

## ***Sukakollos* y bioflujos regenerativos en el territorio andino**

Vania Susana Calle Quispe <sup>(1)</sup>

---

**Resumen:** Dadas las condiciones actuales de aumento de entropía por efectos del calentamiento global, y las perturbaciones simbióticas, el presente artículo aborda la tecnología de ciencia andina del *Sukakullo* (Surco o Cultivo, Kollu montón), como un dispositivo de regeneración en los andes, considerando como principal bien el agua en todos sus estados, cuyo sistema permitía a través de un proceso autoorganizado y autosuficiente la regeneración del ecosistema ligado a su contexto inmediato, producción de alimentos, la concentración de biodiversidad, generación de redes mutualistas, impulso a las actividades bióticas, control de las gradientes de temperatura, control del microclima, aumento de la humedad, entre algunas de sus propiedades.

De esta manera las comunidades del altiplano boliviano sufren escasez de agua, esta situación se agrava cuando los habitantes tienen solamente horas para almacenar agua de un pozo comunitario, así “la escasez de agua afecta aproximadamente al 40% de la población mundial y, según predicciones de Naciones Unidas y del Banco Mundial, la sequía podría poner a 700 millones de personas en riesgo de desplazarse para 2030” (Milne, 2021).

En este contexto el agua, desde la lógica andina se constituye como un sujeto, que aporta vida y es parte del proceso productivo y reproductivo de los sistemas vivos, por tanto, el planteamiento de tecnologías y valores simbólicos que regeneren el territorio, son una alternativa para contrarrestar los efectos del sistema multi-conectado.

**Palabras clave:** Agua - *Sukakollo* - Ecosistema - Bioflujo - Comunidad - Iteración - Mutualista - Andes - Regenerativo - Territorio andino

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 139-154]

---

<sup>(1)</sup> **Vania Susana Calle Quispe** es Licenciada en arquitectura, posee un Máster en Ordenamiento Territorial y Planificación Urbana, Coordinó la MOTPU IV versión en la FAADU - UMSA, es autora y coautora de libros, docente investigadora en la FAADU en la Universidad Mayor de San Andrés, cursa estudios de Doctorado en Planificación Urbana y Región Metropolitana DOPURMe en la UMSA. Trabajó en los gobiernos municipales G.A.M.L.P. y G.A.M.E.A., consultora y proyectista de obras de construcción, miembro en investigación de la Asociación de Estudios Bolivianos, la Red Internacional de Estudios Sobre Biomimesis RI3, la Asociación Boliviana Para el Avance de la Ciencia “ABAC” y la red de Epistemología de las Ciencias, las artes y cultura del pensamiento andino, miembro del Instituto Boliviano de Urbanismo, Miembro de IPMA Young Crew Bolivia y Miembro del Programa

de Trabajo Espacios públicos de la UIA International Union of Architects. Actualmente cursa el Doctorado en Planificación Urbana y Región Metropolitana en la UMSA.

## Introducción

Los Andes constituyen una masa montañosa que se encuentra en América del Sur, alberga los volcanes más altos del planeta, con una superficie de 3.370.794 km<sup>2</sup>, transformándola en la cordillera más larga de la Tierra. Atraviesa por siete países, Bolivia, Argentina, Colombia, Chile, Ecuador, Perú y parte de Venezuela. La altura media ronda los 4.000 metros, con su punto más alto en el Aconcagua (6.961 m) en Argentina.

La característica más relevante de la Cordillera de los Andes, es el agua dulce que posee, donde la interacción de la atmósfera, el océano, la Amazonía y los Andes es el origen de un ciclo hidrológico dinámico, siendo que actualmente los glaciares mantienen el balance hídrico y climático en las cuencas, las cuales aportan agua a los ríos, lagos y napas subterráneas que proveen de estabilidad a los ecosistemas.

El año 2002, se declaró por las Naciones Unidas como el año internacional de las Montañas, para crear conciencia sobre la importancia de este ecosistema para la vida de las ciudades, evitando la pérdida de los glaciares que tienden a declinar en altitud y a expandirse en latitud. En este sentido, en Latinoamérica tenemos las siguientes cumbres más altas en la Cordillera de los Andes (*Ver Tabla 1*).

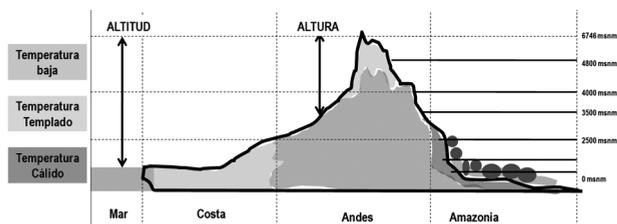
Nº	Cumbre/ Volcán	Altitud	País
1	Aconcagua	6.961	Argentina
2	Monte Pissis	6.882	Argentina
3	Ojos del Salado	6.879	Argentina / Chile
4	Bonete Chico	6.759	Argentina
5	Tupungato	6.635	Argentina / Chile
6	Mercedario	6.770	Argentina
7	Tres Cruces	6.749	Argentina / Chile
8	Llullaillaco	6.739	Argentina / Chile
9	Nacimiento	6.658	Argentina
10	Incahuasi	6.638	Argentina / Chile
11	Sajama	6.548	Bolivia
12	El Muerto	6.488	Argentina
13	Illampu	6.485	Bolivia
14	Illimani	6.438	Bolivia
15	Ancohumá	6.427	Perú

**Tabla 1.** Cumbres más altas en la Cordillera de los Andes. Fuente: FAO, 2014:35.

Respecto a los glaciales,

superan los 27.000 km<sup>2</sup> de superficie, siendo Chile el país que registra la mayor superficie de glaciales con casi 21.000 km<sup>2</sup> correspondiendo a 1.835 glaciales. Lo sigue Argentina con 3.500 km<sup>2</sup>, Perú con 2.042 km<sup>2</sup>, Bolivia con 300 Km<sup>2</sup>, Colombia 52 km<sup>2</sup> y Ecuador con 48 km<sup>2</sup> respectivamente (FAO, 2014).

Así también la Cordillera de los Andes presenta una configuración orográfica que varía en altitudes respecto al mar, presentando tres zonas que se dividen por temperatura, donde la altitud es una variable importante para modificar la temperatura la cual varía en 6.4°C por cada 1000 metros de altitud (Ver Figura 1).



**Figura 1.**  
Configuración  
orográfica Cordillera  
de los Andes. Fuente:  
Elaboración propia.

Por consiguiente, el territorio andino depende de los flujos climáticos que provienen del Amazonas, donde el agua es el principal componente que transforma su estado de líquido a gaseoso por efecto de la evapotranspiración, cerrando de esta manera el ciclo hidrológico. En este contexto la problemática de escasez del agua ha estado presente en las ciudades andinas La Paz y El Alto en Bolivia,

hacia el año 2012 cerca de 40 barrios de la ciudad de El Alto sufrieron simultáneamente cortes de agua; al parecer se trató de desperfectos por cuestiones operativas, derivadas del rápido crecimiento urbano (Rivas, 2012). En tanto, en junio del 2015, hubo una rotura en la tubería del Valle de Las Flores, en la ladera Este de La Paz, que afectó a 10 barrios de la zona Sur, dejando desprovista de agua a la vecindad de esos barrios (El Día, 5-6-2015). (Perales Miranda, 2018)

Sin embargo, una de las mayores crisis de escasez de agua fue dado entre los años 2016 a 2017, donde las represas Incachaca, Hampaturi y Ajuan Khota “que alimentan al Este y al Sur de La Paz. En menos de dos meses, sus embalses se redujeron hasta llegar, respectivamente al 8%, 5% y 1% de su capacidad. Por falta de recursos” (Página siete, 2016).

De esta manera de acuerdo a

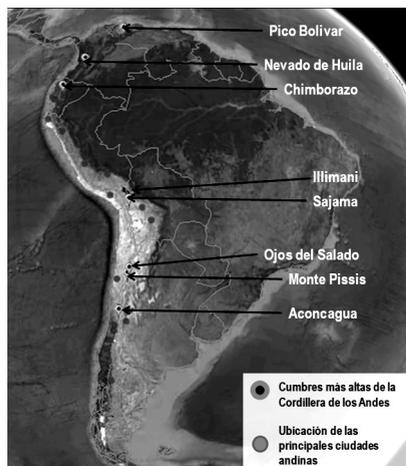
Shi y col. (2013) y Cook *et al.* (2016) investigaron los efectos del cambio climático en los glaciares de los Andes y más específicamente los efectos sobre la disponibilidad de agua de La Paz y El Alto. Explican que la masa de hielo de los glaciares bolivianos disminuyó en un 40% entre 1986 y 2014 y que se prevé que las temperaturas aumenten con 2 °C para 2050, lo que lleva a una mayor disminución de la masa glacial. El Banco Mundial (2008) estimó que alrededor del 30% al 60% del suministro de agua de El Alto proviene de los glaciares, mientras que Buxton *et al.* (2013) estimaron que esto es entre 20% y 28% para La Paz y El Alto combinados. Esto indica que La Paz es menos dependiente del deshielo glacial que El Alto. (Kats, 2019)

Buxton y col. (2013) afirman que también habrá una reducción de la lluvia, ya que la mayoría de los modelos climáticos predicen una disminución de la precipitación, aunque las predicciones del modelo son inciertas. Basado en los escenarios climáticos del IPCC, Shi *et al.* (2013) utilizaron un modelo conceptual de escorrentía de lluvia que incluye la acumulación de nieve y glaciares / derretimiento para predecir los flujos futuros de la corriente. Para las cuencas hidrográficas que abastecen a El Alto, la mayoría de los escenarios climáticos conducen a una disminución en los flujos de las corrientes del 20% al 40% para 2050, mientras que otros escenarios climáticos muestran una disminución del 6%. Algunos eventos de El Niño y La Niña tienen un impacto sustancial sobre las variaciones entre años y estaciones. Lordemann y col. (2009) hicieron una comparación entre los eventos de El Niño y La Niña, lo que llevó a la conclusión de que los eventos de El Niño conducen a sequías, mientras que los eventos de La Niña podrían provocar fuertes lluvias e inundaciones, lo que también podría provocar deslizamientos de tierra en las áreas circundantes de La Paz (Kats, 2019).

## **Territorio andino: Ciudades andinas en Latinoamérica**

El concepto de ciudades andinas responde a la ubicación geográfica de las ciudades que, en su composición social, económica y de gestión se emplazan en áreas de altitud respecto al mar desde los 3000 msnm aproximadamente, estas ciudades se hallan próximas a las principales cumbres montañosas que conforma la Cordillera de los Andes.

Las ciudades andinas presentan una variedad de cultivos en alta pendiente. El mantenimiento y la expansión de las poblaciones andinas, ha sido posible por la introducción de la papa y del maíz de América Latina. A continuación, el siguiente mapa indica la relación de las principales cumbres respecto a las ciudades andinas en Sudamérica (*Ver Figura 2*).



**Figura 2.** Principales cumbres respecto a las ciudades andinas en Sudamérica.  
Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth.

## Flujos glaciares, y escasez de agua

Los flujos de agua que se sitúan en las áreas de la Cordillera de los Andes, en últimos años han disminuido respecto a su precipitación, de acuerdo a la Universidad de Zurich existe un escenario latente de que a partir del 2017 a 2100 la cantidad de agua disminuya y se incrementen las “emisiones de gas de invernadero los cuales están cambiando los patrones de viento en los Andes centrales, reduciendo el flujo de aire húmedo desde la región amazónica hacia la Cordillera y generando, por tanto, un aumento de la sequedad” (El País, 2015).

En nuestro país y otros de la región se han lanzado propuestas para la mitigación de los efectos de emisiones de gases contaminantes de manera que la temperatura no exceda en 1°C. En el caso de la ciudad de La Paz y El Alto, el clima está dominado por las tierras altas y las montañas que oscilan entre 3700 y 6000 msnm.

Se caracteriza por patrones de lluvias altamente estacionales que tienen veranos cortos y húmedos con precipitaciones de alta intensidad, seguidos de inviernos largos, fríos y secos con nevadas ocasionales. La temporada de lluvias generalmente dura de diciembre a marzo, lo que resulta en una escorrentía durante el período de enero a abril. El año hidrológico se define como julio-junio. La precipitación anual promedio en La Paz es de 600 mm, sin embargo, este número puede aumentar considerablemente con la altitud. En La Paz, la temperatura promedio anual es de 11 °C, mientras que la temperatura promedio de verano es de 17 °C. Los fuertes vientos de las tierras altas a menudo atacan el área. Se proyecta que las temperaturas aumenten hasta 2 °C para 2050 (Shi et

al., 2013). El rango de altitud del sistema Incachaca es aproximadamente 4400–5100 msnm., mientras que el rango de altitud de Hampaturi y Palcoma es aproximadamente 4200–5500 msnm.”(Kats, 2019) (Ver Figura 3)



**Figura 3.** Represas y áreas urbanas de La Paz y El Alto. Fuente (Kats, 2019).

De esta manera, como se indicaba líneas arriba entre los años 2016 a 2017 se vivió una escasez de agua en la Ciudad de La Paz, las consecuencias de este acontecimiento se debieron a negligencias en la administración por parte de la Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento EPSAS, que depende del Estado, instancia que no proyectó provisiones de desabastecimiento de agua.

## Incendio forestal en la Chiquitania

En Bolivia cada año se pierde bosque por efectos del chaqueo para ampliación de la frontera agrícola, de agosto a octubre del 2019, se registró una de las mayores quemas en la Chiquitania registradas en los últimos diez años, de acuerdo a datos proporcionados por

la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) “a nivel nacional la cifra de hectáreas (ha) quemadas alcanzo los 5,3 millones, según una estimación realizada a partir de imágenes satelitales de la NASA” (Página siete, 2019). Hecho que representa un biocidio por la pérdida de especies endémicas ocasionadas por las políticas gubernamentales emanadas en la Ley 741, PDM-20, el DS 3973, que legalizan las quemas y la ampliación de frontera agrícola en suelos que no tienen vocación para ese tipo de prácticas (Ver *Tabla 2*).

<b>Años</b>	<b>Áreas quemadas</b>
<b>2001</b>	2.366.775
<b>2002</b>	4.981.625
<b>2003</b>	3.035.425
<b>2004</b>	6.984.425
<b>2005</b>	6.201.575
<b>2006</b>	5.068.975
<b>2007</b>	5.267.400
<b>2008</b>	3.458.900
<b>2009</b>	2.267.000
<b>2010</b>	10.046.000
<b>2011</b>	3.549.950
<b>2012</b>	2.926.400
<b>2013</b>	1.886.400
<b>2014</b>	1.199.875
<b>2015</b>	2.515.825
<b>2016</b>	3.795.900
<b>2017</b>	2.728.050
<b>2018</b>	1.997.675

**Tabla 2.** Histórico de áreas quemadas para Bolivia. Fuente: Amigos de la naturaleza.

Por otro lado, en el Departamento de La Paz se registraron quemas en el área del área protegida del Madidi, que a septiembre del 2019 se registró cerca de 300 hectáreas de bosque quemado.

Estos acontecimientos, no solamente modifican el ciclo climático hidrológico de la Amazonia y el área del altiplano, sino que tienen un efecto directo sobre los Territorios Indí-

genas Originarios Campesinos y un efecto indirecto en las áreas urbanas, debido a que las quemadas ocasionan cenizas que tienen un impacto directo en los glaciares, de acuerdo al Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña del Perú, la

“ceniza que se deposita en el glaciar se convierte en un cuerpo negro para el hielo y por ser un cuerpo de color negro, lo que hace es almacenar la energía calorífica del Sol para que en el momento en que baja la temperatura esa energía es liberada y produce la fusión de la nieve o del hielo” (PERÚ, 2019).

De esta manera según el *Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC*, “la presencia de carbono negro encima de superficies de alto reflejo, como ser la nieve y el hielo, o nubes, puede causar una presión radioactiva positiva considerable” (Manso-Jiménez & Carrillo-Vital, 2018).

## Manipulación climática

La manipulación climática es el acto de alterar el ambiente para producir cambios en el clima. Sobre este tipo de propuestas, existen análisis de meteorólogos y climatólogos reconocidos, que advierten que la caída de las partículas usadas tendrá efectos tóxicos en fauna y flora de extensas áreas y en cientos de miles de humanos, con efectos similares al descenso de partículas de las nubes volcánicas (Ribeiro, 2011).

En el año 2017 el Gobierno Boliviano declaró haber bombardeado las nubes para provocar lluvia. Se destinó menos de medio millón de dólares en dichas operaciones, dada la escasez de agua en la ciudad de La Paz. Esta manipulación climática viene de la mano de la geoingeniería, la cual ha sido aplicada a otras zonas del planeta que sufrieron problemas por sequías.

## Resultados

Dada la problemática ambiental por la cual atraviesan las ciudades andinas, respecto al manejo del ciclo hidrológico del agua, el deshielo de los nevados y la aceleración de pérdida de agua ocasionada por las cenizas que vienen de la quema de áreas protegidas que con acción de la radiación solar provocan el derretimiento de los nevados, los cuales se constituyen en principales problemáticas a mediano y largo plazo, tanto para las zonas urbanas como rurales, es que se pone en consideración el presente artículo.

De esta manera, se debe regenerar la producción de flujos de agua, el cual es un recurso no renovable, ya que las predicciones a largo plazo suponen un mayor deshielo de los nevados, y una alteración del ciclo hídrico en el ecosistema. En este sentido, se plantea

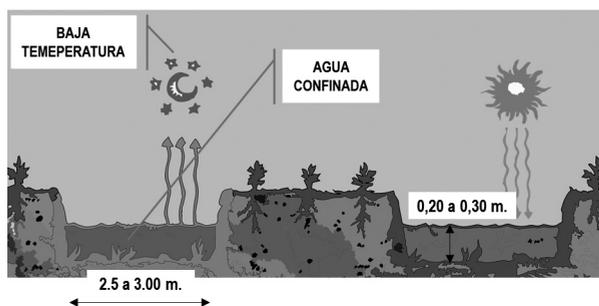
la alternativa regenerativa del manejo de los *sukakollus*, como parte de la ciencia andina que nuestros ancestros conocían y aplicaban en los territorios andino amazónicos, como respuesta a las condiciones ambientales de cada región.

## Regeneración en los Andes y el manejo de los *sukakollus*

Los *sukakollus* son una tecnología ancestral (Ver Figura 4), que practicaron los habitantes de la cultura Tiwanaku hace más de 1500 años en el Departamento de La Paz, “consiste en la construcción y el cultivo de camellones de tierra intercalados con canales de agua”. (Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo PNUD, 2005).

En el caso de Tiwanaku aprovecharon las

aguas de inundación de lago Titicaca durante la época de lluvias (...). Las plantas acuáticas capturan el agua del nivel freático que es recargado por los canales artificiales. Al contar con un almacenamiento artificial de agua, se crea un microclima con temperaturas superiores en 1 - 3 °C con relación a la temperatura ambiente, mejorando las condiciones para mejorar la productividad de los cultivos. Esta tecnología ancestral se puede adaptar al concepto de humedales artificiales de flujo superficial, utilizando las aguas residuales domésticas que se descargan en los canales donde son tratadas a través de los procesos naturales que se desarrollan en los HAFS. Las aguas residuales contienen nutrientes como P, K, N, que serían aprovechados por los cultivos en forma continua” (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2011).



**Figura 4.** Ecosistema del sukakollo. Fuente: Elaboración propia en base a Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, Ministerio de Medio Ambiente y Agua Bolivia 2010: 437

“Los *sukakollus* forman un microclima que permite obtener elevadas producciones, disminuir los efectos de las heladas en los cultivos, reciclar los nutrientes contenidos en la materia orgánica de los canales, drenar el exceso de agua e irrigar los cultivos” (Erickson, 1986).

Los canales de los *sukakollus* ofrecen una doble utilidad: en la temporada de lluvias (octubre a febrero) el nivel freático local sube entonces los canales sirven para drenaje del exceso de agua; en cambio en la temporada seca (abril a septiembre) suministran de agua a las plataformas para el riego subsuperficial (Serrano Coronel, 2014).

De acuerdo a las anteriores definiciones, los *sukakollus*, pueden ser concebidos como modelos de regeneración hídrica en los Andes, mismos que a través de una estrategia bio-sistémica optimizan en vez de maximizar, no agotan los recursos y se rigen por información a través de bioflujos que se componen de energía que actúa tanto de día como de noche.

## Estructuras Disipativas y bioflujos

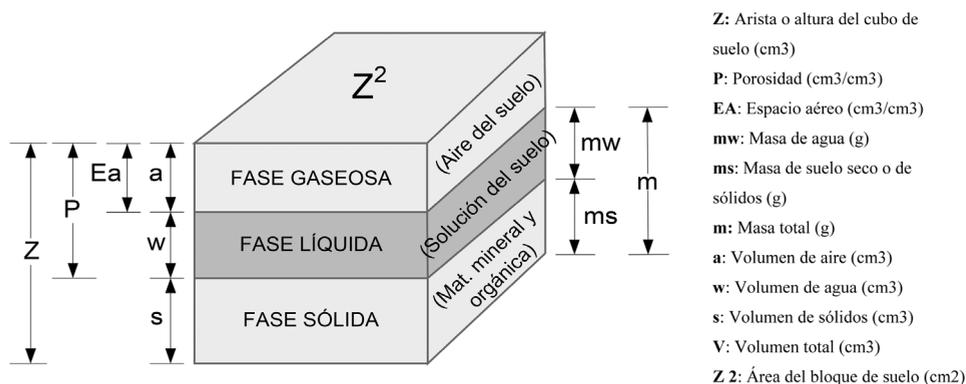
Los bioflujos son el conjunto complejo de estructuras flexibles, dinámicas, aleatorias, continuas, discontinuas, disipativas con propiedades termodinámicas que presentan los sistemas sociales, económicos, tecnológicos, de gestión y medioambientales, en este sentido la naturaleza es un claro ejemplo de cómo los bioflujos funcionan en el territorio de manera regenerativa ante entropías.

En este sentido, se han hecho análisis de los *sukakollus*, desde sus rendimientos agrícolas en la producción de papa y quinua, que son producto de su estudio durante las horas diurnas, sin embargo, el presente artículo rescata esta tecnología desde un análisis en horas de la noche y en condiciones con descensos de temperatura a -3 o -6 °C, propios del altiplano boliviano.

## Dinámica de temperatura en los *sukakollus*

Se registraron datos de temperatura del aire en el mes de febrero en pampa de -5.75 °C y en *sukakollu* de -4 °C, en tanto que a nivel del canal fue de -2 °C y a 10 cm debajo de la superficie del agua fue de 9.5 °C. En el mes de marzo estos valores fueron -6.65 °C para “pampa”, -5.5 °C en *sukakollu*, -4.1 °C a nivel del canal y 7.25 °C a 10 cm de profundidad de la lámina de agua. Por su parte Aguilar (1992), observó que las temperaturas mínimas dentro el agua (10 cm abajo) se mantienen en torno a 7.1 °C. Bosque (1994) menciona que a 10 cm de profundidad de la superficie del agua se tiene un promedio de temperatura mínima de 4.4 grados centígrados (Serrano Coronel, 2014).

De esta manera para que exista una producción con excelentes rendimientos debe existir una relación entre masa y volumen de los suelos y agua, ver siguiente figura.



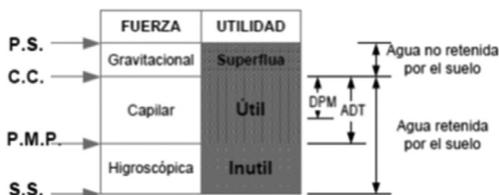
**Figura 5.** Volumen genérico como sistema trifásico. Fuente: Serrano Coronel, 2014:11.

Tarajuelo (1999), propone que el agua en el suelo puede agruparse mediante tres estados de fijación siguientes:

*Agua gravitacional:* Es aquella que momentáneamente llena los grandes poros del suelo, pero que es arrastrada por la acción de la gravedad en los suelos correctamente drenados.

*Agua capilar:* Es el agua retenida en los poros del suelo venciendo la acción de la gravedad. De ésta una parte es más móvil y disponible por las plantas y otra está unida con más fuerza a las partículas del suelo.

*Agua higroscópica:* Es el agua fuertemente fijada por las partículas del suelo. No es disponible por las plantas. (Tarjuelo, 1991) (Ver Figura 6)



**Figura 6.** Estados del agua en el suelo.  
Fuente: Serrano Coronel, 2013:13.

De acuerdo a lo mencionado, el agua que recircula y retiene el *sukakollu*, se encuentra tanto en estado líquido y gaseoso, dadas las condiciones de radiación solar durante el día, las cuales proyectan sus rayos ultravioleta sobre las superficies de las hojas de las plantas, y el agua contenida en los canales, donde se almacenan nutrientes que activan componentes que aumentan el rendimiento de la producción alimentaria.

Sin embargo, en la noche cuando desciende la temperatura, el agua contenida en la atmósfera próxima a los canales de agua se halla en estado gaseoso, y al momento de chocar con la superficie atmosférica fría, esta asume un otro estado del agua, llamada “*Agua tunelar*”, el cual se ha considerado un cuarto estado del agua: de acuerdo a la investigación, publicada en *Physical Review Letters* en abril del 2016:

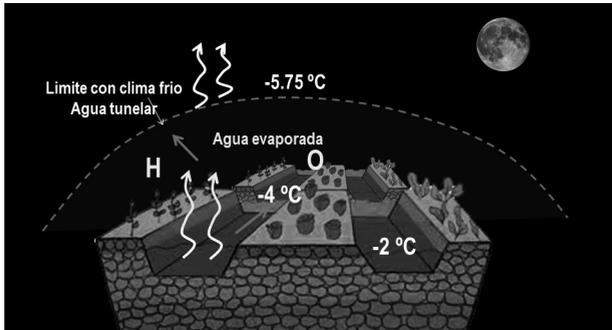
donde (...) se detectó cuando pusieron moléculas del líquido en nanotubos; cada molécula podía ser hallada tanto de un lado como del otro de la barrera. (...) cuando el líquido mide lo mismo que un átomo (aproximadamente unos 110 mil millonésimos de metro) puede estar en dos lugares a la vez, o “deslocalizada”. (...) esto significa que los átomos de hidrógeno y oxígeno de la molécula de agua se deslocalizan y por lo tanto están presentes simultáneamente en seis posiciones simétricamente equivalentes en el canal al mismo tiempo. Es uno de esos fenómenos que solamente ocurren en mecánica cuántica” (Hara, 2016).

Este efecto solamente es posible al someter al agua en vapor a bajas condiciones de temperatura, de acuerdo al Laboratorio Nacional de Ridge,

esta agua de túnel cuántico exhibe el movimiento a través de paredes potenciales de separación, lo cual está prohibido en nuestro mundo clásico. Esto significa que los átomos de oxígeno e hidrógeno de la molécula de agua son ‘deslocalizados’ y están presentes de forma simultánea en las seis posiciones simétricas equivalentes del canal al mismo tiempo (Planeta vivo, 2016).

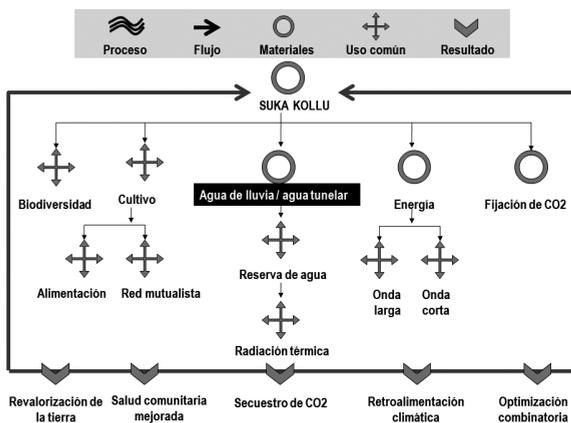
Esta deslocalización de átomos de hidrógeno y oxígeno a escala cuántica proporciona propiedades regenerativas al ecosistema del *sukakollu*, por un lado, el hidrogeno actúa como antioxidante para los cultivos, mientras más pequeño actúa como biodisponible, convierte radicales al agua-no subproducto tóxico, ayuda a estrés oxidativo menor, protege contra

el daño por radiación y estimula el metabolismo de energía, proporcionando de esta manera cualidades propias para la regeneración ambiental (Ver Figura 7).



**Figura 7.** Agua tunelada en el sukakullo. Fuente: Elaboración Vania Calle.

En este sentido el *sukakollo*, actúa como dispositivo regenerativo en los Andes, donde intervienen conceptos como proceso, flujo, materiales y uso común, que dan origen a resultados que impactan en el campo socioespacial, donde interviene la biodiversidad, el cultivo y la energía, que a través de la reserva de agua y la radiación térmica, los cuales permiten el secuestro del CO<sub>2</sub>, la retroalimentación climática, y la optimización combinatoria a través de las redes mutualistas, que en biología resulta ser una estrategia para la sobrevivencia, el cual se mide por interacciones combinadas en red (Ver Figura 8).



**Figura 8.** Modelo de regeneración del agua en los Andes. Fuente: Elaboración Vania Calle.

## Conclusiones

El estudio de los **sistemas ancestrales** como los *sukakollos* y el rescate de los mismos para afrontar problemas como la escasez del agua y la recirculación en la atmósfera en sus estados sólido, gaseoso o líquido, debe permitir a los investigadores nuevas alternativas aplicables en urbano arquitectónico.

De esta forma las ciudades andinas en la actualidad afrontan problemas de sequía, deshielo de los nevados producto del calentamiento global y el derretimiento de glaciares provocados por la ceniza de quemadas en la Amazonía, en este sentido es importante que las ciudades andinas recuperen el ciclo hídrico para regular la temperatura y humedad.

Para finalizar, los *sukakollos*, al ser dispositivos regenerativos del medio ambiente, que regulan la temperatura, promueven la evapotranspiración, actúan tanto de día como de noche, además de producir insumos alimenticios para la subsistencia humana, se constituyen en uno de los elementos centrales para la regeneración. En este sentido de acuerdo a investigaciones también habrían condensado un sistema de electrodiálisis con los tupus metálicos que circundaban a su alrededor de acuerdo al investigador Lautaro Smith, por tanto, aún queda la tarea de seguir profundizando el alcance que permitirá su incorporación en las zonas andinas.

## Referencias

- El País. (2015, agosto 19). *Cordillera de los Andes afrontará escasez de agua*. <https://www.elpaisonline.com/index.php/ellas-y-ellos/item/183369-cordillera-de-los-andes-afrontara-escasez-de-agua>
- Erickson, C. L. (1986). 2. Waru-Waru: Una tecnología agrícola del altiplano pre-hispánico. CONCYTEC. *Ministerio de la Presidencia*, 14.
- FAO. (2014). Cordillera de los Andes, una oportunidad para la integración y desarrollo de América del Sur. En *F218c 6973*. FAO. <http://bibliotecadigital.ciren.cl//handle/123456789/16624>
- Hara, L. A. (2016). *Científicos descubren un cuarto estado natural del agua*. PIJAMASURF.COM. <https://prijamasurf.com/2016/05/cientificos-descubren-un-cuarto-estado-natural-del-agua/>
- Kats, H. (2019). *Minimizing water shortages and operational costs of a water supply system by providing decision support on real-time control: A case study in La Paz, Bolivia* [Info:eu-repo/semantics/masterThesis, University of Twente]. <https://essay.utwente.nl/78106/>
- Manso-Jiménez, R., & Carrillo-Vital, E. (2018). Emisiones de dióxido de carbono equivalente, dioxinas y carbono negro en la región occidental de Cuba provocada por incendios forestales. *Revista Cubana de Meteorología*, 24(0), 405-411.
- Milne, S. (2021, agosto 24). Cómo la escasez de agua está provocando cada vez más guerras en el mundo (y dónde serán los próximos conflictos). *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-58259908>

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2011). *Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas* (Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico). <https://www.bivica.org/file/view/id/1025>
- Página siete. (2016, diciembre 19). *Crisis del agua: La Paz sufre la peor sequía en cuarto siglo*. <https://www.paginasiete.bo/especial01/2016/12/19/crisis-agua-sufre-peor-sequia-cuarto-siglo-120657.html>
- Página siete. (2019, septiembre 27). *FAN reporta 5.3 millones de hectáreas quemadas en toda Bolivia*. <https://www.paginasiete.bo/nacional/2019/9/27/fan-reporta-53-millones-de-hectareas-quemadas-en-toda-bolivia-232350.html>
- Perales Miranda, V. H. (2018). La crisis del agua en La Paz: Cambios y racionamiento del agua. *Temas Sociales*, 43, 97-124.
- PERÚ, E. P. de S. E. S. A. E. (2019, agosto 25). *Inaigem: Incendios forestales contribuyen al deshielo de glaciares*. <https://andina.pe/agencia/noticia-inaigem-incendios-forestales-con-tribuyen-al-deshielo-glaciares-764574.aspx>
- Planeta vivo. (2016, abril 26). ¡Increíble descubrimiento! Cómo es el cuarto estado del agua. *Planeta Vivo*. <https://planetavivo.cienradios.com/increible-descubrimiento-como-es-el-cuarto-estado-del-agua/>
- Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo PNUD. (2005). *Suka Kollus: Una comunidad conviviendo con las inundaciones y las sequías*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Ribeiro, S. (2011, septiembre 13). *Piratas de aire, mar y tierra*. ETC Group. <https://www.etcgroup.org/content/piratas-de-aire-mar-y-tierra>
- Serrano Coronel, G. (2014). *Dinámica del agua en suka kollus bajo condiciones de drenaje superficial y superficial, en la Estación Experimental de Kallutaca—Laja* [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/5300>
- Tarjuelo, J. M. (1991). *El riego por aspersión*. Univ de Castilla La Mancha.

---

**Abstract:** Given the current conditions of entropy increase due to the effects of global warming, and symbiotic disturbances, this article addresses the Andean science technology of Sukakullo (Furrow or Cultivation, Kollu pile), as a regeneration device in the Andes, considering water in all its states as the main good, whose system allowed, through a self-organized and self-sufficient process, the regeneration of the ecosystem linked to its immediate context, food production, the concentration of biodiversity, generation of mutual networks, promotion of activities biotic, temperature gradient control, microclimate control, humidity increase, among some of its properties.

In this way, the communities of the Bolivian highlands suffer water scarcity, this situation is aggravated when the inhabitants have only hours to store water from a community well, thus “water scarcity affects approximately 40% of the world population and, according to predictions According to the United Nations and the World Bank, drought could put 700 million people at risk of displacement by 2030.” (Milne, 2021)

In this context, water, from the Andean logic, is constituted as a subject, which brings life and is part of the productive and reproductive process of living systems, therefore, the approach of technologies and symbolic values that regenerate the territory, are an alternative to counteract the effects of the multi-connected system.

**Keywords:** Water - Sukakollo - Ecosystem - Bioflow - Community - Iteration - Mutual - Andes - Regenerative - Andean Territory

**Resumo:** Dadas as condições atuais de aumento de entropia devido aos efeitos do aquecimento global e distúrbios simbióticos, este artigo aborda a tecnologia científica andina de Sukakullo (Sulco ou Cultivo, pilha Kollu), como um dispositivo de regeneração nos Andes, considerando a água em todos os seus estados como o bem principal, cujo sistema permitiu, por meio de um processo auto-organizado e autossuficiente, a regeneração do ecossistema vinculado ao seu contexto imediato, a produção de alimentos, a concentração da biodiversidade, a geração de redes mútuas, a promoção de atividades biótico, controle de gradiente de temperatura, controle de microclima, aumento de umidade, entre algumas de suas propriedades.

Desta forma, as comunidades do altiplano boliviano sofrem escassez de água, esta situação é agravada quando os habitantes têm apenas algumas horas para armazenar água de um poço comunitário, assim “a escassez de água afeta aproximadamente 40% da população mundial e, segundo previsões. para as Nações Unidas e o Banco Mundial, a seca pode colocar 700 milhões de pessoas em risco de deslocamento até 2030.” (Milne, 2021)

Nesse contexto, a água, a partir da lógica andina, se constitui como um sujeito, que traz vida e faz parte do processo produtivo e reprodutivo dos sistemas vivos, portanto, a abordagem de tecnologias e valores simbólicos que regeneram o território, são uma alternativa para neutralizar os efeitos do sistema multiconectado.

**Palavras-chave:** Água - Sukakollo - Ecossistema - Biofluxo - Comunidade - Iteração - Mútuo - Andes - Regenerativo - Território Andino

---