

En cada territorio existe pues un **orden natural de referencia**, resultante de la interacción equilibrada de potencial abiótico, explotación biótica y acción antrópica en los geosistemas que lo constituyen. Este orden óptimo tiene su traducción en una **configuración paisajística de referencia**, que en el momento de realizar el análisis puede existir o no y conservarse en un espacio más o menos extenso. Desde esta perspectiva la calidad de un paisaje será tanto mayor cuanto más se identifique o se acerque a dicha configuración de referencia, cuantas más dinámicas de **progresión** hacia ella muestre y cuantos menos factores de **regresión** naturales o antrópicos se aprecien en él. Y consecuentemente la calidad paisajística de un territorio se medirá teniendo en cuenta la distribución de su superficie entre paisajes en equilibrio, paisajes progresivos y paisajes regresivos o "degradados" (Bertrand, 1972b).

Para los promotores del Análisis integrado el hombre, a través de las acciones que realiza conforme a su cultura, es un componente y un factor del **orden natural del paisaje**, pero mantienen que la valoración de este no debe basarse en sensaciones o sentimientos subjetivos, sino en métodos de reconocimiento científico adecuadamente organizados y en criterios objetivos adaptados en su mayor parte a las condiciones de cada territorio. No toman en consideración por lo tanto el aprecio social o cultural a los paisajes ni se plantean, al menos en teoría, unos criterios de calidad de validez general (Muñoz Jiménez, 1981). Sin embargo de hecho, al definir lo que es el **orden natural equilibrado y** establecer cuál es el paisaje que lo expresa, siempre tienden a identificar el subsistema antrópico con el sistema de uso tradicional propio de la cultura autóctona de cada lugar (en el que normalmente se registra el máximo nivel de adecuación a la infraestructura abiótica y a la cubierta biótica espontánea y el mínimo impacto sobre ésta), de modo que la "naturalidad" combinada con la presencia viva de elementos o procesos relacionados con la "cultura tradicional" viene a ser el carácter definitorio de los paisajes valiosos (Ojeda Rivera et al., 2000). Por el contrario, la "artificialidad" y la presencia creciente de **impactos** derivados de las "nuevas actividades antrópicas" -no sólo apreciables visualmente sino evaluables objetivamente por medio del método de análisis propuesto- definen los paisajes "degradados" de escaso valor.

BALANCE Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

De este repaso a las aportaciones en las que el orden natural se plantea desde una perspectiva paisajística se deduce, en primer lugar, que la Geografía ha pretendido sucesivamente **sentirlo, comprenderlo, explicarlo, controlarlo, transformarlo y ordenarlo/protegerlo**. En segundo lugar, se observa que los geógrafos académicos desde muy pronto han pretendido enfrentarse con él desde perspectivas no marcadas presuntamente por emociones subjetivas ni sesgos culturales y han buscado métodos para analizarlo con la mayor objetividad posible dentro de las normas del saber científico vigentes en cada etapa (Martínez de Pisón, 2000c). Y resalta, en tercer lugar, la tendencia a reducir el peso de la imagen procedente de la percepción sensorial directa frente a la realidad profunda del paisaje, sólo accesible mediante un trabajo de investigación, para alcanzar el conocimiento de dicho orden. Como consecuencia de todo ello el significado conceptual de **orden natural**, la vía para acceder a él y su significado como criterio de valoración global de territorios han variado desde la consolidación de la Geografía moderna a mediados del siglo XIX hasta el desarrollo en las últimas décadas de la Geografía Física Global y los Análisis Integrados de Paisajes (Frolova, 2000).

- Dentro del contexto de la Geografía decimonónica **orden natural** es sinónimo de **orden del mundo** que confiere armonía y belleza al paisaje; el acceso a él implica la puesta en juego, no sólo de la inteligencia y la razón, sino también de la sensibilidad y el sentimiento; y los paisajes más valiosos son aquéllos en los que dicho orden natural se revela de forma más evidente y produce una mayor sensación de correspondencia entre el mundo y la conciencia del observador.
- Desde la perspectiva positivista de la Ciencia del Paisaje desarrollada por los geógrafos a finales del siglo XIX y durante las primeras décadas del XX **orden natural** es sinónimo de **complejo territorial natural** o sistema de relaciones e interacciones que subyace al paisaje y es responsable de su configuración y su dinámica; el acceso a su conocimiento se funda en la aplicación del método científico, quitando toda validez a las percepciones sensoriales carentes de distanciamiento y objetividad; y, aunque el objeto de los análisis científicos de los paisajes es la explicación y no la valoración de este orden, la mayor calidad se atribuye a los paisajes de los territorios donde el complejo natural se encuentra mejor estructurado e incorpora de forma más armónica al hombre.
- Para la Geografía Regional y la Ecología de Paisajes que dominan las décadas centrales del siglo XX **orden natural** es sinónimo de **subsistema natural** o de **medio ambiente** con el que, en cada región, el hombre armado de su cultura interactúa, siendo el paisaje la configuración resultante de dicha interacción; los caracteres que lo definen en cada unidad territorial corresponden sólo a componentes, procesos o factores pertenecientes a la Naturaleza (ajenos al hombre) y el modo correcto de conocerlo es el análisis monográfico de éstos a partir del reconocimiento paisajístico visual; desde esta perspectiva, el paisaje es tanto mejor cuanto mayor es el grado de conservación del medio ambiente natural u originario que en él se manifiesta o, lo que es lo mismo, cuanto menos afectado se encuentra por las acciones antrópicas.
- En la Ciencia del Geosistema que se formula en los años sesenta y setenta del pasado siglo **orden natural** es sinónimo de **geosistema** (es decir, sistema resultante de la interacción de las masas y las energías que entran en contacto en la superficie terrestre) y se considera que su conocimiento no puede fundarse en la observación de la configuración paisajística, ni mucho

menos en las sensaciones o emociones que de la misma puedan derivarse; la única vía para acceder a su explicación y control es el análisis, basado en registros objetivos y cuantificados, de su contenido, su estructura, su funcionamiento y su comportamiento; y el criterio para valorar desde este punto de vista los territorios estudiados es la capacidad que el geosistema tiene en cada uno de ellos para mantener su nivel de organización y sus pautas de comportamiento frente a los estímulos o los impactos que pueda recibir.

- Finalmente, en las modernas formulaciones de la Ecogeografía, la Geografía Física Global y el Análisis Integrado de Paisajes **orden natural** es sinónimo de **estado de los geosistemas**, entendidos como sistemas resultantes de la interacción en cada unidad territorial de potencial abiótico, explotación biótica y acción antrópica que subyacen a su configuración paisajística; el conocimiento de dicho estado se basa en el reconocimiento y el análisis integrado de los paisajes elementales (**geofacies**) y de las relaciones espaciotemporales existentes entre ellos dentro del marco de una taxonomía corológica rigurosa; y -como se ha dicho- el grado de equilibrio y la solidez de las relaciones entre los tres subsistemas (abiótico, biótico y antrópico) se sitúa como criterio fundamental para la valoración de los paisajes y de los territorios por ellos caracterizados.

Aunque cada una de estas formas de entender, interpretar y valorar el **orden natural** se ha formulado en una época y en un contexto epistemológico distinto y tiene rasgos diferenciales claros e incluso incompatibilidades con las restantes, ninguna ha dejado de tener algún grado de vigencia y, de hecho, con mucha frecuencia varias de ellas (casi todas) coexisten y se mezclan de modo relativamente arbitrario en el bagaje de conocimientos que sirve de base a los estudios, proyectos y decisiones de quienes participan en la defensa de la Naturaleza, la conservación del paisaje o la ordenación territorial (Zoido, 1998 y 2002). Esta mezcla con frecuencia oportunista, que es muy difícil de evitar y hace necesaria una permanente labor de aclaración conceptual y de exigencia de rigor, ha llevado en algunos casos a promover el abandono por parte de los geógrafos de la dimensión naturalista del paisaje. De este modo, descartada con anterioridad la dimensión cultural, parece que la única opción que le quedaría a la Geografía académica sería la revitalización del interés por la dimensión visual o perceptual del paisaje (Ortega Alba et al., 1994; Caparrós et al., 2002).

En todo caso, es evidente que la comprensión y la valoración del **orden natural** a partir de una experiencia del paisaje cargada de sentido estético, moral y cultural no ha desaparecido nunca pese a su continuado rechazo por parte de una Geografía Física permanentemente preocupada por justificar y remarcar su carácter de disciplina científica. El sentimiento de la Naturaleza se ha seguido cultivando y expresando, fuera -muchas veces- del ámbito académico de la Geografía, en obras literarias, ensayos y trabajos de naturalistas e ingenieros (Gómez Mendoza, 1992 y 2002; Gómez Mendoza et al., 1995; Martínez de Pisón, 1998 y 2000 a; Ortega Cantero, 1998, 2000 a, 2000 b, 2001 a y 2001 b; Zulueta, 1988), así como en formas de Geografía muy arraigadas pero que progresivamente se han ido considerando marginales, como los libros y las revistas de viajes, las guías o las obras geográficas de divulgación regional o local (López Ontiveros, 1988, 1997 y 2001; Ojeda Rivera et al., 2000; Ortega Cantero, 1988 y 1990). El creciente interés por estas aportaciones y por su papel en la creación de imágenes culturales de paisajes o de modelos paisajistas (donde la "naturalidad" e integración armónica del hombre en la Naturaleza tienen una alta consideración) está dando paso a una revalorización de las mismas (Rougerie y Beroutchachvili, 1991; Roger, 1997; Frolova, 2000; C. y G. Bertrand 2002) y a la aparición de obras geográficas donde se vuelven a combinar sin complejos el sentimiento, la comprensión y la explicación para dar razón del **orden natural de los paisajes** (Martínez de Pisón, 2000 y 2002).

BIBLIOGRAFÍA

- Beroutchachvili, N. y Bertrand, G. (1978), "Le géosystème ou système territorial naturel", *Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest*, 167-180.
- Beroutchachvili, N. y Mathieu, J.L. (1977), "L'étologie des géosystèmes", *L'Espace Géographique*, 2, pp. 73-84.
- Beroutchachvili, N. y Panareda, J.M. (1977), "Tendencia actual de la Ciencia del Paisaje en la Unión Soviética: el estudio de los geosistemas en la estación de Martkopi (Georgia)", *Revista de Geografía*, XI, 1-2, pp. 23-36.
- Beroutchachvili, N. Radvanyi, J. (1978), "Les structures verticales des géosystèmes", *Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest*, pp. 181-198.
- Bertrand, C. y Bertrand, G. (2002), *Une Géographie traversière. L'environnement a travers territoires et temporalités*, París, Éditions Arguments.
- Bertrand, G. (1968), "Paysage et Géographie Physique Globale", *Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest*, pp. 249-272.
- Bertrand, G. (1972a), "Les structures naturelles de l'espace géographique. L'exemple des montagnes cantabriques centrales", *Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest*, pp. 175-206.
- Bertrand, G. (1972b), "Ecologie d'un espace géographique. Les géosystèmes du Valle de Prioro", *L'Espace Géographique*, 2, pp. 113-128.
- Bertrand, G. y Dollfús, O. (1973), "Le paysage et son concept", *L'Espace Géographique*, pp. 161-162.
- Caparrós Lorenzo, R., Ortega Alba, F. y Sánchez del Arbol, M.A. (2002), "Bases para el establecimiento de una red de miradores en Andalucía" en Zoido, F. y Venegas, C. (Coord.), *Paisaje y ordenación del territorio*, Sevilla, Junta de Andalucía-Fundación Duques de Soria (pp. 255-268).
- Fochler-Hauker, G. (1953), *Corología geográfica. El paisaje como objeto de la Geografía regional*, Tucumán, Universidad de Tucumán.
- Frolova, M. (2000), *Les paysages du Caucase. Contribution géographique a l'étude des représentations et des modélisations de la montagne*, Toulouse, Université de Toulouse-Le Mirail-Presses Universitaires du Septentrion
- Frolova, M. (2001), "Los orígenes de la Ciencia del Paisaje en la Geografía rusa", *Geocrítica Scripta Nova*, V, 102.
- Frolova, M. (2002), "La evolución de la Geografía y del trabajo del geógrafo en Rusia", *Geocrítica-Scripta Nova*, VI, 119 (80).
- Gómez Mendoza, J. (1992), *Ciencia y política de los montes españoles*, Madrid, ICONA.



PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LOS ASENTAMIENTOS INSALUBRES EN EL MUNICIPIO CERRO, LA HABANA: POTENCIALIDADES PARA EL DESARROLLO LOCAL

Nancy Pérez Rodríguez, Jorge Rodríguez Veliz, Midelkys Martínez Mesa

RESUMEN

El estudio de los asentamientos insalubres sobre bases ambientales permitirá realizar un adecuado ordenamiento del territorio encaminado a lograr un desarrollo localmente sostenible. Estos motivos promueven el interés de la realización de diversas prácticas sobre el ambiente en los asentamientos humanos y en particular de los denominados insalubres, elemento que debe sacar a luz la mayor cantidad de problemáticas y de interrelaciones posibles utilizando el enfoque sistémico como marco para investigar las relaciones y la estructura interna del mismo, no solo desde sus elementos y componentes, así como sus efectos en el comportamiento de los diferentes grupos humanos en el territorio de la provincia La Habana, en particular en el municipio Cerro.

El presente trabajo se propuso como objetivo general realizar un diagnóstico de la situación ambiental de los asentamientos insalubres existente en el municipio Cerro, provincia La Habana, con el fin de proponer acciones para mejorar la calidad de vida de sus pobladores. Entre los principales resultados obtenidos se destacan la necesidad de establecer una propuesta de intervención según criterios adoptados por la Dirección Provincial de Planificación Física, que establece las categorías de: transformación, erradicación, reubicación y transformación a fin de proponer una serie de medidas encaminadas al mejoramiento ambiental de los asentamientos antes mencionados, para lo cual se tuvo en cuenta en su formulación las aptitudes y restricciones, así como las potencialidades económicas del territorio, la participación de la población en su totalidad como actor y no como un simple espectador, de manera que se pueda ir logrando un desarrollo local gradual y equilibrado.

PALABRAS CLAVE: *Asentamiento insalubre, desarrollo local, calidad de vida, situación ambiental.*

DATOS DEL AUTORA

Nancy Pérez Rodríguez. Doctora en ciencias geográficas en la Universidad de La Habana, Cuba. Con amplia experiencia en la docencia en esta misma casa de estudios. Actualmente, se desempeña como Decana de la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana. Ha participado en proyectos de investigación relacionados con el Ordenamiento territorial y Ambiental, desarrollo turístico, geografía médica o del bienestar, geografía de la percepción, geografía del crimen, entre otros. Ha publicado 30 artículos científicos y 3 libros de textos. Es miembro de diversas comisiones científicas como: Comisión nacional de Carrera, del Consejo Universitario, del Tribunal Permanente en Ciencias Geográficas, del Grupo asesor para la Ciencia, del Consejo Científico de la Facultad de Geografía, etc.

© Este artículo es de acceso abierto sujeto a la licencia Reconocimiento 4.0 Internacional de *Creative Commons*. No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales son muy antiguos y complejos, surgen como resultado de la interacción de las sociedades humanas con el ambiente donde vive. Esta relación ha tenido un prolongado desarrollo, ya que en la medida que aumentan las necesidades del hombre, el ambiente se deteriora cada vez más aumentando su poder sobre la naturaleza.

Estos motivos promueven el interés de la realización de diversos estudios sobre el ambiente en los asentamientos humanos y en particular de los denominados insalubres, elemento que debe sacar a luz la mayor cantidad de mediciones e interrelaciones posibles en este marco, logrando un acercamiento a la problemática del ambiente social ciudadano, ..."en el que debe ser utilizado un enfoque sistémico como vía para investigar las relaciones y la estructura interna del mismo, no solo desde sus elementos y componentes" (González, R. 2000), así como sus efectos en el comportamiento de los diferentes grupos humanos en el territorio.

Entre los problemas ambientales que se detectan en Cuba están: el deterioro de las condiciones ambientales en los asentamientos insalubres, por lo que resulta de vital importancia las investigaciones dirigidas a evaluarlos y así poder realizar acciones mediante el establecimiento de prioridades. Debido a que uno de los principales fines de este trabajo es tratar de sensibilizar a las instituciones correspondientes haciéndoles saber que el espacio económico, social y cultural de las áreas urbanas, en este caso de la provincia La Habana y en especial el municipio Cerro está lejos de constituir un espacio homogéneo, es necesario el establecimiento de una verdad científica acerca de la realidad social de los asentamientos insalubres, y el potencial que puede brindar para el trazado de políticas utilizando los recursos y capacidades del territorio.

De lo anterior emerge la necesidad del empleo de la dimensión local como oposición a lo global, el que se fomenta más que como posibilidad, como necesidad, una vía para revertir deterioros del funcionamiento social e incrementar el bienestar de la población. El desarrollo local, de alguna forma, encara la desigualdad territorial. Las relaciones sociales entre los hombres con el espacio que habita están dadas por la conciencia, la capacidad de apreciar y de percibir el mundo que lo rodea. Estos elementos le permiten desarrollar hábitos y valores que inciden en su conducta.

Antes de realizar un análisis de la problemática de los asentamientos insalubres, es necesario identificar los conceptos básicos, los cuales están constituidos por asentamientos de población concentrada donde predominan características técnico constructivas inadecuadas y mal estado de las viviendas, carecen de infraestructura, servicios básicos y/o se localizan en áreas que no brindan las condiciones ambientales necesarias que garanticen la calidad de vida de sus pobladores.

La mayoría de estos casos, son el resultado de la aparición de asentamientos espontáneos donde no se cumplen con las condiciones arquitectónicas establecidas en las regulaciones de los planes de Ordenamiento Territorial Urbano (OTU), suelen carecer de sistema oficial de suministro de energía y abasto de agua, así como, de condiciones adecuadas tanto para el tratamiento de aguas residuales como pluviales. No existen condiciones higiénico- sanitarias necesarias ni en la vivienda ni en su entorno. (IPF, 2012).

En Cuba, el proceso de surgimiento y evolución de los asentamientos insalubres antes del triunfo revolucionario fue muy parecido al que acontece hoy en Latinoamérica, los que han surgido

desplazados por la especulación de los terrenos y el mercado de la vivienda, las diferencias sociales vinculadas fundamentalmente a la falta de equidad, vista esta como el no poder acceder a iguales oportunidades para alcanzar el desarrollo humano. A partir del Triunfo de la Revolución se comenzó con un proceso de erradicación que solo en 1959 sobrepasaba las 80 000 viviendas. (Rodríguez, J. 2007).

Causas inherentes al desarrollo económico del país no han favorecido la erradicación total de este tipo de asentamiento, que representa un importante paso dentro del mejoramiento social y la política habitacional, por tanto, la respuesta y el tratamiento al que deben estar sometidos los mismos responde con fuerza a una posible transformación integral, donde sea viable incluir todas las técnicas de mejoramiento en la que en su aplicación se involucre, además, a la población como un ente activo y no como un simple espectador.

Sin embargo, estos barrios no deben catalogarse como bajos o marginales de la forma en que son identificados o tratados en otros países de la región, ya que en nuestro país su población dispone de servicios médicos, educacionales y de seguridad social bastante eficientes y el desempleo es un fenómeno reducido. La vida cultural es activa y una parte de la población ha alcanzado niveles de escolaridad elevados, aunque al mismo tiempo uno de sus rasgos más evidentes sea la depauperación de los espacios habitacionales con todas las consecuencias sociales que ello genera.

La decisión de emprender el estudio relacionado con la problemática de los asentamientos insalubres en la provincia La Habana y en especial en el municipio Cerro, proviene del reconocimiento de la existencia de situaciones y fenómenos que tienen lugar en dichas formas de poblamiento, los cuales han generado o han estado generados por procesos históricos de deterioro tanto del medio físico como social, constituyendo los mismos ejemplos de la dimensión social de la realidad urbana.

En tal sentido la situación problemática está relacionada con la necesidad de realizar un diagnóstico ambiental de los asentamientos insalubres del municipio Cerro, debido a la no existencia de un estudio dirigido a esos fines en el territorio, de ahí que sea pertinente proponer un conjunto de acciones que contribuyan al mejoramiento ambiental y calidad de vida de sus habitantes, con participación activa en estos últimos.

Por todo lo anterior, la hipótesis de partida es el reconocimiento de que los impactos territoriales originados por la aparición de los asentamientos insalubres en la ciudad y en especial en el municipio Cerro, inciden sobre la imagen, funcionamiento y calidad de vida de la población que en ellas residen.

De esta forma la presente investigación tiene como Objetivo General: Realizar el diagnóstico ambiental de los asentamientos insalubres en el municipio Cerro, con el fin de promover e implementar acciones que de una forma planificada contribuya al mejoramiento ambiental del territorio objeto de estudio

BASE CONCEPTUAL

Problema Ambiental: Déficit o defecto de racionalidad, exceso de carga de las demandas de un consumo social sobre un soporte territorial, incapacidad de expandir el soporte territorial para disminuir la carga. (L. Aistein, 1993)

Barrio: Zonas componentes de una ciudad que, por la presencia en ellos de determinados rasgos característicos dominantes son perceptibles como unidades en si misma cada una de ellas se identifica por su homogeneidad, ya sea por su tipología Arquitectónica, Alineación, separaciones de las edificaciones, altura y otros elementos sociales. (Guía IPF, 2002)

Barrio Insalubre: El conjunto habitacional que agrupa más de 50 viviendas; surgen generalmente de forma espontánea sin tener en cuenta ningún tipo de regulaciones urbanas ni arquitectónicas, carecen parcial o totalmente de infraestructura. (Dirección Provincial de Planificación Física. marzo, 2011)

Foco Insalubre: Conjunto habitacional que no sobrepasa las 80 viviendas, surgen generalmente de forma espontánea sin tener en cuenta ningún tipo de regulaciones urbanas ni arquitectónicas, carecen parcial o totalmente de infraestructura. (Dirección Provincial de Planificación Física. marzo, 2011)

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

En este trabajo, como paso inicial, se realiza la caracterización de las variables e indicadores pertenecientes al subsistema ambiental construido. Los criterios de selección fueron los de su poder de expresión de los deterioros, así como la disponibilidad y fiabilidad de la información de base.

ESQUEMA 1.

Subsistema del Sistema Urbano



Fuente: Iñiguez L y N. Pérez, 1997

TABLA 1.

Variables e indicadores pertenecientes al subsistema ambiental construido o Antropotecnógeno, empleados para la evaluación de los asentamientos insalubres en el municipio Cerro.

Variables	Indicadores	
	Delimitación	Evaluación
Vivienda	Tipología constructiva Tipología habitacional	Estado Técnico de la vivienda
Redes Técnicas	Presencia de: Acueducto Alcantarillado Electricidad	Estado Técnico % de Población Servida
Vulnerabilidad	Natural Tecnológica	Presencia e influencia de contaminantes % de Población

Fuente: Elaborada por los autores a partir de la información brindada por la DPPF, La Habana.

Una vez analizada la situación de los barrios y focos insalubres a partir de los indicadores seleccionados para esta evaluación (tabla N°1), se procedió a asignarle a cada indicador un valor al que se le llama índice de contribución arbitrario (ver tabla N°2), el que ofrece un comportamiento lógico. Teniendo en cuenta la información escueta y tabulada, así como su selección, se pasó a realizar un análisis que muestra la síntesis del comportamiento de la información procesada, permitiendo determinar qué barrios y focos insalubres del territorio objeto de estudio se ubican en la mejor o peor situación ambiental. Este procesamiento de información se efectuó mediante la combinación de diferentes softwares (Microsoft Excel, Ilwis 3.1), posteriormente se procede a la elaboración de materiales cartográficos temáticos, base para el análisis y elaboración de los mapas finales, a partir de los cuales se realizaron las propuestas de intervención encaminadas al mejoramiento ambiental en los asentamientos insalubres del municipio Cerro.

TABLA 2.

Ponderación según categorías para la evaluación de los asentamientos insalubres en el municipio Cerro

	Indicadores	Categorías	Índice de Contribución
Vivienda	-Tipología Constructiva	I	1
		II	2
		III	34
		IV	1
	-Estado Técnico	Bien	2
		Regular	34
		Regular-Malo	01
		Malo	10
Redes Técnicas	-Fosas	Presencia	10
		Ausencia	10
	-Servicio de Alcantarillado	Presencia	01
		Ausencia	0
	-Servicio de Acueducto	Presencia	
		Ausencia	1
	-Estado de las Vías	Pavimentadas	
		Sin Pavimentar	
Vulnerabilidad	-Natural	Ausencia	
		Presencia	
	-Tecnológica	Ausencia	
		Presencia	

Fuente: Elaborada por los autores.

A partir de la obtención y procesamiento de la información que se presenta en la tabla N°2, se procedió a establecer apreciaciones teóricas con respecto a la posibilidad de que estas formas de asentamientos, condicionan la presencia de ciertos patrones de comportamiento, tratando de ofrecer respuestas a la hipótesis de partida de esta investigación.

Por último, se realiza una propuesta de intervención en los asentamientos insalubres en el municipio Cerro, atendiendo al número de población con que cuentan, así como al tipo de problema ambiental, quedando conformada en dos categorías: transformación y transformación - erradicación y reubicación. Lo anterior permitió emitir un conjunto de medidas encaminadas a mitigar los problemas ambientales en los asentamientos insalubres del municipio Cerro.

PRINCIPALES MÉTODOS EMPLEADOS

Para desarrollar la investigación fue necesario el empleo de diferentes métodos tales como:

Del nivel teórico: Generalización teórica, histórica-lógica, modelación comparación enfoque de sistema.

Del nivel empírico: Revisión documental, entrevistas, reuniones de grupos, consultas de expertos, métodos de análisis ambiental, geográficos y cartográficos.

Del nivel matemático: estadístico: Uso de técnicas de análisis multivariado y estadística descriptiva.

ESTUDIO DE CASO: CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO CERRO, PROVINCIA LA HABANA

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS

El municipio Cerro se encuentra situado próximo al centro norte de la Ciudad. Cuenta con una extensión superficial de 10.39 Km², es uno de los municipios más pequeños en cuanto a área, solo precedido por el municipio Centro Habana, La Habana Vieja y Regla; se extiende de manera alargada e inclinada hacia el oeste. Tiene como fronteras (hacia el sur), el municipio Boyeros, por el este colinda con La Habana Vieja y 10 de octubre, por el oeste con Playa y Marianao y por el norte con Centro Habana y Plaza de la Revolución.

La litología está compuesta de calizas fragmentarias de alta y mediana dureza pertenecientes a la formación Peñalver, Alcázar y Vía Blanca. Litológicamente están compuestas de calizas coralinas organógenas, aunque se pueden encontrar en cierta medida también arenas, cenizas, arenisca calcárea, limo y caliza.

El relieve ofrece una imagen de llanura ondulada, constituidas por terrazas marinas medias y altamente modificadas por el proceso de urbanización. Tiene presencia de escaleras naturales que oscilan entre dos y cuatro metros y ascienden gradualmente de norte a sur. La zona más elevada del municipio es el sureste hacia las Alturas de Palatino.

El clima corresponde a las características de las zonas más norteñas de la capital. La precipitación media anual fluctúa entre los valores superiores a los 12000 mm. El período lluvioso al igual que en resto del país se encuentra asociado a fenómenos meteorológicos que ocasionan lluvias de tipo convectivas.

La red hidrográfica que se encuentra asociada al municipio Cerro desemboca al norte, y su corriente principal pertenece al río Almendares con una extensión de 49,8 km. Esta es una de las más importantes de la provincia La Habana, ya que constituye el 47% del abasto de agua planificado a la ciudad.

El suelo fue constituido principalmente por sedimentos de origen marino ubicados en terrazas altas suaves y medias. Su consistencia varía de semirrocosa a plástica, es común encontrar que su color sea pardo.

CARACTERIZACIÓN SOCIO-ECONÓMICA GENERALES DEL MUNICIPIO CERRO

El municipio cuenta con la presencia de siete consejos populares, ellos se nombran: Latinoamericano, Pilar-Atares, Cerro, Las Cañas, El Canal, Palatino y Armada.

El municipio tiene un total de 33 260 viviendas denotando características urbanas. Latinoamericano es el consejo popular que mayor cantidad de viviendas presenta con 6 792, seguido por el consejo popular Cerro con 6 329.

El municipio tiene aproximadamente el 63,4 % del total de viviendas entre regular y mal estado técnico constructivo, es decir, el 38,4% es considerado de regular y el 25% de mal y solo el 36.6% se encuentra en buen estado, siendo ésta una de las problemáticas que más afecta a la población del territorio, considerándose uno de los principales problemas ambientales que allí se manifiestan.

El municipio cuenta, entre todos sus consejos populares, con un total de 122 955 habitantes, siendo significativo la cantidad de habitantes en el consejo popular Cerro con un total de 22 540 personas, representando el 18.33% de todos los que habitan el territorio.

El segundo consejo popular con mayor cantidad de población es Latinoamericano, que cuenta con una población de 19 869 personas, representando el 16.16% existentes en el territorio.

Según datos aportados por el municipio, en el año 2007, contaba con una población de 129 985 personas y el año 2010, existe un total de 122 955 personas; esto evidencia que el municipio experimentó un descenso poblacional de 7 030 personas, debido fundamentalmente a las migraciones, según opinión de especialistas de la Dirección Municipal de Planificación Física.

FIGURA 1.
Ubicación Geográfica municipio Cerro, La Habana



TABLA 3.
Características principales de los Asentamientos insalubres en el municipio Cerro

Infraestructura y Vivienda	Condiciones	Porcentaje (%)
Vivienda	Malas y Regulares	65.9
Servicio de Agua	Pozo Intradomiciliaria	-
Servicio Electricidad	Metro Colectivo	-
	Metro Individual	100
Desechos Sólidos	Mecanizada	100
	Tracción Animal	-
	Sin Tratamiento	-
Solución Residuales	Alcantarillado	55.3
	Fosas	31
	Sin Facilidades	13.1
Calles	Sin Pavimentar	55
	Pavimentadas	45

Fuente: Elaborada por el autor a partir de la información suministrada por la Dirección Municipal de Planificación Física. (marzo, 2012).

La mayor parte de la población en estos barrios tiene acceso al agua potable de manera directa, ya que la recibe en las casas, a través de la red de acueducto teniendo así un buen abastecimiento de este recurso.

Estos barrios presentan graves problemas con la solución de los residuos sólidos y no tienen un buen sistema de drenaje, capaz de dar un correcto tratamiento de forma sistemática.

ASIMILACIÓN SOCIO ECONÓMICA Y PROCESO DE URBANIZACIÓN DEL MUNICIPIO CERRO

La población que ocupó el área de lo que es hoy el municipio Cerro, inicialmente se fue localizando en los alrededores de las calzadas de Monte y el Cerro. El municipio, en sus inicios fue el lugar escogido por las familias acomodadas de la capital para pasar el verano donde construyeron sus quintas. Fundamentalmente hacia el noreste y norte del municipio surgía una población humilde de mulatos y negros libres.

Entre los siglos XVI y XIX se construyen los acueductos abastecedores de la ciudad la Zanja Real (1592), Fernando VII (1835) y Albear (1893). La Zanja Real permitió el surgimiento de los primeros ingenios de azúcar, los molinos de Rape y de otras actividades de una insipiente economía, lo cual propició la urbanización del territorio a partir de los primeros núcleos de urbanización, los cuales en el siglo XVIII son identificados como pueblos, hasta su formación en un importante barrio extramuros.

La evolución urbanística y el aumento demográfico guardan estrecha relación con el desarrollo industrial que experimentó el municipio en la primera mitad del siglo XX. La población aumentaba a un ritmo acelerado y la construcción de viviendas baratas constituye la primera preocupación para los obreros en este siglo.

El conjunto urbano de valor histórico del municipio Cerro fue declarado "Zona Protegida" en 1987 por acuerdo tomado por la Comisión Nacional de Monumentos. En el mismo existen numerosas edificaciones de la época colonial con gran valor tanto desde el punto de vista arquitectónico como urbanístico, primero por haber sido el asentamiento de las lujosas villas neoclásicas del siglo XIX, y en segundo lugar, por ser una de las interesantes calzadas con portales corridos que aún se conservan en la ciudad.

Aunque en sus orígenes fue un área de veraneo, en nuestros días, su principal actividad económica es la industrial, puesto que posee numerosas fábricas, talleres y almacenes; pero el fondo construido presenta un alto grado de deterioro, ya que han devenido sedes de ciudadelas o cuarterías: los barrios contienen viviendas de mediana y baja calidad y las instalaciones de producción contaminan la atmósfera. No obstante, el Cerro, debido a su elevado valor ambiental, monumental, arquitectónico y urbano merece una especial atención dentro del vasto conjunto de zonas residenciales de la capital, según opinión de expertos.

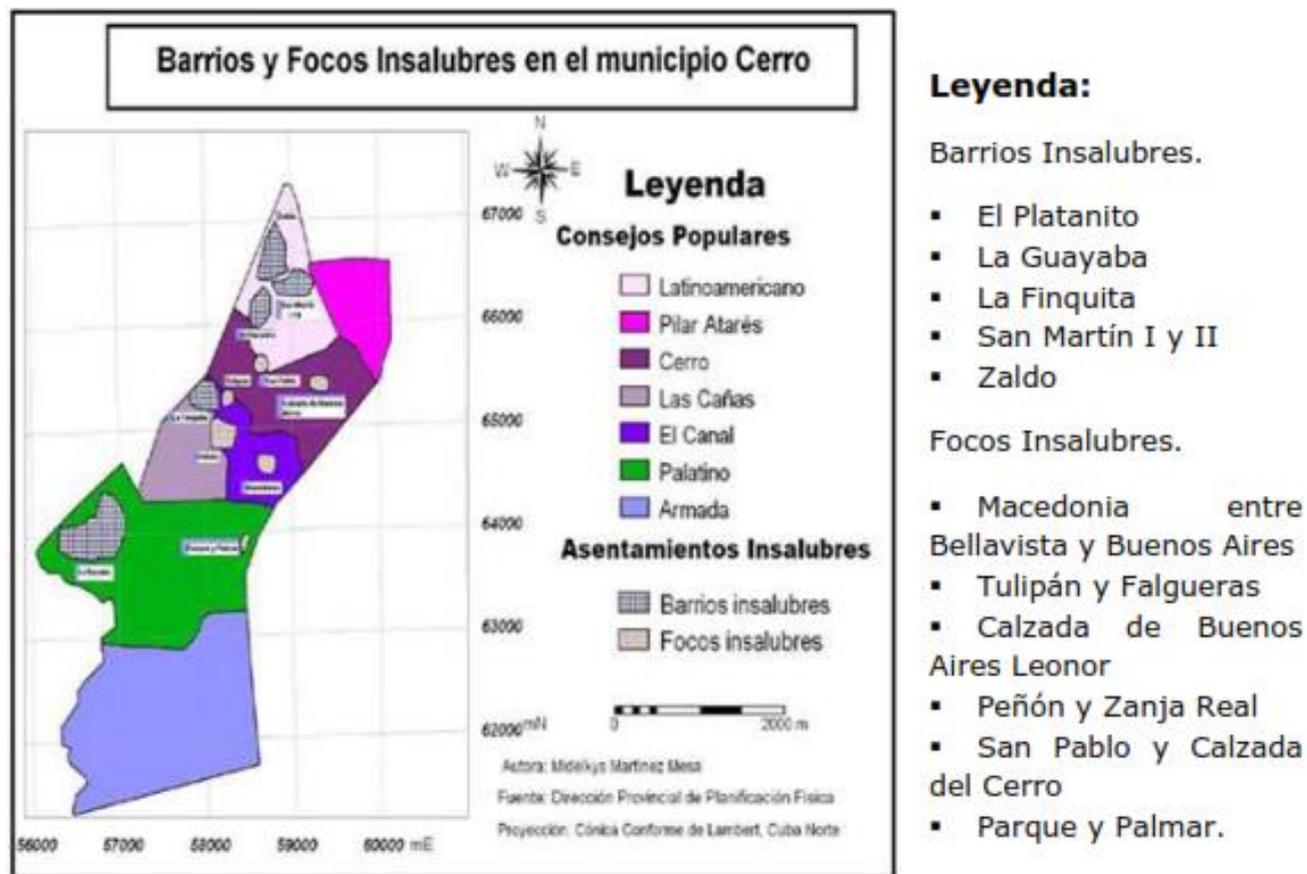
En la actualidad se conserva gran parte de lo que fueron las quintas de veraneo, las que con el de cursar del tiempo fueron compartieron su entorno con otras edificaciones de construcción más modesta. Es de lamentar que, a pesar de los extraordinarios valores del Cerro, centrados en su majestuosa arquitectura y su extensa calzada fortificada, la falta de mantenimiento constructivo y de acciones concretas de conservación ha llevado a la pérdida de elementos compositivos.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS ASENTAMIENTOS INSALUBRES EN EL MUNICIPIO CERRO

El municipio se caracteriza por la presencia de 5 barrios y 6 focos insalubres, los cuales se encuentran dispersos por todo el territorio (en los 7 consejos populares), localizándose de la siguiente manera: consejo popular Latinoamericano (Zaldo. San Martín I y II y el Platanito), consejo popular Cerro (San Pablo, Calzada de Buenos Aires y Leonor), consejo popular El Canal (La Finquita, Peñón y Macedonia), consejo popular Platanito (La Finquita y Parque y Palmar), los cuales surgen por la constante migración rural-urbana, la insuficiente construcción de viviendas nuevas, la limitada respuesta ante la solicitud de una persona natural para la ubicación de vivienda, etc.

FIGURA 2.

Barrios focos insalubres en el municipio Cerro



Fuente: Elaborado por los autores a partir de datos aportados por la Dirección Provincial de Planificación Física. 2012.

Luego de un breve análisis de la figura anterior (2) se percibe que, la mayor parte de los asentamientos insalubres, se concentran hacia el centro y noroeste del municipio, coincidiendo con las zonas de asimilación socioeconómica y urbana más antiguas del territorio.

La realización del proceso de caracterización de los barrios y focos insalubres en el municipio Cerro, muestra la existencia de una cierta heterogeneidad socioambiental si se tienen en cuenta las condiciones de la vivienda, de habitabilidad y por supuesto, las características de la población.

POBLACIÓN EN LOS ASENTAMIENTOS INSALUBRES (BARRIOS Y FOCOS) DEL MUNICIPIO CERRO

Según resultado del levantamiento realizado residen en estos asentamientos 3107 personas que representan el 3% del total de habitantes del territorio, presentando los mismos una serie de elementos que la diferencian del resto del municipio en cuanto a estructura por edades, presentan una configuración de mayor juventud, permitiendo suponer que la natalidad en los mismos es superior al total municipal. La población vulnerable es de 2 981 para el 95% del total, lo que muestra matices de riesgo social dada las condiciones de la vida que se están desarrollando en este tipo de asentamiento precario. Los asentamientos insalubres estudiados en el presente trabajo, no se caracterizan por presentar muchas diferencias en cuanto a cantidad de población, sin embargo, en algunos se observa una elevada densidad (La Finquita), en la mayor parte de dichos asentamientos hay densidades poblacionales muy bajas por la presencia de grandes áreas sin uso definido.

Es una característica típica de este tipo de asentamiento, la existencia de un poblamiento no compacto, ya que gran parte del crecimiento demográfico es debido a los flujos migratorios, principalmente de la región más oriental del país.

Vivienda

El municipio presenta, según levantamiento realizado en marzo del 2012, un total de 1 020 viviendas, el 3% del municipio, predominando el 65.9% entre regular y mal estado. En cuanto a la tipología constructiva prevalecen las del tipo III y IV con 496 viviendas. Las principales afectaciones que se detectaron en el universo habitacional en estos asentamientos son las siguientes:

En cubiertas.

- filtración 54% de las viviendas.
- tejas partidas 36% de las viviendas.

En muros.

- presencia de humedad 49% de las viviendas.
- maderas carcomidas y/o podridas 41% de las viviendas.

En pisos.

- grietas 55% de las viviendas.
- pérdida de la superficie 34% de las viviendas.

El barrio que mayor cantidad de viviendas presenta es San Martín I y II, representando 35.3% del total en el contexto de todos los asentamientos de este tipo en el municipio. Por otra parte, el que menor cantidad de viviendas tiene es Zaldo con 141.

Se puede decir que el barrio insalubre San Martín I y II, cuenta con el mayor porcentaje de viviendas en buen estado técnico constructivo con el 40.7%, seguido por el Platanito con 21.1% del total a nivel municipal. La mayor parte de las viviendas existentes en estos asentamientos, se encuentran en mal estado técnico. San Martín I y II, es el barrio insalubre que mayor número de viviendas tiene en este estado 153, seguido por La Finquita con 129 viviendas.

Estas viviendas están enclavadas en áreas definidas por el municipio como zonas de inundación, existiendo además industrias que aportan elevados contaminantes como hollín y polvo, complicando la situación ambiental en dichos asentamientos.

De los 5 barrios existentes en el territorio, solo uno se asienta en suelo no Urbanizable (La Guayaba), según información ofrecida por la Dirección Municipal de Planificación Física. (marzo, 2012).

TABLA 4.

Tipología y estado técnico constructivo de las viviendas a nivel de barrios insalubres en el municipio Cerro, provincia La Habana

Barrio Insalubre	Vivienda							Tipología			
	Total de viviendas	B	% con respecto al total de viviendas que hay en el barrio	R	% con respecto al total de viviendas que hay en el barrio	M	% con respecto al total de viviendas que hay en el barrio	III	%	IV	%
El Platanito	169	68	40	49	29	52	31	52	31	-	-
La Guayaba	155	57	37	27	17	71	46	60	39	11	7
La Finquita	146	5	3	12	8	129	88	120	82	9	6
San Martín I y II	333	131	39	49	15	153	46	140	42	13	4
Zaldo	141	61	43	66	47	14	10	37	26	14	10

Fuente: Elaborada por los autores a partir de datos obtenidos por la dirección municipal de Planificación Física. (marzo, 2012).

Según se muestra en la tabla 4 el barrio insalubre con mayor cantidad de viviendas es San Martín I y II con 333 viviendas, de las cuales tiene, aproximadamente 39% en buen estado, 15% de regular y el 46% en mal estado.

El barrio que menos cantidad de viviendas presenta es Zaldo, con 141, de las cuales tiene, el 43% en buen estado, 47% en regular estado y solo el 10% en mal estado.

La Finquita es el barrio insalubre que presenta la situación más crítica según el estado constructivo de la vivienda, ya que, aproximadamente 96% de sus viviendas están entre regular y mal estado técnico y solo el 3% aproximadamente están en buen estado.

En cuanto a tipología constructiva se puede decir que el barrio que presenta la situación más delicada es La Finquita con 88% de sus viviendas entre la tipología III y IV, que son las más críticas, puesto que, generalmente están construidas con maderas, tejas, etc.

Como resultado del análisis efectuado, el barrio insalubre La Finquita, presenta la peor situación con respecto a la cantidad de viviendas en mal estado técnico constructivo, así como con relación al predominio de la cantidad de estas en tipología III siendo el más desfavorecido desde este punto de vista.

TABLA 5.

Indicador sintético en cuanto a vivienda, redes técnicas y tipo de vulnerabilidad

Barrio	Vivienda				Redes técnicas						Tipo de vulnerabilidad		
	Estado Técnico %		Tipología %		Fosas		Alcantarillado		Estado de las vías		Natural	Tecnológica	Indicador Sintético
	R	M	III	IV	P	A	P	A	Pavimentadas	Sin pavimentar			
El Platanito	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	10R
La Guayaba	2	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0	1	13R-M
La Finquita	1	4	4	3	1	0	1	0	0	0	1	0	14M
San Martín I y II	2	3	3	2	1	0	1	0	1	0	0	1	14M
Zaldó	4	1	1	4	0	1	1	0	1	0	0	1	13R-M

Fuente: Elaborado por los autores a partir de la información suministrada por la Dirección Provincial de Planificación Física.

Leyenda:

Fosas: Presencia (P), Ausencia (A)

Alcantarillado: Presencia (P), Ausencia (A)

R: Regular

R-M: Regular- Mal

M: Mal.

Por último, al realizar el análisis del indicador sintético (índice de contribución) salta a la luz que, los barrios insalubres que se ubican en la peor posición son: La Finquita y San Martín I y II, al tener ambos los mayores valores en el índice de contribución en las variables analizadas en el presente estudio, son ellas:

Vivienda, redes técnicas y vulnerabilidad, es decir, el estado técnico constructivo de sus viviendas, así como la tipología constructiva dominante del tipo III y IV, son las de mayor porcentaje, además de no contar con el servicio de alcantarillado, por lo que tienen que emplear fosas para evacuar los residuales; están ubicadas en áreas de inundación y presentar afectación por contaminación atmosférica.

TABLA 6.
Situación de los Focos Insalubres en el municipio Cerro

Focos	Vivienda	Población Total	%	Población (Hab./viviendas)	Densidad de Población (Hab./ha.)	Área (ha)
Macedonia y Bellavista	8	44	14.9	5.5	978	0.045
Tulipán y Fulgueros	14	49	16.6	3.5	576	0.085
Calzada de Buenos Aires y Leonor	16	60	20.3	3.8	200	0.3
Peñón y Zanja Real	24	89	30.2	3.7	120	0.74
San Pablo y Calzada del Cerro	7	25	8.5	3.6	357	0.07
Parque y Palmar	9	28	9.5	3.11	122	0.23
Total	78	295	100	23.21	2 353	1.5

Fuente: Elaborada por los autores a partir de la información suministrada por la Dirección Municipal de Planificación Física. (marzo, 2012).

Al realizar un análisis de la tabla 6 se puede constatar que el foco insalubre con mayor cantidad de viviendas en el municipio Cerro, es Peñón y Zanja Real con

24 contando con el 30.2% de la población residente del total de focos, seguido por Calzada de Buenos Aires y Leonor, con 16 viviendas para el 20.3% de la población total.

El foco que presenta la menor cantidad de viviendas es San Pablo y Calzada del Cerro con solo 7, con una densidad de 357 habitantes por kilómetros cuadrados, por ser el foco de menor área, es decir, 0,07 ha, siendo también el de menor cantidad de población.

Al realizar un análisis de la tabla 6 se puede constatar que el foco insalubre con mayor cantidad de viviendas en el municipio Cerro, es Peñón y Zanja Real con

24 contando con el 30.2% de la población residente del total de focos, seguido por Calzada de Buenos Aires y Leonor, con 16 viviendas para el 20.3% de la población total.

El foco que presenta la menor cantidad de viviendas es San Pablo y Calzada del Cerro con solo 7, con una densidad de 357 habitantes por kilómetros cuadrados, por ser el foco de menor área, es decir, 0,07 ha, siendo también el de menor cantidad de población.

TABLA 7: TIPOLOGÍA Y ESTADO CONSTRUCTIVO DE LAS VIVIENDAS EN LOS FOCOS INSALUBRES EN EL MUNICIPIO CERRO

Focos	Estado constructivo de la vivienda								Tipología			
	Total de viviendas	% con respecto al total de viviendas del municipio	B	% con respecto al total del foco	R	% con respecto al total del foco	M	% con respecto al total del foco	III	%	IV	%
Macedonia y Bellavista	8	10.3	-	-	-	-	8	16	6	28.6	2	10.5
Tulipán y Fulgueros	14	17.9	2	11.8	-	-	12	24	6	28.6	6	31.6
Calzada de Buenos Aires y Leonor	16	20.51	3	18	1	9	12	24	-	-	5	26.3
Peñón y Zanja Real	24	30.8	10	59	8	73	6	12	-	-	6	31.6
San Pablo y Calzada del Cerro	7	8.9	-	-	2	18	5	10	5	23.8	-	-
Parque y Palmar	9	11.5	2	12	-	-	7	14	4	19	-	-
Total	78	100	17	100	11	100	50	100	21	100	19	100

Fuente: Elaborada por los autores a partir de la información suministrada por la Dirección Municipal de Planificación Física. (Marzo, 2012).

Como resultado del análisis de la tabla 7 se pudo confirmar que en el municipio los focos que presentan mayor cantidad de viviendas son: Peñón y Zanja Real con 24, representando el 30.8% del total, seguido por Calzada de Buenos Aires y Leonor con 16 viviendas, constituyendo el 20.51% del total, Tulipán y Fulgueros tiene 14 viviendas que representan el 17.9%.

Por otra parte, muestran menor cantidad de viviendas Macedonia y Bellavista (10.3%), Parque y Palmar (11.5%), siendo la situación más crítica en San Pablo y Calzada del Cerro el cual representa solo un 8.9% de las viviendas.

Peñón y Zanja Real, es el foco insalubre que mejores condiciones de la vivienda exhibe; puesto que tiene aproximadamente 59% de las mismas en buen estado constructivo.

En todos los focos insalubres del municipio Cerro existe un predominio de viviendas en mal estado, siendo más significativos los casos de los focos Tulipán y Fulgueros, así como Calzada de Buenos Aires y Leonor, que representan alrededor del 24% de sus viviendas en mal estado. La mayor cantidad de viviendas están clasificadas como tipología III, que son las que están construidas fundamentalmente por paredes de mampostería y/o bloques de hormigón, con techos de elementos prefabricados y soportería de hormigón.

TABLA 8: TIPOLOGÍA Y ESTADO CONSTRUCTIVO DE LAS VIVIENDAS EN LOS FOCOS INSALUBRES EN EL MUNICIPIO CERRO

Focos	Vivienda							Tipología			
	Total	B	% con respecto al total de viviendas que hay en el foco	R	% con respecto al total de viviendas que hay en el foco	M	% con respecto al total de viviendas que hay en el foco	III	%	IV	%
Macedonia y Bellavista	8	-	-	-	-	8	100	6	75	2	25
Tulipán y Fulgueros	14	2	14	-	-	12	86	6	43	6	43
Calzada de Buenos Aires y Leonor	16	3	19	1	6.3	12	75	-	-	5	31.3
Peñón y Zanja Real	24	10	42	8	33.3	6	25	-	-	6	25
San Pablo y Calzada del Cerro	7	-	-	2	29	5	71	5	71	-	-
Parque y Palmar	9	2	22.2	-	-	7	78	4	44	-	-

Fuente: Elaborada por los autores a partir de la información suministrada por la Dirección Municipal de Planificación Física

El foco insalubre con mayor cantidad de vivienda es Peñón y Zanja Real con un total de 24 viviendas, de estas el 42% está en buen estado y el 58.3% entre regular y mal.

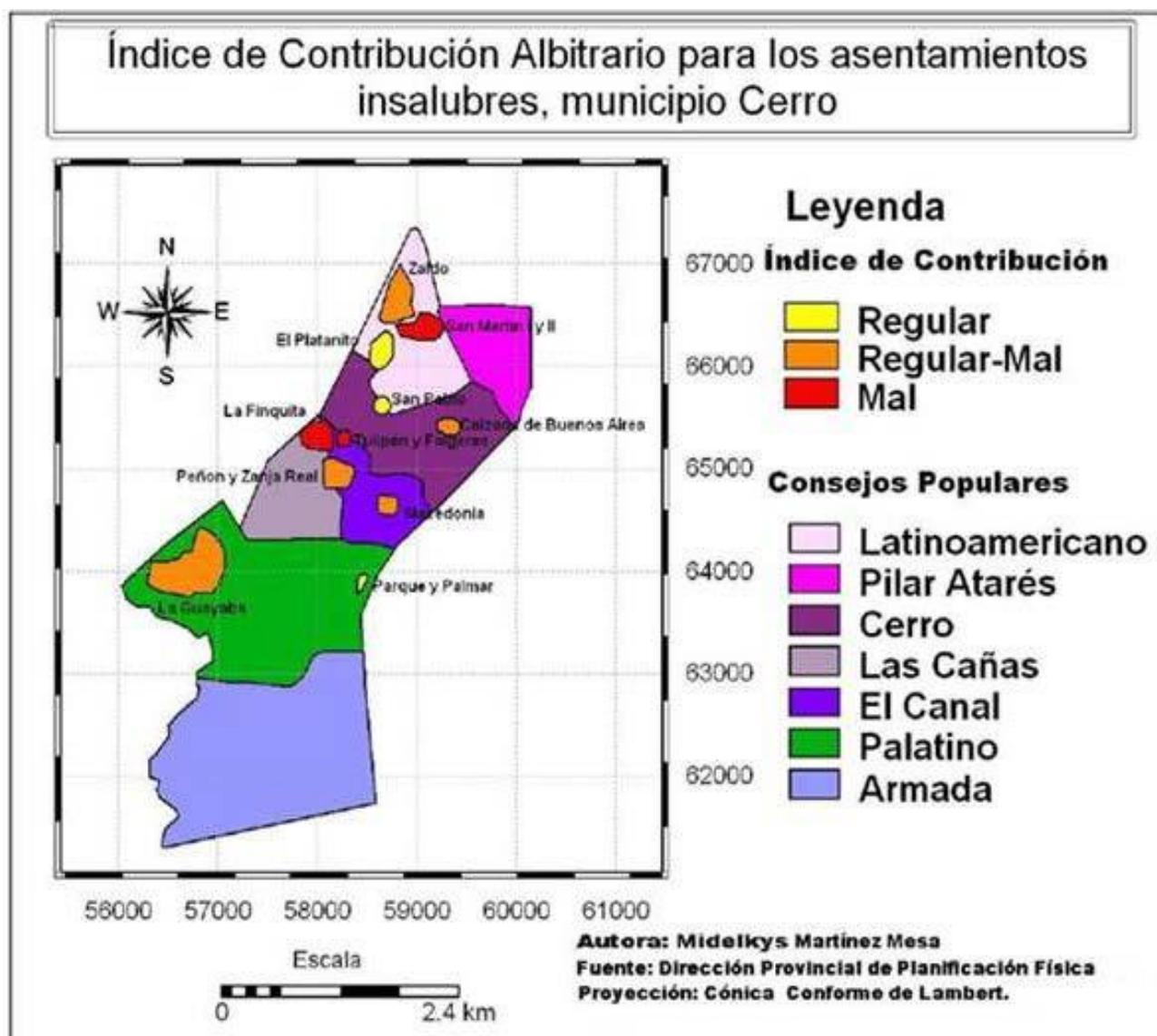
Macedonia y Buena Vista es el foco que presenta la situación más crítica en cuanto al estado constructivo de la vivienda; ya que todas están en mal estado, seguido por Tulipán y Fulgueros que aproximadamente el 86% están en este estado. El 75% de estas viviendas están ubicadas en la categoría III y el 25 % en la categoría IV.

El foco insalubre San Pablo y Calzada del Cerro, tiene un total de 7 viviendas para un 100% entre regular y mal estado técnico, con categoría constructiva de tipo III.

Como se observa en la tabla 8, Macedonia y Bellavista es el foco insalubre que tiene una situación más crítica con respecto a la tipología y estado técnico constructivo de la vivienda, siendo vulnerable a ser afectado por inundaciones en época de lluvia; adicionalmente no presenta alcantarillado, por lo que tiene que recurrir al empleo de fosas para evacuar sus residuales, en este caso la situación ambiental se torna más grave.

Una vez analizado el índice de contribución, éste corrobora lo anteriormente dicho, teniendo el valor más elevado.

FIGURA 3.
Índice de contribución arbitrario



Fuente: Elaborado por la autora a partir de la información suministrada por la Dirección Provincial de Planificación Física.

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN PARA LOS FOCOS Y BARRIOS INSALUBRES EN EL MUNICIPIO CERRO

Una vez caracterizada las condiciones actuales del hábitat en los asentamientos insalubres del municipio Cerro, e identificado y jerarquizado los problemas ambientales que inciden en las condiciones de vida de la población, se realizó la propuesta de intervención en el municipio quedando conformado de la siguiente manera.

TABLA 9.

Propuestas de intervención para los asentamientos insalubres del municipio Cerro, según información de la DPPF, La Habana, 2012

Barrios y focos	Población Afectada	Vulnerabilidad	% viviendas en mal estado	Propuesta de Intervención
Platanito	341	Atmosférica	31	Transformación
La Guayaba	266	Atmosférica	46	Transformación, Erradicación y reubicación
La Finquita	952	Natural	88	Transformación
San Martín I y II	768	Atmosférica	46	Transformación
Zaldo	395	Atmosférica	10	Transformación
Macedonia e/Bellavista y Buenos Aires	44	Tecnológica	100	Transformación
Tulipán y	40	Tecnológica	86	Transformación

Fuente: Elaborada por la autora a partir de datos obtenidos de la Dirección Municipal de Planificación Física. (Marzo, 2012).

Al realizar el análisis de la tabla anterior se pudo constatar que el barrio insalubre La Finquita, contiene la mayor cantidad de población afectada, esto se debe a que aproximadamente 88% de sus viviendas se encuentran en mal estado técnico; además de que esta población es vulnerable a ser afectada por inundaciones bajo la influencia de fuertes lluvias, adicionalmente se encuentra sometida al efecto de la contaminación atmosférica y tecnológica.

El foco insalubre que presenta una situación más delicada con respecto a las viviendas es Macedonia entre Bellavista y Buenos Aires, ya que el 100% de las mismas está en mal estado, con una población aproximada de 40 personas afectadas; por lo anteriormente dicho se ha tomado como criterio proponer que este foco sea transformado.

Por otra parte, La Guayaba por ser el foco que se encuentra en suelo no urbanizable y contener a una población afectada de 266 y aproximadamente el

46% de sus viviendas en mal estado técnico, se tomó como propuesta de intervención la transformación, erradicación y reubicación de dicho foco.

FIGURA 4.
Propuesta de Intervención para los asentamientos insalubres en el municipio Cerro



Fuente: Elaborada por los autores a partir de datos obtenidos de la Dirección Provincial de Planificación Física. (Marzo, 2012).

PROPUESTA DE MEDIDAS PARA EL MEJORAMIENTO AMBIENTAL DE LOS ASENTAMIENTOS INSALUBRES EN EL MUNICIPIO CERRO. VÍAS PARA LOGRAR UN DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE

La tendencia actual en estos asentamientos es la recuperación de aquellos que así lo permitan, las acciones fundamentales estarán dirigidas a establecer un cuerpo de regulaciones que, aunque impidan su crecimiento permitan a la población que en ellas habitan, las mínimas condiciones de vida, utilizando técnicas en las propuestas que respondan a la economía y disponibilidad de materiales en el lugar en el cual se va a aplicar.

Para la formulación de medidas se deben tener en cuenta las aptitudes y restricciones, así como las potencialidades económicas de forma de ir logrando un desarrollo gradual y equilibrado, por lo que es imprescindible lograr algunas acciones que viabilicen dicho proceso:

- Instrumentar proyecto de legalización de viviendas existentes que permitan un mayor control del fondo habitacional en el territorio.
- Brindar mayores facilidades a la población dedicando recursos para mejorar el estado técnico constructivo de las viviendas a través del esfuerzo de sus pobladores.
- Ubicar servicios que permitan satisfacer la demanda de la población. Completar servicios deficitarios de comercio, gastronomía, salud, recreación y cultura.
- Construir y pavimentar los viales y aceras que faciliten la accesibilidad interna - Reforestar la franja hidrorreguladora de río.
- Trabajo educativo vinculando a toda la comunidad, logrando una participación consciente y con conocimiento de causa.

Es claramente visible luego de realizar este análisis, la evidencia de falta de atención hacia la estructura constructiva de estas viviendas, constituyendo uno de los problemas ambientales más agudos del municipio, pues, aunque se traten de llevar a cabo políticas para su mejoramiento, las acciones son aún muy pobres; debido a la carencia de recursos materiales en el país para asumir este tipo de obra a gran escala, situación impuesta por el bloqueo al que se encuentra sometido por más de 50 décadas, lo que repercute en el territorio objeto de este estudio.

CONCLUSIONES

En el proceso de caracterización y análisis de la situación ambiental en los asentamientos insalubres en el municipio Cerro, provincia La Habana, se demuestra la existencia de cierta heterogeneidad ambiental, si se tiene en cuenta las condiciones de la vivienda, características de la población, infraestructura técnica, etc. En este caso los barrios insalubres evaluados en la posición más desfavorable son San Martín I y II y La Finquita, mientras que el foco insalubre que muestra las condiciones más críticas es Macedonia y Bella Vista.

Como resultado de la realización del presente trabajo, se pudo establecer una propuesta de intervención según criterios adoptados por la Dirección Provincial de Planificación Física, que establece las categorías siguientes: transformación - erradicación - reubicación y transformación, permitiendo proponer una serie de medidas encaminadas al mejoramiento ambiental de los Asentamientos Insalubres en el municipio Cerro; para lo cual se tuvo en cuenta en su formulación las aptitudes y restricciones, así como las potencialidades económicas, de manera que se pueda ir logrando un desarrollo local gradual y equilibrado en los mismos, que contribuya a la elevación de la calidad de vida de sus habitantes, privilegiando la participación ciudadana, que significa identificar de conjunto responsables y población en general, los rumbos posibles para el desarrollo material y espiritual de sus habitantes, convirtiendo a la totalidad de sus pobladores en actores directos para no correr el riesgo de que los avances que se logren no sean percibidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Nacional del Poder Popular (1997), *Ley No. 81 del Medio Ambiente Gaceta Oficial de la República de Cuba extraordinaria*. Viernes 11 de Julio de 1997, La Habana, p. 47.
- Asamblea Nacional del Poder Popular (1981), *Ley No. 33 de Protección del Medio Ambiente y el Uso Racional de los Recursos Naturales*. Gaceta oficial de la República de Cuba. 12 de febrero del 1981, La Habana, p. 225 - 265.
- CEE (1998), *Nomenclador de Repartos y Barrios de la ciudad*. Delegación Provincial de Estadística, p.6
- CITMA (1996), *Estrategia Nacional Ambiental La Habana*, p. 40.
- Coyula. M (1996), *Medio Ambiente Urbano y participación popular en Cuba*. Revista Comunidad. IPF 7/96, Febrero 1996, p. 25-28.
- Dirección Municipal de Planificación Física (2000), *Plan de Ordenamiento Territorial y Urbano del municipio Cerro*, p. 29.
- Dirección Provincial de Planificación Física 2011. *Informe del Levantamiento de los Asentamientos Insalubres*. P. S/N.
- Fernández J. M (1988), *Aspectos más relevantes del Desarrollo Urbano de La Ciudad de La Habana*, p. 102.
- González, R (2000), *Diferenciación y Espacio Territorial de algunos Componentes Sociales de la provincia La Habana*, Tesis presentada en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Geográficas, Facultad de Geografía. Universidad de La Habana, p. 116.
- Hernández A. (2002), *Estudio sobre la situación de los Barrios y Focos Insalubres*, Universidad de La Habana Dpto. Plan General DPPF. p. s/n.
- Lejardi, Y. (1991), *El hábitat en la Ciudad de La Habana*, La ciudadela, Facultad de Arquitectura, ISPJAE, Tesis presentada en opción al Título de Arquitectura, La Habana, p. 100.
- Modéjar, L. (1997), *Diagnóstico del Barrio Insalubre Zamora II y IV Jornada*. Científica Internacional del Planeamiento Regional y Urbano La Habana, IPF, p. 10.
- Muñiz, A. (1996), *La Evaluación Ambiental en el Planeamiento* IPF, p. 27.
- Quintero, M. (1996), *Descripción de una experiencia participativa en los Barrios Insalubres Santiago de Cuba*, p. 74.
- UNESCO - PNUMA ed. (1981), *Un enfoque ecológico Integral para el Estudio de los Asentamientos Humanos*, París, p. 5 - 1
- Rodríguez, J. (2007), *Diagnóstico Ambiental de los Asentamientos Insalubres en el Municipio Arroyo Naranjo*, Tesis de Maestría, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, p. 86.



NEOGEOGRAFÍA Y SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA UNA NUEVA ETAPA EN LA HISTORIA DE LA GEOGRAFÍA

Gustavo D. Buzai

RESUMEN

El presente trabajo analiza el Sistema Tierra y el Sistema Mundo como realidad empírica estudiada por la Geografía. Centra su atención en la Tecnósfera y en sus componentes espaciales que forman la Geotecnósfera de alcance global.

Con origen en la actividad científica las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) comienzan a tener un uso social generalizado, por lo tanto, el nuevo contexto se enfoca desde diversas escalas: el mundo (globalización de los datos geográficos a través de la red), la ciencia (Geografía Global) y la sociedad (Neogeografía). Se define un nuevo ciclo en la historia de la Geografía y también el comienzo de una nueva etapa.

PALABRAS CLAVE: SIG, geotecnósfera, TIG, Geografía Global, Neogeografía.

DATOS DEL AUTOR

Doctor en geografía en la Universidad Nacional de Cuyo en Argentina con la tesis titulada "Impacto de la geotecnología en el desarrollo teórico-metodológico de la ciencia geográfica. Hacia un nuevo paradigma en los albores del siglo XXI". Se desempeña como docente universitario en la Universidad Nacional de Luján y Universidad Nacional de Tres de Febrero. Su área de actuación principal es el análisis Espacial Cuantitativo con Sistemas de Información Geográfica. Es co-autor del libro Análisis Socioespacial Con Sistemas de Información Geográfica de la editorial Lugar Editorial (co-autora Claudia A. Baxendale).

© Este artículo es de acceso abierto sujeto a la licencia Reconocimiento 4.0 Internacional de *Creative Commons*. No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

INTRODUCCIÓN

Desde hace medio siglo los Sistemas de Información Geográfica (SIG) vienen posibilitando la incorporación del análisis espacial en el medio digital y la continua convergencia de diferentes *softwares* bajo el concepto de Geoinformática. Durante el siglo XXI comienza a transcurrir una etapa que tiene centralidad en la circulación de datos geográficos de manera masiva y que difunde ampliamente la dimensión espacial de la realidad.

Esta realidad está formada por cuatro esferas globales: geosfera (litosfera, hidrosfera y atmósfera), biosfera (fauna y vegetación), tecnosfera (humanidad: técnicas y tecnologías) y noósfera (humanidad: teoría), de las cuales la tecnosfera se presenta como mediatización permanente de las relaciones entre la sociedad y su medio geográfico. Las tecnologías globales incorporan cada vez más la dimensión espacial en sus posibilidades de tratamiento de datos y esto lleva a la formación de una geotecnósfera de alcance planetario (Buzai y Ruiz, 2012). Se puede considerar que estamos experimentando un tercer gran estadio de la globalización apoyada por las redes de comunicaciones.

El análisis espacial (en totalidad de escalas) contiene al análisis geográfico (en escala humana), el cual comienza a ampliarse a través de la circulación de datos geográficos masivos y los medios de interacción que provee la Neogeografía. Por lo tanto la Geografía, como ciencia, nuevamente se expande más allá de sus límites disciplinarios, a través de la Geografía Global en vínculos científicos y la Neogeografía en procedimientos sociales.

Estas dos líneas de expansión de nuestra ciencia serán analizadas en el presente trabajo a través de las cuales se podrá definir una nueva onda de desarrollo de nuestra ciencia superpuesta a las ondas cortas y la onda larga definida en Buzai (1999). Para ello se avanza sobre la composición de la realidad como materialidad de estudio geográfico y en el desarrollo tecnológico que propicia una avalancha de datos masivos mundiales ligado a la globalización.

El análisis de la realidad a través de componentes de la Geotecnósfera brinda posibilidades nunca antes experimentadas de la relación científica con la sociedad que se ve beneficiada a través de la transferencia de conocimientos. La última etapa del desarrollo de la Geografía como ciencia está ligado decididamente a su capacidad de ciencia aplicada en la cual intervendrán geógrafos profesionales y amateurs-voluntarios.

LA BASE EMPÍRICA EN CUATRO ESFERAS

Actualmente, la investigación científica en Geografía, encuentra un importante apoyo en las Tecnologías de la Información Geográfica. Como integrantes de estas tecnologías, los SIG han favorecido el surgimiento de dos notables revoluciones, una tecnológica y otra intelectual. La primera está relacionada a la disponibilidad de técnicas de aplicación y la segunda a la forma en la que puede ser pensada la realidad.

Esta realidad se presenta como un paisaje global formado por cuatro principales esferas: la geosfera, biosfera, tecnosfera y noósfera. Comprende un continuo que va desde la mayor materialidad planetaria hacia una inteligencia colectiva en donde cada *localización* está influenciada por diferentes combinaciones de estas esferas.

La relación de la sociedad con el medio geográfico se produce a través de la tecnología y esto ha formado la tecnosfera, la cual se convierte en el principal sustento de las actividades humanas en el planeta. Esta esfera contiene la totalidad de instrumentos construidos por el hombre con la finalidad de dar respuestas al determinismo que aún genera la geografía a través de la localización desigual de sus componentes físico- naturales, actualmente muy bien ejemplificado por Kaplan (2013).

Los elementos técnicos que componen la tecnosfera se localizan principalmente en la superficie terrestre, aunque se expande hacia el espacio exterior a través de satélites artificiales de múltiples propósitos. Los satélites de comunicaciones han adquirido un gran protagonismo en la actualidad.

La noósfera tiene sustento tecnológico, el de la interacción global de los flujos comunicacionales que vinculan todos los espacios terrestres a través del ciberespacio.

Se impone a la geosfera y la biosfera a través del dominio de la naturaleza y avanza hacia la formación de una conciencia planetaria.

De esta manera queda claro que la sociedad humana domina estas relaciones y si bien el hombre, como especie animal, perteneció inicialmente a la biosfera, hoy debemos considerarlo separado de ella a través de las dos esferas que ha creado. Estas se apoyan en su componente cultural y simbólico, pero principalmente en su interés de comprender y dominar el mundo. Y esto lo ha realizado a través del desarrollo de la ciencia como actividad productora de conocimientos que conforman el Sistema Mundo.

AVALANCHA DE DATOS EN LA TERCERA GLOBALIZACIÓN

La materialidad empírica del planeta Tierra es la fuente de datos para la investigación geográfica. Algunos de ellos son obtenidos a partir de la percepción directa y la mayoría a través de la mediatización tecnológica.

A inicios de la década de 1960, Stamp (1981) destacaba la impresionante cantidad de datos que podían ser obtenidos en lo que denominó *Fotogeografía* a partir de un mosaico de fotografías aéreas verticales. Pocos años después se asistió a una verdadera explosión de datos, cuando se puso en órbita el satélite LANDSAT 1 con la finalidad de explorar el planeta Tierra y al finalizar su primera órbita había obtenido un volumen de datos equivalente al que los geógrafos habían acumulado hasta el siglo XV, y en su segunda órbita tantos como el que disponían en el siglo XIX (Stotman, 1999).

Esta avalancha de datos muchas veces sobrepasó las capacidades técnicas de las instituciones académicas, pero en ningún momento sobrepasó las capacidades de la racionalidad humana que puede aprovecharlos mediante la posibilidad de captar la unidad en la diversidad de manera no contradictoria (Rand, 2011).

El acceso a imágenes satelitales también ayudó a la revolución intelectual con base geográfica, porque no solamente se pudo ver la superficie terrestre desde el espacio sino principalmente como cuerpo celeste flotando en el espacio. Representa una clara evidencia empírica del ínfimo lugar que ocupamos en el universo y que a determinadas escalas las barreras existentes entre los seres humanos no existen.

Esta perspectiva que permite ver el planeta en movimiento junto a las configuraciones cambiantes de sus colores (océanos, continentes y fenómenos atmosféricos) presenta su mayor integración

físico-natural y sobre ella se encuentra la dimensión socio-espacial en diferentes escalas. Es la confluencia entre el Sistema Tierra y el Sistema Mundo (Dollfus, 1992).

Cuando existen datos del Sistema Mundo de circulación y presencia masiva en el Sistema Tierra se hace referencia a la globalización. En este sentido se pueden detectar claramente tres procesos globalizadores de la humanidad:

Primera globalización (material): Los primeros datos que se diseminaron por el globo fueron los del ADN humano. (Esta fue la primera información que pobló todos los ecosistemas terrestres conectados en un proceso que comenzó hace 7 millones de años y finalizó hace 20 mil años (Lévy, 2012; Picq, 2012).

Segunda globalización (conceptual): Se encuentra relacionada al pensamiento, al momento histórico en el cual la humanidad toma conciencia generalizada de que la población mundial se encuentra sobre la superficie de una esfera (globo) que gira alrededor del Sol. Este proceso se produce en el S.XV con la llamada revolución científica (Boido, 1996).

Tercera globalización (digital): Es la actual y corresponde a la circulación de datos por el ciberespacio. Las redes computacionales vinculadas a las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) permiten que el Sistema Mundo se encuentre completamente integrado, aunque en este espacio exista una notable jerarquía (Buzai, 2013).

La circulación ciberespacial corresponde a una perspectiva planetaria y a partir de allí existen diferentes escalas en el Sistema Mundo. La Geografía es una ciencia empírica de gran amplitud. En cuestiones de escala puede estudiar fenómenos globales que abarcan los 510 millones de km² del planeta y llegar a espacios locales en donde la medición de metros cuadrados puede mostrar fenómenos humanos con gran nivel de detalle.

ANÁLISIS GEOGRÁFICO EN PERSPECTIVA GEOTECNOLÓGICA

El Sistema Tierra y el Sistema Mundo contienen toda la realidad empírica que puede estudiar la Geografía como ciencia. Es la base de una ciencia empírica, que estudia hechos geográficos concretos para comprenderlos y poder actuar sobre ellos.

La Geografía como ciencia empírica considera a la racionalidad humana como principal fuente de conocimientos, la cual minimiza grados de arbitrariedad realizando generalizaciones a partir de conceptos afines en la construcción de conocimientos. Esto resulta posible ante una realidad que existe con independencia del observador y con procedimientos intelectuales que pueden privilegiar la función cognitiva respecto de una función de manipulación (Rand, 2011; Soros, 2010).

La perspectiva geotecnológica implica analizar la realidad como sistema. Cuando se estudian sistemas generales es posible encontrar similares comportamientos en diferentes escalas, en cambio, cuando se estudian sistemas complejos es posible utilizar teorías diferentes y específicas en cada escala.

Desde el punto de vista espacial, entre lo infinitamente grande y lo infinitamente pequeño se encuentra la escala humana, que se puede considerar un espacio con grandes complejidades surgidas de innumerables tensiones relacionales (de Rosnay, 1977; Buzai y Cacace, 2013).

La Geografía es una ciencia muy interesante y dinámica ya que debe afrontar diferentes situaciones de resolución, tanto temáticas como escalares. Al mismo tiempo, la tecnología también se ubica en diferentes escalas: los telescopios para lo infinitamente grande, los microscopios para lo infinitamente pequeño, y los SIG para la escala humana vinculada al espacio geográfico.

El análisis espacial tiene gran amplitud porque interviene en todas las escalas de la realidad. El análisis geográfico ocupa sólo un sector del análisis espacial, el de una escala humana, intermedia entre lo infinitamente pequeño y lo infinitamente grande, y con altas posibilidades de integración de variables sociales y naturales. Es interesante ver de qué manera, en estos últimos años, el campo del análisis geográfico, con centro en los SIG, se fue ampliando a través de la aparición de geodatos masivos (*big data geographic*) y la Neogeografía que permite acceder a ellos con múltiples propósitos.

EVOLUCIÓN GEOINFORMÁTICA

Los SIG sintetizan una larga evolución del pensamiento geográfico en donde también se incluyen procedimientos metodológicos asociados a ellos. Los métodos de análisis numérico y cartográfico, que durante siglos se realizaron tomando como base al papel, desde mediados del siglo XX comenzaron a experimentar una transformación digital que les permitiría ingresar a las computadoras para su tratamiento y análisis en un nuevo ambiente.

El primer SIG lo desarrolló Roger Tomlinson en Canadá en 1964 (*Canada Geographical Information Systems – GIS*) con base en el proyecto *Canada Land Inventory* (CLI) del *Department of Forestry and Rural Development* por lo cual, en el año 2014, los SIG cumplen 50 años, es decir, medio siglo de existencia. Su evolución hacia innumerables posibilidades de aplicación (Buzai y Robinson, 2010) propició el reconocimiento generalizado de la dimensión espacial por parte de múltiples ciencias que a través del uso de los SIG incorporaron novedosas perspectivas de análisis con la finalidad de realizar estudios más completos.

Las entidades geográficas comenzaron a ser representadas mediante dos componentes vinculados, la forma y el contenido. En el ambiente digital, las primeras llevaron a la creación de bases de datos gráficas, y las segundas, a la creación bases de datos alfanuméricas.

Las formas se asimilan a una representación geométrica (punto, línea, polígono, raster y x-tree) y los *softwares* que se utilizan para su tratamiento son los programas de Diseño Asistido por Computadora (CAD), Mapeo asistido por computadora (CAM), Gestión de infraestructura (AM-FM), sistemas catastrales (LIS), Procesamiento digital de imágenes satelitales (PDI) y Modelos digitales de elevación (DEM).

Los contenidos son principalmente valores cuantitativos que se incorporan en la tabla de atributos asociada a la gráfica y los *softwares* que se utilizan para su tratamiento son los Editores de textos (EDT), Administradores de bases de datos (ABD), Planillas de cálculo (PLC), Programas de análisis estadístico (PAE) y Sistemas de posicionamiento global (GPS).

Considerando los cincuenta años de desarrollo (1964-2014), ambos grupos de *software* transitan un continuo proceso de convergencia centrada en la tecnología SIG llevado a cabo durante la primera mitad del período (1964-1989). A partir de esta situación tiene origen el concepto de Geografía Automatizada (Dobson, 1983). La estabilización de la convergencia genera una línea de avance aplicativo a través de los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE) y la base para el inicio de un proceso de expansión durante la segunda mitad del período (1989-2014), primero con impacto

científico como Geografía Global (Buzai, 1999) y luego con impacto social como Neogeografía (Turner, 2006).

La etapa de circulación comienza con un principal sustento material a través del CD- DVD para pasar rápidamente a la inmaterialidad del ciberespacio. Existe la posibilidad de distribución de datos por la red y el SIG *on-line*. Actualmente estas posibilidades avanzaron mediante las posibilidades de interacción que genera la Web 2.0 en verdaderos procesos participativos.

ONDAS EN EL DESARROLLO DE LA GEOGRAFÍA

A lo largo del siglo XX existieron ondas cortas y largas en el desarrollo conceptual y metodológico de la Geografía como ciencia.

La visión más tradicional la propuso Capel (1983) al analizar la sucesión continua entre posturas positivistas e historicistas que se alternaron como un péndulo desde inicios del siglo XX hasta el día de hoy. En este libro finaliza con un capítulo historicista (*La quiebra del positivismo y las geografías radicales*, pp. 403-455) y en la actualización de dicho libro por Capel (2012) finaliza con un capítulo positivista (*Nuevas geografías y Neogeografía*) basado en las tecnologías de la información geográfica.

En Geografía Global (Buzai, 1999) se sientan las bases para demostrar que este péndulo quedó trabado en las últimas dos décadas y que hoy comparten protagonismo por igual posturas de base positivista (*Geografía Automatizada y Geografía del Paisaje*) e historicistas (*Geografía Posmoderna y Geografía de la Percepción*). A nuestro modo de ver Capel (2012) queda atrapado en mantener la verificación de la hipótesis pendular del desarrollo de la Geografía como ciencia y eso le impide incluir un capítulo, como mínimo, sobre las posturas posmodernas, que trabarían ese péndulo al ser contemporánea con el mismo nivel de reconocimiento que la Geografía Automatizada.

Estos pueden considerarse ondas de periodicidad corta de aproximadamente dos décadas de duración (longitud entre crestas) durante el siglo XX: una secuencia positivista (P) que lleva a una cresta a inicios con influencia de la Biología, una a mediados ligada a la Matemática y una al final ligada a la informática y una secuencia historicista (H) que genera crestas durante la crisis de 1930 relacionada a la actualización de la Geografía Regional, durante la crisis de 1970 relacionada a la Geografía crítica y una actual ligada a la postmodernidad y la incertidumbre.

En Geografía Global (Buzai, 1999) hemos descubierto un ciclo largo que recorre por debajo de estos y produce dos momentos de explosión disciplinaria (E). El primero a finales de siglo XIX cuando la Geografía brinda objetos de estudios para la aparición de nuevas ciencias y queda definida como ciencia humana, y cien años después, cuando la Geografía ingresa en las computadoras y a través de ellas se hace global al resto de las ciencias. Una Geografía Global de alcance interdisciplinario. La Geografía en un ciclo de cien años se expande hacia diferentes prácticas científicas.

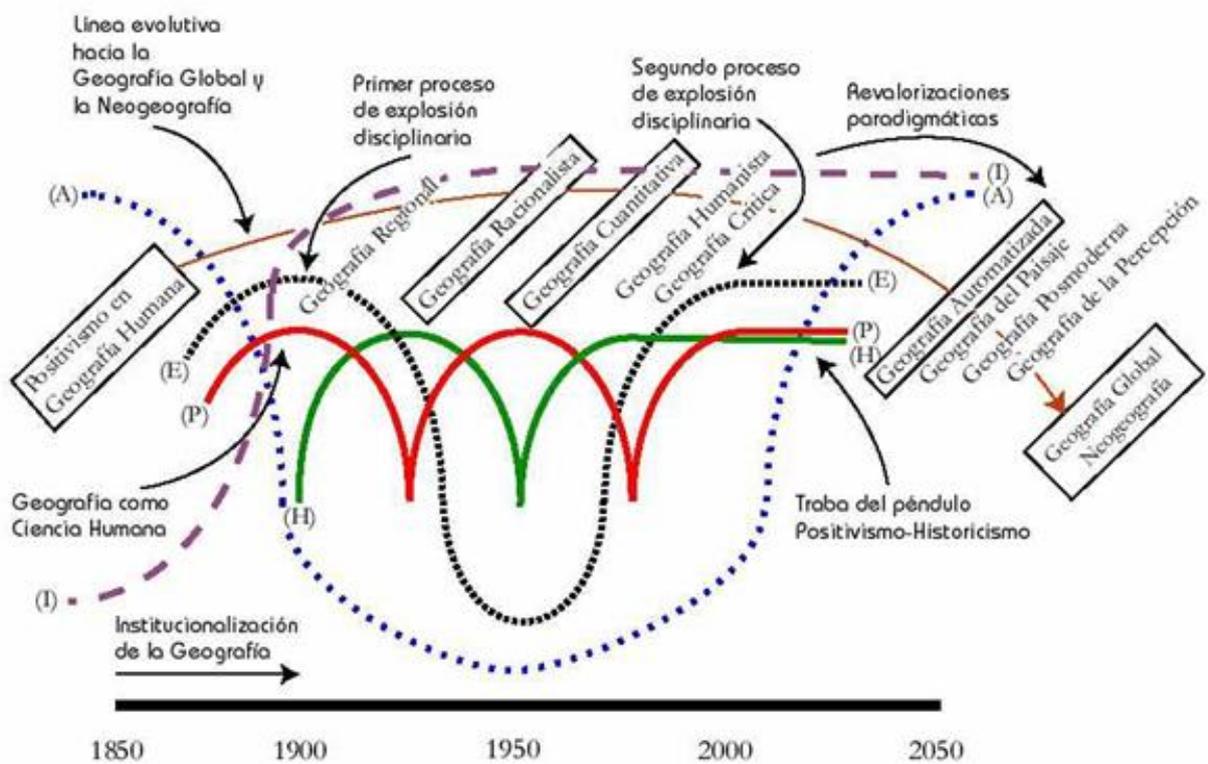
Actualmente se hace evidente una nueva onda relacionada a las prácticas geográficas. Hasta mediados del siglo XIX la Geografía –y muchas ciencias- se hicieron sin existencia de su institucionalización y donde el

papel del *amateur* tenía gran valor, desde allí hasta hoy (ver Capel, 1983, 2012) fueron creándose instituciones formales (sociedades geográfica, universidades) que formaron el acuerdo en la comunidad científica (Kuhn, 1993) de cómo debería realizarse esta actividad académica. Actualmente, a través de la NeoGeografía hay un camino hacia la reivindicación del período anterior. Sin dejar las pautas institucionales, los *geógrafos amateurs* comienzan a tener nuevamente protagonismo (A) que comienza a compartir cada vez mayor importancia con las prácticas institucionalizadas (I).

En el gráfico 1 se presentan la totalidad de ondas y se presenta una síntesis en el cuadro 1. Debe prestarse atención a la línea de desarrollo conceptual que lleva a la Geografía Global y la Neogeografía.

GRÁFICO 1.

Ondas en la evolución de la Geografía



CUADRO 1.

Características de las ondas en Geografía

Ondas	Longitud (λ)	Característica
(P) (H)	20 años	Alternancia Positivismo-Historicismo (Capel, 1983, 2012)
(E)	100 años	Explosión disciplinaria (Buzai, 1999)
(A) (I)	200 años	Alternancia Amateur-Institucional (Buzai, 2014)

GEÓGRAFOS PROFESIONALES Y AMATEURS-VOLUNTARIOS

Los geógrafos profesionales están relacionados claramente con la historia de la institucionalización de la Geografía y de su recorrido como ciencia humana desde mediados del siglo XIX hasta hoy, estando posicionados principalmente en alguno de los paradigmas de la Geografía. Los amateurs-voluntarios geógrafos cobran importancia a partir del siglo XXI de forma muy estrechamente relacionada con la difusión masiva de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Sin conocimientos teóricos de la Geografía, con los riesgos que ello implica, influyen a través de la producción de información geográfica.

Hemos visto que este proceso tuvo un largo recorrido desde mediados del siglo XIX hasta hoy. El camino evolutivo incluye la transformación de procedimientos analógicos en procedimientos digitales, la confluencia tecnológica con centro en los SIG, la circulación de información con base en Internet, el desarrollo de la geotecnósfera, el amplio interés científico disciplinario por la dimensión espacial y finalmente, el interés ciudadano por la localización.

Desde un punto de vista excepcionalista se ha posicionado a la dimensión espacial en el sitio y en la dimensión temporal en lo inmediato. Queda claro que con base tecnológica el mundo se achicó y todo se aceleró. Es posible consumir y producir geografía digital con sólo estar conectado: datos geográficos, productos cartográficos- imágenes satelitales y herramientas especializadas para su consulta y tratamiento brindan posibilidades de interacción nunca antes experimentadas.

Todo esto corresponde al desarrollo de la globalización geográfica a través de la Geotecnósfera (Buzai y Ruiz, 2012) en la que se establecen relaciones nuevas y aún no totalmente estudiadas entre los productos de la geografía profesional y la geografía amateur-voluntaria. Estaríamos asistiendo al último estadio de la globalización digital en la cual la Geografía Global y la Neogeografía deben coexistir de manera cooperativa.

CONSIDERACIONES FINALES

GEOGRAFÍA GLOBAL + NEOGEOGRAFÍA / CIENCIA + SOCIEDAD

El impacto generado por las Tecnologías de la Información Geográfica superó notablemente las previsiones iniciales de los geógrafos que se interesaron por la temática correspondiente al impacto de las tecnologías digitales en la teoría y la metodología de la Geografía.

Después de que Dobson (1983) definiera la aparición de una Geografía Automatizada y que diez años después se hiciera un balance sobre el tema por parte de la revista *The Professional Geographer*, queda claro que los SIG no representaban la aparición de un nuevo paradigma en la Geografía, ya que las teorías y métodos utilizados se habían desarrollado en el período que abarca la Geografía Racionalista y la Geografía Cuantitativa, la primera al poner su foco de atención en la construcción regional y la segunda en que esa construcción podía realizarse a través de la utilización de técnicas cuantitativas.

La digitalización y tratamiento de la información geográfica con medios computacionales presentaba un cambio de ambiente que podía considerarse una nueva visión de la realidad. Una visión paradigmática que la Geografía brindaba al resto de las ciencias que vieron la necesidad de incorporar la dimensión espacial en sus estudios. Se define así la Geografía Global (1998) como

Geografía utilizada por muchas ciencias a partir de su estandarización y difusión digital. Iniciado el siglo XXI la nueva expansión tecnológica sale de las ciencias y se dirige hacia las prácticas sociales a través de los dispositivos electrónicos vinculados a través de Internet.

CUADRO 2.

Línea conceptual hacia la Geografía Global + Neogeografía

Línea conceptual		Influencia	Décadas
<i>Positivismo en Geografía Humana</i>		<i>Positivista basada en la</i>	<i>1900-1940</i>
<i>Geografía Racionalista</i> (Hartshorne, 1939)		<i>Historicista</i>	<i>1940-1950</i>
<i>Geografía Cuantitativa</i> (Burton, 1963)		<i>Positivista basada en las matemáticas</i>	<i>1950-1970</i>
<i>Geografía Automatizada</i> (Dobson, 1983)		<i>Positivista basada en la informática</i>	<i>1980-2000</i>
<i>Geografía Global</i> (Buzai, 1999)	<i>Neogeografía</i> (Turner, 2006)		<i>2000-2010</i>

El Cuadro 2 presenta un camino de evolución paradigmática en base a Buzai (1999) con actualizaciones de Buzai y Ruiz (2012) y presenta las posturas geográficas que realizaron aportes conceptuales que llevaron a la situación actual.

El positivismo con influencia biológica, matemática e informática corresponde a los ciclos de ondas largas del sistema capitalista propuestas por Nicolái Kondrátiev (Berry, 1991) y ahora estamos ubicados en un nuevo pico fomentado por las tecnologías digitales.

El camino iniciado por el cuantitativismo hace poco más de sesenta años genera el mayor impacto social que cualquier paradigma de la Geografía ha realizado y el positivismo reemplaza al historicismo como último capítulo en la evolución de nuestra ciencia (Capel, 2012).

Resulta interesante ver que desde el positivismo se produce el avance científico de la Geografía que permite el mayor impacto en la ciencia y la sociedad del siglo XXI, permitiendo el mayor uso efectivo de la dimensión espacial en diversos campos de aplicación y la mayor interacción con el ciudadano, usuario y generador de información geográfica.

La Web 2.0 permitió las posibilidades de interacción necesaria para la aparición de la Neogeografía y los geógrafos amateurs-voluntarios tienen participación global. La difusión masiva de las TIC con una base geográfica generó la Geotecnósfera la cual se vislumbra comience a atravesar una nueva etapa con la aparición de la Web 3.0 la cual estará fluidamente conectada a diversos objetos que enviarán automáticamente datos de utilidad geográfica.

Hace casi dos décadas se había vislumbrado una evolución de la sigla de los SIG: GISystem, GIScience y GISociety (Burrough y McDonell, 1998). En el 2014, después de medio siglo de la

aparición del primer SIG la sociedad de la información geográfica es un hecho y con esto comienza a perfilarse una nueva etapa en la historia de la Geografía.

BIBLIOGRAFÍA

- Berry, B.J.L. (1991): *Long wave rhythms in Economic Development and Political Behaviour*. John Hopkins University Press. Baltimore.
- Boido, G. (2006): *Noticias del Planeta Tierra. Galileo Galilei y la revolución científica*. AZ. Buenos Aires.
- Burrough, P.A.; McDonell, R.A. (1998): *Principles of Geographic Information Systems*. Oxford University Press. Oxford.
- Burton, I. (1963): The Quantitative Revolution and Theoretical Geography. *Canadian Geographer*. VII (4):151-162.
- Buzai, G.D. (1999): *Geografía Global*. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- Buzai, G.D.: Paradigma Geotecnológico, Geografía Global y CiberGeografía, la gran explosión de un universo digital en expansión. *GeoFocus*. 1:24-48, 2001.
- Buzai, G.D. (2013): Technological Dependency and the Internet: Latin American Access from Buenos Aires, 2001-2013. *Journal of Latin American Geography*. 12(3):165-177.
- Buzai, G. (2014): Geografía Global + Neogeografía. Actuales espacios de integración científica y social en entornos digitales. Conferencia. *III Jornadas de Investigación y Docencia en Geografía Argentina*. UNICEN. Tandil.
- Buzai, G.; Cacace, G. (2013): El concepto de espacio. *Si Muove*. 5:34-38.
- Buzai, G.; Robinson, D. 2010. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. *Journal of Latin American Geography*. 9(3):9-31.
- Buzai, G.; Ruiz, E. (2012): Geotecnósfera. Tecnologías de la información geográfica en el contexto global del Sistema mundo. *Anekumene*. 4:88-106.
- Capel, H. (1983): *Filosofía y Ciencia en la Geografía Contemporánea*. Barcanova. Barcelona. (1ra. Edición).
- Capel, H. (2012): *Filosofía y Ciencia en la Geografía Contemporánea*. Ediciones del Serbal. Barcelona. (2da. Edición).
- De Rosnay, J. (1977): *El macroscopio. Hacia una visión global*. AC. Madrid.
- Dobson, J.E. (1983): Automated Geography. *Professional Geographer*. 35(2):135-143.
- Dollfus, O. (1992): Systeme Monde et Systeme Terre. *L' Espace Geographique*. 21(3):223-229.
- García, R. (2006): *Sistemas Complejos*. Gedisa. Barcelona.
- Hartshorne, R. (1939): *The Nature of Geography. : A Critical Survey of Current Thought in the Light of the Past*. Annals of the Association of American Geographers. Lancaster.
- Kaplan, R. (2013): *La venganza de la Geografía*. RBA, Barcelona.

- Kuhn, T.S. (1993): *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Lévy, J. (2012): La definición del geógrafo. *Atlas de las Mundializaciones*. Le Monde Diplomatique. Fundación Mondipló. Valencia. p. 24.
- Picq, P. (2012): La definición del antropólogo. *Atlas de las Mundializaciones*. Le Monde Diplomatique. Fundación Mondipló. Valencia. pp. 21-22.
- Rand, A. (2011): *Introducción a la Epistemología Objetivista*. El Grito Sagrado. Buenos Aires.
- Ratzel, F. (1882): *Anthropo-geographie. Grundzüge der anwendung der erdkunde auf die geschichte*. J.Engelhorn. Stuttgart.
- Ruiz, E. (2010): Consideraciones acerca de la explosión geográfica: Geografía colaborativa e información geográfica voluntaria acreditada. *GeoFocus*. 10:280- 298.
- Soros, G. (2010): *The Soros Lectures at Central European University*. Public Affairs. New York.
- Stotman, J. (1999): *Conferencia*. Congreso sobre la enseñanza de la Geografía frente a un mundo en cambio. Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. 19 al 24 de abril.
- Turner, A.J. (2006): *Introduction to Neogeography*, O´Reilly Media. Sebastopol.



Embalse Poechos. Piura

EL CAUDAL ECOLÓGICO EN LA GESTIÓN DEL AGUA

Ángel Celso Rojas Rosales

RESUMEN

El presente trabajo analiza el tema del caudal ecológico en la forma como se calcula y se aplica en proyectos de irrigación y aprovechamiento hidroeléctrico, donde surgen aparentes conflictos por la necesidad de tener mayor disponibilidad del recurso hídrico. El concepto caudal ecológico surge ante la necesidad de mantener un porcentaje de agua que permita mantener la flora, fauna y el ecosistema del entorno sin que exista el riesgo de agotar el caudal del río. Por ello el informe describe diversos enfoques que tratan de definir el caudal ecológico, así como algunos procedimientos para asignarle valores numéricos, observándose a simple vista que no hay consenso sobre esta cuestión. La gestión del agua como actividad que busca optimizar usos y superar efectos negativos sobre la población, también debe incluir al medio ambiente porque este genera renovación y depuración del recurso hídrico, lo que permite atender diversos requerimientos, entre ellos el uso como caudal ecológico. Los entes rectores como la Autoridad Nacional del Agua (Ministerio de Agricultura) u otros no han definido el caudal ecológico todavía, pese a existir la Ley N°29338 de Recursos Hídricos. Finalmente se recoge la opinión de que es necesario que los sectores involucrados convengan en que debe quedar suficiente agua en el río y que la extracción debe ser función directa de la real disponibilidad hídrica. De este modo el caudal ecológico se tornaría en un concepto viable de aplicación.

PALABRAS CLAVE: *Caudal ecológico, gestión del agua, caudal mínimo, recurso hídrico.*

DATOS DEL AUTOR

Geógrafo egresado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima, Perú. Con experiencia en el subsector electricidad e hidrometeorología habiendo ocupado el cargo de Jefe de la Oficina Zonal de Bagua, también se dedicó a la docencia en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y la Universidad Ricardo Palma. Se desempeña en actividades de supervisión ambiental y en la asesoría en el cumplimiento de la normativa ambiental para empresas mineras.

© Este artículo es de acceso abierto sujeto a la licencia Reconocimiento 4.0 Internacional de *Creative Commons*. No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

INTRODUCCIÓN

La constante preocupación humana por el uso de los recursos hídricos (ríos, lagos principalmente) en el afán de salvaguardar su existencia ha determinado históricamente que su utilización genere también un aparente conflicto por poseer la mayor disponibilidad, no importando quien o quienes resulten afectados aguas abajo del punto de aprovechamiento principal.

Sin embargo, la implementación de obras de regulación para la solución del aparente conflicto y atender múltiples necesidades, ha generado afectaciones al régimen natural del agua, haciendo muy necesario su preservación en la perspectiva del tiempo conjuntamente con el ecosistema que lo rodea. Esta situación se enmarca dentro de lo que se denomina “Desarrollo Sostenible”.

Dentro del “Desarrollo Sostenible” estaría tácitamente inscrito el concepto “caudal ecológico”, porque se refiere al agua que se debe reservar en el tiempo para que la flora y fauna existentes mantengan su hábitat natural y se atiendan las necesidades humanas, tanto en el presente como para las generaciones futuras.

Asimismo, tratar de definir el concepto de caudal ecológico de manera pragmática y obtener resultados positivos es un reto y un quehacer si se busca al mismo tiempo demostrar la aplicabilidad del concepto. De lograrse dichos fines se evitaría en primer lugar su uso indiscriminado y en segundo lugar la pérdida de su validez como parámetro técnico. En esta tarea compete al geógrafo como analista de los recursos naturales concurrir para proponer formas y/o criterios que viabilicen aplicar el caudal ecológico dentro de la gestión del agua y no lo contrario.

CONCEPTOS PREVIOS

CAUDAL

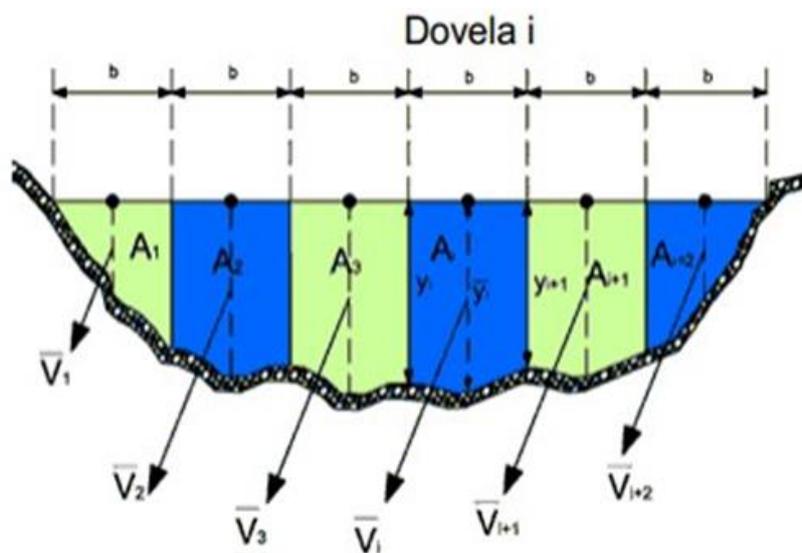
El estudio de la hidrología permite conocer el caudal natural que viene a ser la cantidad de agua que pasa a través de una sección transversal del río en un determinado periodo de tiempo. Convencionalmente se acepta la siguiente fórmula o ecuación simple para determinarlo:

$$Q = A \times V$$

Donde **Q** es el caudal o gasto expresado en metros cúbicos por segundo ($m^3/seg.$) o litros por segundo; **A** es el área de la sección transversal (ancho del río) expresado en metros cuadrados (m^2); **V** es la velocidad media del corriente expresado en metros por segundo ($m/seg.$) o litros por segundo. Para efectuar la medición o aforo se divide la sección transversal en columnas verticales como muestra la figura 1. Cada columna se denomina Dovela donde se mide un área o profundidad **A** y una velocidad **V**. El producto de las sumatorias de cada parámetro es el caudal **Q**.

Como se observa la ecuación para obtener el caudal es muy simple. Sin embargo, el caudal real de un curso de agua natural es generalmente afectado por márgenes de error en las mediciones debido a variaciones del cauce generadas por la dinámica fluvial. Se obliga con ello a recurrir a aproximaciones vía aplicación de coeficientes para tratar de aminorar los márgenes de error.

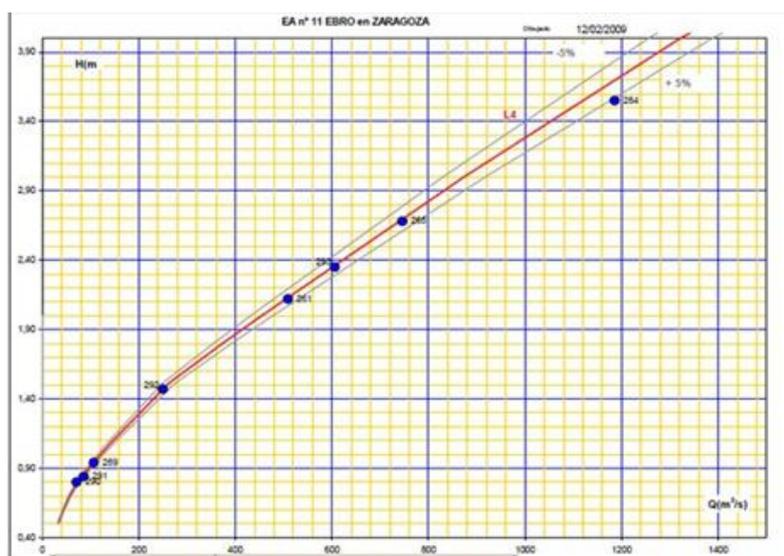
FIGURA 1.
Sección transversal de aforos.



Fuente; Instituto Mexicano del Transporte, Metodología para la medición de la velocidad de flujo en un río... Publicación Técnica N°356, p. 11, Sanfandila, Qro., México, 2012

Conocer el régimen fluvial del río requiere no solamente mediciones puntuales, sino también mediciones periódicas (diarias o mensuales a la misma hora) en distintos puntos del río a fin de disponer de un historial de caudales. Cuando se dispone del mayor número posible de años, dicha información se grafica en una curva de caudales (curva de gastos) de la cual se obtienen por cálculos sencillos valores medios diarios, mensuales, anuales o multianuales. La figura 2 es ilustrativa al respecto.

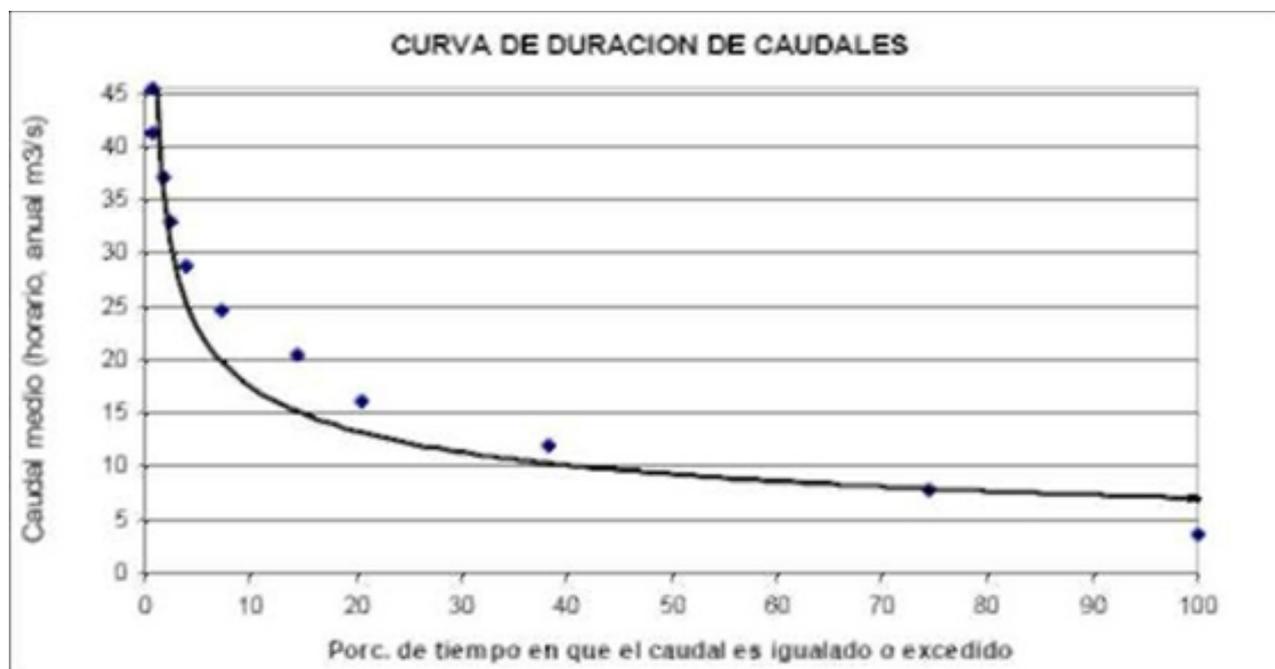
FIGURA 2.
Curva de gastos típica



Fuente; Ma Luisa Moreno Santaengracia, Curvas de Gasto - Determinación y Variación Temporal, p.1, Montevideo, Uruguay, Agosto 2010.

Complementariamente se utilizan las curvas de duración que permiten obtener la persistencia de los caudales máximos y mínimos en los porcentajes de tiempo durante los que son igualados o excedidos. Ver figura 3.

FIGURA 3.
Curva de duración de caudales



Fuente: Tutoriales de Ingeniería Civil, Pág. Web, 2014.

GESTIÓN DEL AGUA

La gestión del agua se refiere a toda actividad dirigida a optimizar los usos del recurso hídrico, buscando además superar los efectos negativos generados por una desigual distribución del agua para la población. De este modo se aspira a que el Estado, los usuarios y la sociedad en su conjunto maximicen los beneficios del uso o aprovechamiento del recurso hídrico sin generar conflictos críticos. De ocurrir conflictos, estos deberán ser superados aplicando criterios de tipo técnico y normativo.

En el caso del Perú, las condiciones del manejo y gestión del agua han sido en extremo difíciles y tradicionalmente se constituyó en un desafío particular del desarrollo agrícola, particularmente en la región de la costa. Aquí el estudio del agua y su uso para riego alude a dimensiones técnicas y sociales, o a aspectos culturales y políticos, pero principalmente a la disponibilidad del recurso; lo que incrementa la complejidad del problema.

En cambio, en las comunidades campesinas de la sierra el manejo del agua, constituye una de las bases de la organización social andina. El recurso hídrico es un bien común, de manejo colectivo, aunque en realidad esto en sí represente una apropiación particular del agua. Unas de las faenas comunales más importantes en el ciclo agrícola son precisamente la limpieza y el mantenimiento de los canales de riego. Al margen de todo ello el agua como bien común es también un recurso público, patrimonio del Estado.

En el caso de la región de la selva, cuyas aguas vierten al Atlántico, el recurso es abundante, con una disponibilidad estimada para el año 2000 de 450,840 m³ de agua superficial por habitante. La gestión del agua en esta región no presenta una complejidad derivada de una escasa disponibilidad, porque aquí el recurso hídrico es abundante.

De otra parte, es necesario señalar también que hasta hace pocos años la gestión del agua para usos múltiples tenía como principales usuarios a los sectores urbano, industrial y agrícola, y no existía una normativa con rigor de ley para ordenar la situación. Al haber emergido con fuerza el sector ambiental, este ha pasado a tener una alta prioridad, pues el ambiente juega un papel esencial en la renovación y depuración de los recursos hídricos. Por ese motivo debe ser considerado en su verdadera importancia.

ANÁLISIS DEL CONCEPTO "CAUDAL ECOLÓGICO"

El marco teórico referencial del tema que nos ocupa conduce a considerar primero que el término "caudal" pertenece propiamente al campo de la hidrología, siendo una magnitud medible o cuantificable. Luego el adjetivo "ecológico" se refiere al mundo viviente y de la gestión de la naturaleza, que implica la existencia de "vida" en el agua aún en niveles mínimos.

En ese orden de ideas surgió la necesidad de contar con un medio ambiente más limpio que garantice la vida normal de la flora y fauna, lo que a su vez generó planteamientos para que en los cursos de agua regulados circulen "caudales ecológicos", también llamados "caudales mínimo - ambientales". Pero, el uso indiscriminado de esas denominaciones, hizo aparecer otros vocablos que aumentaron la indefinición del tema, aunque en buena cuenta resultaban solamente términos sinónimos: "caudales de compensación", "caudales medioambientales", "caudales de mantenimiento", "caudales mínimos", "caudales de reserva", etc.

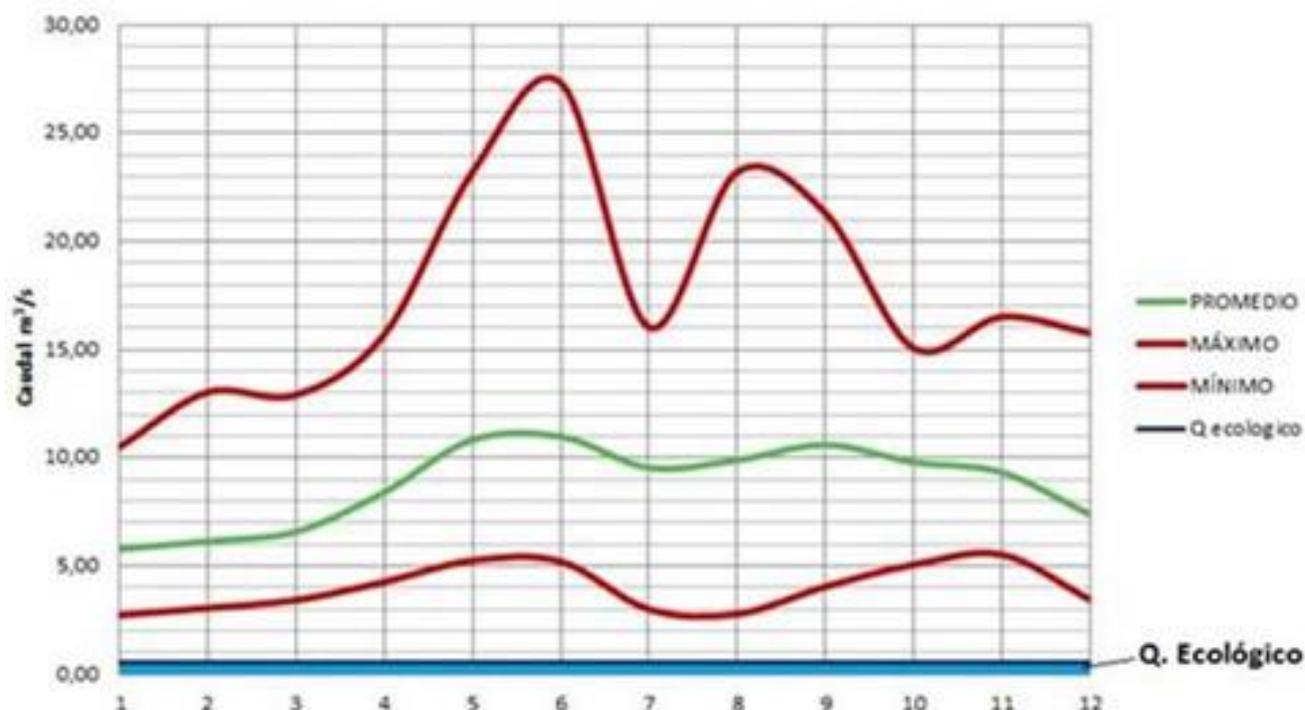
También surgieron definiciones de tipo sistémico, como la que señala que el caudal ecológico vendría a ser la cantidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para mantener el hábitat del río y su entorno, además de atender los requerimientos físicos para asegurar su estabilidad y cumplir sus funciones de flujo de dilución, conducción de sólidos, recarga de acuíferos y el mantenimiento de las características estéticas y paisajísticas de la cuenca hidrográfica. Pero, hablar de "recursos hídricos necesarios" conllevaría a una imprecisión relacionada específicamente con la cantidad de agua, ya que esperar que un caudal ecológico cumpla todas las funciones señaladas a lo largo del río o en sectores del mismo, no sería del todo real. En ese caso ya no se trataría de un caudal mínimo o un caudal medio, sino de aquel que permita el soporte de todos los usos del agua y la garantía de que la cuenca se mantenga viva. Ya no se estaría hablando de un caudal ecológico sino de todo el volumen del recurso hídrico.

Dado que algunos autores suelen equiparar el nivel mínimo de caudal con el caudal ecológico, en la figura 4 se representa dicho planteamiento. Aquí se muestra como el caudal "mínimo" que al estar muy cerca al nivel cero no sería muy indicativo de niveles de vida suficientes para la fauna y flora de un río (o lago). Si este caudal mínimo debe mantenerse en un curso fluvial intervenido con una represa, captación o derivación, por ejemplo, es tácito que no deben alterarse las condiciones naturales del biotopo (en el cauce o la cubeta), debiendo garantizarse el desarrollo de una vida fluvial igual, o al menos parecida, a la que existía anteriormente en el cuerpo de agua.

Por lo expuesto, la figura 4 claramente muestra que el caudal ecológico no siempre se equipara (o se asemeja) al caudal mínimo, sino que puede representar algo diferente; esto es el cero absoluto.

En esa situación el caudal ecológico sería un concepto vacío y sin aplicabilidad, especialmente en casos de ríos temporales y torrenciales como los que, mayoritariamente, drenan nuestra costa y sierra.

FIGURA 4.
Caudal ecológico propuesto por la literatura



Fuente: Adolfo Grecco Gélvez, *Monografía*, 2011.

De otra parte, el afán de algunos autores de convertir el concepto en una magnitud medible ha determinado que el mínimo “caudal ecológico” sea considerado como el 10% del caudal medio anual. Es decir, por ejemplo, si el río transporta anualmente

1000 metros cúbicos se permite consumir o que se pierdan en el mar 900 m³ preservando sólo 100 m³ como valores ecológicos. El análisis de dicho planteamiento muestra que existen limitaciones en el uso del concepto “caudal mínimo” como también considerar que un porcentaje de 10% garantice todas las funciones requeridas. Se trataría de una situación cuasi óptima que no se cumpliría en forma rígida ya que los cursos de agua tienen regímenes de caudal diferentes, que varían estacionalmente en cantidad y calidad. Por lo tanto, el mencionado porcentaje sería algunas veces importante y en otras insignificantes.

En el caso de un río muy contaminado, que no deja vivir nada, ¿qué significa un caudal de un 10% del caudal medio anual? Significaría que el concepto no es aplicable a todos los recursos hídricos afectando la universalidad de su empleo. De utilizarse en ríos contaminados se obligaría a tomar en cuenta la calidad, de modo que sería necesario conocer y controlar procesos de erosión y sedimentación, los niveles de contaminación, etc. Por ese motivo, el problema de la definición del concepto caudal ecológico se torna más complejo.

El afán de determinar caudales ecológicos ha requerido utilizar también otros términos hidrológicos como el llamado flujo base (que son los caudales mínimos); riadas o máximas avenidas (que inundan las riberas del río); coeficiente de irregularidad interanual, etc. De este modo se empieza a incursionar, sin proponérselo, en el análisis de otros parámetros como la fluctuación en volumen de escorrentía de años húmedos y secos, con lo cual se está hablando ya de hidrocondiciones e ingresando propiamente a un estudio hidrológico. Los métodos basados únicamente en aspectos hidrológicos no siempre coinciden con los requerimientos biológicos, de ahí que sea conveniente recurrir a metodologías holísticas que tengan en cuenta todos los compartimentos del sistema, siendo las biológicas las determinantes.

En la actualidad no existe uniformidad de criterios para definir el caudal ecológico y sus connotaciones. Algunas veces es un tanto exagerado “ampliar” sus alcances -como cuando se afirma que el caudal ecológico debe cumplir también la función de **“mantenimiento del paisaje”**. ¿Puede ser eso posible con un caudal mínimo? (como a veces se define también el caudal ecológico). Para otros autores, lo único cierto es que el concepto caudal “ecológico” no deja de ser un inocente eufemismo, que por su ambigüedad es susceptible de discusión en relación con si es realmente correcto denominar caudal “ecológico” a cualquier otro que no sea el caudal natural. Es evidente también que los caudales ecológicos no lo serían pues no reflejan para nada la variabilidad de caudales a lo largo de un periodo climático, además de estar generalmente por abajo del umbral mínimo del caudal natural en cualquier punto de la corriente.

Al no haber puntos de acuerdo sobre el caudal ecológico, no sería recomendable aplicarlo rigurosamente en proyectos de inversión como los de riego o aprovechamiento hidroenergético. Menos aun cuando los valores o parámetros se han obtenido realizando un simple cálculo en el gabinete, o basados en conjeturas de técnicos respaldados por su experiencia profesional y el dogmatismo de sus criterios, quienes actúan algunas veces a “gusto del cliente” que solicita el servicio. Los valores así obtenidos se basan en criterios subjetivos, en lugar de una evaluación cuantitativa de las relaciones entre el caudal y la ecología del río.

PROCEDIMIENTOS DEL CAUDAL ECOLÓGICO

No existe uniformidad de criterios para definir categóricamente el caudal ecológico. No obstante, la necesidad de encontrar la definición del concepto ha generado numerosos procedimientos y/o metodologías con enfoques diversos, que permiten aproximar una definición o un valor numérico que sea aplicable a todo curso de agua. La mayoría de procedimientos tienen el denominador común de utilizar variables biológicas representativas del funcionamiento ecológico en ríos y lagos, relacionadas principalmente con los parámetros hidráulicos.

El objetivo del presente informe no es encontrar un procedimiento adecuado y normalizarlo o establecer una metodología de cálculo, sino poner en discusión el uso simple y cotidiano del concepto “caudal ecológico”. Para alcanzar ese fin haremos referencia, a modo de ejemplo, la experiencia española para obtener valores medibles. El procedimiento utiliza los siguientes:

1. Análisis de registros de caudales históricos.
2. Análisis de la variación del hábitat de las especies fluviales con los caudales circulantes.

El primer método busca determinar cómo las especies fluviales han evolucionado de acuerdo a las épocas de estiaje natural de los ríos, es decir a partir de caudales mínimos y límites de resistencia a

estos. En relación con esa cuestión se han realizado trabajos en algunos ríos españoles, como el Ebro y el Tajo. El segundo método se refiere a determinar las necesidades de caudal que algunas especies fluviales requieren para poder mantener sus poblaciones en el tiempo. En España, se vienen aplicando metodologías como la denominada IFIM-PHABSIM y similares.

Una vez determinados los caudales ecológicos básicos, los regímenes de los caudales ecológicos se elaboran utilizando la curva de caudales medios mensuales, donde se ajusta el valor mensual mínimo encontrado al valor del caudal ecológico básico. Después se calculan los caudales de los restantes meses de forma proporcional. El régimen de caudales ecológicos debe fluctuar a lo largo del año siguiendo las tendencias de un régimen natural.

En el Perú las empresas consultoras generalmente estiman el caudal ecológico mediante el método de Tennant o método de Montana, por el cual el Q ecológico se calcula a partir de los registros históricos del tramo del río en estudio, además de una serie de criterios cualitativos. Los criterios cualitativos varían entre Máximo y Degradación severa y están relacionados mediante un porcentaje del caudal medio del tramo del río analizado que varía entre 200% y 10% respectivamente.

Este método ha sido utilizado en el Estudio de Impacto Ambiental “Aprovechamiento Hidroenergético de las Cuencas de los Ríos Lavasen – Quishuar”, de la Compañía Minera Poderosa S.A., en el año 2011. Los estudios de este tipo proporcionan, de una manera rápida y económica, una primera aproximación en la determinación de los caudales de reserva ecológicos ya que sólo requieren datos históricos de caudales y el conocimiento de la topografía del cauce, flora y fauna.

Según la clasificación propuesta en el método cuando el caudal medio desciende por debajo del 40%, las condiciones se consideran “excepcionales”, dejando escurrir un 30% las condiciones se clasifican como “excelentes” y dejando un 20% se consideran “buenas” condiciones. Si se deja escurrir un 10% del caudal medio se considera que existirán condiciones aceptables a mínimas. Se escogió la condición buena del método de Tennant debido a que en épocas de estiaje se dejará correr en el río el 20% del caudal promedio y este valor fue considerado suficiente para mantener la quebrada Quishuar y el río Lavasén en buenas condiciones medio ambientales.

Por consiguiente, con la metodología de Tennant para el cálculo del caudal ecológico considerando el criterio cualitativo **bueno** y los factores adoptados se obtuvieron los resultados que a continuación se presentan en el Cuadro N°1.

CUADRO 1.
Caudales ecológicos del proyecto CC.HH Lavasen – Quishuar

Fuente de agua	Caudales
Quebrada Quishuar	100 l/s
Río Lavasen	100 l/s
Presa Quishuar	62 l/s

Fuente: CESEL Ingenieros, Estudio de Impacto Ambiental “Aprovechamiento Hidroenergético de las Cuencas de las Cuencas de los ríos Lavasen – Quishuar”, Informe LOB, Lima, Enero 2010.

EL CAUDAL ECOLÓGICO EN LA GESTIÓN DEL AGUA

Previo a abordar el análisis del caudal ecológico en la gestión del agua, consideramos conveniente revisar algunas características que presentan, específicamente los ríos, en el país:

1. El agua es un recurso natural escaso y variable en la costa y sierra debido a las condiciones geográficas extremadamente diversas y accidentadas del territorio peruano. Sin embargo, en la selva es abundante. Durante el estiaje o periodos de sequía, se producen los mayores impactos negativos porque los organismos y actores involucrados en el uso del recurso hídrico tratan de captar su totalidad dejando semi-secos grandes tramos de la cuenca baja, que incluso alcanzan el borde marino.
2. Sin embargo, esas mismas condiciones geográficas (territorio, clima, etc.) cuando son afectadas por alteraciones climáticas extraordinarias generan eventos como grandes inundaciones o sequías cada cierto número de años, haciendo necesario el control del flujo del agua, los riesgos y la protección del medio ambiente.
3. La mayoría de los ríos del país, principalmente en la costa central, están contaminados por el vertimiento incontrolado de elementos y sustancias nocivas de origen minero-metalúrgico, poblacional, industrial, agrícola y de la explotación de hidrocarburos. Estudios que datan del año 1984 mostraron que la calidad del agua superficial de casi todos los ríos, principalmente en la costa, sobrepasa los niveles permisibles de cadmio, zinc y cobre¹ A la actualidad esta situación no debe haber variado significativamente.
4. En ríos altamente contaminados como el río Rímac, Chillón y otros como el Mantaro abordar la búsqueda de caudales ecológicos resulta de alguna manera irrelevante, ya que su alto grado de contaminación hace casi imposible la existencia de ecosistemas acuáticos.

Cuando se genera la necesidad de construir obras hidráulicas con fines de almacenamiento y regulación, generalmente no se toma en cuenta o no se reconoce que dicha infraestructura, principalmente represas, alteran el ecosistema de los cuerpos de agua, aunque algunas dispongan de estructuras que permiten la movilidad de la fauna fluvial de aguas arriba hacia aguas abajo y viceversa, o que facilitan inundaciones controladas, etc. Sin embargo, al final no logran sustituir eficazmente procesos muy naturales como el transporte y la deposición de sedimentos cuyos nutrientes no se desarrollan porque la dinámica fluvial ha sido disturbada. Se crea de este modo un **pasivo ambiental** con muchos responsables sin identificar. La Fotografía 1 es elocuente, la represa ha interrumpido la escorrentía normal del río y el desarrollo del ecosistema del entorno.

¹ Carlos Emanuel y Jorge Escurra (2000): Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en el Perú. Resumen Ejecutivo. p. 6

FOTOGRAFÍA 1.

La escorrentía del río ha sido alterada por la construcción de la represa interrumpiendo la formación de nutrientes y de vida acuática



Fuente: INGENDESA, Seminario "Caudal Ecológico, Metodologías y Casos Aplicados" – El caso del proyecto Ralco, p.73, Santiago, Chile, 28.04.2004.

En el mismo sentido, cuando se aborda el análisis de los usos consuntivo, es decir de consumo, y no consuntivo del agua y se pretende además separar un porcentaje de agua con fines supuestamente ecológicos, este tendría que realizarse solamente para el uso consuntivo. En el caso del uso no consuntivo nuevamente surge la situación de que el río ya ha sido afectado al haberle incrustado una barrera de concreto que corta el cauce o una bocatoma que "succiona" el agua y los nutrientes que contiene. En este caso, el caudal ecológico no sería relevante porque aguas abajo del punto de interrupción casi no sería posible aplicarlo, mientras que aguas arriba posiblemente no necesario debido al volumen disponible del recurso hídrico.

El caudal ecológico en la gestión del agua implica investigar si en los lugares donde se consideró como un caudal mínimo, fue posible, y en qué medida suficiente para conservar comunidades potenciales de flora y fauna.

Lo real es que los elementos bióticos han tenido que desarrollar a partir de ese momento medios o formas de supervivencia en un curso de agua intervenido y de volumen muy reducido.

El triple trabajo (erosión, transporte y sedimentación) de un río modifica constantemente la profundidad y ancho del cauce; los elementos bióticos viven y se desarrollan normalmente bajo esa dinámica fluvial. Es lógico que una disminución del volumen de agua, especialmente en el estiaje, limitará las condiciones de oxigenación y desplazamiento de la fauna acuática poniendo en riesgo su existencia. (Ver fotografía N°2)

Consideramos por eso que los cuerpos de agua intervenidos deben ser identificados e inventariados geográficamente, luego ser debidamente monitoreados para determinar si mantendrán cualidades físicas que les permitan recuperarse una vez desaparecidos o mitigados los impactos que generaron tal situación; es decir cuando se tenga que aplicar, por ejemplo, el plan de cierre de la estructura hidráulica.

FOTOGRAFÍA 2.

La aplicación del caudal ecológico como un caudal mínimo no garantizaría a plenitud la vida de la fauna acuática. No hay condiciones normales de vida en el recurso hídrico intervenido.



Fuente: Diego Flores. Net_Files, Campaña de Firmas para Salvar el Limay 9/10/2012, Pág. Web, Argentina, 28.01.2014.

Otro enfoque es el que sostiene que probablemente la creciente y ferviente devoción social por lo clorofílico es la causa de que al caudal que hay que dejar correr aguas abajo del aprovechamiento hidráulico, se le llame caudal “ecológico” y que tal denominación se haya institucionalizado tanto en el ámbito de la investigación como en el de la gestión fluvial. Los informes no indican qué valores de caudal ecológico deberán ser mantenidos en los períodos de estiaje, época en que las condiciones de disponibilidad de agua son más críticas tornando necesario definir la aplicabilidad o no del caudal ecológico. En nuestro medio, el estiaje corresponde al periodo julio – setiembre; en los siguientes meses, la disponibilidad de agua es mayor y los valores de caudal ecológico identificados son cubiertos ampliamente.

Considerar el caudal ecológico dentro de la gestión del agua es una posibilidad que debe llevar a que los organismos competentes del país convengan en reconocer la necesidad de respetar el valor de los ecosistemas acuáticos disponiéndose dejar **suficiente agua** en las corrientes hídricas y que la extracción necesaria para satisfacer las necesidades humanas básicas debe estar condicionada por la disponibilidad del recurso lo cual representa, en nuestra consideración, un criterio razonable que va más allá de los fríos métodos matemáticos para calcular el “caudal ecológico ideal” en el gabinete. (Ver fotografía N°3).

En el Perú el recurso hídrico es reconocido como un bien público y las instituciones involucradas en su uso tales como la Autoridad Nacional del Agua – ANA, Administraciones Técnicas de Riego, Comisiones de Regantes, Juntas de Usuarios (todas en el ámbito del Ministerio de Agricultura), así como empresas industriales, poblaciones, etc., deben accionar para que tal condición se cumpla estrictamente. El uso del agua está normada principalmente por la Ley de Recursos Hídricos N°29338 y su Reglamento el Decreto Supremo N°001-2010-AG.

FOTOGRAFÍA 3.

La aplicación del caudal ecológico requeriría un consenso entre organismos competentes para dejar suficiente agua en el río y evitar situaciones extremas como lo muestra la foto



Fuente: Burica Press, Panamá por dentro, caudal ecológico del río Chiriqui aguas abajo de una presa hidroeléctrica, Página Web, p.1, 16.06.2008.

El tema del caudal ecológico dentro de la gestión del agua consistiría en que sea establecido el significado del concepto y la necesidad de uso; luego aproximar un porcentaje de utilización del recurso (caudal suficiente) de acuerdo a las normas que viabilicen dicho propósito y se tomen en cuenta los registros históricos y las características físicas de los ríos nacionales (caudal disponible, flora, fauna). A continuación se deberá buscar que dicho valor guarde compatibilidad con los diversos usos factibles de llevarse a cabo y corregir definitivamente las prácticas altamente ineficientes en el uso del agua (sector agricultura principalmente).

Por ello, ensayando una aproximación a la definición del concepto se tendría que el caudal ecológico viene a ser el caudal circulante que permite preservar la estructura del ecosistema fluvial, atender otros requerimientos y mantener las funciones ambientales con las cuales guarda mutua dependencia, sin que el agua desaparezca.

Dentro de la visión integradora de la Geografía consideramos que se deben llevar a cabo los debidos estudios técnicos sobre los usos actuales del recurso hídrico, realizar el inventario hidrográfico nacional (o su revisión si existe) y racionalización donde fuese necesario hacerlo de manera que la

gestión del agua conduzca a crear condiciones sociales, políticas, institucionales y ambientales de uso ordenado del agua por todos los actores socioeconómicos del país.

Por lo que, existiendo la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y organismos de enlace o vinculantes, se debe buscar el consenso necesario para optimizar determinados usos si la situación de priorización así lo determina. Las decisiones que el precitado organismo (u otro por crear) deben tener fuerza de ley para todos.

CASOS DE UTILIZACIÓN INDEBIDA DEL CAUDAL ECOLÓGICO

SUBCUENCA DEL RIO PARIAC – ÁNCASH

A continuación, comentamos, a modo de ejemplos, dos casos de utilización indebida del concepto caudal ecológico que percibimos hace algunos años en la subcuenca del río Pariac –Ancash y zona de la represa de Poechos, Piura.

La subcuenca del río Pariac, afluente del río Santa, es alimentada por glaciares y lagunas de la Cordillera Blanca, lo que determina que tenga agua permanentemente aunque no de manera suficiente durante el estiaje, donde disminuye su caudal sin llegar a desaparecer totalmente. Los resultados de trabajos de control de lagunas efectuados en la Cordillera Blanca establecieron que la laguna Rajucolta (origen del río Pariac), contiene una masa de 15 millones de metros cúbicos de agua en una cubeta glaciar de 80 metros como profundidad máxima.

La pendiente del cauce ha sido debidamente aprovechado en la construcción de 5 centrales hidroeléctricas: CH4, CH3A, CH3N, CH1 y CH2, todas operativas actualmente.

El análisis de la información hidrométrica y de caudales estableció que el río Pariac presenta un caudal medio anual del orden de los 2.56 m³/seg y el rendimiento medio consigna un valor de 38.0l/s/km² de acuerdo a los resultados del informe de la firma consultora INDUTESA en 1997. Mediciones posteriores de caudal (aforos) efectuadas por la Unidad de Producción Pariac en una estación hidrométrica aguas arriba de la Bocatoma CH4 permitió obtener los resultados que muestra el Cuadro N°2.

CUADRO 2.

Resumen de Aforos Río Pariac

Fecha	Altura (m)	Velocidad media (m/seg)	Caudal (m ³ /seg)	Observaciones
14/07/02	0.15	0.67	1.28	Coloración transparente
17/08/02	0.11	0.57	0.92	Coloración transparente
06/11/02	0.30	1.05	2.38	Coloración transparente
26/12/02	0.39	1.63	3.68	Coloración transparente

Fuente: Informe de medición de caudales del río Pariac, CAHUA S.A., Lima, agosto 2002.

Desde que la empresa CAHUA S.A. inició sus operaciones en Pariac ha realizado acuerdos con las Juntas de Regantes para el uso compartido del agua como el efectuado con el comité de riego de los poblados de Tambillo y Quishuar. Ello generó reclamos de algunas autoridades políticas de Macashca y no propiamente de la Junta de Regantes (los verdaderos interesados). Dichas autoridades solicitaron el uso del 20% del llamado caudal ecológico, es decir del agua que se debe dejar debajo de la bocatoma de la CH4. Como es obvio, se reclamaba el caudal ecológico con fines de riego sin tomar en cuenta su verdadera connotación ambiental.

La entonces vigente Ley General de Aguas (Decreto Ley N°17752 del 24.05.1969) no mencionaba ni definía el concepto de caudal ecológico, pero si establecía que se debería conservar y preservar el recurso. No era extraño entonces que se privilegiaba diferentes usos originando prácticas erradas como la de solicitar agua para riego del propio caudal ecológico obtenido.

En el mes de enero de 2003 el Distrito de Riego de Huaraz reportó un caudal utilizado en riego de 0.94 m³/seg, es decir menos de 1 m³ que, para los fines de mantener un caudal ecológico, obligaría modificar los acuerdos porque se registraron también caudales del orden de los 0.92 m³/seg (17.08.02). De repetirse estos valores todo el caudal sería destinado a riego, no habría generación eléctrica y el río se secaría totalmente.

CUADRO 3.
Regantes río Pariac entre CH4 y CH1 - Ancash (Enero 2003)

Comité de regantes	Nombre del canal	Nº de Usuarios	Nº de has. Bajo riego	Caudal lt/seg	Sección del canal
MACASHCA	Toma Pampa	100	200	400	1.00 mts X 0.5 mts.
	Carmán	50	40	100	0.5 mts X 0.3 mts.
SAN NICOLAS	Tambillo	100	350	200	0.80 mts x 0.50mts.
TOCLLA	Quishuar	160	180	240	0.50 mts X 0.40mts.
Total		410	770	940	

Fuente: Dirección Regional Agraria - Ancash

Dentro de la gestión del agua se ensayó una aproximación al caudal ecológico considerando el 20% (solicitado por las autoridades de Macashca) del caudal mínimo de 0.92 m³/seg, lo que equivale a un valor de 0.184 m³/seg, para destinarse a riego y el saldo para generación de energía y preservación del ecosistema fluvial. Dicho saldo era posiblemente insuficiente para tales fines; todo ello por aceptarse sin criterio técnico ni priorización lo que las referidas autoridades reclamaban como caudal ecológico. Se incurría pues en un reparto doméstico del recurso hídrico. La ecología y el medio ambiente de la cuenca quedaban simplemente de lado y con el riesgo de ser afectados severamente.

Finalmente, la solución al aparente conflicto fue la debida coordinación entre los entes encargadas del manejo del agua para las épocas de escasez principalmente, hubo que reforzar los mecanismos

que la ley establece para estos casos y buscar otras alternativas de incrementar el caudal natural disponible.

REPRESA DE POECHOS – PIURA

En el mes de diciembre del año 2010 se produjo una situación de emergencia en la represa de Poechos – Piura a causa de la escasez de agua, lo que obligó a restringir el suministro mediante cortes semanales (entre 4 y 6 cortes por semana). Tal situación afectaba el consumo humano y el riego de cultivos en primera instancia. La situación de emergencia no fue oficialmente declarada. El Ministerio de Agricultura a través de sus funcionarios informó que las salidas de agua eran mayores a los ingresos, existiendo el riesgo de que la represa se quede sin agua; tal es así que el día 01.12.2010 se registró una entrada de agua de 7.46 m³/seg., contra una salida de 58.39 m³/seg. En esa misma fecha la represa Poechos registró una reserva de 122.8 MMC, en tanto que diariamente se perdía 5 MMC.

Con estas razones el Ministerio justificaba la decisión para postergar un poco más los riesgos y que la población no sufra y tenga asegurada su agua; se esperaba la presencia de lluvias para que la situación mejore.

Sin embargo, la Autoridad Nacional del Agua –ANA- dispuso que en la medida no se incluya a la empresa energética SINERSA y se le permitiese hacer funcionar sus centrales hidroeléctricas con el agua disponible, a la cual erróneamente se denominó “caudal ecológico”. Más lamentable aún resultaba justificar la medida para evitar que la precitada empresa acudiese a los tribunales si se le incluía en los cortes semanales del suministro hídrico. (Ver fotografía N°4).

FOTOGRAFÍA 4.

Represa de Poechos mostrando un bajo nivel de agua que permite apreciar presencia de isla y terrazas en las riberas del embalse. El uso del agua como caudal ecológico pierde prioridad



Fuente: Jorge Reyes, UDEP hoy, “Nos hemos convertido en dependientes del reservorio de Poechos”, Pág. Web, Piura, 28.01.2014.

Como se observa, una vez más ocurrió un caso de uso indebido del concepto caudal ecológico. Esta vez se destinaba a atender requerimientos energéticos y no propiamente a garantizar la supervivencia de la flora y fauna que es su principal objetivo. La situación creada tenía el agravante de que el propio organismo competente –ANA, incumplía la Ley de Recursos Hídricos N°29338 que, para casos de emergencia de recursos hídricos por escasez, ordena priorizar el uso poblacional sobre los caudales ecológicos. De ocurrir tal situación la flora y fauna y todo el ecosistema del lugar quedan a partir de ese momento sin protección y el caudal ecológico se convierte en un concepto solamente ideal.

Por consiguiente, el caudal ecológico entendido como un instrumento de gestión que permite acordar un manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos, que debería establecer la calidad, cantidad y régimen del flujo de agua requerido para mantener los componentes, funciones, procesos de los ecosistemas acuáticos; y que finalmente proporcionen bienes y servicios a la sociedad resultaba inaplicable en el caso de la represa de Poechos. A la actualidad se ha priorizado el uso poblacional y energético por lo que el uso del agua como caudal ecológico ha perdido prioridad.

LEY DE RECURSOS HÍDRICOS N°29338

La Ley de Recursos Hídricos N°29338 es la norma principal que rige el manejo y gestión del agua en el Perú. En su Artículo II dice: “La presente Ley tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como los bienes asociados a esta”.

Asimismo, en el Artículo III, dentro de los principios que rigen el uso y gestión integrada de los recursos hídricos, establece en el principio 2 que el acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana es prioritario por ser un derecho fundamental sobre cualquier uso, inclusive en épocas de escasez.

Es decir, la Ley de Recursos Hídricos tipifica la gestión del agua, los usos y sobre todo quienes intervienen en el manejo sin mencionar el caudal ecológico como tal. Es claro entonces que la norma principal del recurso hídrico nacional no lo identifica.

El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, D.S. N°001-2010-AG, si indica en el Art. N°153, Numeral 153.1 que se **entenderá** como caudal ecológico al volumen de agua que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural. Otros numerales indican lo siguiente:

Numeral 153.3 Los caudales ecológicos se mantienen permanentemente en su fuente natural, constituyendo una restricción que se impone con carácter general a todos los usuarios de la cuenca, quienes no podrán aprovecharlos bajo ninguna modalidad para un uso consuntivo.

Numeral 153.4 En caso de emergencia de recursos hídricos por escasez, se priorizará el uso poblacional sobre los caudales ecológicos.

Entonces una metodología para determinar el caudal ecológico en el Perú solamente es enunciada en el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos; no se determina ni configura metodología alguna para obtenerlo. Por el contrario, en el Art. N°155 establece claramente que las metodologías para determinar el caudal ecológico, serán establecidas por la Autoridad Nacional del Agua en

coordinación con el Ministerio del Ambiente, con la participación de las autoridades sectoriales competentes en función a las particularidades de cada curso o cuerpo de agua y los objetivos específicos a ser alcanzados.

Es decir, se delega en otros organismos la definición y sus alcances “a futuro” con lo cual la propia autoridad rectora del agua tampoco resuelve el complejo problema del caudal ecológico.

En cambio, llama la atención que el Reglamento de la Ley 29338 en vez de resolver el problema del caudal ecológico dispone ejecutar el llamado Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático en los casos de alteraciones en la disponibilidad hídrica en el territorio nacional. Es decir, se propicia vacíos en la ley al disponer acciones sobre un cambio climático que a la fecha continúa siendo un asunto discutible por el carácter cuasi especulativo de la información respectiva y porque no existe consenso universal de que efectivamente esté ocurriendo dicho cambio. Por lo tanto, la Autoridad Nacional del Agua – ANA, debe resolver la cuestión del caudal ecológico por ser más prioritario y urgente.

¿ES APLICABLE EL CONCEPTO CAUDAL ECOLÓGICO?

Más allá de las exigencias que la normatividad ambiental establece, existe una creciente demanda social por reintegrar a los ríos los caudales necesarios y devolverles la buena salud ambiental que nunca debieron perder. Esta demanda social exige que nuestros ríos dejen de ser considerados como meros canales distribuidores del agua natural, liberarlos de contaminación y pasen a ser gestionados como ecosistemas cuyo buen estado ecológico constituye un imperativo social y legal. Lamentablemente, esto es sólo una buena intención por que los cursos de agua siempre sufren el impacto de la acción humana que se instala en sus riberas.

En relación a lo expuesto, en el país no hay todavía el correcto establecimiento de un régimen de caudales ambientales (entre ellos el caudal ecológico), que resulten de utilizar mejores metodologías y que genere suficiente confianza por sus resultados. Los organismos rectores como la Autoridad Nacional del Agua – ANA, Ministerio del Ambiente, etc. no han prestado atención adecuada a lo que se viene considerando como caudal ecológico. Por esta razón, no se podría aplicar todavía algo que no está definido ni consensuado.

Las metodologías utilizadas en forma aislada por empresas consultoras corresponden generalmente a experiencias sobre cursos de agua de países extranjeros, que tienen características distintas de cuenca hidrográfica, régimen climático, escorrentía, etc. Además, el hecho de que en nuestro medio se confunde generalmente caudal ecológico con derecho de uso particular del agua, ha omitido su fin principal que es la protección ecológica.

Además, los supuestos valores de caudal ecológico obtenidos en el gabinete no son debidamente monitoreados en sus resultados prácticos, desconociéndose si realmente se obtuvo el beneficio de preservar la flora y fauna o al crearse una situación de desperdicio del agua solamente se está causando su gradual extinción.

El concepto caudal ecológico tendría limitaciones para ser considerado rigurosamente dentro de la gestión del agua para los casos de ríos de la costa y sierra porque presentan régimen de escorrentía irregular acompañado muchas veces de altos niveles de contaminación. El reconocimiento de que todo curso de agua intervenido con obras hidráulicas es afectado en su contenido de nutrientes lleva

a concluir que la aplicación del concepto de caudal ecológico sería sólo para determinados ríos, lo que limita su universalidad. En la selva no es necesaria su utilización.

Para considerar el caudal ecológico dentro de la gestión del agua tendría que establecerse primero su significado y necesidad de uso; luego aproximar un porcentaje de utilización del recurso de acuerdo a las normas que viabilicen dicho propósito, debiéndose tomar en cuenta principalmente las características físicas de los ríos (caudal disponible, flora, fauna, etc.) que sean seleccionados con tal finalidad.

En todo caso, una alternativa que posibilite incluir el caudal ecológico dentro de la gestión del agua sería realizar un inventario de cuerpos de agua en los cuales sea factible evaluar dicha posibilidad y a continuación utilizar los caudales en actividades que más convengan al interés de los grupos interesados preservando la flora y fauna en niveles que eviten su degradación. Dicha tarea requerirá una convención y equipos multidisciplinarios regidos por un organismo oficial que a la fecha no existe en el Perú.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El surgimiento del concepto "Caudal Ecológico" en la década de los años setenta como la porción de recurso hídrico que debe preservar la flora, fauna y por ende el ecosistema de la cuenca de origen, generó el afán de definirlo mediante diversas denominaciones que solo han contribuido a la indefinición del concepto porque representan realmente términos sinónimos.
2. Configurar, por ejemplo, el caudal ecológico como el 10% del caudal medio anual como mínimo no garantiza que dicho porcentaje permita realizar todas las funciones previstas. Los ríos tienen escorrentías diferentes no siendo posible que un caudal mínimo soporte todos los usos del agua entre ellas el mantenimiento del paisaje como plantean algunos autores. Tal situación óptima no ha sido demostrada a la actualidad.
3. La implementación de obras hidráulicas de regulación implica reconocer que el curso de agua ha sido afectado en su régimen y capacidad de formar nutrientes para la fauna acuática. Siendo así, establecer la aplicabilidad del caudal ecológico dentro de la gestión del agua conlleva a demostrar que es posible conservar el ecosistema, la flora y fauna, etc. dentro de un río intervenido, con volumen de agua muy reducido y menos oxigenación, entre otras resultantes.
4. Los trabajos e informes sobre caudal ecológico en el país no indican de manera precisa los parámetros o valores que este deberá mantener en el estiaje, época en que realmente se requiere por ocurrir las condiciones más críticas en el flujo de agua (julio – setiembre). En el resto del año el caudal normal de agua torna a veces no prioritario buscar el caudal ecológico.
5. Al no haber consenso sobre lo que es el caudal ecológico no sería recomendable aplicarlo rigurosamente en proyectos de inversión de riego o de aprovechamiento hidroenergético. Generalmente los valores o parámetros se obtienen en el gabinete por técnicos que buscan atender requerimientos del cliente, quien busca usar un porcentaje del agua a la cual burdamente denomina caudal ecológico. Los valores así obtenidos no se basan en una evaluación cuantitativa de las relaciones entre el caudal y la ecología del recurso hídrico por intervenir.

6. En el Perú no hay un régimen de caudales ambientales (entre ellos el caudal ecológico), que sea el resultado de usar mejores metodologías que generen confianza en sus resultados. Los organismos rectores como la Autoridad Nacional del Agua –ANA, Ministerio del Ambiente, etc. no han prestado atención adecuada al concepto caudal ecológico; lo cual limita aplicar algo que no está definido ni reglamentado.
7. Considerar el caudal ecológico dentro de la gestión del agua está en función de que los sectores involucrados reconozcan la necesidad de respetar el valor de los ecosistemas acuáticos, dejando suficiente agua en el río. La extracción para atender necesidades humanas debe ser función directa de la disponibilidad hídrica de la fuente; criterio razonable y más viable que calcular mecánicamente el “caudal ecológico ideal” en el gabinete.
8. Se recomienda identificar e inventariar geográficamente los cuerpos de agua intervenidos para ser debidamente monitoreados y determinar si mantendrán las cualidades físicas de diversidad, abundancia, especies indicadoras, migraciones, etc. de sus elementos bióticos que les permitan recuperarse una vez superados los impactos que generó la intervención humana.
9. Se recomienda realizar un inventario de cuerpos de agua no intervenidos para configurar un catálogo que permita proyectar la utilización de los caudales en actividades que más convengan al interés de los grupos y actores interesados. Dicha tarea requerirá el trabajo de equipos multidisciplinarios integrantes de un organismo especializado y autónomo aún por institucionalizar en el Perú.

REFERENCIAS

- Caminosca CAMINOS y CANALES C. LTDA (1996): *Proyecto Hidroeléctrico Salto del Bimbe*, Estudio de Factibilidad y Diseño Definitivo Previo, Apéndice L1, Santiago, Chile, pp. 1-4
- Francisco Riestra y Gonzalo Benavides (1998): *“Caudales Ecológicos: Perspectivas desde la Dirección General de Aguas”*, España, pp.15.
- INGENDESA (2004): Seminario *“Caudal Ecológico, Metodologías y Casos Aplicados”*. El caso del proyecto Ralco, Santiago, Chile, pp. 74.
- Instituto Mexicano del Transporte (2012): *Metodología para la medición de la velocidad de flujo en un río en el diagnóstico de la socavación en pilas de un puente, utilizando un dispositivo electrónico*, Publicación Técnica N°356, Sanfandila, Qro. México. pp. 11.
- Rafael Heras (1983): *Recursos Hidráulicos – Síntesis, Metodología y Normas*, Madrid, España, pp. 361.
- Carlos Emanuel y Jorge Escurra (2000): *Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en el Perú*. Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos. Resumen Ejecutivo, Lima, pp. 56.
- Ecologistas en Acción – Región Murciana (2008): *10. Conclusiones Finales*, España, pp. 3.
- Michiel Verweij (2000): *A propósito del caudal ecológico*, Madrid, España, pp. 3.
- Antoni Palau Ibars (1994): *Los mal llamados caudales “ecológicos”*. Bases para una propuesta de cálculo. OP Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos, N°28, Ríos II, España, pp. 16.

- María Luisa Moreno Santaengracia (2010): *Curvas de Gasto – Determinación y Variación Temporal*, Montevideo, Uruguay, pp.1.
- Tutoriales de Ingeniería Civil (2014): *Creando Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia*, Pág. Web, Bariloche, Argentina, pp. 6.
- Adolfo Grecco Gélvez (2011): *Metodología para la determinación de los caudales de garantía ambiental*, Monografía, Colombia, pp. 22.
- Teresa Oré (2004): *La Gestión del Agua. Instituto del Bien Común*, Pág. Web, Lima, Perú, pp.2.
- Diario El Tiempo – Piura (2010): *Poechos se seca y el caudal ecológico es intocable* 01.12.2010, Pág. Web, pp.1.
- Jorge Reyes (2014): *“Nos hemos convertido en dependientes del reservorio de Poechos”*. UDEP hoy – Piura 28.01.2014, Pág. Web, pp.1.
- Diego Flores (2012): *Campaña de Firmas para Salvar el Limay* 9/10/2012, Net_ Files, Argentina, Pág. Web, pp. 5
- Guillermo Vílchez Ochoa (2010): *Servicio de Consultoría para la Sistematización y Seguimiento de Aplicación de Metodologías de Determinación del Caudal Ecológico en Cuencas Hidrográficas en el Marco de las Acciones de Seguimiento e Intervención*. Ministerio del Ambiente, Lima, pp.30.



Río Ariguanabo. Cuba

LOS PAISAJES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA ARIGUANABO, SU EVALUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE SU PAISAJE NATURAL PROTEGIDO “RÍO ARIGUANABO”

Eduardo Salinas¹, Alberto E. García, Bárbara Liz Miravet, Elizabeth Cruañas, Ricardo Remond y Adrián Martínez

Facultad de Geografía, Universidad de la Habana, Cuba

INEL, Ministerio de Energía y Minas, Cuba

RESUMEN

El diagnóstico geoecológico parte de la identificación, clasificación y cartografía de las unidades de paisajes de la cuenca del río Ariguanabo. En él se analizan las propiedades sistémicas fundamentales de las unidades de paisaje y se valora la aptitud de estas para los distintos tipos de uso analizados, así como los posibles conflictos con el uso actual, con lo cual se obtiene el nivel de estabilidad de los paisajes, sensibilidad y finalmente se llega al diagnóstico geoecológico de los mismos. La metodología empleada combinó el uso de las herramientas del tratamiento digital de imagen y los sistemas de información geográfica. En el territorio fue posible determinar el predominio de los paisajes inestables y medianamente estables. El principal problema del paisaje natural protegido “Río Ariguanabo” es la pérdida y/o degradación de la cobertura boscosa.

PALABRAS CLAVE: *Ariguanabo, Geoecología, ordenamiento, paisajes.*

DATOS DEL AUTOR

1. Eduardo Salinas Chávez, Doctor en ciencias geográficas en la Universidad de La Habana, Cuba; cuenta con estudios de master en Gestión Turística para el Desarrollo Local y Regional en la Universidad de Barcelona, España. Con amplia experiencia en la docencia universitaria en disciplinas de Geografía Física, Geografía Regional y Turismo. Ha publicado más de 100 artículos científicos sobre Ordenamiento Territorial, Geoecología, Turismo y otros temas; quince libros de texto para las asignaturas de la carrera de Geografía de la Universidad de La Habana, también ha participado como coautor en 8 libros científicos (3 en España, 2 en Alemania, 2 en Italia y 1 en Canadá). Miembro del Comité Editorial de la revista de *Annals of Tourism Research* en español desde 1999.

© Este artículo es de acceso abierto sujeto a la licencia Reconocimiento 4.0 Internacional de *Creative Commons*. No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

INTRODUCCIÓN

El paisaje geográfico o geosistema, como categoría científica general de carácter transdisciplinario, se concibe como “un sistema espacio-temporal, complejo y abierto, que se origina y evoluciona justamente en la interfase naturaleza-sociedad, en un constante estado de intercambio de energía, materia e información, donde su estructura, funcionamiento, dinámica y evolución reflejan la interacción entre los componentes naturales (abióticos y bióticos), técnico-económicos y socio-culturales” (Mateo, 2008; Salinas, 1991 y CEN, 1987).

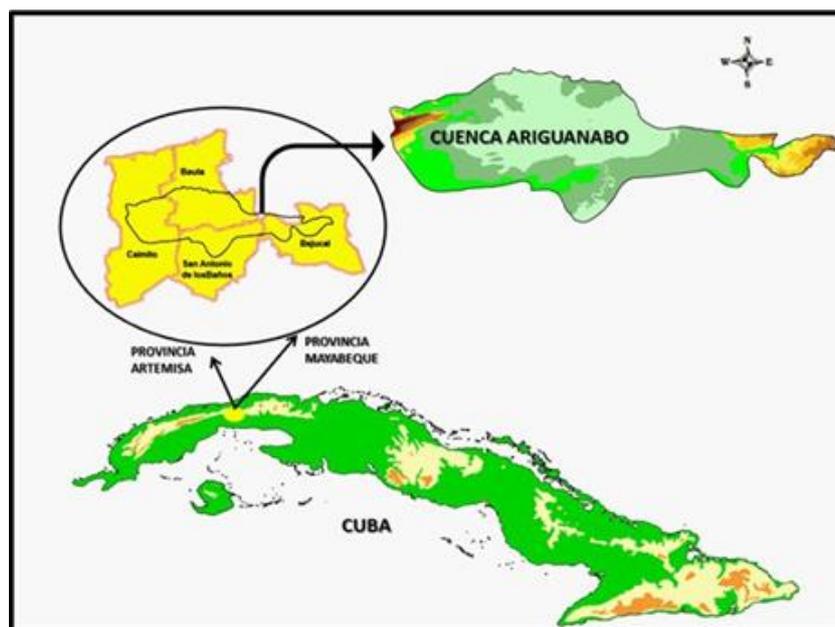
Por el término de paisaje muchos investigadores y público en general entienden: naturaleza, territorio, área geográfica, medio ambiente, hábitat, escenario, etc. Sin embargo, se considera este término siempre que se hace referencia a una manifestación externa, a indicadores o procesos que corresponden al ámbito natural o humano.

Los paisajes como unidades de integración de carácter holístico y sistémico constituyen la base para la realización de diversas investigaciones de carácter ambiental, que van desde la realización de los diagnósticos ambientales hasta el ordenamiento ambiental y territorial. Esto se concibe a partir del estudio de las propiedades y características de las unidades de paisajes, lo que permite proponer las formas de utilización más adecuadas bajo un enfoque de uso racional y diversificado (Bastian and Steinhardt, 2002; Bertrand and Bertrand, 2009; Busquet and Cortina, 2009 y Salinas, et. al., 1993).

LOS PAISAJES DE LA CUENCA ARIGUANABO

La cuenca Ariguanabo se encuentra en la parte occidental de Cuba, tiene una extensión de 192,18km² y abarca parte de cuatro municipios: San Antonio de los Baños, Bauta, Caimito (provincia de Artemisa) y Bejucal (provincia de Mayabeque), con una población aproximada de unos 92 000 habitantes (ONE, 2013) (Figura 1).

FIGURA 1.
Situación de la cuenca Ariguanabo



Fuente: Elaboración propia

Esta cuenca constituye una de las principales fuentes de abasto de agua potable para las provincias de La Habana y Artemisa, con un promedio anual de extracción de alrededor de 155 millones de m³ de agua.

Sus características, con un predominio del carso (karst) su naturaleza de cuenca cerrada y su comunicación subterránea con la cuenca Vento – Almendares, hacen de la cuenca Ariguanabo una unidad de alta complejidad desde el punto de vista hidrogeológico, por lo cual ha sido incluida entre las cuencas de importancia nacional.

El mapa de paisajes elaborado en la primera fase de esta investigación, que puede ser apreciado en la Figura 2, quedó constituido por 4 unidades de primer orden a nivel de localidades, que a continuación se describen:

- **Unidad I** - Llanuras medias (45-80 m) cársico-acumulativas, de planas a inclinadas (0-10°), sobre calizas, calizas margosas, margas y areniscas con suelos Ferralítico Rojo, Pardo, Ferralítico Rojo, Fersialítico Pardo Rojizo, Rendzina, Protorendzina, Gley Nodular Ferruginoso, Lithosol, sedimentos lacuno palustres y fluviales con formaciones arbustivas palustres, vegetación secundaria, cultivos varios y plantaciones de cítricos y frutales (98.58 km²).
- **Unidad II** - Llanuras altas (80-120 m) cársicas sobre calizas y margas, de plana a pendiente (0-35°), con suelos Ferralítico Rojo, Ferralítico Rojo, Pardo, Rendzina, Gley Nodular Ferruginoso, Lithosol, Fersialítico Pardo Rojizo y con Vegetación secundaria, Cultivos, plantaciones de cítricos y frutales y Bosque semideciduo con diverso grado de alteración y vegetación acuática asociada a los cauces permanentes (66.69 km²).
- **Unidad III** - Alturas bajas estructuro-denudativas y erosivas (120-200 m), predominantemente sobre margas, con suelos Pardo, Ferralítico Rojo y Lithosol con vegetación secundaria y restos de bosque semideciduo degradado (15.01 km²).
- **Unidad IV** - Alturas medias estructuro-cársicas (120-260 m), sobre calizas y calizas margosas, con suelos Ferralítico Rojo, Pardo y Lithosol, con Vegetación secundaria y Bosque semideciduo y matorral arbustivo (7.25 km²).

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LOS PAISAJES DE LA CUENCA DEL RÍO ARIGUANABO

A partir del mapa de paisajes de la cuenca Ariguanabo (Cruañas, 2012), que se muestra en la figura 2, se llevó a cabo el proceso de análisis y diagnóstico de los paisajes siguiendo la propuesta metodológica establecida desde hace algunos años por el Grupo de Geoecología y Paisajes de la Facultad de Geografía, de la Universidad de la Habana (Acevedo, 1996, Ramón y Salinas, 2009 y Salinas, 2013). El resultado puede apreciarse en la Figura 3.

La evaluación de la estructura funcional de las unidades de paisaje de la cuenca permitió definir los patrones generales del funcionamiento local, así como los tipos funcionales y las geocorrientes dominantes en el territorio y establecer el carácter de la estructura del funcionamiento de los paisajes.

La cuenca presenta una organización funcional con una clara dependencia e interacción entre los paisajes y un dominio de las relaciones horizontales regidas por el relieve y estrechamente relacionadas con la acción hidrodinámica de las corrientes fluviales permanentes y estacionales. Acorde con la distribución de las unidades de paisaje, se establece una estrecha relación entre las

unidades más altas y las que se encuentran a menor altitud, siendo evidente que los flujos de sustancias y energía se establecen desde las unidades situadas en los niveles altos hacia los niveles bajos.

En el territorio de estudio está clara la existencia de un predominio de estructuras funcionales en cuencas de formación paragenéticas, la cual se asocia con el proceso evolutivo del carso en la región, que conformó las llanuras existentes, donde se acumularon gran parte de los materiales acarreados fundamentalmente por los ríos y arroyos desde las partes más altas (la mesa de Anafe y las alturas de Bejucal). El resultado fue un predominio del intercambio de sustancias y energía en el sentido del movimiento hídrico, es decir, desde zonas con niveles hipsométricos más altos (alturas bajas y medias), hasta zonas en niveles más bajos, como el valle fluvio-cársico del río Ariguanabo y la antigua laguna de igual nombre, llanuras medias y altas y superficies de planas a ligeramente inclinadas.

Teniendo en cuenta la inexistencia de información detallada para profundizar y caracterizar los diferentes fenómenos funcionales, en cada unidad de paisaje se decidió estudiar los eventos que causan stress en las mismas, para los diferentes estados de la dinámica funcional.

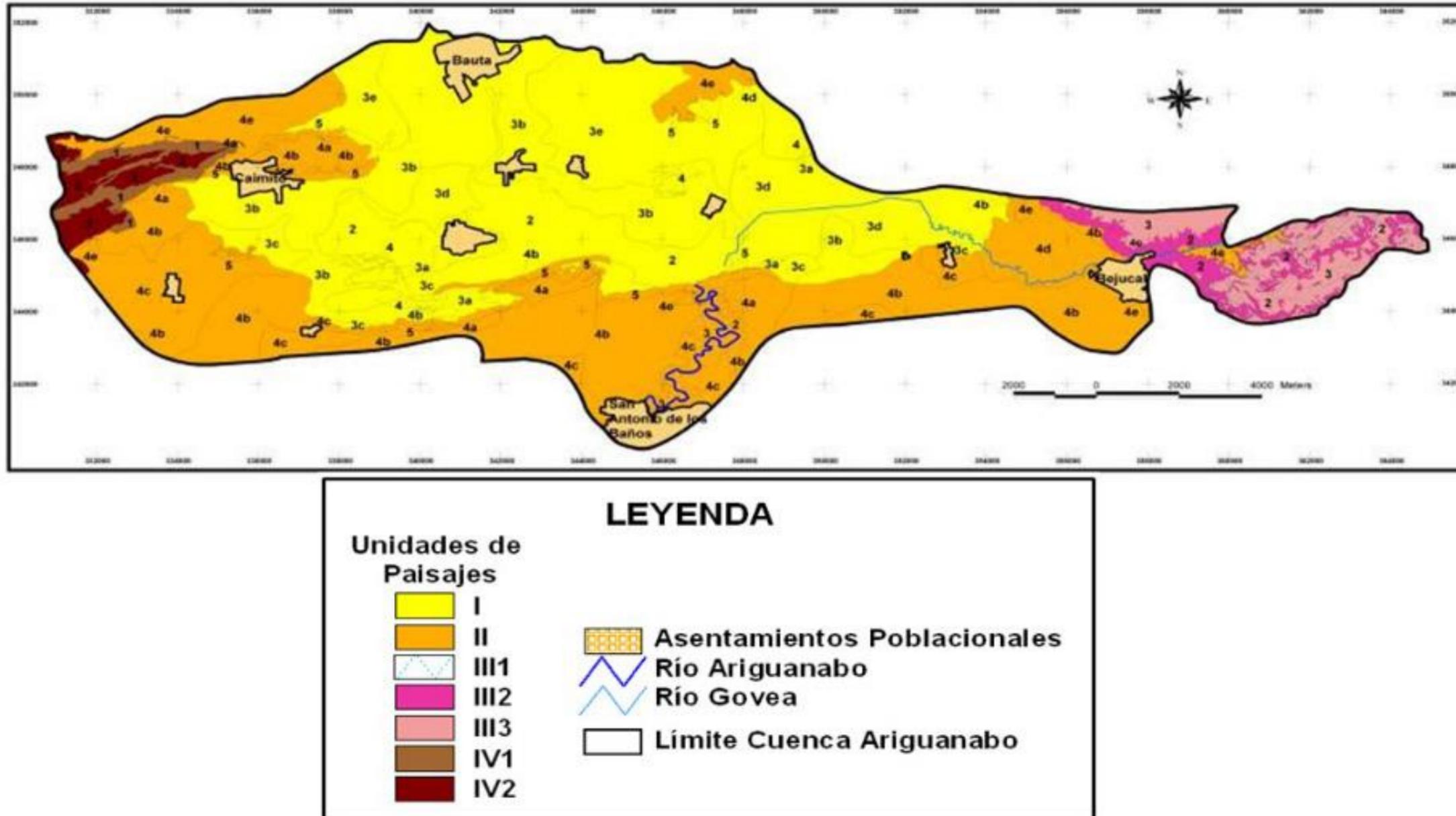
De ese modo fueron identificados tres estados teniendo en cuenta su duración:

- Estado de corto tiempo, al cual se asocia la ocurrencia de tormentas severas, huracanes e incendios. En este aspecto los paisajes más vulnerables lo constituyen las zonas boscosas y de matorrales, así como las superficies agropecuarias con pastos.
- Estado de mediano tiempo, que para el área de estudio se vincula con la existencia o alternancia de sequías y los cuales están motivados por niveles de precipitación muy inferiores a las medias históricas y que se manifiestan en un stress hídrico de la vegetación, la disminución de los niveles de las aguas subterráneas y por ende la limitación de su uso para las actividades agropecuarias.
- Eventos a largo plazo, que pueden tener como base el efecto de la variabilidad climática, en sinergia con la fuerte actividad antrópica a la cual ha estado sometida casi toda la cuenca.

Según el grado de antropización del paisaje la mayor parte del territorio (alrededor del 85%) se encuentra fuertemente modificado y un reducido grupo de unidades están en la categoría de modificado (I4, II5, III1, III2 y III3), mientras que solo las unidades de paisaje II2 y II3, correspondientes al cauce, valle y laderas del río Ariguanabo pueden considerarse como paisajes medianamente modificados.

Lo anterior ejemplifica el fuerte proceso de asimilación socioeconómica a que ha estado sometida gran parte de la cuenca desde la etapa colonial hasta el presente.

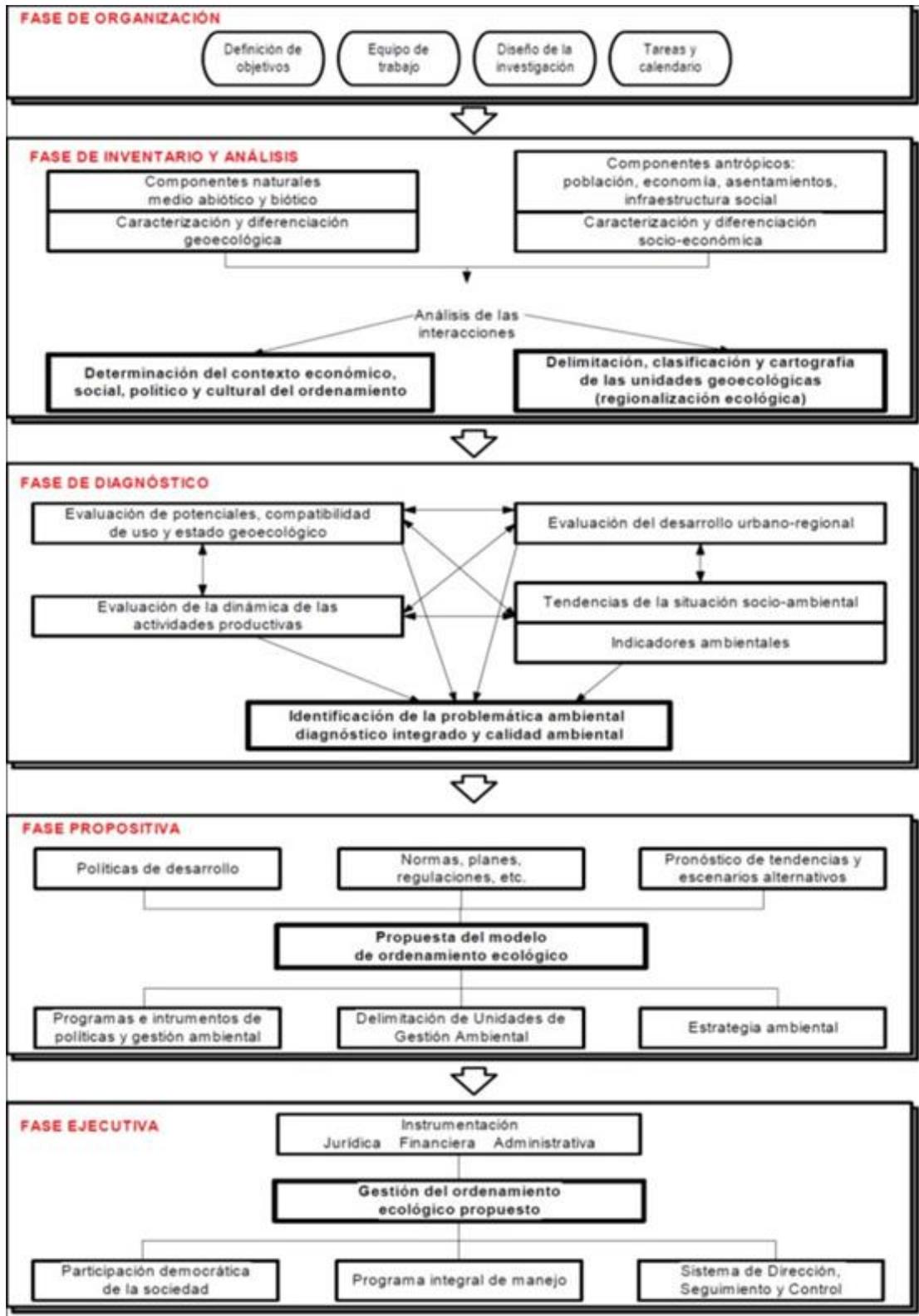
FIGURA 2.
Clasificación de los Paisajes de la Cuenca Ariguanabo



Fuente: Cruañas, E., 2012 y Miravett, et al. 2014

FIGURA 3.

Esquema metodológico para el ordenamiento ambiental y territorial sobre la base de los paisajes



Fuente: Ramón y Salinas, 2009

La estabilidad potencial natural es predominantemente baja, debido a la presencia de un importante desarrollo de la actividad cársica, que condiciona ciertas limitaciones a los componentes naturales. Existe un balance en cuanto a las unidades de paisaje con estabilidad media y alta; en este último rango se destacan las zonas no cársicas y la depresión lacuno-palustre ocupada por la antigua laguna de Ariguanabo.

La estabilidad tecnogénica desde el punto de vista espacial presenta un balance entre las categorías de baja y media, debido al alto grado de modificación antrópica presente en el área, ninguna de las unidades clasifica con categoría alta.

Los paisajes de la cuenca son predominantemente sensibles, con excepción de los no cársicos y la depresión lacuno-palustre, que se clasifican como muy poco sensibles, y los paisajes asociados al escarpe cársico de Anafe y las zonas de transición, que aparecen como muy sensibles (Tabla 1).

TABLA 1.
Características del grado de Sensibilidad de los paisajes

Localidad	comarca/ subcomarca	Estabilidad potencial natural	Estabilidad tecnogénica	Grado de Sensibilidad
I	I1	1	2	sensible
	I2	3	1	muy poco sensible
	I3a	1	2	sensible
	I3b	1	2	sensible
	I3c	1	2	sensible
	I3d	1	2	sensible
	I3e	3	1	muy poco sensible
	I4	2	1	sensible
II	II1	2	1	sensible
	II2	1	1	muy sensible
	II3	2	1	sensible
	II4a	1	1	muy sensible
	II4b	1	2	sensible
	II4c	2	1	sensible
	II4d	2	1	sensible
	II4e	3	1	muy poco sensible
	II5	2	1	sensible
III	III1	2	1	sensible
	III2	2	1	sensible
	III3	2	1	sensible
IV	IV1	1	1	muy sensible
	IV2	2	1	sensible

Grado de sensibilidad			
Estabilidad potencial natural	Estabilidad Tecnogénica		
	3	2	1
3	1	2	3
2	2	3	4
1	3	4	5
1	muy poco sensible		
2	poco sensible		
3	moderadamente sensible		
4	sensible		
5	muy sensible		

Fuente: Elaborada por los autores.

Del análisis de la relación potencial/uso actual se identifican muy pocas unidades con alto conflicto, predominando un grado bajo o muy bajo del mismo. Una de las actividades que está involucrada en un mayor número de casos de conflictos (Tabla 2 a y b) es la actividad porcina, por su alta agresividad en cuanto a producción de residuos, en un área con una alta vulnerabilidad del acuífero debido al predominio del carso.

TABLA 2A.
Conflictos de Uso en las Localidades de paisaje I y II

Localidad	comarca/ subcomarca	Potencial principal	Potencial secundario	Uso actual	Relación Uso(U)/ Potencial(P)	Conflicto de uso	Localidad	comarca/ subcomarca	Potencial principal	Potencial secundario	Uso actual	Relación Uso(U)/ Potencial(P)	Conflicto de uso
I	I1	Pr	Hi	He	U<P	Conflicto Bajo	II	II1	Pr	Fo	He	U<P	Conflicto Bajo
				Hi	U=P						Pr	U=P	
	I2	Fo	Pr	He	U<P	Conflicto Bajo		II2	Pr	Tu/Hi	Tu	U=P	Sin conflicto
				Ag	U>P						Hi	U=P	
				Po	U>P						Pr	U=P	
				Ag	U>P						Tu	U=P	
	I3a	Hi	Pr/Fo	Hi	U=P	Conflicto Alto		II3	Pr	Tu/Hi	Hi	U=P	Conflicto muy Bajo
				He	U<P						Fo	U>P	
				Ag	U=P						He	U<P	
	I3b	Ag	Hi	Ag	U=P	Conflicto Bajo		II4a	Hi	Pr/Fo	Ag	U>P	Conflicto Bajo
				Po	U>P						Hi	U=P	
				He	U<P						He	U<P	
	I3c	Ag	Hi	Ag	U=P	Conflicto muy Bajo		II4b	Ag	Hi	Ag	U=P	Conflicto Bajo
				Hi	U=P						Po	U>P	
				He	U<P						Ag	U=P	
	I3d	Hi	Pr/Fo	Ag	U>P	Conflicto Alto		II4c	Ag	Hi	Hi	U=P	Conflicto Bajo
Hi				U=P	Po		U>P						
He				U<P	He		U<P						
I3e	Fo	Po/Co	He	U<P	Conflicto Bajo	II4d	Hi	Pr/Fo	Hi	U=P	Conflicto Bajo		
			Ag	U>P					He	U<P			
I4	Hi	Pr	He	U<P	Conflicto muy Bajo	II4e	Fo	Po/Co	He	U<P	Conflicto Bajo		
			Fo	U=P					Ag	U>P			
							II5	Hi	Pr/Fo	Hi	U=P	Conflicto Alto	

Fuente: Elaborada por los autores.

TABLA 2B.
Conflictos de Uso en las Localidades de paisaje III y IV

Localidad	comarca/ subcomarca	Potencial principal	Potencial secundario	Uso actual	Relación Uso(U)/ Potencial(P)	Conflicto de uso
III	III1	Pr	Fo	He	U<P	Conflicto muy Bajo
				Fo	U=P	
	III2	Fo	Pr	He	U<P	Conflicto muy Bajo
				Fo	U=P	
	III3	Fo	Pr	He	U<P	Conflicto Bajo
				Ag	U>P	
IV	IV1	Pr	Hi/Fo	He	U<P	Conflicto Alto
				Fo	U=P	
				Hi	U=P	
				Ex	U>P	
IV2	Fo		He	U<P	Conflicto Bajo	
			Fo	U=P		

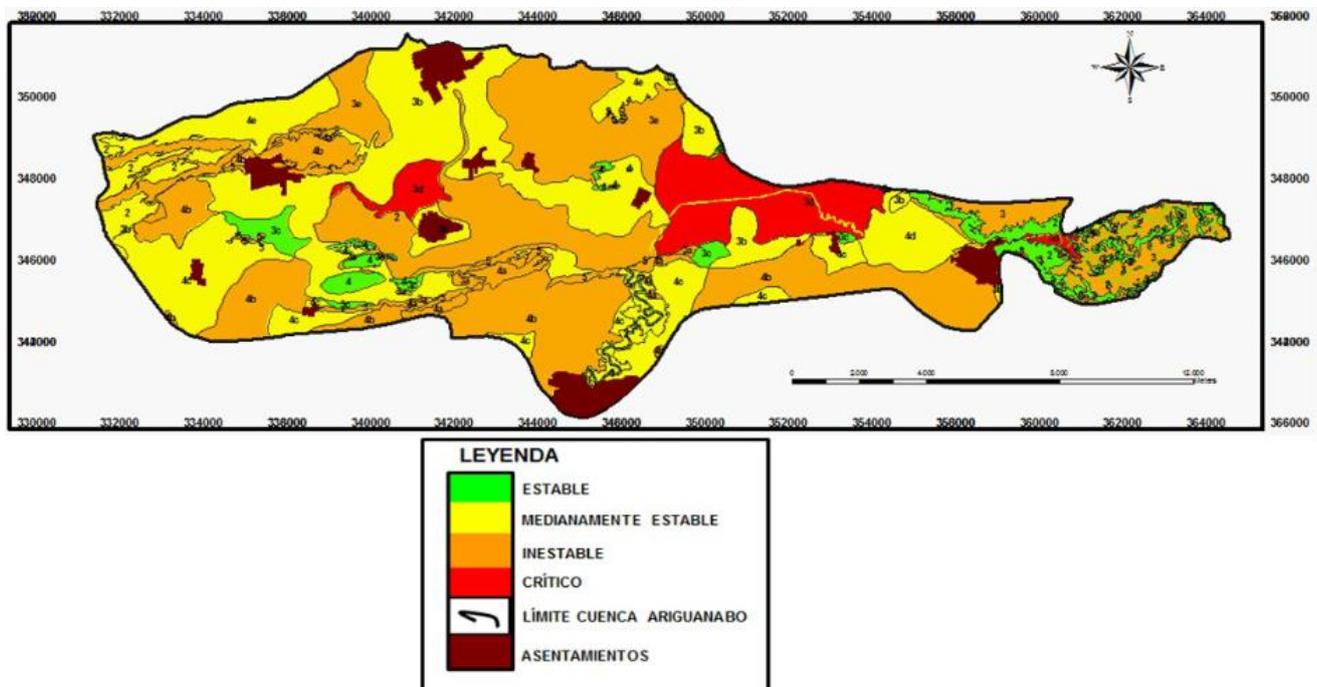
Fuente: Elaborada por los autores.

La evaluación del estado geoecológico de los paisajes (Figura 4) se realizó a partir de una matriz de doble entrada, donde se relacionan las unidades geoecológicas con los tipos de procesos geoecológicos degradantes y el resultado de la evaluación de los conflictos de uso, distinguiéndose las clases siguientes:

- **Paisajes estables:** la superficie plana con carso estabilizado (I3c), las colinas residuales cársicas (I4), el cauce y plano de inundación del río Ariguanabo (II2), las cañadas intermitentes de Bejucal (III1) y las laderas inclinadas de Bejucal (III2).
- **Paisajes medianamente estables:** el cauce y valle del río Govea (I1), la superficie plana con carso cubierto por una delgada capa de suelo (I3b), el cauce y valle del río Govea (III1), las ladera y zona de transición del río Ariguanabo (II3), la superficie plana con carso estabilizado (II4c), la superficie plana con carso cubierto por depósitos potentes (II4d), la superficie plana no cársica (II4e) y las cimas (110-260m) de Anafe.
- **Paisajes inestables:** la depresión lacuno-palustre (I2), la superficie plana con carso desnudo y semidesnudo (I3a), la superficie plana con carso desnudo y semidesnudo (80-120m) (II4a), la superficie plana con carso cubierto por una delgada capa de suelo (II4b), la superficie de transición (II5), las cimas (120-200m) (III3) y el escarpe cársico de Anafe (IV1).
- **Paisajes críticos:** la superficie plana con carso cubierto por depósitos potentes (I3d). De forma general, en el territorio existe un claro predominio de los paisajes inestables y medianamente estables, en los que se reflejan los cambios en su estructura, existiendo en ellos algunos problemas ambientales, asociados al uso inadecuado de los potenciales de los paisajes.

FIGURA 4.

Estado Geoecológico de los Paisajes de la cuenca Ariguanabo



Fuente: Elaborado por los autores.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PAISAJE NATURAL PROTEGIDO RÍO ARIGUANABO

En el sector centro-sur de la cuenca se encuentra el paisaje natural protegido río Ariguanabo, asociado a la corriente superficial más importante de la misma. Esta área protegida, perteneciente al Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la República de Cuba (SNAP) está compuesta fundamentalmente por las comarcas: cauce y plano de inundación del río Ariguanabo (II2) y las laderas y zonas de transición del propio río (II3), ambas unidades presentan muy bajo o ausencia de conflicto de uso y desde el análisis de la estabilidad geoecológica son estable y medianamente estable. Sin lugar a dudas desde el punto de vista geoambiental esta área es la de mayor importancia para su protección y conservación en toda la cuenca, por lo cual se le dedica un análisis especial sobre la estructura y conservación de su área boscosa. (Figura 5).

FIGURA 5.

Área del sector rural donde se aprecia el bosque de galería



Fuente: Tomada por el autor.

El levantamiento cartográfico del área boscosa se realizó a partir del procesamiento de una imagen GeoEye multiespectral de 2013, recorridos de campo para georreferenciación y procesamiento en un SIG, lo que permitió definir con gran precisión los límites del bosque y las principales afectaciones que este presenta.

Esta área está compuesta por dos asociaciones vegetales principales, las cuales se diferencian entre sí debido a la litología y el suelo. Estas son, por una parte, la *Erythroxyletum havanense* que corresponde con el carso desnudo (con un recubrimiento de suelo menor al 10%) que se encuentra en las cimas y pendientes del cañón del río Ariguanabo y la *Cupanietum glabrae* que coincide con el carso parcialmente desnudo (con recubrimiento de suelo entre el 40% y 50%) que aparece en el fondo de los valles. Dentro de la asociación *Erythroxyletum havanense* se determinaron dos subasociaciones que se diferencian fundamentalmente por su composición florística. Estas subasociaciones son: *Ouratietosum* que corresponde a las cimas y la *Anthurietosum* a las pendientes. (Suarez, 1983).

Como se puede apreciar en la Figura 6 y la Tabla 3, el bosque del sector rural es el tipo definido que ocupa mayor extensión, con 201,3 ha, seguido del sector periurbano con 35,7 ha. En ambos sectores están presentes lugares donde la franja de bosque es extremadamente estrecha (menor que 50 m) y por lo general colinda con zonas de desarrollo agrícola, lo cual ha motivado que el cauce se encuentre parcialmente colmatado por los sedimentos arrastrados por la escorrentía en presencia de fuertes o prolongadas lluvias. (Figura 7) La presencia del bosque en el sector urbano se reduce a unas pocas hectáreas que se encuentran con muy baja densidad de ejemplares.

FIGURA 6.

Área actual del bosque ribera (de galería) en cada uno de los sectores



Fuente: Elaborada por los autores.

TABLA 3.

Resumen de las áreas ocupadas por cada uno de los sectores de bosque y comparación con un área buffer propuesta de 250 m a ambos lados del cauce.

Sector	ladera	bosque actual		buffer de 250m		diferencia buffer 250 m-actual	
		área (ha)	área (km2)	área (ha)	área (km2)	área (ha)	área (km2)
rural	este	109.3	1.09	178.7	1.79	69.4	0.69
	oeste	92.0	0.92	156.7	1.57	64.7	0.65
	sub total	201.3	2.01	335.4	3.35	134.1	1.34
periurbano	este	17.4	0.17	30.09	0.30	12.7	0.13
	oeste	18.4	0.18	38.55	0.39	20.2	0.20
	sub total	35.7	0.36	68.64	0.69	32.9	0.33
urbano	este	0.8	0.01				
	oeste	0.8	0.01				
	subtotal	1.7	0.02				
	total	238.7	2.39	404	4.04	165.3	1.67

Fuente: Elaborada por los autores.

FIGURA 7.

Áreas del cauce con alto grado de sedimentación y crecimiento de vegetación acuática y terrestre



Fuente: Tomada por el autor.

Teniendo en cuenta la situación anterior, se ha recomendado emprender la reforestación o la readecuación de las actividades productivas de un área buffer o de amortiguamiento en ambos márgenes con un ancho de 250 m. En la Tabla 3 se resume la información relacionada con las áreas de bosques existentes, las que implicarían completar la referida área buffer y el área que sería necesario reforestar para cumplimentar la misma.

CONCLUSIONES

1. La clasificación de los pisos altimétricos utilizada en el Nuevo Atlas Nacional de Cuba y el reconocimiento de los procesos formadores del relieve permitió la delimitación de 4 unidades de paisajes de primer orden (localidades). Posteriormente el análisis de la altimetría e inclinación de la pendiente permitió dividir las unidades anteriores en 14 subunidades (comarcas). Finalmente, la inclusión de los subtipos de carso como índices de diagnóstico en la diferenciación de las subunidades permitió delimitar 10 subcomarcas, lo cual resultó algo novedoso para nuestro país.
2. El diagnóstico ambiental de los paisajes de Ariguanabo permitió obtener la evaluación del grado de modificación y sus aptitudes o potenciales como base para la adecuada gestión de la cuenca.
3. Los paisajes de la mayor parte del territorio (alrededor del 85%) se encuentran fuertemente modificados: un reducido grupo de unidades tienen la categoría de modificado; mientras que, sólo las correspondientes al cauce, valle y laderas del río Ariguanabo pueden considerarse como medianamente modificados. Lo anterior confirma el fuerte proceso de asimilación socioeconómica a que ha estado sometida gran parte de la cuenca desde la etapa colonial hasta el presente.
4. Los paisajes de la cuenca son predominantemente sensibles, con excepción de los no cársicos y la depresión lacuno-palustre, que clasifican como muy poco sensibles, y los paisajes asociados al escarpe cársico de Anafe y las zonas de transición, que aparecen como muy sensibles.
5. Las unidades de paisajes asociadas al paisaje natural protegido río Ariguanabo, presenta muy bajo o ausencia de conflicto de uso y desde el análisis de la estabilidad geoecológica son estable y medianamente estable. Sin lugar a dudas desde el punto de vista geoambiental esta área es la de mayor importancia para su protección y conservación en toda la cuenca.
6. El principal problema ambiental del paisaje natural protegido río Ariguanabo es la pérdida progresiva del área boscosa y de su densidad y su influencia en el deterioro de las condiciones del cauce por el aumento sostenido de la sedimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, P. (1996): *Análisis de los paisajes insulares del Archipiélago Sabana – Camagüey*, Tesis de doctorado, Universidad de La Habana (inédito). pp. 130.
- Bastian, O. and U. Steinhardt (2002): *Development and Perspectives of Landscape Ecology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 498.

- Bertrand, C y G. Bertrand (2006): *Geografía del Medio Ambiente. El Sistema GTP: Geosistema, Territorio y Paisaje*, Universidad de Granada, pp. 403.
- Busquets, J. y A. Cortina (Coord.) (2009): *Gestión del Paisaje. Manual de protección, gestión y ordenación del paisaje*, Editorial Ariel, Barcelona, pp. 703.
- Cruañas, E. (2012): *Mapa de Paisaje de la cuenca Ariguanabo, provincia Artemisa*. Trabajo de curso. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana (inédito), pp. 49.
- Mateo, J. (2008): *Geografía de los Paisajes, Primera Parte. Paisajes naturales*, Editorial Universitaria, La Habana, pp. 191.
- Miravet, B. L.; A. E. García, E. Salinas, E. Cruañas y R. Remond (2014): "Diagnóstico Geoecológico de los paisajes de la cuenca hidrográfica Ariguanabo, Artemisa, Cuba". *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, Vol. 15 No.1, enero-junio, pp. 53-66.
- Comité Estatal de Normalización (CEN) (1987): NC 93-06-101. Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. Paisaje: Términos y definiciones. República de Cuba. pp. 15.
- Oficina Nacional de Estadísticas (ONE) (2013): *Anuario Estadístico de la República de Cuba-2012*, La Habana, Cuba. pp. 57.
- Ramón, A. M. y E. Salinas (2009): "Propuesta de ordenamiento ambiental de la Cuenca Alta del Río Cauto". *Desarrollo y Territorio*, Año 5 – Vol. 2 - Número 7, pp. 29.
- Salinas, E. (1991): *Análisis y Evaluación de los Paisajes en la Planificación Regional en Cuba*, Tesis de doctorado, Universidad de la Habana (inédito), pp. 187.
- Salinas, E. (2013): "El Ordenamiento Territorial como Instrumento de la Planificación y Gestión Ambiental", *Perspectiva Geográfica*, Vol.18 No 1, pp. 28-47.
- Salinas Ed., J. Mateo, Er. Salinas y R. Machado (1993): "Estudios Geográficos y Clasificación de los Paisajes en Cuba", En: *Latinoamérica Territorios y Países en el Umbral del siglo XXI*, I Congreso de Geografía sobre Latinoamérica, Editorial Mapfre América, Tarragona, España, pp. 401-411.
- Salitchev, K. A. (2005): *Cartografía*. Editorial Félix Varela. La Habana, pp. 123
- Suárez, E. D. (1983): *Estudio biogeográfico del cañón del Río Ariguanabo*, Trabajo de curso, Universidad de La Habana (inédito), pp. 46.



LA GEORREFERENCIACIÓN DEL REGISTRO DE DIRECCIONES DE LOS CIUDADANOS: APLICACIÓN DE TÉCNICAS GEOGRÁFICAS

Eduardo Tena del Pino

RESUMEN

El trabajo presenta las posibilidades y ventajas del uso de técnicas geográficas en la gestión del territorio, específicamente la experiencia de uso de una propuesta tecnológica basada en los Sistemas de Información Geográfica (Tena, 2012), como es la georreferenciación de las direcciones domiciliarias de los ciudadanos, que permita al elector el voto más cercano a su domicilio, y con ello una gestión adecuada del territorio en los eventos electorales.

PALABRAS CLAVE: SIG, normalización, direcciones, elector, Local de votación.

DATOS DEL AUTOR

Geógrafo en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima en Perú. Se desempeña como especialista en temas electorales, con más de 10 años de experiencia en la Oficina Nacional de Procesos Electorales (ONPE) y en los últimos años en el Registro Nacional de Identificación y Estado Civil (RENIEC). Consultor en temas de Demarcación Territorial, ha asesorado a diversas instituciones públicas y privadas.

© Este artículo es de acceso abierto sujeto a la licencia Reconocimiento 4.0 Internacional de *Creative Commons*. No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

INTRODUCCIÓN

Este documento describe la experiencia derivada de la implementación del "Proyecto de georreferenciación de ciudadanos para elaborar el padrón electoral, que permita el voto domiciliario"¹. Su aplicación tiene lugar en el espacio urbano y periurbano del ámbito del proyecto, en el marco de la organización político-administrativa, donde se producen cambios muy dinámicos de tipo geodemográficos, que inciden en la diferenciación espacial y configuran problemáticas en los

¹ Voto Domiciliario.- es la modalidad que permite al ciudadano ejercer el sufragio en la Mesa Electoral Receptora, con mayor facilidad de acceso y proximidad geográfica a su domicilio. (<http://www.tse.hn/Transparencia/participacion/ley/vdomiciliario.html>). En el Perú, de acuerdo a la Ley Orgánica de Elecciones, no se especifica el voto domiciliario. En el artículo N°53 de la Ley Orgánica de Elecciones, se indica que "las mesas tienen un número que las identifica y las listas de electores por mesa se hacen sobre la base de los ciudadanos registrados en la circunscripción".

campos de la geografía electoral o la geografía política. Estas diferenciaciones producen diferentes tipologías de la organización territorial durante los procesos electorales, como el agrupamiento de electores por locales de votación muy alejados de sus domicilios de acuerdo a sus direcciones declarados en sus Documentos Nacionales de Identificación (DNI²), sin una óptima distribución espacial de la cercanía a sus direcciones domiciliarias, que son problemas muy sensibles al análisis de localización espacial en el tema electoral o político. El proyecto se basa en el desarrollo del algoritmo que involucra al modelo del dato sobre el sistema urbano actual y las funcionalidades de localización y modelamiento espacial, para un ordenamiento óptimo de la localización de los locales de votación, tratando que estos sean los más cercanos para la concurrencia de la población durante los procesos electorales.

En la actualidad es un hecho real la primacía del paradigma de la economía de la comunicación, que consiste en el establecimiento de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Según Jordi Vilaseca, *et al*, (2002), se refiere al *"conjunto de las actividades de la sociedad moderna... las TIC transforman la propia generación del conocimiento, dicho de otro modo, las TIC son unas tecnologías que se basan en la aplicación económica de conocimiento. Sin embargo, y aquí está la novedad, la incidencia de este conocimiento no se limita a la tecnología, ya que las TIC también transforman la propia generación del conocimiento. Dicho de otro modo, las TIC son unas tecnologías que se basan en la aplicación de la economía del conocimiento y que, además, son unas "amplificadoras y prolongadoras de la mente humana"*.

La tendencia de este paradigma es a posicionarse a nivel global. Por lo tanto, ningún espacio geográfico puede mantenerse al margen de las nuevas corrientes del conocimiento, derivadas en gran parte del proceso de globalización. Es precisamente la información geográfica, compuestas por datos geográficos que representan las entidades espaciales, y son susceptibles al análisis cuantitativo mediante herramientas TIC estadísticas y cartográficas, para presentar los vínculos de los hechos geográficos con sus características de localización, atributos y temporalidad, que permiten identificar un determinado espacio geográfico, que sea entendible y de fácil uso en sus ordenamiento y gestión.

Francisco Górnex Piñeiro (1999), indica que: *"Siempre ha existido, por diversas razones, la necesidad de comprender los caracteres y los contrastes de la superficie terrestre, lo que pronto obligó a dividirla (la superficie terrestre) con diferentes criterios. En la actualidad, seguimos buscando unidades idóneas para el análisis territorial, la planificación y la ordenación del territorio, empleando criterios científico- técnicos que nos permitan trabajar más y mejor en los sistemas territoriales, en la comprensión de los modelos territoriales, interviniendo en su diagnóstico, en la planificación y gestión territoriales. El Análisis Geográfico siempre ha desarrollado (y se ha aplicado en) estudios de localización, de las relaciones espaciales de los fenómenos geográficos, de las formas de organización del espacio y de la diferenciación del mismo, en el conjunto de las investigaciones sobre los recursos naturales, el paisaje, el medio ambiente y la ordenación del territorio, con sus correspondientes aplicaciones prácticas. Buscando las divisiones de la superficie terrestre, que mejor se adecuaran a cada necesidad, bien sea práctica o de mera investigación, pronto nos encontramos con los conceptos de región física, natural, geográfica, histórica, cultural, económica, política, funcional, nodales, de planificación, genéricas, formales, urbanas, (electoral), etc."*.

La administración de la información geográfica, en el presente proyecto, nos lleva a temas de organización e institucionalización territorial, para enfrentar el desorden del sistema de asignación

² DNI "...Constituye también el único título de derecho al sufragio de la persona a cuyo favor ha sido otorgado". Art. 26 de la Ley No 26497 Ley Orgánica del RENIEC.

de direcciones urbanas en el ámbito del proyecto. Ejemplos de este desorden observado en la información registrada de las direcciones declaradas en los DNI en el Registro Nacional de Procesos Electorales (RENIEC) son: direcciones con vías sin nombres, direcciones con nombres de las vías incompletos, direcciones con diferentes formas de registro de un nombre de una vía, direcciones con vías sin categorías o con diferentes formas de registro de las categorías, direcciones con registro de numeraciones domiciliarias sin orden numérico o en cualquier lugar o frente de manzana, direcciones con registros de numeraciones alfanuméricos o alfabéticos, registro de direcciones con sobre posición de ámbitos jurisdiccionales, direcciones sin numeración, direcciones con un solo registro (edificios, condominios), direcciones con vías y numeraciones de otro distritos, entre otros, como son los casos identificados en el distrito modelo: Miraflores.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La implementación del proyecto, nos permitió identificar una problemática que afecta de manera directa a la gestión de los registros de direcciones declaradas por los ciudadanos. La problemática se manifiesta en la desorganización de la distribución de los electores el día de las elecciones, al no permitir ejercer el derecho al voto domiciliario de los electores. Ante esta situación, se planteó la siguiente solución: El registro georreferenciado³ de ciudadanos, que permita el registro de las direcciones domiciliarias en una base de datos, al cual se le asignará un ubigeo⁴, estableciéndose una relación de coordenadas geográficas (latitud y longitud) para un solo registro declarado.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

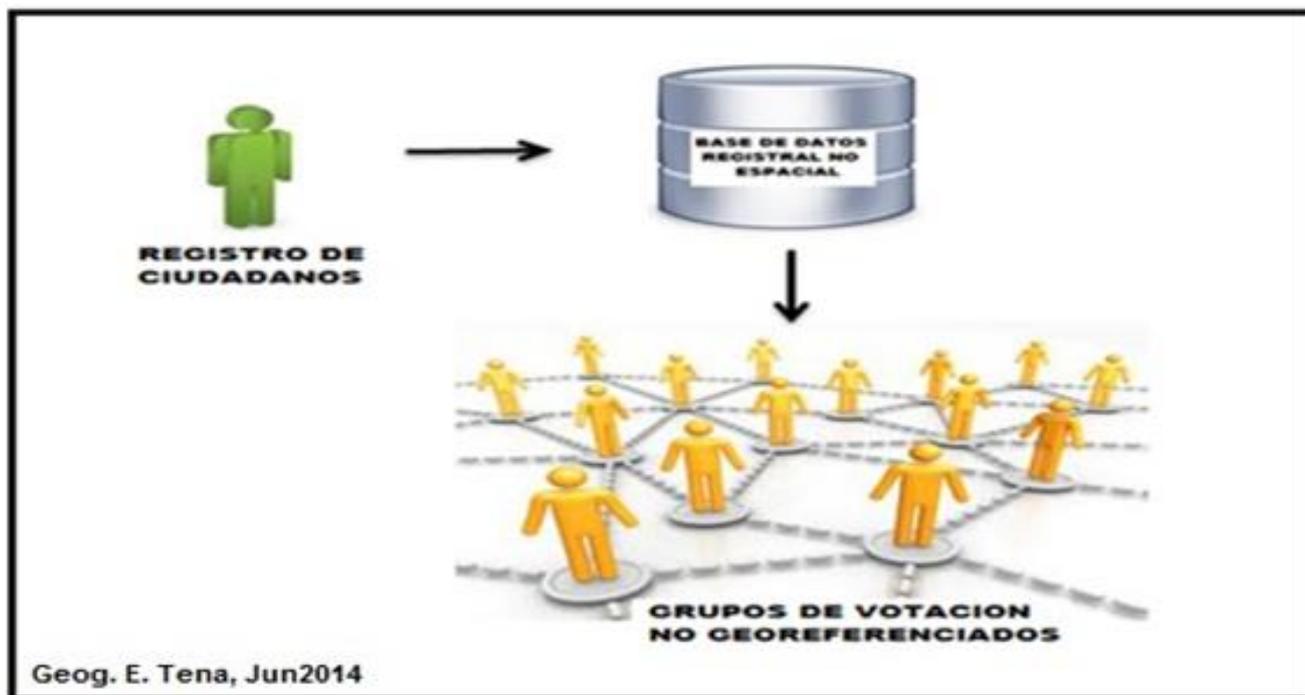
El problema se genera en el sistema de registro de los ciudadanos al momento de inscribirse para obtener su DNI, al registrar la dirección el ciudadano, se le integra a un grupo de votación de manera consecutiva sin contar con el atributo espacial, agrupando a los ciudadanos hasta conformar un grupo de 200 a 300 inscritos que conformaran, durante los procesos electorales, una mesa de sufragio⁵. Este registro del grupo de ciudadanos inscritos, están relacionado a un solo código distrital o ubigeo del distrito, donde se registra de manera consecutiva, sin tomar en cuenta que se pueden obtener otros niveles de códigos territoriales dentro de un distrito, que permita la ubicación geográfica de sus domicilios, evitando las direcciones registradas con deficiencias para ser utilizadas como información geográfica. Además, el actual sistema de registro de las direcciones en los DNI, nos lleva a un problema de caos durante el día del sufragio, como por ejemplo, en el distrito de Miraflores, la pérdida de aproximadamente tres horas por persona, para utilizarlas en el despliegue y repliegue para acudir a sufragar, o el costo promedio de tres soles por persona para el uso de movilidad para desplazarse al local de votación, se considera que un 75 % de electores del distrito de Miraflores utiliza alguna movilidad pública para movilizarse, ocasionando un costo de aproximadamente 270 mil soles en el uso de pasajes de ida y vuelta. (Ver gráfico N°1).

³ **Georreferenciación** está referida al posicionamiento con el que se define la localización de un objeto en el espacio, (punto, línea/vector, área y volumen) en un sistema de coordenadas geográficas y datum determinado. Este proceso es utilizado en los Sistemas de Información geográfica (SIG).

⁴ **Ubigeo** es el identificador numérico único que se asigna a cada ámbito político administrativo del país para identificar al departamento, provincia y distrito. En el caso de un registro ciudadano este se relaciona con las coordenadas geográficas (x,y) de sus domicilios.

⁵ **Mesas de Sufragio** (Conformación de las): De acuerdo a la Ley Orgánica de Elecciones, Ley No 26859, Artículo 52.- En cada distrito político de la República se conforman tantas mesas de sufragio como grupos de 200 (doscientos) ciudadanos hábiles para votar como mínimo y 300 (trescientos) como máximo existan.

GRÁFICO 1.
Registro de ciudadanos de manera tradicional (no espacial)



ANÁLISIS DE CAUSAS

De acuerdo al diagnóstico realizado para elaborar el proyecto del registro de las direcciones de los ciudadanos, el problema radica, en el registro de manera literal, en tanto no exista una estructura del registro de la dirección domiciliar organizada por campos, que permitan un sistema de estandarización de la información (Vásquez, 2013). Este problema es generado por causas que no permiten una georreferenciación de las direcciones registradas:

- a. Existencia de caracteres extraños en las direcciones.
- b. Registro de las direcciones con datos incompletos.
- c. Existencia de vías sin nombre o que no están actualizadas por los Gobiernos Locales.
- d. Problemas de jurisdicciones de habilitaciones urbanas que no pueden realizar el saneamiento físico legal o errores en los registros de direcciones en centros poblados y áreas rurales. (Ver Gráfico N°2)

GRÁFICO 2.
Problemática de ubicación del ciudadano



PROCESO DE NORMALIZACIÓN DE DIRECCIONES

El sistema de procesamiento de la información de direcciones, comprende un proceso muy importante, cual es el de la Normalización de Direcciones, que consiste en analizar, comprender, determinar y corregir los datos de direcciones registradas en los DNI. El objetivo de este proceso es que se cuente con un sistema para que el registro sea entendible y localizable, en una determinada configuración territorial del espacio urbano, como es el caso del distrito de Miraflores. El desarrollo del aplicativo, nos llevó a la normalización automática, bajo sus diferentes modalidades de ingreso y, a la vez, el reporte de registros errados en tiempo real, permitiendo el modelamiento espacial de las casuísticas, de acuerdo a la selección de los datos. El aplicativo se basa, como indica Paul A. Longley (2005), en el uso de modelos geográficos y en reglas y factores relacionales, garantizando un archivo anagráfico de calidad, por su sostenibilidad técnica.

ANÁLISIS DE EFECTOS DEL PROBLEMA

Los principales efectos son:

EFFECTOS DIRECTOS:

1. Inadecuado tratamiento espacial del registro de las direcciones declarado en los DNI.
2. En el tema electoral, inadecuada distribución espacial de los grupos de votación.

3. Desorden en la ubicación de los locales de votación, sin considerar la proximidad espacial de las viviendas de los electores.
4. Dificultades para localizar, por sus direcciones, a los Miembros de Mesa.
5. Dificultades de distancia y tiempo para que el ciudadano pueda ejercer su derecho al voto.

EFFECTOS INDIRECTOS:

1. Dificultades para localizar, por sus direcciones declarados en los DNI, y llegar a los ciudadanos en zonas urbanas en proceso de consolidación o zonas rural-urbanas, para una adecuada capacitación electoral.
2. Para los procesos electorales, la deficiencia espacial en la conformación de las mesas de sufragio de acuerdo a la ubicación de los locales de votación.
3. Mayores gastos de los votantes en el uso de servicios de transporte.
4. Mayores dificultades para el desplazamiento de personas con alguna discapacidad física.
5. Mayores dificultades para las gestantes y personas de la tercera edad.
6. Mayor riesgo de accidentes por el congestionamiento o caos vehicular.

EN RESUMEN, SE TIENE LOS EFECTOS MÁS IMPORTANTES AL NO CONSIDERAR EL CARÁCTER ESPACIAL:

1. Baja calidad del registro de las direcciones declaradas en los DNI por los ciudadanos.
2. Deficiente sistema para la conformación de las mesas de sufragio y de la ubicación de los locales de votación.
3. Mayor dificultad al elector en costo en el transporte y del tiempo empleado para ir a sufragar.

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Una vez establecido el problema y como éste contribuye a la desorganización de la distribución de los ciudadanos en los procesos electorales, se plantearon dos alternativas de solución:

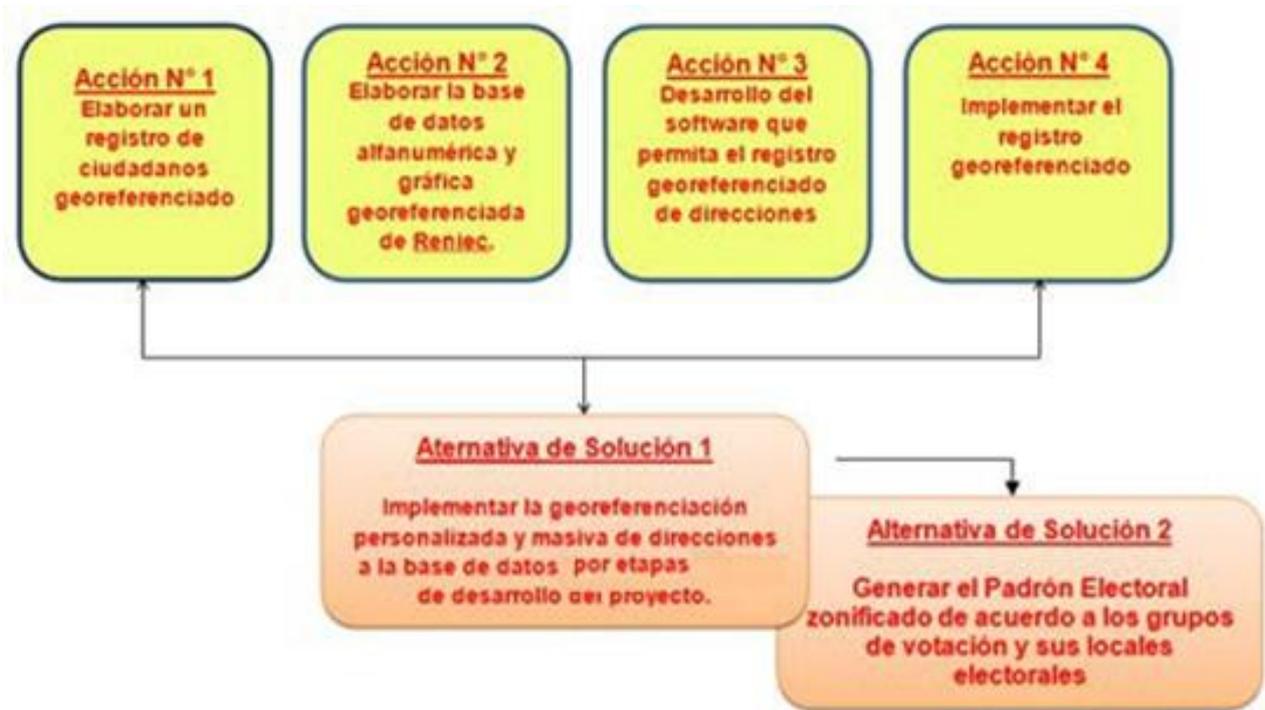
DETERMINACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

En el Gráfico N° 3, se observa los procedimientos en cuatro acciones y dos alternativas de solución con la implementación del sistema de registro georreferenciado.

En el Gráfico N°4, se observa la diferencia de conceptos con el Gráfico N°1, con la aplicación de un sistema de registro georreferenciado de las direcciones de los ciudadanos al registrarse para obtener sus DNI. Esta diferencia, repercute con un sistema registro de direcciones de calidad, organizado la información geográfica para ser utilizada con modelamiento para niveles de sub territorios, identificados con ubigeos de acuerdo a los niveles de la organización territorial del distrito de Miraflores.

GRÁFICO 3:

Diseño del sistema de registro georreferenciado de ciudadanos para elaborar un padrón electoral que permita el voto domiciliario”



Fuente: Geóg. E. Tena (2014).

GRÁFICO 4.

Registro de ciudadanos de manera zonificado



Fuente: Geóg. E. Tena (2014).

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL PROYECTO PILOTO EN EL DISTRITO DE MIRAFLORES

Se pudo identificar, entre otros, algunos problemas (problemas que se repiten en otros distritos) en el proceso de captura de la información del registro de direcciones en el ámbito del distrito piloto: Miraflores.

1. En los distritos en proceso de consolidación urbana residencial, la apropiación del espacio urbano, es desordenada, construyéndose imaginarios geográficos⁶ que las empresas urbanizadoras u organizaciones poblacionales van imponiendo o yuxtaponiendo al paisaje urbano ya consolidado. La construcción de imaginarios geográficos es la expresión de las fuerzas concurrentes para la apropiación de los espacios, en este sentido, mientras mayor sea la construcción e imposición de imaginarios geográficos de una organización, mayor es su apropiación del espacio. Esta situación se observa en los nombres de las vías y sus numeraciones en las zonas de límites de los distritos.
2. En el caso de distritos consolidados, como es el caso de Miraflores, se produce la densificación urbana, generando la alteración del registro de numeraciones de los domicilios, creándose nuevos códigos alfanuméricos o alfabéticos.
3. En Las aperturas de nuevas vías, que no han sido registradas por los gobiernos locales o están en proceso de consolidación urbana. La consolidación de nuevas vías es muy desordenada, motivada por la dinámica de oportunidad en la apropiación del espacio.
4. En otros casos las numeraciones no existen o no son continuas, no presentan un patrón de continuidad de acuerdo a las habilitaciones urbanas ya establecidas. Además, se tienen direcciones registradas con errores de redacción generada desde los mismos gobiernos locales, al no contar con un sistema de direcciones actualizadas.

En este sentido, al establecerse como causa principal: el inadecuado sistema de registro de las direcciones domiciliarias declaradas, se planteó la necesidad de corregir las siguientes deficiencias:

- a) La deficiencia en no contar con un sistema de la cartografía de registro de direcciones catastrales por parte del RENIEC. Por lo tanto, no existe la necesidad de normalización de la información geográfica de las direcciones declarada, registrada y relacionada con información de coordenadas geográficas. Esta deficiencia se puede corregir en un trabajo compartido entre el RENIEC y los Gobiernos Locales, con la implementación de un sistema registral que cuente con una cartografía base y una permanente actualización de la cartografía y la base de datos del registro de direcciones. Para este caso se puede tomar como ejemplo una zona de ampliación urbana en las zonas marginales del distrito de San Juan de Miraflores, donde se implementaría el trabajo RENIEC-Gobierno Local para la actualización de la información geográfica. (Fotografía 1 y Mapa 1).
- b) La falta de estandarización de Ubigeos. Frente a ello, se propone la creación de un sistema de Ubigeos por niveles de aproximación territorial. Por lo general, no existe una base de datos

⁶ Imaginarios geográficos, se concibe la construcción de las representaciones como parte de un proceso cognitivo de carácter racional que implica la elaboración de imágenes mentales. Estas imágenes otorgan significación a los lugares en el marco de una red de lugares (Bailly, 2013, In: La geografía histórica, la imaginación y los imaginarios geográficos. Revista de Geografía Norte Grande, 54:51-66 (2013).

de registro de direcciones relacionada con una base geográfica que llegue hasta el nivel de frente de manzana.

- c) Imprecisión del registro de direcciones causada por la indefinición de límites de las circunscripciones. A esta situación se plantea establecer un sistema de registro separado donde la geometría urbana de cada distrito, no implique sobre posición con el otro distrito, hasta que se definan los límites por los organismos competentes.

FOTOGRAFÍA 1:

Zona de ampliaciones de viviendas de acuerdo a la fisiografía del área en proceso de consolidación dentro de la trama urbana. AAHH La Nueva Rinconada, en el distrito de San Juan de Miraflores



MAPA 1.

Mapa de la zona de ampliaciones urbanas, vistas en la Foto No 1, sin identificación de vías y códigos catastrales. AAHH La Nueva Rinconada, en el distrito de San Juan de Miraflores



En este contexto, se planteó la necesidad básica de contar con una administración de la información geográfica para el registro de direcciones a nivel distrital, para lo cual se propuso lo siguiente:

1. Que la institución encargada de los registros de los ciudadanos (RENIEC), cuente con un Sistema de Registro de Direcciones Georreferenciado, al nivel de las habilitaciones urbanas.
2. Que se implemente un Sistema de Normalización de Direcciones relacionados espacialmente. y,
3. Establecer procedimientos para la implementación de la georreferenciación continua y en tiempo real.

La implementación de un Sistema de Registro de Direcciones Georreferenciados, permitirá, además de otros beneficios, la organización del padrón electoral, con electores organizados por las mesas de sufragio, próximos a locales de votación cercanos a sus domicilios por la proximidad de su ubicación.

Los beneficios que se obtendrían serían los siguientes: Para los ciudadanos:

- Contar con la distancia más reducida entre los electores y los locales de votación, de acuerdo al registro de las direcciones georreferenciadas. Para ello, desarrollar modelos espaciales.
- Reducir la pérdida de tiempo en sus desplazamientos y minimizar los gastos en transporte para ir a sufragar.
- Facilitar a los electores con alguna dificultad física, poder sufragar en locales de votación cercanos a sus domicilios. Para ello, se desarrollarán modelos espaciales.

Para la institución registradora:

- Contar con un sistema de registro de las direcciones de los ciudadanos de calidad, donde se incluya el atributo espacial de localización por un sistema de georreferenciación institucional.

Para el Estado:

- Contar con un registro de ciudadanos totalmente localizables con respecto a sus direcciones declaradas en sus DNI. Por lo tanto, brindar un mejor servicio a las poblaciones vulnerables o en situación de exclusión social, como resultado de ubicarlos por sus direcciones georreferenciadas.
- Contribuir a la optimización de las inversiones públicas, evitando la duplicidad de pobladores en diferentes proyectos sociales.

RESULTADOS DEL USO DEL APLICATIVO DE GEORREFERENCIACIÓN

Mapa del distrito de Miraflores con la ubicación de ciudadanos (en puntos rojos) por frente de manzana de acuerdo a las direcciones registradas en los DNI.

MAPA 2.

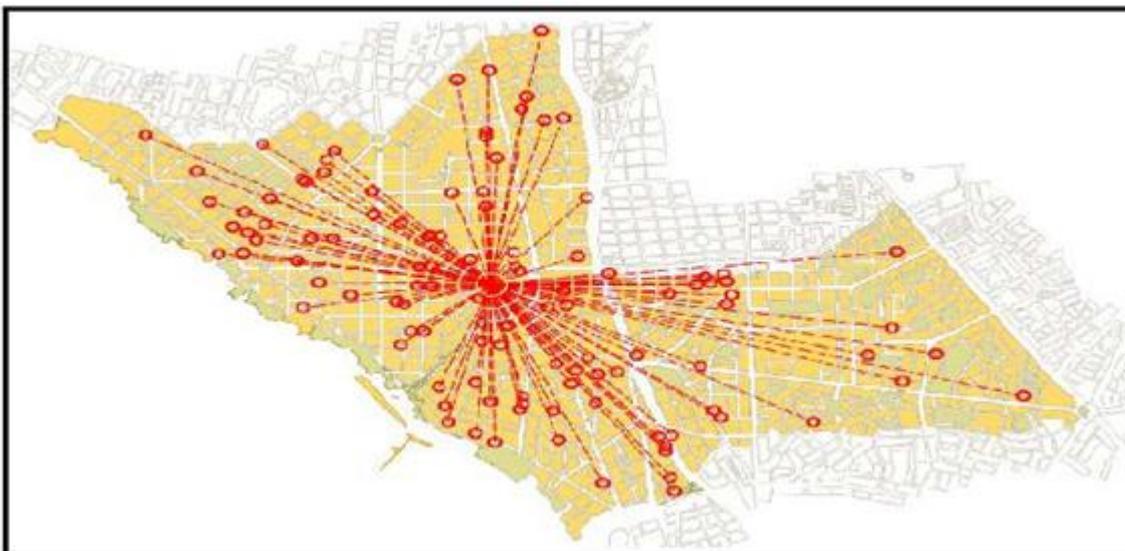
Modelo de ubicación espacial de direcciones georreferenciadas



Mapa de la aplicación del software de georreferenciación, generando la distribución espacial de los electores que pertenecen a una mesa de sufragio sin una propuesta de modelamiento espacial a nivel distrital.

MAPA 3.

Modelo de distribución espacial de direcciones georreferenciadas de una mesa de votación



Mapa de la aplicación del software de georreferenciación, generando la distribución espacial de los electores que pertenecen a una mesa de sufragio ubicado en la zona central del distrito, sin una propuesta de modelamiento espacial a nivel distrital.

MAPA 4.

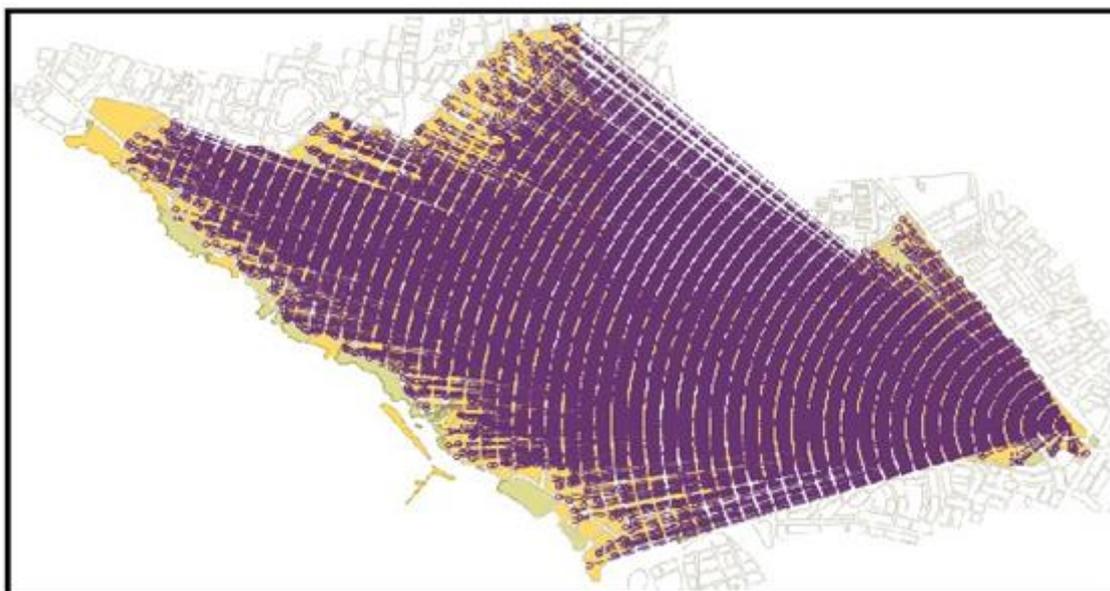
Modelo de distribución espacial de direcciones georreferenciados de un local de votación



Mapa de la aplicación del software de georreferenciación, generando la distribución espacial de los electores que pertenecen a una mesa de sufragio ubicado en la periferia del distrito, sin una propuesta de modelamiento espacial a nivel distrital.

MAPA 5.

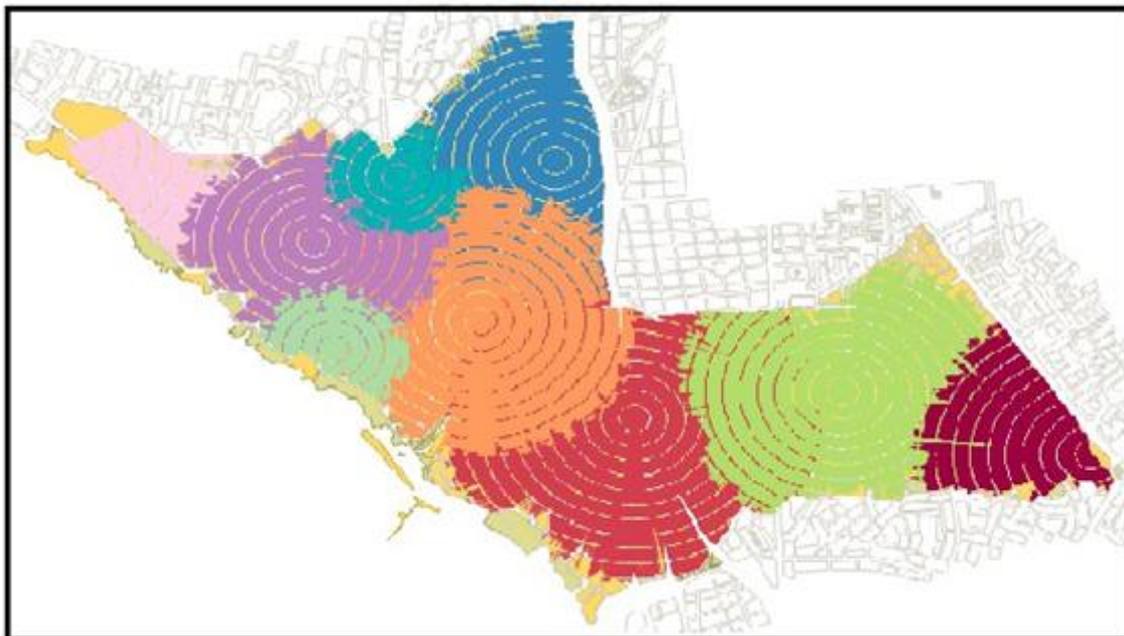
Modelo de distribución espacial de direcciones georreferenciados de un local de votación



Aplicación del software de georreferenciación, generando un modelo de distribución espacial de los electores, de acuerdo al registro de direcciones normalizadas, con una distancia no mayor de 6 manzanas de acuerdo a la localización óptima de un local de votación electoral a nivel distrital.

MAPA 6.

Modelo de una propuesta de distribución espacial de direcciones georreferenciados por espacios óptimos



En conclusión, de acuerdo a lo presentado en los Mapas N° 3, 4 y 5, se puede observar que sin un sistema de georreferenciación de las direcciones no se puede desarrollar modelos espaciales para poder ejercer el voto domiciliario. En el Mapa N°6, contando con una base de datos de la información geográfica, como una base de datos de direcciones normalizada, se puede desarrollar modelos espaciales óptimos para que se pueda ejercer el voto domiciliario.

El desarrollo de este proyecto, resalta la importancia de la aplicación de las ciencias geografía y el desarrollo de herramientas de las tecnologías de la información geográfica, con el objetivo de contar con una visión integral del espacio geográfico, que permita el planeamiento y la gestión territorial para la geografía política.

BIBLIOGRAFÍA

- Eduardo Tena (2012): *Proyecto Diseño del Sistema de Registro Georreferenciado de Ciudadanos para Elaborar un Padrón Electoral que Permita el Voto Domiciliario* (Doc. de Trabajo)
- Jordi Vilaseca, et al., (2002): *La Economía del Conocimiento: paradigma tecnológico y cambio estructural*.
- Francisco Górniz Piñeiro (1999): *Análisis geográfico, estructuras territoriales y sistemas nodales*.
- Miguel Vásquez (2013): *Proyecto de Geolocalización del Ciudadano*.
- Paul A. Longley, et al. (2005): *Un nuevo y Prominente papel de los SIG y el Geomarketing en la provisión de servicios públicos*.
- Bailly (2013): *La geografía histórica, la imaginación y los imaginarios geográficos*. Revista de Geografía Norte Grande.



Área de estudio

EVALUACIÓN DEL ENFRIAMIENTO DEL CLIMA DURANTE LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO EN LOS ANDES CENTRALES DEDUCIDO DE LA ALTITUD DE LA LÍNEA DE EQUILIBRIO DE GLACIARES ACTUALES Y PASADOS

Jose Úbeda^{1,2,3,5}, Néstor Campos³, Claudia Giráldez⁴, Eduardo García⁵, Tatiana Quirós⁵, David Palacios³

¹Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET (Perú). ²Autoridad Nacional del Agua-ANA (Perú).

³Grupo de Investigación en Geografía Física de Alta Montaña-GFAM. Universidad Complutense de Madrid (España). ⁴Department of Geography, University of Zurich (Suiza). ⁵Guías de Espeleología y Montaña-GEM (España).

RESUMEN

La intención de este trabajo ha sido ensayar métodos para mejorar la comprensión de la información climática registrada por las fluctuaciones de los glaciares en el pasado. Con esa finalidad se han seleccionado tres áreas de estudio en la Cordillera Occidental de los Andes Centrales. Las tres áreas conservan glaciares actuales y morrenas depositadas por su máxima expansión, durante la Pequeña Edad del Hielo (PEH), que tuvo lugar entre mediados del siglo XVII y comienzos del XVIII. El registro glacial del clima durante esa fase se decodificó mediante la reconstrucción de las altitudes de la línea de equilibrio de las masas de hielo (paleoELAs) y se comparó con el mismo parámetro deducido de los glaciares actuales (ELAs). Los productos del desnivel entre ELAs y paleoELAs por los gradientes térmicos verticales (GTVs) proporcionaron una evaluación del enfriamiento durante la PEH, que se comparó con evidencias del calentamiento global hasta el presente. Los resultados fueron aceptables, sugiriendo que los métodos propuestos pueden servir para desarrollar nuevas investigaciones sobre el registro glacial del cambio climático.

PALABRAS CLAVE: *Cambio climático, ELA, GTV, PEH.*

DATOS DEL AUTOR

José Úbeda Palenque es Doctor en geografía en la Universidad Complutense de Madrid, España, con la tesis "El impacto del cambio climático en los glaciares del complejo volcánico Nevado Coropuna (cordillera Occidental de los Andes, Sur del Perú)". Es miembro fundador del Grupo de Investigación en Geografía Física de Alta Montaña (UCM). Se ha especializado en geomorfología y cambio climático, trabaja en la actualización y publicación de los resultados alcanzados en su tesis doctoral, así como en la implementación de proyectos de cooperación científica entre instituciones españolas y peruanas para decodificar el registro glacial del cambio climático en los Andes y evaluar sus efectos en las reservas hídricas almacenadas en la criósfera (glaciares, glaciares rocosos, nieve y permafrost).

© Este artículo es de acceso abierto sujeto a la licencia Reconocimiento 4.0 Internacional de *Creative Commons*. No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los glaciares tropicales son indicadores clave del cambio climático (Hastenrath 1994; Kaser y Osmaston 2002; Lemke et al. 2007). Su investigación puede proporcionar información muy valiosa para completar las series de registros instrumentales disponibles, especialmente en aquellas regiones donde los observatorios han sido instalados recientemente o simplemente no existen. Además, en las regiones tropicales áridas, como el oeste de Perú, el análisis del actual proceso de deglaciación tiene un especial interés, debido a la importancia estratégica que tienen las masas de hielo como reservas hídricas para la población y sus actividades económicas. En ese contexto, la definición de procedimientos de investigación adecuados tiene gran importancia para proporcionar instrumentos de análisis a las autoridades políticas, responsables de planificar y ejecutar las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático que deberán emprenderse durante las próximas décadas. El parámetro que mejor expresa la relación de los glaciares con el clima es la altitud de la línea de equilibrio, conocida usualmente por el acrónimo de su denominación anglosajona Equilibrium Line Altitude (ELA). La ELA es una línea teórica que separa la zona de acumulación de un glaciar, donde predominan los procesos que favorecen la ganancia de masa (innivación, redistribución eólica de la nieve o avalanchas) de la zona de ablación, donde prevalecen los fenómenos que provocan pérdida de masa (fusión y sublimación). Por lo tanto, el balance de pérdidas y ganancias, que se expresa en mm de agua equivalente a la fusión de la masa de hielo, se equilibra en el nivel de la ELA ($b=0$ mm) y es positivo ($b>0$ mm) o negativo ($b<0$ mm) por encima o por debajo de dicha altitud.

La ELA es un concepto estadístico que puede referirse a diferentes escalas, en el espacio y en el tiempo. Puede tratarse de la ELA representativa de un glaciar, un conjunto de glaciares, una montaña, una cordillera o una región (Kaser y Osmaston 2002) y puede analizarse para un mes determinado, un año o una época, en escalas de siglos o miles de años. La ELA puede determinarse empleando diferentes métodos, a través de observaciones glaciológicas o hidrológicas realizadas sobre el terreno (Francou y Pouyaud 2004), análisis geomorfológicos (Benn et al. 2005) o ecuaciones matemáticas que relacionan los parámetros climáticos implicados (Oerlemans 1989; Oerlemans y Hoogendoorn 1989; Oerlemans 2005).

El objetivo de este trabajo ha sido ensayar procedimientos basados en las evidencias geomorfológicas para deducir, de los cambios de la ELA, el enfriamiento del clima cuando los glaciares avanzaron por última vez. Además se ha tratado de validar los métodos comparando los resultados con datos instrumentales del calentamiento global posterior, que se ha producido hasta el presente y es la causa principal del actual proceso de deglaciación.

ÁREAS DE ESTUDIO

MONTAÑAS SELECCIONADAS

Para alcanzar los objetivos previstos se han realizado reconstrucciones de las ELAs actuales y las paleoELAs correspondientes a la última fase de avance de los glaciares en tres áreas de estudio localizadas a lo largo de un transecto norte-sur de la cordillera occidental de los Andes Centrales (figura 1): el sector suroeste del Nevado Hualcán (9°S , 77°W ; 6122 m; Giráldez 2011); la vertiente meridional de la Cordillera Pariacaqa (12°S , 76°W ; 5658 m; Quirós 2013) y los cuadrantes noroeste, noreste, sureste y suroeste del Nevado Coropuna (16°S , 72°W ; 6377 m; García 2013; Úbeda 2011). En

todos los casos se trata de montañas que superan los 6000 m de altitud, sus áreas de cumbres están cubiertas por glaciares y existen morrenas bien conservadas, depositadas por los últimos avances muy cerca del frente actual de las masas de hielo.

CONTEXTO CLIMÁTICO

A causa de su localización en latitudes tropicales y su elevada altitud (5000-6000 m) la temperatura permanece constante a lo largo del año, con una amplitud térmica diaria de varias decenas de °C, mucho mayor que la amplitud térmica anual, que suele ser muy reducida, incluso de tan sólo 1-2°C. Por otra parte, debido a la influencia permanente del anticiclón del Pacífico, reforzado por la corriente marina fría de Humboldt, toda la precipitación que recibe actualmente la Cordillera de los Andes proviene de la cuenca del Amazonas y está vinculada con el ciclo anual de la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT). Durante el verano austral (invierno boreal), el enfriamiento del Hemisferio Norte provoca un desplazamiento hacia el sur de la ZCIT sobre la parte septentrional de Suramérica, desencadenando la mayor parte de la precipitación que reciben la cuenca sur del Amazonas y los Andes Centrales de Perú. Por el contrario, durante el invierno austral (verano boreal), la ZCIT se desplaza al norte de la línea del Ecuador, recupera su circulación zonal y en las regiones antes mencionadas las precipitaciones descienden drásticamente, incluso por debajo de los

100 mm mensuales (Clapperton 1993). La influencia del mayor desplazamiento hacia el sur de la ZCIT se ha citado como una de las causas probables de la aparición de grandes lagos en las áreas actualmente más áridas del altiplano boliviano (Blard et al.

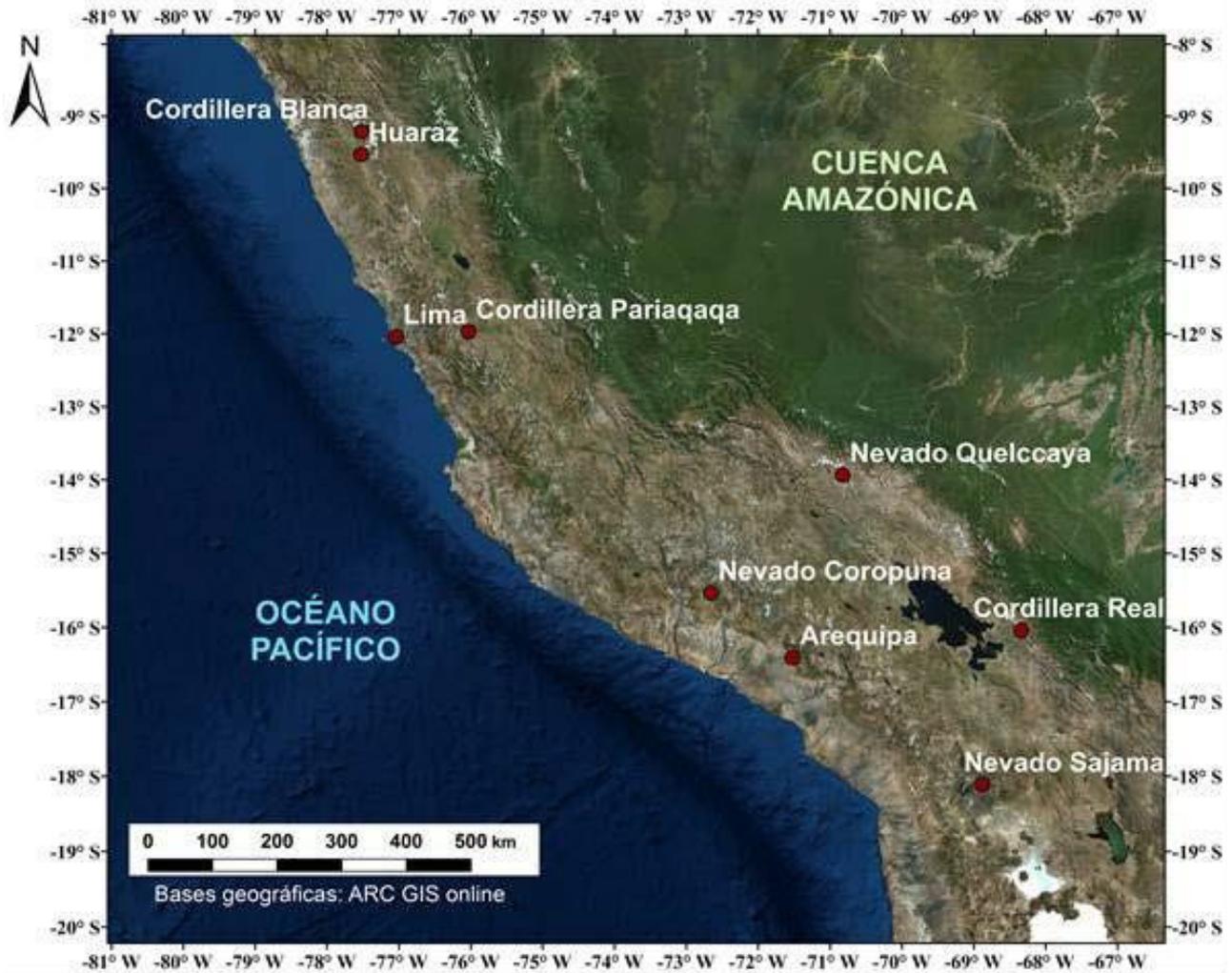
2011). También se ha relacionado con avances glaciares en el casquete glaciar Quelccaya (Kelly et al. 2012) y el Nevado Coropuna (Úbeda 2013), en las cordilleras oriental y occidental de los Andes Centrales del sur de Perú, respectivamente.

La configuración media del clima de los Andes Centrales que resulta de los factores antes mencionados, es alterada periódicamente por el fenómeno ENSO (El Niño- Oscilación del Sur). Aunque la variabilidad de las precipitaciones se ha descrito en muchos estudios en escalas de tiempo interanuales, no hay un acuerdo general sobre los efectos del fenómeno ENSO. En la escala de un país como Perú las consecuencias de esos eventos pueden variar considerablemente entre las regiones de la costa y el altiplano.

Trabajos recientes han señalado que la intensidad y permanencia de épocas excepcionalmente secas en la región de la sierra del Sur de Perú, con una duración de hasta 6 años y periodos de retorno de 60 años, podrían encontrarse en relación con los eventos ENSO (Paredes y Espinoza 2005). Otros investigadores (Francou y Pizarro 1985; Aceituno 1988) concluyeron que esos episodios podrían estar relacionados con periodos de sequía que regularmente afectan a los Andes del Sur de Perú y el Oeste de Bolivia. Esas hipótesis son coherentes con las observaciones del balance de masa realizadas en algunos glaciares, donde la nieve acumulada se redujo considerablemente coincidiendo con episodios ENSO (Francou y Sémiond 1997). También son compatibles con la interpretación de la acumulación registrada entre 1964 y 1983 en los testigos de hielo del Nevado Quelccaya (13°55'S, 70°50'O), en los que se detectó una reducción de un 30% en las precipitaciones coincidente con cinco eventos ENSO (Thompson et al. 1984).

FIGURA 1.

Localización de las áreas de estudio de este trabajo, Nevado Hualcán (Cordillera Blanca), Cordillera Pariacaca y Nevado Coropuna (estratovolcán cuaternario). También se indican los lugares donde otros investigadores encontraron los proxies paleoclimáticos mencionados en las figuras 5 y 6. Las ciudades Huaraz, Lima y Arequipa se muestran como referencia espacial



METODOLOGÍA

RECONSTRUCCIÓN DE LAS ELAS ACTUALES Y LAS PALEOELAS

En primer lugar, se elaboraron mapas geomorfológicos delimitando los glaciares actuales y las morrenas depositadas por sus últimos avances, que sirvieron para cartografiar la extensión de los paleoglaciares. A continuación, se reconstruyeron las ELAs y paleoELAs empleando el método *AreaxAltitude Balance Ratio* (AABR) propuesto por (Osmaston 2005). Ese hecho representa una novedad con respecto a anteriores trabajos sobre ELAs y paleoELAs, recopiladas por Mark et al. (2005), por dos motivos fundamentales. En primer lugar, a pesar de ser la técnica de reconstrucción

de ELAs que mejores resultados ofrece (Benn et al. 2005), el método AABR apenas había sido empleado en los Andes Centrales. Además, los anteriores trabajos no emplearon el mismo procedimiento para reconstruir las ELAs actuales y las paleoELAs, restando consistencia al procedimiento.

El método AABR fue ampliamente descrito por Osmaston (2005), incluyendo instrucciones para programar las operaciones necesarias para su estimación en hojas de cálculo. Como el método *AreaxAtitude* (Kurowski 1891), conocido con el acrónimo AA, el método AABR se basa en ponderar el balance de masa en las áreas que se localizan muy por encima o por debajo de la ELA en mayor medida que en las áreas que se encuentran inmediatamente por encima o por debajo de ese nivel. Sin embargo el método AABR redefine el resultado mediante el establecimiento de diferentes pendientes lineales del perfil del balance de masa por encima y por debajo de la ELA. Osmaston (2005) señaló que muchos glaciares y paleoglaciares se ajustan a esas características. Por ese motivo indicó que se trata del método de reconstrucción de la ELA que ofrece mejores garantías.

La versión original del método se ensayó en glaciares actuales y paleoglaciares del macizo del Rwenzori, en Uganda, y en el Kilimanjaro, en Tanzania (Osmaston 1965, Osmaston 1975, Osmaston 1989, Osmaston 1989, Kaser y Osmaston 2002). Otros investigadores (Benn y Gemmell 1997) desarrollaron métodos semejantes, que también utilizaban el valor del Balance Ratio para ponderar los cálculos y fueron ensayados y ajustados en glaciares actuales de Alaska de los que existían buenas estimaciones de la ELA deducidas de observaciones glaciológicas de campo. Esos autores denominaron al método BR y programaron las operaciones necesarias para reconstruir la ELA en hojas de cálculo. Sin embargo el entorno operativo era complejo y su uso no se generalizó (Osmaston 2005). Más recientemente se publicaron nuevos trabajos que emplearon el valor del Balance Ratio para estimar las paleoELAs de masas de hielo del Plioceno medio-reciente en los McMurdo Dry Valleys de la Antártida (Krusic et al. 2009). En la misma publicación también se reconstruyeron las ELAs de glaciares actuales y se compararon con ELAs glaciológicas basadas en observaciones del balance de masa efectuadas por otros investigadores a los largo de sucesivas campañas de trabajo de campo (Chinn 1979, Chinn 1980, Chinn 1981, Chinn 1983, Chinn y Cumming

1983, Chinn y Maze 1983, Chinn y Woods 1984, Chinn y Oliver 1985). La nueva versión del método AABR propuesta por Osmaston (2005) permite realizar tantas reconstrucciones de la ELA como valores de BR se considere oportuno emplear, utilizando criterios estadísticos para seleccionar los resultados más probables. De ese modo se elimina la subjetividad que introducen en otros métodos las decisiones que deben adoptar los investigadores, Ese es uno de los problemas que presentan, por ejemplo, los métodos Terminus Headwall Altitude Ratio (Porter 1981, Meierding 1982) y AAR, *Accumulation Area Ratio* (Brückner 1886, Brückner 1887, Brückner 1906). Para aplicar dichos procedimientos es necesario definir un valor para los ratios THAR y AAR, cuya elección nunca está suficientemente justificada.

El método AABR consta de cinco fases (a-e), que se desarrollaron en un entorno operativo ARCGIS-EXCEL:

- a) Delimitación y medida de la superficie de los glaciares o paleoglaciares y sus bandas altitudinales, empleando la equidistancia entre curvas de nivel del mapa topográfico nacional de Perú (50 m) y reconstruyendo la paleotopografía de los valles que estuvieron llenos de hielo durante la PEH.

- b) Estimación de la ELA por el método AA, resolviendo la ecuación propuesta por Sissons (1974; 1980) para simplificar los cálculos:

$$ELA = \Sigma(Z \cdot S) / \Sigma S$$

Donde: $\Sigma(Z \cdot S)$ - sumatorio de los productos de la altitud media de las bandas altitudinales (m) por su superficie (m²). ΣS - sumatorio de las superficies de todas las bandas altitudinales (m²).

- c) Ponderación de los resultados con diferentes valores de Balance Ratio (BR), un parámetro que expresa la relación entre los gradientes de acumulación y ablación a lo largo del perfil longitudinal del glaciar.
- d) Tabulación de los resultados de las ELAs y paleoELAs en series vinculadas con los valores de BR empleados para su estimación y cálculo de los promedios y desviaciones típicas de cada serie.
- e) Selección del valor de la ELA o paleoELA vinculado con una menor desviación típica (σ), que puede considerarse el resultado más probable (Osmaston 2005).

ESTIMACIÓN DEL GRADIENTE TÉRMICO VERTICAL

El gradiente térmico vertical (GTV) es inversamente proporcional al contenido en humedad de la columna de aire y su valor no se mantiene constante en la troposfera. Excepto durante inversiones térmicas temporales está limitado por estrictas leyes físicas, quedando comprendido entre un máximo adiabático seco de 9,8°C/km y un mínimo adiabático saturado húmedo. En los trópicos dicho valor mínimo oscila entre 3,0°C/km en el nivel del mar (con una temperatura de 40°C) y 7,0°C/km en la altitud de la isoterma de 0°C de la temperatura del aire (Kaser y Osmaston 2002). No obstante el procedimiento más extendido consiste en utilizar el valor medio de la Tierra (6,5°C/km). Aunque puede presentar considerables variaciones con respecto al valor real del gradiente, ese valor medio suele considerarse válido para los trópicos (Kaser y Osmaston, 2002) y se ha utilizado en este trabajo para el Nevado Hualcán y la Cordillera Pariaqaqa, donde no hay datos disponibles. Para el caso del Nevado Coropuna, sin embargo, se empleó un GTV=8,4°C/km, basado en sensores de alta resolución instalados sobre el terreno desde 2007 (Úbeda 2011). Dicho gradiente se aproxima al límite superior del gradiente adiabático seco, porque la región del Nevado Coropuna es más árida que las demás áreas de estudio.

DETERMINACIÓN DEL ENFRIAMIENTO DURANTE LA CULMINACIÓN DEL AVANCE GLACIAR

Para evaluar el enfriamiento del clima durante el último avance de los glaciares se aplicó la ecuación propuesta por Úbeda (2011):

$$\Delta T = GTV \cdot \Delta ELA$$

Donde: ΔT - enfriamiento del clima durante la culminación del avance glaciar (°C). GTV - gradiente térmico vertical (°C/m). ΔELA - desnivel de la paleoELA con respecto a la ELA actual (m).

Comparación con el calentamiento global desde la Pequeña Edad del Hielo

Los resultados de la evaluación del enfriamiento del clima durante el último avance glaciar, se compararon con evidencias del calentamiento global basadas en observaciones instrumentales publicadas en el 5º informe del Grupo 1 del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático

(IPCC 2013). Por una parte, con el incremento de la temperatura global del aire durante el periodo 1880-2012, deducido de manera independiente de varios conjuntos de datos: 0,85°C, con un rango de resultados entre 0,65 y 1,06°C. También se contrastaron con el incremento entre los promedios de la temperatura global del aire de los periodos 1850-1900 y 2003-2012: 0,78°C, con un rango de resultados entre 0,72 y 0,85°C.

RESULTADOS

Las reconstrucciones de ELAs y paleoELAs para cada área de estudio se indican en los mapas representados en las figuras 2-4. En la tabla 1 se muestran los mismos datos, conjuntamente con los valores de BR correspondientes; la menor desviación típica (σ), empleada como criterio para la selección de los resultados más probables; y las estimaciones del enfriamiento durante los avances glaciares y sus diferencias, en valores absolutos, con respecto a los incrementos de la temperatura global deducidos de las series 1880-2012 y 1850/1900-2003/2012.

FIGURA 2.

Resultados obtenidos en la vertiente suroeste del Nevado Hualcán para la ELA 2003 (5124 m) y la paleoELA PEH (4994 m). Base: Google Earth

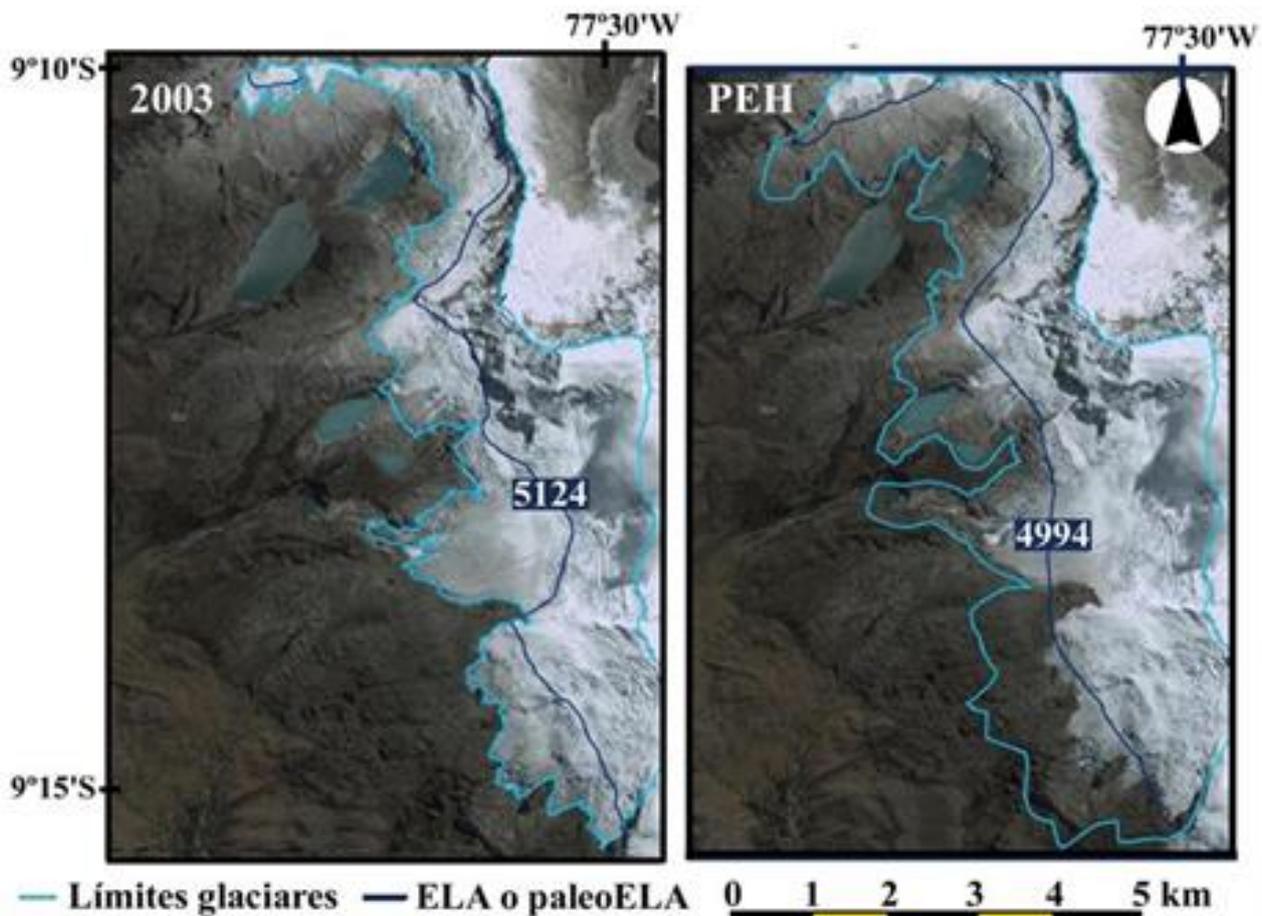


FIGURA 3.

Resultados obtenidos en la vertiente meridional de la cordillera Pariacaqa para la ELAs 2010 (5138 m) y la paleoELA PEH (4998 m). Base: Google Earth



FIGURA 4.

Resultados para las ELAs 2007 y PEH obtenidos en los cuadrantes noroeste (6034 y 5936 m), noreste (5968 y 5886 m), sureste (5862 y 5776 m) y suroeste (5992 y 5823 m) del Nevado Coropuna. Base: Google Earth

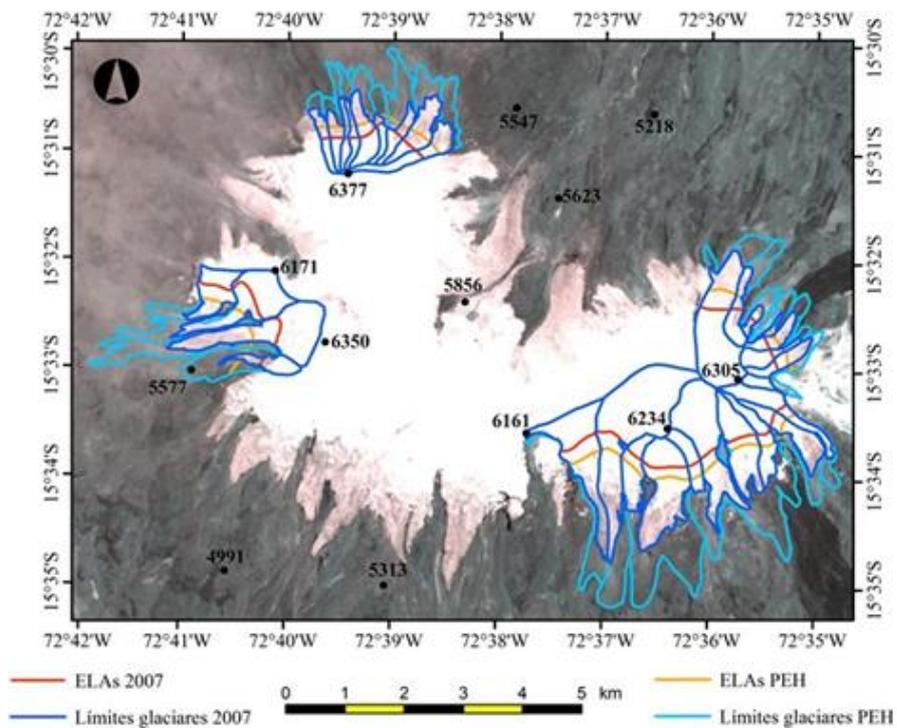


TABLA 1.

Estimaciones de ELAs y paleoELAs, enfriamiento atribuido a la PEH y comparación con el calentamiento global deducido de series de datos instrumentales

	NEVADO HUALCÁN ¹	CORDILLERA PARIQAQA ²	NEVADO COROPUNA			
			NW ³	NE ⁴	SE ⁴	SO ⁵
Latitud	9°S	12°S	16°S			
GTV (°C/km)	6,5	6,5	8,4			

Año bases geográficas (imágenes de satélite)		2003	2010	2007	2007	2007	2007	
PRESENTE	ELA (m)	5124	5138	6034	5968	5862	5992	
	BR	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	2,0	
	σ	90	132	36	73	136	80	
PEQUEÑA EDAD DEL HIELO	ELA (m)	4994	4998	5936	5886	5776	5823	
	BR	1,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	
	σ	124	161	61	93	166	39	
Diferencias con las series de ΔT	ΔELA (m)	130	140	98	82	86	169	
	ΔT (°C)	-0,85	-0,91	-0,82	-0,69	-0,72	-1,42	Media
	$\Delta T=0,85^{\circ}\text{C}$ (1880-2012)	0,01	0,06	0,03	0,16	0,13	0,57	0,05
	$\Delta T=0,78^{\circ}\text{C}$ (1850/1900-2003/2012)	0,06	0,13	0,04	0,09	0,06	0,64	0,12

ELAs y paleoELAs: ¹Giráldez (2003); ²Quirós (2013); ³García (2013); ⁴Úbeda (2011); ⁵Este trabajo Tendencias del calentamiento 1880-2012 y 1850/1900-2003/2012: IPCC (2013).

DISCUSIÓN

CRONOLOGÍAS MÁS PROBABLES DE LOS AVANCES

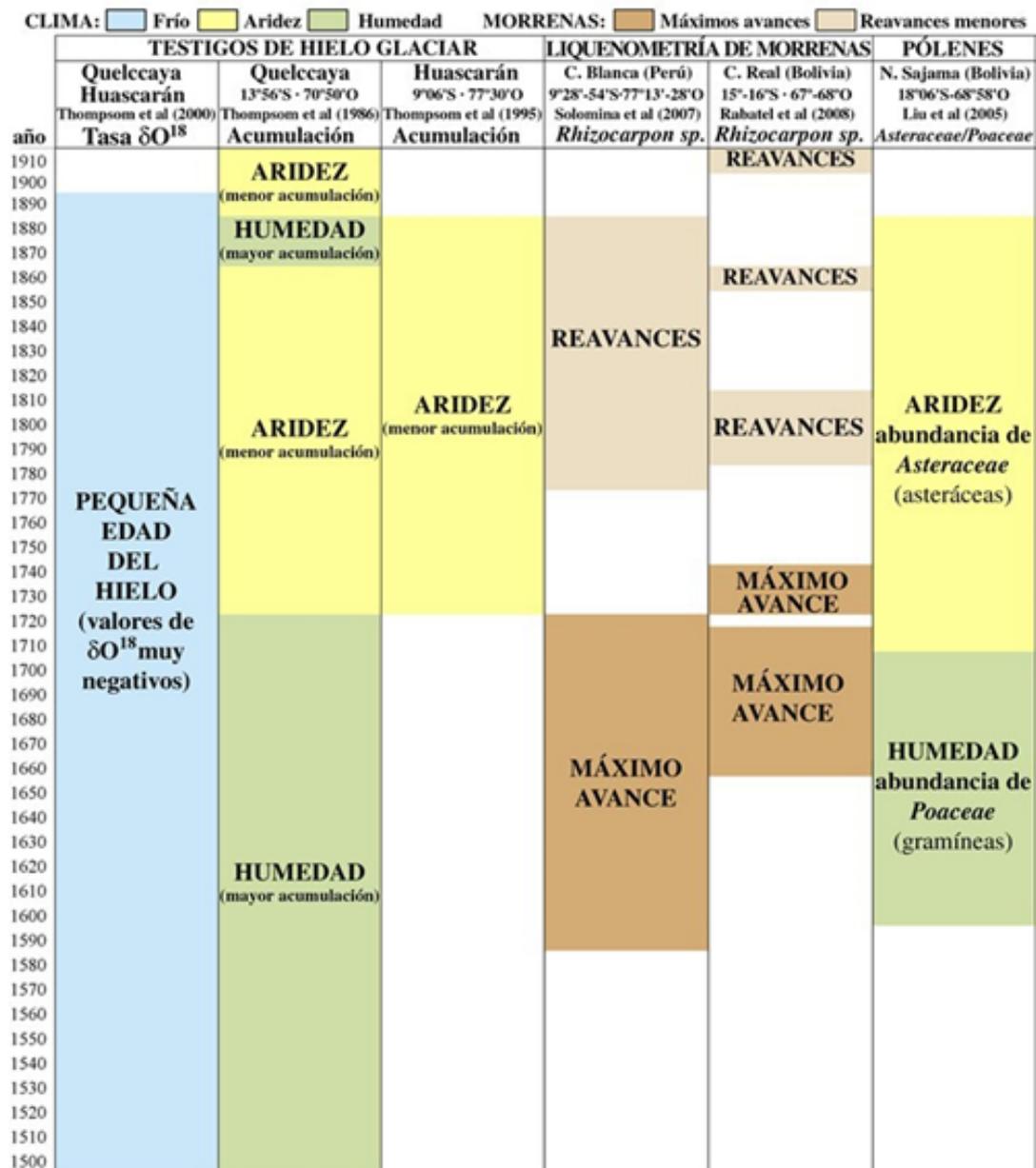
Aunque en ninguna de las tres áreas se han realizado dataciones absolutas que sustenten esa posibilidad, los datos procedentes de otras áreas de los Andes Centrales permiten suponer con bastante certeza que los avances glaciares sucedieron durante la Pequeña Edad del Hielo (PEH). Esa denominación fue utilizada por primera vez por Matthes (1939) para referirse al periodo entre los siglos XVI y XVII durante el que ocurrieron avances glaciares en las montañas de las latitudes medias. Aunque esas fases de expansión han sido bien documentadas en el Hemisferio Norte, todavía permanecen insuficientemente conocidas en los trópicos y existen muchas incertidumbres sobre la cronología y el contexto paleoclimático en el que sucedieron (Rabatel et al. 2008).

En los últimos años se han publicado cronologías de los avances glaciares más recientes basadas en las tasas de crecimiento de líquenes del género *Rhizocarpon*. Dichos trabajos, cuyos resultados se han sintetizado en un cronograma (figura 5), se realizaron en la Cordillera Blanca, 9-10°S/77-78°O

(Solomina et al. 2007) y la Cordillera Real de Bolivia, 15-16°S/68-69°O (Rabatel et al. 2008). Las dataciones liquenométricas sugieren que una fase de máxima expansión ocurrió en los siglos XVII y XVIII y fue seguida de reavances de menor magnitud durante el siglo XVIII y la primera década del XIX, confirmando que la PEH también ocurrió en los Andes Centrales y se desarrolló en dos fases principales. Las dataciones liquenométricas son coherentes con los valores negativos de isótopos de O18 en testigos de hielo del Nevado Huascarán (9°S/77°O) y el casquete glaciar Quelccaya (14°S/71°O), que también sugieren una fase de expansión de las masas de hielo entre 1500 y 1890 (Thompson et al. 2000).

FIGURA 5.

Síntesis cronológica de los proxies paleoclimáticos mencionados en el texto para la Pequeña Edad del Hielo en los Andes Centrales.

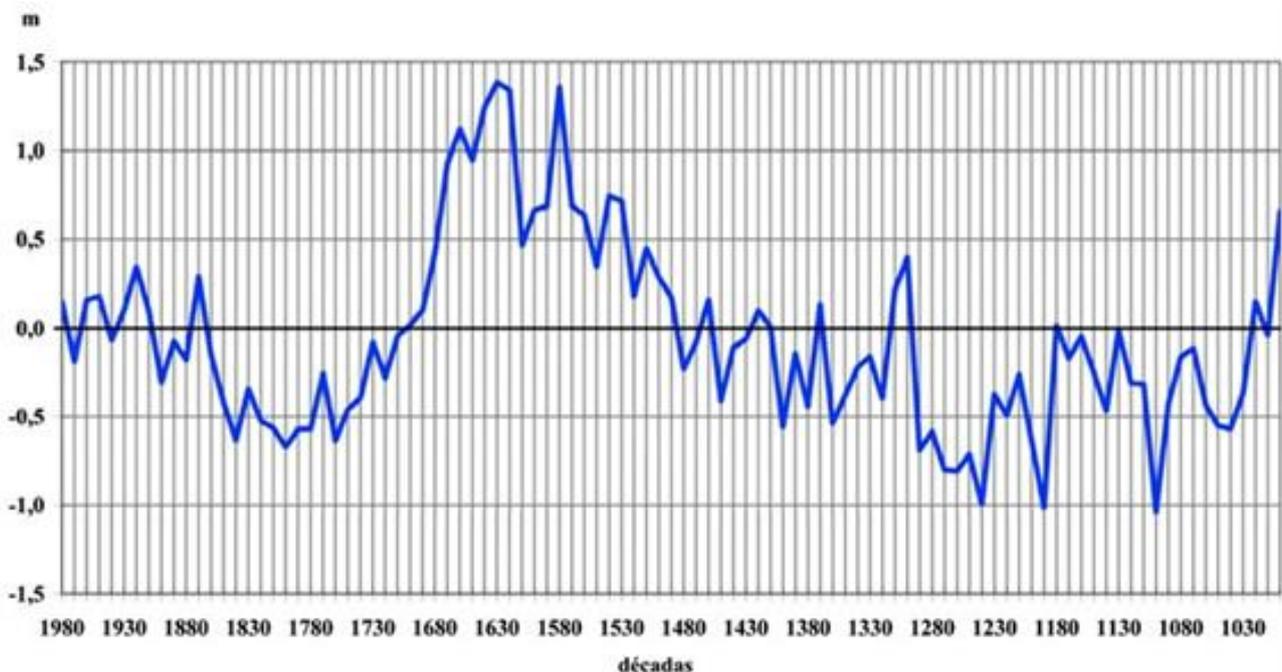


Fuente: Úbeda 2011.

Otros trabajos han proporcionado información sobre el contexto paleoclimático de los últimos avances glaciares (figura 5), deducida de datos indirectos (*proxies*). Los pólenes de gramíneas (familia *Poaceae*) atrapados en un testigo de hielo del Nevado Sajama (18°S/69°O) muestran un periodo húmedo durante el siglo XVII (Liu et al. 2005), contemporáneo a los máximos avances datados por liquenometría en la Cordillera Real y la Cordillera Blanca. Los pólenes también reflejan un periodo más seco durante los siglos XVIII y XIX, sugerido por una mayor abundancia de asteráceas (familia *Asteraceae*). Por otra parte, la acumulación registrada en los testigos de hielo del casquete glaciar Quelccaya (Thompson et al. 1986) sugiere un periodo húmedo entre 1500 y 1720, coherente con los avances observados en la Cordillera Blanca y la Cordillera Real de Bolivia, así como por la abundancia de gramíneas en los testigos de hielo del Nevado Sajama. La figura 6 es un gráfico que muestra la evolución de la acumulación neta (m de altura de la lámina de agua equivalente) recibida por el casquete glaciar Quelccaya durante el último milenio, representando las desviaciones de las medias para cada década con respecto al promedio del periodo comprendido entre 470 y 1980. La curva muestra claramente un periodo más húmedo entre 1490 y 1700, durante el que las desviaciones experimentan los valores más positivos de toda la serie).

FIGURA 6.

Acumulación registrada en los testigos de hielo del casquete glaciar Quelccaya. Curva elaborada con datos de Thompson (1992), representando sólo el periodo 1000-1980



Fuente: Úbeda 2011

Por lo tanto, a falta de dataciones absolutas que confirmen esa hipótesis, los datos procedentes de otras montañas permiten suponer que los últimos avances glaciares en las áreas de estudio de este trabajo debieron ocurrir en los siglos XVI-XVII, la primera parte de la cronología atribuida a la PEH por los datos de O18 de Thompson et al. (2000). El final de esa serie (1890) tiene una sincronía bastante aceptable con el comienzo de las series del calentamiento global publicadas por el IPCC (2013), que marcan el comienzo de la actual fase de deglaciación. Las divergencias con respecto a las edades reales de las morrenas podrían ser una de las causas de las diferencias observadas entre el

enfriamiento regional estimado en las áreas de estudio y el calentamiento global. Es posible que esas diferencias disminuyeran si se realizasen dataciones absolutas de las morrenas de los últimos avances en las áreas de estudio. El conjunto de datos sugiere que los avances glaciares estuvieron relacionados con un incremento en la humedad del clima. El aumento de las precipitaciones pudo estar relacionado con un mayor desplazamiento hacia el sur de la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT) debido al descenso de la temperatura en el Hemisferio Norte. Es decir, con un reforzamiento del mecanismo actualmente responsable de las precipitaciones que reciben los Andes Centrales, durante el verano austral (invierno boreal).

VARIACIONES REGIONALES Y AJUSTE DE LOS RESULTADOS

De acuerdo con el principio general indicado por Benn et al (2005), las ELAs y paleoELAs se elevan hacia el oeste y el sur de los Andes Centrales, como consecuencia de la tendencia de la aridez a incrementarse en el mismo sentido, tal y como señaló Clapperton (1993). Aunque los resultados obtenidos en las áreas de estudio para las ELAs actuales son coherentes con ese hecho, la diferencia entre las paleoELAs es considerablemente menor, un dato que podría reflejar que la humedad regional tal vez fuera más homogénea durante la PEH.

Por otro lado, las diferencias entre las estimaciones del enfriamiento regional durante dicho periodo y el calentamiento global hasta el presente son muy pequeñas. Están comprendidas dentro de los rangos de las series (0,65-1,06°C y 0,72-0,85°C); tienen promedios reducidos (-0,05°C y -0,12°C) y, con excepción del suroeste del Coropuna (~0,6°C), son inferiores a 0,2°C. Los resultados obtenidos permiten validar provisionalmente la ecuación empleada, en espera de realizar más ensayos. Los trabajos futuros podrían realizarse con datos de temperatura obtenidos sobre el terreno con sensores instalados en las montañas analizadas en el presente trabajo y/o en nuevas áreas de estudio.

CONCLUSIONES

El producto del gradiente térmico vertical por la depresión de la paleoELA ha permitido evaluar el enfriamiento del clima durante el último avance de los glaciares en tres áreas de montañas representativas de la cordillera occidental de los Andes Centrales. Los resultados muestran diferencias muy pequeñas con respecto al calentamiento global hasta el presente, reflejado por diferentes conjuntos de datos desde el final de la PEH. Los métodos empleados pueden intentar ajustarse realizando dataciones absolutas de las morrenas utilizadas como referencia para reconstruir las paleoELAs. Los últimos avances glaciares debieron suceder en los siglos XVI-XVII, en relación con un mayor desplazamiento hacia el sur de la ZCIT.

AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones que se recogen en este trabajo han sido realizadas en el marco de los proyectos CRYOCRISIS-GFAM (Proyecto referencia CGL2012-35858 del Plan Nacional I+D del Gobierno de España), CRYOPERU (ANA, INGEMMET, GFAM, UNESCO, GEM) y GA51 (Geomorfología y cambio climático-INGEMMET), con la colaboración de Canal de Isabel II Gestión (Madrid-España).

REFERENCIAS

- Aceituno, P. (1988). "On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part 1: Surface climate". *Monthly Weather Review* 116, 505-524.
- Benn, D.I. y Gemmell, A.M.D. (1997). "Calculating equilibrium line altitudes of former glaciers by the balance ratio method: a new computer spreadsheet". *Glacial Geology and Geomorphology*. <http://ggg.qub.ac.uk/papers/full/1997/tn011997/tn01.pdf>.
- Benn, D.I., Owen, L.A., Osmaston, H.A., Seltzer, G.O., Porter, S.C. y Mark, B.G. (2005). "Reconstruction of equilibrium-line altitudes for tropical and sub-tropical glaciers". *Quaternary International* 138-139 (2005), 8-21.
- Blard, P.-H., Sylvestre, F., Tripathi, A.K., Claude, C., Causse, C., Coudraing, A., Condom, T., Seidel, J.-L., Vimeux, F., Moreau, C., Dumoulin, J.-P. y Lavé, J. (2011). "Lake highstands on the Altiplano (Tropical Andes) contemporaneous with Heinrich and the Younger Dryas: new insights from ^{14}C , U - Th dating and O of carbonates". *Quaternary Science Research* 30, 3973-3989.
- Brückner, E. (1886). "Die Höheren Tauern und ihre Eisbedeckung". *Zeitschrift des Deutsch-Österreichische Alpenvereins* 17, 163-187.
- Brückner, E. (1887). "Die Höheren der Schneelinie und ihre Bestimmung". *Meteorologische Zeitschrift* 4, 31-32.
- Brückner, E. (1906). "Die Höhe der Firnlinie im allgemeinen", *Vierteljahrsschrift d. Naturf. Ges. Zürich*, 50-54.
- Clapperton, C. (1993). *Quaternary Geology and Geomorphology of South America*. Elsevier, Amsterdam (Holanda).
- Chinn, T.J. (1979). *Hydrological research report, Dry Valleys, Antarctica 1974-75*. New Zealand Ministry of Works and Development, Water and Soil Division, Christchurch (Nueva Zelanda).
- Chinn, T.J. (1980). *Hydrological research report, Dry Valleys, Antarctica 1970-71*. New Zealand Ministry of Works and Development, Water and Soil Division, Christchurch (Nueva Zelanda).
- Chinn, T.J. (1981). *Hydrological research report, Dry Valleys, Antarctica 1974-75*. New Zealand Ministry of Works and Development, Water and Soil Division, Christchurch (Nueva Zelanda).
- Chinn, T.J. (1983). *Hydrology and glaciology, Dry Valleys, Antarctica annual report for 1976-77 and 1977-78*. New Zealand Ministry of Works and Development, Water and Soil Division, Christchurch (Nueva Zelanda).
- Chinn, T.J.H. y Cumming, R. (1983). *Hydrology and glaciology, Dry Valleys, Antarctica: annual report for 1978-1979*. New Zealand Ministry of Works and Development, Water and Soil Division, Christchurch (Nueva Zelanda).
- Chinn, T.J.H. y Maze, I. (1983). *Hydrology and glaciology, Dry Valleys, Antarctica: annual report for 1980-1981*. New Zealand Ministry of Works and Development, Water and Soil Division, Christchurch (Nueva Zelanda).

- Chinn, T.J.H., Oliver, A.K.C. (1985). *Hydrology and glaciology, Dry Valleys, Antarctica: annual report for 1982-1983*. New Zealand Ministry of Works and Development, Water and Soil Division, Christchurch (Nueva Zelanda).
- Chinn, T.J.H. y Woods, A.D.H. (1984). *Hydrology and glaciology, Dry Valleys, Antarctica: annual report for 1981-1982*. New Zealand Ministry of Works and Development, Water and Soil Division, Christchurch (Nueva Zelanda).
- Francou, B. y Pizarro, L. (1985). "El Niño y la Sequía en los Altos Andes Centrales (Perú y Bolivia)". Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos 14, 1-18.
- Francou, B. y Pouyaud, B. (2004). *Métodos de observación de glaciares en los Andes tropicales*. Mediciones de terreno y procesamiento de datos. Versión 1. Great Ice, Institut de Reserche pour le Développement (IRD) p. 238. Francia
- Francou, B. y Sémiond, H. (1997). *Estado de la red de monitoreo existente e impacto de los eventos ENSO sobre el balance de masa de los glaciares en Bolivia y en el Perú*, en: Galárraga, R., Ibarra, B. (Eds.), Seminario Montañas, Glaciares y Cambios Climáticos. Escuela Politécnica Nacional. EPN - Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération. ORSTOM - FUNDACYT, 1997, Quito (Ecuador), pp. 43-51.
- García, E. (2013). *Evolución glaciar del cuadrante noroeste del Nevado Coropuna*. Tesis de Fin de Máster. Universidad Complutense de Madrid (España), p.50. <http://eprints.ucm.es/23671/>
- Giráldez, C. (2011). *Glacier evolution in the South West slope of Nevado Hualcán (Cordillera Blanca, Peru)*. Universidad Complutense de Madrid (España), p. 125. <http://eprints.ucm.es/14013/>
- Hastenrath, S. (1994). "Recession of tropical glaciers". Science 265, 1790-1791.
- IPCC (2013). *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos), 1535 pp.
- Kaser, G. y Osmaston, H. (2002). *Tropical Glaciers*. Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido).
- Kelly, M.A., Lowell, T.V., Applegate, P.J., Smith, C.A., Phillips, F.M. y Hudson, M.A., (2012). "Late glacial fluctuations of Quelccaya Ice Cap, southeastern Peru". Geology 40 (11), 991-994.
- Krusic, A.G., Prentice, M.L., Licciardi, J.M. (2009). "Climatic implications of reconstructed early-mid Pliocene equilibrium-line altitudes in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica". Annals of Glaciology 50, 31-36.
- Kurowski, L. (1891). "Die Höhe der Schneegrenze". Geogr. Abh. 5 I (124), 119-160.
- Lemke, P., Ren, J., Alley, R.B., Allison, I., Carrasco, J., Flato, G., Fujii, Y., Kaser, G., Mote, P., Thomas, R.H. y Zhang, T. (2007). *Observations: Changes in snow, ice and frozen ground*, en: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. y Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos), USA, pp. 337-383.
- Liu, K., Reese, C.A. y Thompson, L.G. (2005). "Ice core pollen record of climatic changes in the central Andes during the last 400 years". Quaternary Research 64, 272-278.

- Mark, B.G., Harrison, S.P., Spessa, A., Newe, M., Evans, D.J.A. y Helmensg, K.F. (2005). *"Tropical snowline changes at the last glacial maximum: A global assessment"*. Quaternary International 138-139, 168-201.
- Matthes, F. (1939). *"Report of committee on glaciers"*. Transactions American Geophysical Union 20, 518-535.
- Meierding, T.C. (1982). *"Late Pleistocene glacial equilibrium-line altitudes in the Colorado Front Range: A comparison of methods"*. Quaternary Research 18, 289-310.
- Oerlemans, J. (1989). *On the response of valley glaciers to climatic change*, en: Oerlemans, J. (Ed.), Proceedings of the Symposium on Glacier Fluctuations and Climatic Change. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, pp. 353-371.
- Oerlemans, J. (2005). *"Extracting a Climate Signal from 169 Glacier Records"*. Science 308, 675-677.
- Oerlemans, J., Hoogendoorn, N.C. (1989). *"Mass-balance gradients and climatic change"*. Journal of Glaciology 35, 399-404.
- Osmaston, H. (1965). *"The Past and Present Climate and vegetation of Rwenzori Glaciers"*. Uganda Journal 25, 99-104.
- Osmaston, H. (1975). *Models for the estimation of firnlines of present and pleistocene glaciers*, en: Peel, R.F., Chisholm, M.D.I. y Hagget, P. (Eds.), Processes in Physical and Human Geography. Bristol Essays, Bristol (Reino Unido), pp. 218-245.
- Osmaston, H. (1989a). *Glaciers, glaciations and equilibrium line altitudes on Kilimanjaro*, en: Mahaney, W.C. (Ed.), Quaternary and Environmental Research on East African Mountains. Brookfield, Balkema, Rotterdam (Holanda), pp. 31-104.
- Osmaston, H. (2005). *"Estimates of glacier equilibrium line altitudes by the Area x Altitude, the Area x Altitude Balance Ratio and the Area x Altitude Balance Index methods and their validation"*. Quaternary International 22-31, 138-139.
- Osmaston, H.A. (1989b). *"Glaciers, Glaciations and Equilibrium Line Altitudes on the Ruwenzori"*. Brookfield, Balkema, Rotterdam (Holanda), pp. 31-104.
- Paredes, M.A. y Espinoza, E.J. (2005). *Las relaciones entre la variabilidad de la precipitación en la sierra del Sur del Perú y El Niño/Oscilación del Sur, The El Niño phenomenon and its global impact*. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN) y European Geosciences Union (EGU), Guayaquil (Ecuador).
- Porter, S.C. (1981). *"Pleistocene glaciaton in the Southern Lake District of Chile"*. Quaternary Research 16, 263-292.
- Quirós, T. (2013). *Impacto del Cambio Climático en los glaciares de las montañas Chollquepuco y Pariaqqa (Perú)*. Tesis de fin de Grado. Universidad Complutense de Madrid (España). 51 p.
- Rabatel, A., Francou, B., Jomelli, V., Naveau, P. y Grancher, D. (2008). *"A chronology of the Little Ice Age in the tropical Andes of Bolivia (16°S) and its implications for climate reconstruction"*. Quaternary Research 70, 198-212.
- Sissons, J.B. (1974). *"A late glacial Ice Cap in the central Grampians, Scotland"*. Transactions of the Institute of British Geographers 62, 95-114.

- Sissons, J.B. (1980). *"The Loch Lomond advance in the Lake District, northern England"*. Transactions Royal Society Edinburgh Earth Sciences. 71, 13-27.
- Solomina, O., Jomelli, V., Kaser, G., Ames, A., Berger, B. y Pouyaud, B. (2007). *"Lichenometry in the Cordillera Blanca, Peru: Little Ice Age" moraine chronology"*. Global and Planetary Change 59, 225-235.
- Thompson, L. (1992). *Quelccaya Ice Core Database*. IGBP PAGES/World Data Center-A for Paleoclimatology Data Contribution Series #92-008. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program. Boulder (Estados Unidos).
- <http://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data>
- Thompson, L.G. y Mosley-Thompson, E., A. (2000). *"Ice-core palaeoclimate records in tropical South America since the Last Glacial Maximum"*. Journal of Quaternary Science 15 (4), 377-394.
- Thompson, L.G., Mosley-Thompson, E.E., Dansgaard, W. y Grootes, P.M. (1986). *"The Little Ice Age as recorded in the stratigraphy of the tropical Quelccaya ice cap"*. Science 234, 361-364.
- Thompson, L.G., Mosley-Thompson, H. y Morales Amao, B. (1984). *"El Niño- Southern Oscillation events recorded in the stratigraphy of the Tropical Quelccaya Ice Cap"*. Science 22, 50-53.
- Úbeda, J. (2011). *El impacto del cambio climático en los glaciares del complejo volcánico Nevado Coropuna (cordillera occidental de los Andes, Sur del Perú)*, Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid (España), p.558. <http://eprints.ucm.es/12076/>
- Úbeda, J. (2013). *"La investigación del registro glacial del cambio climático en el complejo volcánico Nevado Coropuna (Arequipa, Perú)"*, Foro Internacional de Peligros Geológicos, Arequipa (Perú). 5 p.



COLEGIO DE GEÓGRAFOS DEL PERÚ

www.cgp.org.pe