

SIEMBRA

Facultad de Ciencias Agrícolas

Universidad Central del Ecuador / Año 2019



Volumen 6, Número 2 / ISSN Impresa: 1390-8928 / ISSN Electrónica 2477-8850



Actualidad Iberoamericana
Indice Internacional de Revistas

Cadenas agroalimentarias y mecanismos de gobernanza: análisis descriptivo de factores de desempeño socio-económico y dimensiones de red frutícola Andina

Agri-food chains and governance mechanisms: a descriptive analysis of socio-economic performance factors and dimensions of the Andean fruit network

Carlos Moreno-Miranda^{1*}, Isaac Molina², Jenny Solís², Carla Peñafiel², Raúl Moreno³

¹ Wageningen University & Research, Países Bajos

² Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

³ Universidad de Barcelona, España

✉ Autor para correspondencia: carlos.morenomiranda@wur.nl

Resumen

El sector de las frutas y hortalizas en Ecuador ha mostrado un desempeño prometedor en mercados de tipo doméstico e internacional. Asimismo, este sector ha enfrentado problemas de carácter social, económico y productivo en su estructura y articulaciones, que hasta el momento requieren de intervención. El caso de la red agroalimentaria del tomate de árbol, situada en la zona andina central del país, es uno de los tantos ejemplos del mencionado sector; en este sentido, el presente estudio muestra las principales características sociales y productivas, su configuración horizontal y vertical; y la propuesta de estrategias enfocadas en la mejora de su desempeño productivo. En el estudio se aplicó una metodología sistémica encaminada a la identificación y caracterización de etapas, agentes y actividades (primarias y de soporte), y el análisis de los mecanismos de gobernanza de la red. El estudio concluyó que por una parte la inclusión de mujeres, el sentido de asociatividad de procesadores y distribuidores, y la formación de productores en temáticas relacionadas a poscosecha, y buenas prácticas agrícolas mejorarían significativamente el desempeño económico de la red y, por otro lado, incentivarían una mayor participación de los agentes involucrados. Finalmente, se dedujo que la red requiere aumentar el área asignada al cultivo de tomate de árbol, y la aplicación de sistemas de producción bajo invernadero que incrementen los rendimientos.

Palabras clave: Gobernanza, Tomate de árbol, Red, Socio-Productivo.

Abstract

The fruit and vegetable sector in Ecuador has shown promising performance in domestic and international markets. Equally, this sector has faced problems of a social, economic and productive nature in its structure and articulations, which until now require intervention. The case of the agri-food network of the tomato tree, located in the central Andean area of the country, is one of the many examples of the mentioned sector; in this sense, the present study shows the main social and productive characteristics, its horizontal and vertical configuration; and the proposal of strategies focused on improving their productive performance. The study applied a systemic methodology aimed at the identification and characterization of stages, agents and activities (primary and support), and the analysis of the governance mechanisms of the network. The study concluded that on the one hand, the inclusion of women, the sense of associativity of processors and distributors, and the training of producers on issues related to post-harvest, and good agricultural practices would meaningfully improve the economic performance of the network and, conversely, they would incentivize a greater participation of the agents involved. To conclude, it was deduced that the network requires increasing the area assigned to the tomato tree crop and the application of greenhouse production systems that increase yields.

Keywords: Governance, Tree tomato, Network, Socio-productive.

1. Introducción

Durante el período 2005-2015 los países como Perú, Chile, Ecuador y Colombia presentaron una tendencia creciente en la producción de frutas y vegetales (Brown del Rivero & Torres, 2012; Gayá & Michalczewsky, 2014; Olaizola *et al.*, 2006; Ordóñez, 2012). Este crecimiento fue evidenciado por el aumento de exportaciones hortofrutícolas cuyo promedio anual fue de 4,2% (FAO, 2011; CEPAL, FAO & IICA, 2015). Por otro lado, las cadenas productivas de frutas y vegetales de países centroamericanos experimentaron fuertes pérdidas en sus etapas y subsistemas de producción debido a sequías, plagas, enfermedades, y condiciones climáticas (Blandon, Henson & Cranfield, 2009; Reardon & Flores, 2006; Urquilla, 2012). Este acontecimiento en países centroamericanos jugó un papel importante porque incentivó la producción hortofrutícola en Sudamérica (Giacobone *et al.*, 2018; Sánchez, 2017). Sin embargo, fue inevitable una caída general del dinamismo de exportaciones agroalimentarias de América Latina (FAO, 2011; CEPAL, FAO & IICA, 2015).

El sector agropecuario de los países latinoamericanos aún presenta desventajas relacionadas a eficiencia, rendimiento y tecnología disponible para las labores agrícolas (Acosta 2006; Gil-Méndez, 2015; Pérez, 2004; Rodríguez, Martínez & Mora-Delgado, 2015). Los aspectos que elevan la competitividad de este sector radican en la diversidad de clima, suelo y genética vegetal (Bárcena *et al.*, 2004; Berdegué *et al.*, 2003; De la Barra & Holberg, 2000). Además, presenta un débil enfoque global capaz de dar respuestas integrales a los problemas económicos, canalice eficientemente los recursos, y alinee las actividades a principios de sostenibilidad socio-ambiental (Arras *et al.*, 2017; Miranda, 2011; Scott, 2013). Por lo tanto, los actores de las cadenas productivas deben intervenir a través de la implementación de tecnología y sistemas de gestión que hagan sostenibles los procesos productivos (Orjuela, Castañeda & Calderón, 2008).

El sector hortofrutícola en Ecuador ha mostrado un crecimiento al aportar el 16% al PIB agrícola sin considerar la producción de papas y banano (FAO, 2005; Glas *et al.*, 2015; MAGAP, 2015). En el caso de explotaciones vegetales, las unidades de producción son relativamente pequeñas con superficies menores a las 10 ha y una alta diversificación de productos. Asimismo, se caracterizan por incidir frecuentemente en altos costos transaccionales debido a la falta de planificación en la oferta y la logística de

transporte de materias primas (Barrera-Mosquera *et al.*, 2010; Páez, 2018). En cambio, las explotaciones frutales presentan superficies que superan las 10 ha y con un menor grado de diversificación de productos. Adicionalmente, estas se caracterizan por sus mecanismos eficientes en la coordinación de la logística de cosecha, clasificación y otros procedimientos que demandan los mercados locales y extranjeros (Demenus & Crespo, 2011; Herforth *et al.*, 2015).

La horticultura es una alternativa económica rentable para las familias campesinas ecuatorianas gracias a las condiciones agronómicas rurales (RIMISP, 2019; Melo & Hollander, 2013). El caso de los productores de tomate de árbol es un ejemplo emergente de la zona interandina (Campuzano, 2014; Wend & Izquierdo, 2003). Las mejoras de sistemas de producción, y el financiamiento mediante programas públicos ha mejorado su desempeño (Padilla & García, 2018; Quiroso *et al.*, 2008). Sin embargo, la persistencia de retos requiere soluciones que apuntalen el dinamismo en mercados locales y mejoren la sostenibilidad socio-productiva (Barbier, 2016; Cadilhon *et al.*, 2006; Coyle *et al.*, 2013; Carter & Easton, 2011). También es necesario comprender los mecanismos que gobiernan y coordinan una cadena con la finalidad de canalizar eficientemente recursos financieros, materiales y humanos (Gereffi, 1994, p. 97). Por tanto, son necesarios estudios sobre la configuración y aspectos socio-productivos para identificar debilidades, comprender la gobernabilidad y establecer soluciones estratégicas y sostenibles.

En la región de la Sierra ecuatoriana, durante el período 2015-2017, el cultivo de tomate de árbol se incrementó en un 70% siendo las provincias más sobresalientes Imbabura, Tungurahua y Pichincha (MAG, 2017). Las oportunidades en mercados extranjeros han motivado el aumento de cultivo de tomate de árbol (INIAP, 2016). El Banco Central del Ecuador informó que durante el período 2010-2014 hubo un incremento del 22,3% en las exportaciones de tomate de árbol con respecto al período 2005-2009. Actualmente, se calcula que existe una producción anual de 29.725 toneladas de tomate de árbol. El 70,2% de la producción es aprovechado por la agroindustria y exportadoras, mientras que el 29,8% es comercializado en estado fresco a nivel local y regional (PROEcuador, 2016). Sin embargo, el conocimiento de su dinámica económica y desempeño socio-productivo aún presenta brechas que deben ser cubiertas. Por tanto, la finalidad del estudio fue analizar la estructura de la red de tomate de árbol considerando factores sociales y productivos, identifi-

car su configuración vertical y horizontal, y determinar el mecanismo que la gobierna.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la zona interandina comprendida por las provincias de Cotopaxi, Tun-

gurahua y Chimborazo (extensión aproximada de 59.810 km²). Esta se localiza geográficamente a 0°42' latitud sur y 80°00' longitud oeste, con una altitud promedio de 3.500 msnm, una temperatura promedio que oscila entre 15 y 25°C (Figura 1). La cadena de tomate de árbol ha recibido atención de diferentes sectores, debido a su estructura agrícola, la desigualdad en el agua de riego, la pérdida de páramos y la inestabilidad de los precios del mercado.



Figura 1. Mapa del territorio ecuatoriano y zona comprendida por las provincias Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo.

Fuente: embasyecuador.eu

2.2. Descripción de la metodología

La metodología se encaminó al análisis de aspectos socioeconómicos, y de producción. Además, se destacó los mecanismos de gobernanza que influyen sobre la cadena, como se explica a continuación:

1. Mapeo de la cadena alimentaria. Se aplicó el esquema de la cadena de valor desarrollado por Hawkes & Ruel (2006) para determinar los grupos de actores y las actividades relevantes. Asimismo, se identificaron los flujos de menor y mayor importancia, es decir, la ruta de recorrido del tomate de árbol y los flujos de recursos de apoyo.
2. Identificación de actores de la cadena de valor. Se utilizó la información del último censo (2015) realizado por el Ministerio de Agricultura (MAG). Además, se analizó los actores de la posproducción utilizando el registro de PYME y grandes empresas presentado por el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO).
3. Descripción del tamaño de la muestra. Se estimó el tamaño de la muestra de los productores utilizando la variable continua “número de productores registrados por MAG” dentro del área mencionada anteriormente. Se aplicó la fórmula de Sukhatme (1957) con un nivel de confianza del 95%. La muestra de productores estuvo compuesta por 48, 75 y 57 productores de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, respectivamente. Se utilizó un informe publicado por MIPRO que incluye a las empresas vinculadas a la cadena tomate de árbol para analizar la etapa de posproducción.
4. Análisis descriptivo. Se realizaron entrevistas y encuestas validadas por la prueba de alfa de Cronbach. Como primer paso, se ejecutó un taller con partes interesadas para seleccionar variables de rendimiento de una lista predeterminada. La lista tenía variables productivas y socioeconómicas. Asimismo, se consideraron las implicaciones referentes a las estructuras que gobiernan la cadena. Posteriormente, se realizó un análisis utilizando herramientas estadísticas descriptivas.
5. Identificación de dinámica de gobernanza. Se identificaron los mecanismos que gobiernan la red productiva con base en la información recabada de los agentes y mediante la aplicación

de las herramientas propuestas por Frederick & Gereffi (2009). Estas herramientas proponen reconocer los eslabones que dominan la dinámica de la cadena, que establecen liderazgo y control, así como el nivel de valor agregado que se genera a través de las distintas etapas. Finalmente, se identificó los eslabones con los cuales se podría contar para un escalamiento económico mediante estrategias.

3. Resultados y discusión

3.1. Mapeo de la cadena alimentaria

“La evaluación de los objetivos y recursos de las empresas dedicadas a la transformación de materia prima en producto terminado permite identificar las competencias industriales como: la amenaza de los nuevos competidores, rivalidad entre competidores, poder de negociación de los proveedores, poder de negociación de los clientes, y amenazas de servicios y productos sustitutos” (Herrera & Baquero, 2018).

Se observó que la red productiva bajo estudio se caracteriza porque el poder de negociación de sus productores es relativamente alto debido a que la demanda es mayor a la oferta existente. Actualmente, la demanda experimenta un crecimiento debido a la diversidad de productos a base de tomate de árbol que ha generado la industria, como jugos, néctares, concentrados y salsas. Este aspecto diferencia a la red de tomate de las cadenas de mora, ajo y hortaliza en general. Otro aspecto interesante es la dinámica de comercio de la zona Interandina, misma que es considerada un importante nodo comercial hortofrutícola a nivel nacional y que promueve la comercialización del tomate de árbol a través de sus centros de distribución distritales.

La red productiva presenta actividades de soporte en su primera etapa. Estas actividades son llevadas a cabo por agentes, como empresas productoras estatales y privadas que suministran insumos como semillas, maquinaria, fertilizantes, entre otros bienes. Por otro lado, las cooperativas de ahorro y crédito, y el banco estatal son quienes financian las diferentes actividades a lo largo de la red productiva. Las actividades primarias de la cadena inician en la etapa de producción donde pequeños productores y empresas agrícolas se encargan de las plantaciones y actividades agronómicas. Posteriormente, los flujos de mayor importancia (tomate de árbol) atraviesan los diferentes eslabones hasta llegar al consumidor final en diversos formatos que serán explicados más adelante (Figura 2).

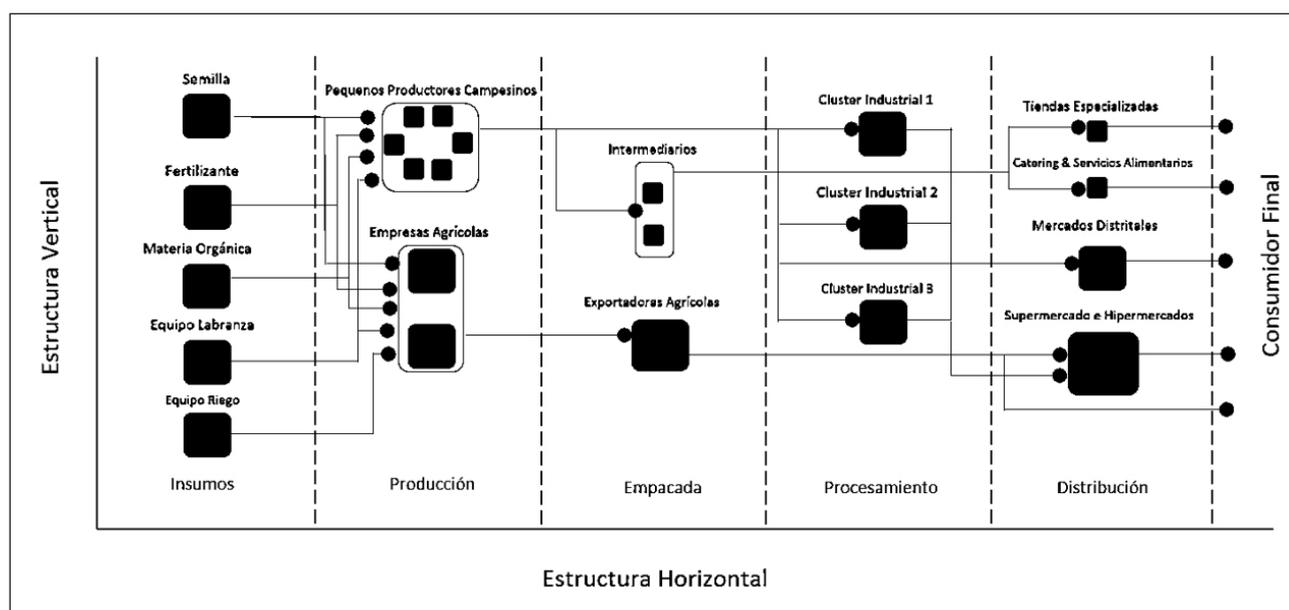


Figura 2. Agentes de la red productiva del tomate de árbol.

3.2. Identificación de actores de la cadena de valor

De acuerdo con la información proporcionada por el MAG presentada en la Tabla 1, se identificó que para la etapa de producción de tomate de árbol de la zona comprendida bajo estudio se cuenta con el 1,5% de productores del sector hortofrutícola. A la

vez, la provincia de Tungurahua se destaca por poseer el mayor número de hectáreas para la producción de tomate de árbol. Es importante mencionar que existe una ventaja significativa en cuanto a la cosecha de esta fruta, ya que es recolectada durante todos los días del año, por lo que se pueden obtener grandes volúmenes de producción (CORPOICA, 2009).

Tabla 1. Número de productores y superficie de producción de tomate de árbol (MAGAP, 2015)

Provincia	Número de productores	Superficie (ha) de producción
Cotopaxi	182	382,3
Tungurahua	250	485,2
Chimborazo	210	371,1

En la etapa de poscosecha, se identificaron 32 empresas registradas en el MIPRO. Esta etapa está caracterizada por procesadores y comercializadores mayoristas y minoristas quienes canalizan la producción hacia mercados institucionales en cadenas hoteleras, restaurantes y servicios de catering (HORECA). También, se observó que el 78,3% de las empresas incluyen tomate de árbol en su cartera de negocios, ya sea fresco o procesado. Solo el

21,7% de las empresas transforma tomate de árbol en productos como jugos, pulpa, zumo, almíbares y deshidratado. Asimismo, el 39% de las empresas registradas operan exclusivamente en el mercado doméstico de tomate de árbol, y solo el 5,0% presentaron actividad en mercados internacionales. Por otro lado, el 56% participa en el mercado local y ha tenido algún tipo de experiencia exportando (Figura 3).

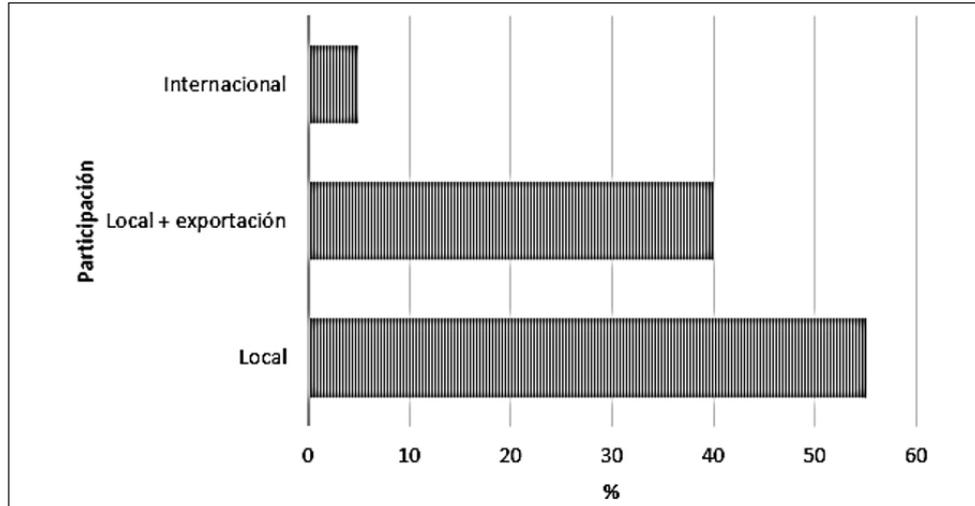


Figura 3. Participación de empresas privadas en el mercado de tomate de árbol.

Una debilidad de la cadena evidenciada fue el bajo porcentaje de transformadores de tomate de árbol (21,7%). Un estudio realizado en empresas del cantón Ambato, provincia de Tungurahua, afirma que el 77,0% comercializa tomate de árbol mínimamente procesado, y 23% con algún nivel de transformación. También este estudio indica que el 56,0% de las empresas transformadoras presentan interés en los formatos convencionales de transformación y no en formatos alternos como nutracéuticos (Lara, 2006). Con respecto a los distribuidores registrados, se identificaron tres corporaciones líderes del mercado minorista de tomate de árbol en estado fresco y procesado; mientras que los distribuidores restantes (10 identificados) son empresas medianas de actividad comercial mayorista.

3.3. Análisis descriptivo

3.3.1. Producción

Hallazgos socioeconómicos. Esta etapa cuenta con productores entre los 30 y 50 años. En su mayoría son varones (56,0%), pero la inclusión de mujeres se ha incrementado en un 5,0% en los últimos 3 años gracias al aumento de oportunidades de mercado. La formación académica en su mayoría es de tipo secundaria y superior, en un 40 y 26 por ciento, respectivamente. Un 28% de los productores son miembros de asociaciones y un 39,0% son socios de cooperativas. La principal fuente de financiamiento es el capital propio (Figura 4), pudiendo desacelerar el crecimiento económico de los productores.

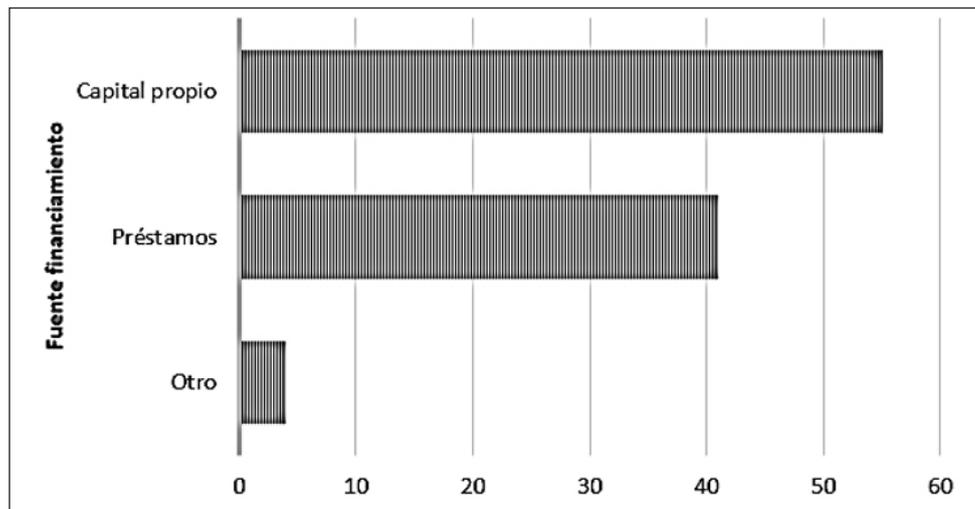


Figura 4. Fuentes de financiamiento de los productores de tomate de árbol.

Según Benavides (2012), para la producción de un cultivo de 60 hectáreas de tomate de árbol se requiere aproximadamente de USD 8.000. Los agricultores de tomate de árbol de las provincias de Tungurahua y Cotopaxi, registran créditos de USD 17.500, en promedio para la inversión en la producción (Banco Nacional del Fomento, 2012). Se considera como una ventaja que los costos de producción de tomate de árbol en los países andinos son relativamente bajos cuya distribución se detalla en la Tabla 2. Los valores por ingresos de las exportaciones de tomate de árbol superan cinco veces los costos de

producción, generándose así márgenes financieros atractivos para la industria y por tanto para el país. La cadena de tomate de árbol es una cadena emergente, sus productores prefieren comercializar la fruta en mercados locales ya que las transacciones son mayormente en efectivo y, por tanto, logran un retorno seguro del capital invertido. Fernández (2018), indica que el precio para el mercado doméstico del tomate de árbol fresco es de USD 0,85 /kg el mismo que puede variar hasta USD 1,35/kg; mientras que para el mercado internacional el precio del tomate de árbol fresco oscila entre USD 5,50 y 9,50/kg.

Tabla 2. Costos de producción de tomate de árbol

Actividad	Establecimiento	Mantenimiento
	%	%
Preparación el terreno	7	1
Siembra	14	2
Fertilización	24	5
Control fitosanitario	42	27
Labores culturales	11	16
Cosecha	2	49

Hallazgos de la producción. Se observó que un 45% posee tierras propias, 29% de los encuestados labora en sociedad y un 26% arrienda tierras. El 55% de los encuestados posee una extensión de tierra mayor a 3 ha, y el área de cultivo para tomate de árbol va entre 1,25 a 2,50 ha en promedio. A la vez, el 56% aplica técnicas de cultivo a campo abierto. El genotipo mayormente cultivado es el gigante anaranjado, seguido del genotipo morado neozelandés y en menor proporción el morado gigante (46%, 35% y 19% respectivamente). Según Chamag-Miramag *et al.* (2017) existen cerca de 29 genotipos adaptados de tomate de árbol que se diferencian principalmente por el color y tamaño. Además, menciona que en Ecuador hay un ecotipo anaranjado, adaptado a las condiciones agroclimáticas ecuatorianas, de tamaño mediano a grande y que es comercializado en el mercado nacional e internacional. Goyes (2003) manifiesta que Colombia, el mayor productor de tomate de árbol a nivel mundial, cultiva mayormente el genotipo colom-

biano anaranjado gigante y en menor proporción el genotipo morado gigante.

Más aún, se observó que el rendimiento promedio de producción de tomate de árbol en la zona bajo estudio fue de 15,2 t/ha. Los rendimientos reportados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2014) indican que el rendimiento de tomate de árbol para Ecuador es de 15,3 t/ha y para Colombia de 15,8 t/ha. Es importante mencionar que solo un 33% de los productores aplican técnicas de poscosecha y que consisten en i) distribución de la cosecha en contenedores plásticos de 15 kg de capacidad para su transporte a bodegas o centros de acopio, y ii) selección de la fruta por tamaño (calibre) y estado de madurez. El porcentaje de quienes aplican técnicas de poscosecha es relativamente bajo (menos del 30%) debido a varios factores como falta de conocimiento técnico, poca exigencia de calidad en mercados locales, y escasa intervención por parte del sector académico.

3.3.2. Poscosecha: Procesadores

Hallazgos socioeconómicos. De las empresas registradas se identificó que más del 70% corresponde a Mipymes. Asimismo, se identificó a gran-

des empresas que participan en la cadena de valor del tomate de árbol (Figura 5). El 64% de las empresas registradas son miembros de asociaciones y un 36% son socios de cooperativas.

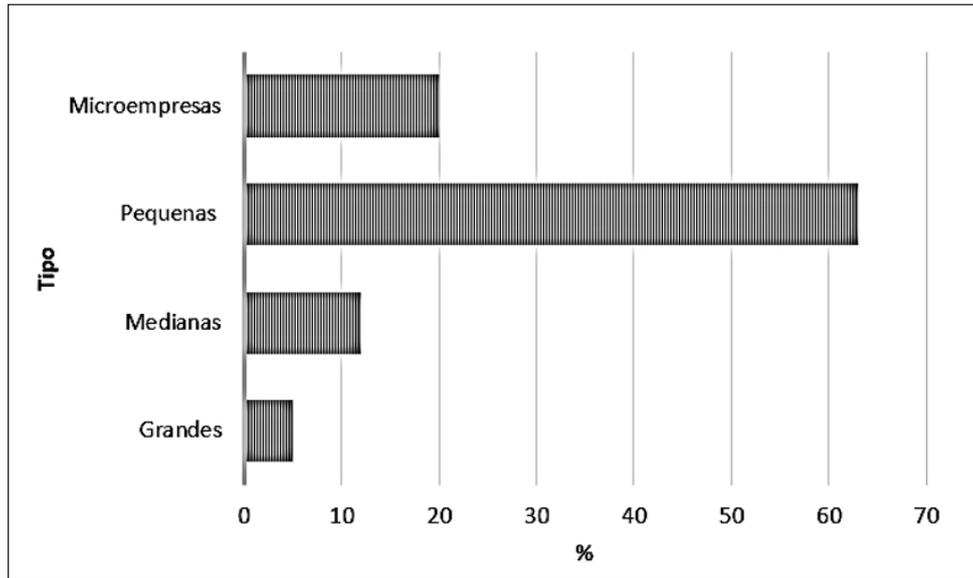


Figura 5. Tipos de empresas participantes en la cadena de valor del tomate de árbol.

Por otro lado, con respecto al financiamiento un 37% de los procesadores opera mayormente con recursos propios y préstamos de entidades financieras. El 41% opera con la ayuda de préstamos y acciones

en la bolsa. Se observó una relevante participación del capital de terceros como cooperativas de ahorro y crédito, entidades bancarias públicas y privadas, e inversionistas (Figura 6).

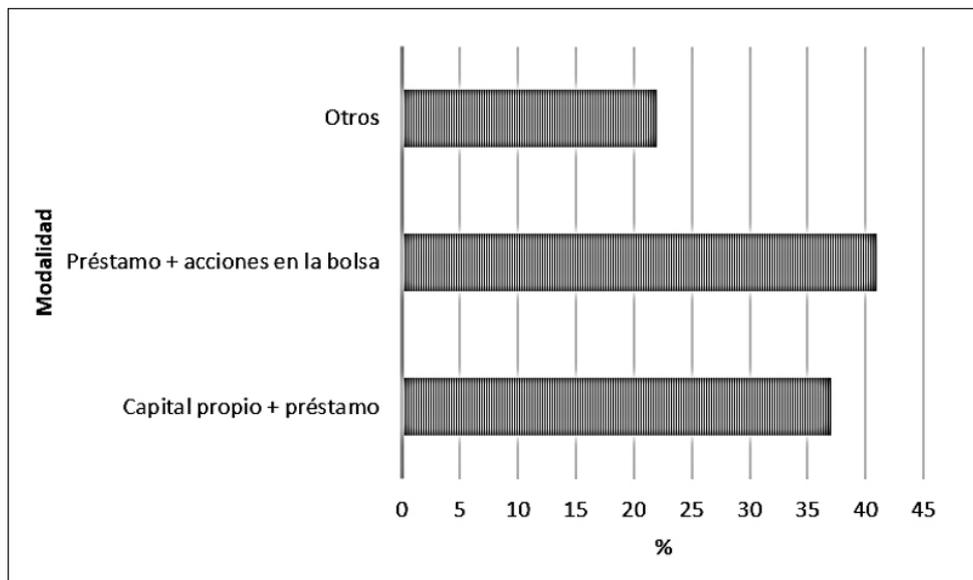


Figura 6. Fuentes de financiamiento de los procesadores de tomate de árbol.

Hallazgos en la comercialización. El 57% de las empresas no ejecuta la transacción con los proveedores cuando la fruta presenta problemas por daños mecánicos, bajo calibre, daños por insectos, presencia de moho, entre otras razones. Este hecho es observado por las empresas como riesgo en la calidad final del producto procesado. Por otro lado, se estableció que un 43% de los procesadores comercializan tomate de árbol en segunda y cuarta gamma, y un 57% en primera, tercera y quinta gamma. Adicionalmente, se observó que los procesadores se rigen a controles sanitarios minuciosos ejecutados por la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) durante todo el proceso de transformación de la fruta (Montilla *et al.*, 2016).

3.3.3. Poscosecha: Distribuidores

Hallazgos socioeconómicos. Entre los distribuidores se identificó que el 50% son medianas empresas y el 50% restante son grandes empresas. Solo el 50% de los distribuidores son miembros de asociaciones. Asimismo, el 50% posee como socios estratégicos a cooperativas de crédito. Con respecto al financiamiento, el 72% de las empresas opera con recursos propios y deuda, y el 28% dinamiza su economía mediante apalancamiento bancario y acciones en la bolsa de valores.

Hallazgos en la comercialización. La comercialización de productos de tomate de árbol es ejecutada por distribuidores mayoristas y minoristas. Los minoristas (*retailers*) canalizan los productos hacia el consumidor final. Los mayoristas son los encargados de la logística que implica la movilización de fruta hacia los centros distritales de distribución y los centros de acopio para la exportación. Es habitual que previo a la entrega de pedidos se realicen acuerdos verbales o mediante contratos escritos sobre aspectos relacionados con precio, periodos de suministro, condiciones de pago y entrega, entre otros (Hinojosa & Ipiates, 2012). También se observó que el principal producto a base de tomate de árbol comercializado en el ámbito internacional es la pulpa procesada y congelado a -20°C .

3.3.4. Aspectos de mercado

Demanda. En el año 2016 el precio promedio a nivel internacional de tomate de árbol aumentó en 4% con relación al año anterior. Los valores promedio de este producto en los mercados de Estados Unidos durante el año estudiado registran USD 41.6 /paquete de 30-42 unidades. En contraste, el precio nacional de tomate de árbol a nivel productor en 2016 presentó una disminución de 5% con relación al 2015. El precio promedio a nivel de productor para el año 2016 de tomate de árbol fue de USD 0.85/kg (Figura 7).

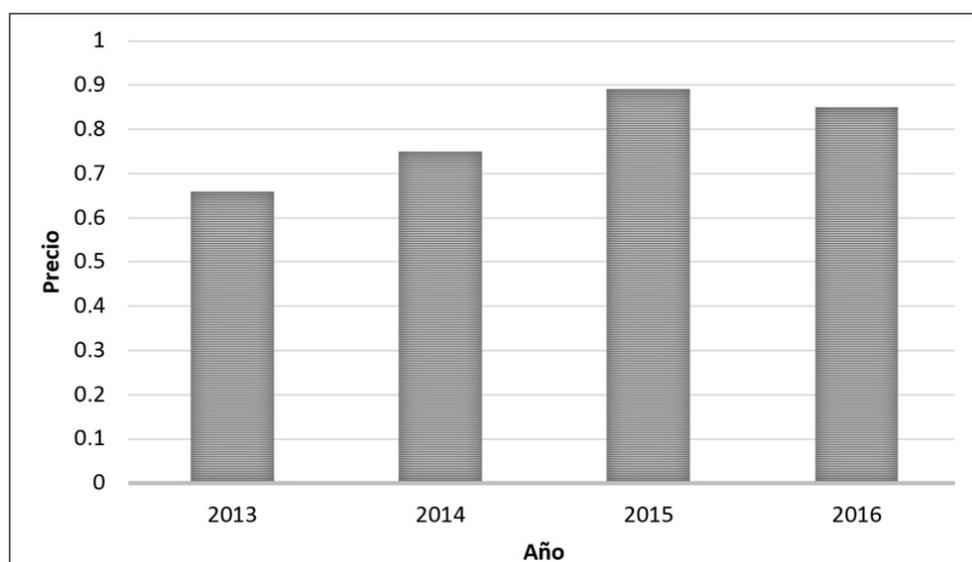


Figura 7. Precios nacionales para productor y mayoristas de tomate de árbol durante los años 2013-2016

Oferta. Las exportaciones en el Ecuador durante el año 2016 registraron un incremento de 70%. Dicho comportamiento refleja el incremen-

to sostenido del comercio internacional del rubro mencionado puesto que el año anterior existió un incremento del 13%. En marzo de 2016, la expor-

tación de tomate de árbol ecuatoriano registró su mayor volumen, mismo que fue de 31 t. Se observó que las entidades públicas competentes buscan estructurar asociaciones destinadas a incrementar los volúmenes de producción de tomate con la visión de expandir el mercado internacional.

3.3.5. Identificación de dinámica de gobernanza

Se analizó la complejidad de la información compartida entre los actores de la cadena, la codificación de dicha información y el nivel

de competencia del proveedor. Por tanto, según la clasificación propuesta por Frederick & Gereffi (2009), la dinámica de gobierno identificada fue la de *mercado* (Figura 8). El perfil identificado se caracterizó porque las transacciones son repetitivas y fáciles de codificar. Los acuerdos y negocios se caracterizan por precios al contado o contratos que contemplan periodos de pago cortos. Otro aspecto relevante fue que los costos transaccionales son altos, evidenciando aún fallos en la coordinación durante la logística y comercialización.

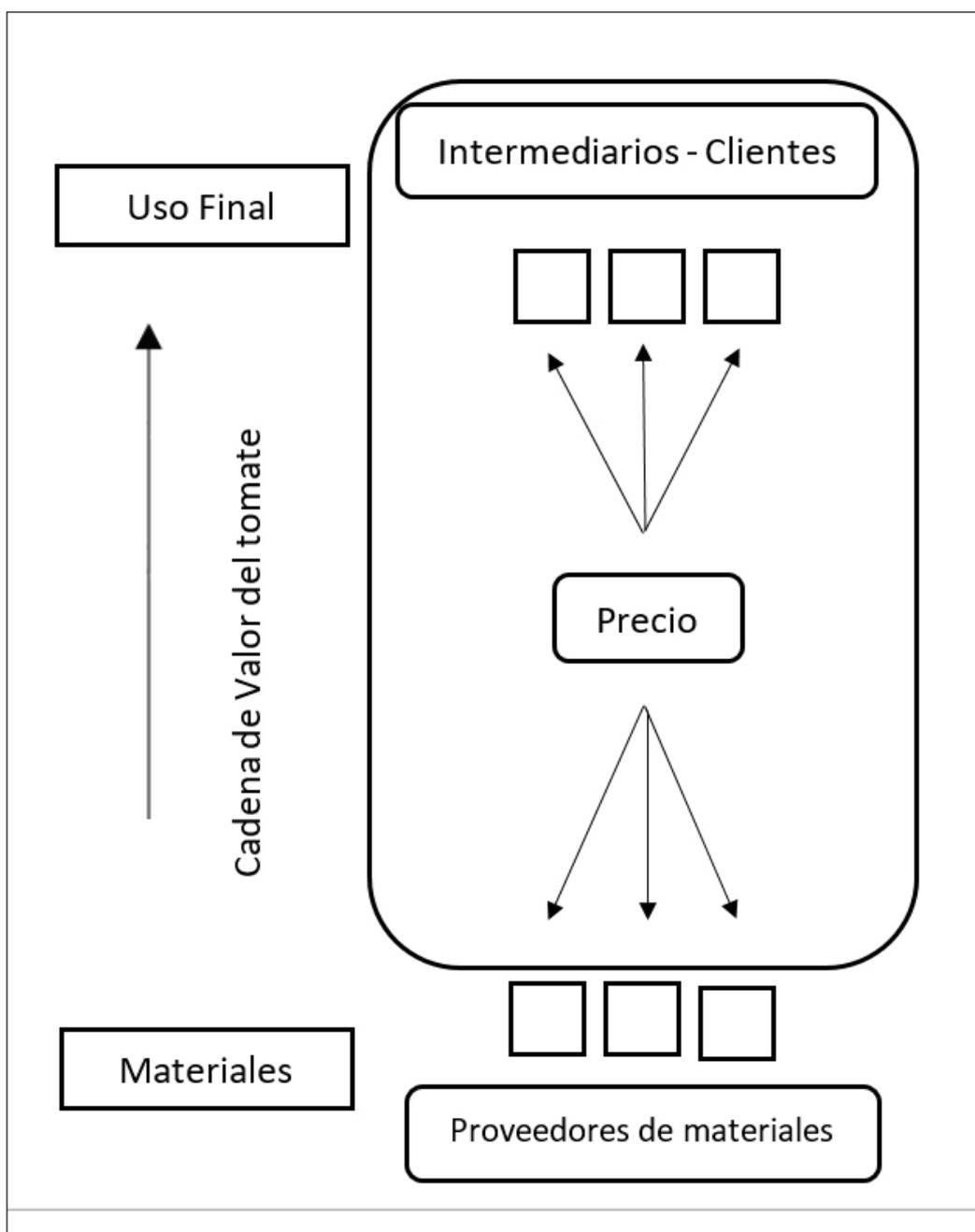


Figura 8. Dinámica de gobernanza de la red productiva de tomate de árbol en Ecuador.

4. Conclusiones

En la red productiva del tomate de árbol ecuatoriano, se involucran instituciones públicas y privadas. Estos actores participan principalmente en la etapa de preproducción dotando de recursos como semillas, fertilizantes, agroquímicos, capital, entre otros. Las actividades de soporte en esta etapa son el inicio del flujo de recursos tangibles necesarios para el desempeño de la red.

La etapa de producción cuenta con características sociodemográficas favorables. La intervención de participantes relativamente jóvenes, cuya edad oscila entre los 30 y 40 años, se muestra clave para la sostenibilidad de la cadena. Sin embargo, la cadena

de tomate de árbol presenta aspectos que requieren atención en aspectos como la formación técnica de productores en temáticas como poscosecha, logística de transporte, calidad alimentaria, y el fortalecimiento de estructuras asociativas.

Las funciones de procesadores y distribuidores en la etapa de posproducción de la red se miran claramente diferenciadas. Por un lado, las pequeñas empresas son quienes participan en las actividades de valor agregado y pertenecen a asociaciones. Por otro lado, las empresas distribuidoras también presentan un importante sentido de asociatividad, pero se caracterizan por el modelo de negocios con el que operan, por ejemplo, participando en la bolsa de valores, implementando métodos de negociación bajo crédito que generen flujos de efectivo positivos.

Referencias

- Acosta, I. (2006). Balance del modelo agroexportador en América Latina al comenzar el siglo XXI. *Mundo Agrario*, 7(13), 13-22.
- Arras, A.M., Fierro, L.E., Jáquez, J.L., & López, J.C. (2017). Redes de colaboración, estrategia empresarial en la inserción a cadenas de valor. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 26, 215-225.
- Banco Nacional de Fomento (2012). Gerencia de Crédito y Estadística. Obtenido de: <https://www.banecuador.fin.ec/>
- Barbier, E. (2016). Sustainability and Development. *Annual Review of Resource Economics*, 8, 261-280. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100815-095227>
- Bárcena, A., Katz, J., Morales, C., & Schaper, M. (2004). *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto*. Santiago de Chile. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL. Libros de la CEPAL No. 78. Santiago: CEPAL.
- Barrera-Mosquera, V., de los Ríos-Carmenado, I., Cruz-Collaguazo, E., & Coronel-Becerra, J. (2010). Analysis of available capitals in agricultural systems in rural communities: the case of Saraguro, Ecuador. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(4), 54-72
- Benavides, C.A. (2012). *Evaluación de 40 genotipos de tomate de árbol (Cyphomandra betacea (Cav.) Sendt) en la zona de Nariño*. Universidad de Nariño, Colombia.
- Berdegú, J.A., Campana, P., Escobar, G., Faiguenbaum, S., Lauritto, R., León, J., Peña, C.A., Quijandría, B., Ramírez, E., Schejtmán, A., Schultze, J.C., Secco, J., Simoni, P., & Sisto, M. (2003). *El FIDA en América Latina y el Caribe: lecciones de 25 años e ideas para el futuro*. México: FIDAMÉRICA.
- Blandon, J., Henson, S., & Cranfield, J. (2008). Small-scale farmer participation in new afri-food supply chains: case of the supermarket supply chain for fruit and vegetables in Honduras. *Journal of International Development*, 21(7), 971-984. <https://doi.org/10.1002/jid.1490>
- Brown del Rivero, A., & Torres, P. (2012). La relación comercial Comunidad Andina-Unión Europea y la postura de Ecuador. *Latinoamérica. Revista de Estudios Latinoamericanos*, 55, 75-99.
- Cadilhon, J., Moustier, P., Poole, N., Giac Tam, P., & Fearn, A. (2006). Traditional vs. Modern Food Systems? Insights from Vegetable Supply Chains to Ho Chi Minh City (Vietnam). *Development Policy Review*, 24(1), 31-49. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7679.2006.00312.x>
- Campuzano, M. (2014). *Greenhouse heating with geothermal energy: feasibility study for the Ecuadorian Alpine Grasslands (Páramo)*. University of Central Lancashire.
- Carter, R.C., & Easton, P.L. (2011). Sustainable supply chain management: evolution and future direc-

- tions. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41(1), 46-62. <https://doi.org/10.1108/09600031111101420>
- CEPAL, FAO, & IICA (2015). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2015-2016*. San José: IICA
- CORPOICA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2009). *Manual de manejo cosecha y poscosecha de tomate de árbol*. Bogotá: CORPOICA.
- Coyle, J. J., Langley, C.J., Novack, R.A., & Gibson, B.J. (2016). *Supply Chain Management: A Logistics Perspective*. Mason, OH: South-Western Cengage Learning.
- Chañag-Miramag, H.A., Viveros-Rojas, J., Álvarez-Ordóñez, S., Criollo-Escobar, H., & Lagos-Mora, L.E. (2017). Evaluación de genotipos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt. frente al ataque de *Phytophthora infestans* (Mont.) de bary sensu lato. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 11-20. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.4725>
- De La Barra R., & Holberg, F. (2000). Comportamiento económico y productivo de sistemas campesinos en condición de excedentaria y subsistencia: estudio de caso. *Agricultura Técnica*, 60(1), 52-61.
- Demenus, W., & Crespo, P. (2011). *Productive Chains and Rural Economic Development in Latin America*. Quito: Consorcio de Gobiernos Provinciales de Ecuador.
- FAO (2005). *Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: bajo un enfoque práctico*. Roma: FAO, Roma.
- FAO (2011). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo*. Roma: FAO.
- Fernández, D. (2018). *Plan de negocios para la comercialización de tomates de árbol orgánicos en almíbar hacia Alemania*. Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.
- Frederick, S. & Gereffi, G. (2009). *Value chain governance: Briefing paper*. NC, USA: Duke University.
- Gayá, R., & Michalczewsky, K. (2014). *El comercio intrarregional sudamericano: patrón exportador y flujos intraindustriales*. Nota técnica del BID; 583. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo, Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe (INTAL).
- Gereffi, G. (1994). The Organization of Buyer-Driven Global Commodity Chains: How US Retailers Shape Overseas Production networks. In *Commodity Chains and Global Capitalism* (pp. 95-122). Westport, CT: Praeger.
- Giacobone, G., Castronuovo, L., Tiscornia, V., & Allemandi, L. (2018). *Análisis de la cadena de suministro de frutas y verduras en Argentina*. Estudio financiado por IDRC-Canadá. Argentina: Fundación InterAmericana del Corazón-Argentina.
- Gil-Méndez, J. (2015). Neoliberalismo, políticas agrarias y migración. Consecuencias de un modelo contra los productores. *Ra Ximhai*, 11(2), 145-162.
- Pérez, E. (2004). El mundo rural latinoamericano y la nueva ruralidad. *Nómadas*, 20, 180-193.
- Glas, J., Alvarado, V., León, S., & Parra, J.C. (2015). *Política Industrial del Ecuador 2016-2025 más industrias mayor desarrollo*. Quito: Ministerio de Industrias y Productividad, Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad.
- Goyes, J. (2003). *Caracterización biológica de un virus en tomate de árbol (Solanum betaceum) presente en el departamento de Nariño*. Universidad de Nariño, Colombia.
- Hawkes, C. & Ruel, M. (2006). The links between agriculture and health: An intersectoral opportunity to improve the health and livelihoods of the poor. *Bulletin of the World Health Organization*, 84(12), 985-991. <https://doi.org/10.2471/blt.05.025650>
- Herforth, N., Theuvsen, L., Vásquez, W., & Wollni, M. (2015). *Understanding participation in modern supply chains under a social network perspective: Evidence from blackberry farmers in the Ecuadorian Andes*. GlobalFood Discussion Papers, No. 57. Germany: GlobalFood.
- Herrera, R., & Baquero, M. (2018). *Las 5 fuerzas de Porter*. Universidad de Chile, 2018. Obtenido de: <http://www.elmayorportaldegerencia.com>

- Hinojosa, M.J., & Ipiates, M.V. (2012). *Estrategia de fortalecimiento de la cadena productiva de la uvilla como aporte al desarrollo de las zonas rurales de la provincia de Imbabura*. Universidad Central del Ecuador.
- INIAP, Instituto Ecuatoriano de Investigaciones Agropecuarias. (2016). Boletín situacional-tomate de árbol. Sistema de Información Pública Agropecuaria. Obtenido de: http://sipa.agricultura.gob.ec/biblioteca/boletines_situacionales/ (consultado 10 dic 2018).
- Lara, C.E. (2016). *Caracterización y microencapsulación de compuestos bioactivos de tomate del árbol (Cyphomandra betacea) variedad gigante anaranjado*. Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.
- MAG, Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2017). *Zonificación agroecológica económica del cultivo de tomate de árbol en el Ecuador continental*. Quito: Coordinación General del Sistema de Información Nacional, MAG.
- MAGAP, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2016). *La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025*. I Parte. Quito: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Quito.
- Melo, C., & Hollander, G. (2013). Unsustainable development: Alternative food networks and the Ecuadorian Federation of Cocoa Producers, 1995-2010. *Journal of Rural Studies*, 32, 251-263.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2014). Evaluaciones agropecuarias municipales – tomate de árbol. Obtenido de: <http://www.agronet.gov.co/Documents/Tomate%20de%20%C3%81rbol.pdf>
- Miranda, D. (2011). Estado actual de fruticultura colombiana y perspectivas para su desarrollo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(spe1), 199-205. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000500023>
- Montilla, F.A., Ceballos, R.A., Guerrero, A., Narváez, P.C., Romero, E.A., & Villareal, M. (2016). *Mejoramiento de la calidad de vida de 174 familias de pequeños productores de los municipios de San Pablo y La Cruz en el departamento de Nariño, a través del incremento de los ingresos generados por la producción y comercialización de granadilla (Passiflora ligularis)*. Nariño: Desarrollo rural con enfoque territorial DRET. Organización Internacional para las Migraciones.
- Olaizola, C., Esté, M., Tapia, M., Carmona, A., & Emaldi, U. (2006). Towards a program to promote fruit and vegetable consumption in Venezuela. *Revista Chilena de Nutrición*, 33(Supl. 1), 306-315.
- Ordóñez, D. (2012). *El comercio exterior del Ecuador: análisis del intercambio de bienes desde la colonia hasta la actualidad*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Orjuela, J.A., Castañeda, C.A., & Calderón, M.E. (2008). Análisis de la cadena de valor en las estructuras productivas de uvilla y tomate de árbol en la provincia de Sumapaz y el Distrito Capital. *Ingeniería*, 13(2), 4-12.
- Padilla, W., García, J. (2018). Data Association Methodology to Improve Spatial Predictions in Alternative Marketing Circuits in Ecuador. *Computational Intelligence and Neuroscience*, Article ID 6587049. <https://doi.org/10.1155/2018/6587049>
- Páez, C. (2018). *El régimen impositivo a la propiedad agrícola en el Ecuador y los perjuicios socioeconómicos que causó su existencia*. Universidad Central del Ecuador.
- PROECUADOR, Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. (2016). *Boletín mensual de comercio exterior. Diciembre 2015-enero 2016*. Quito: PROECUADOR.
- Quiroso, O., Temple, L., Alves, R., Ruales, J., & Guzman, H. (2008). *Producing added value from underutilised tropical fruit crops with high commercial potential (PAVUC)*. Congreso Internacional de la Red SIAL.
- Reardon, T., & Flores, L. (2006). Viewpoint: “Customized competitiveness” strategies for horticultural exporters – Central America focus with lessons from and for other regions. *Food Policy*, 31(6), 483-503. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.05.001>

- RIMISP, Latin American Institute of Rural Development. (2019). Grupo de Diálogo Andino: Su aporte a la agricultura familiar sostenible. Obtenido de: <https://rimisp.org/noticia/grupo-de-dialogo-andino-dos-anos-aportando-a-una-agricultura-familiar-sostenible/>
- Rodríguez, E., Martínez, G.L., & Mora-Delgado, J. (2015). La crisis del sector agropecuario colombiano ¿Cuál es la responsabilidad de las políticas públicas? *Tendencias*, 16(1), 159-174. <http://dx.doi.org/10.22267/rtend.151601.38>
- Sánchez, J. (2017). Mercado de productos agrícolas ecológicos en Colombia. *Suma de Negocios*, 8(18), 156-163.
- Scott, G.J. (2014). Agregando valores a las cadenas de valor. *RAE-Revista de Administração de Empresas*, 54(1), 67-79. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-759020140107>
- Sukhatme, P.V. (1956). *Teoría de encuestas por muestreo con aplicaciones*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Urquilla, A. (2012). La exportación de alimentos a los Estados Unidos: principales desafíos para el sector agroindustria. *Revista Realidad y Reflexión*, 12(35), 97-108.
- Wendt, J., & Izquierdo, J. (2003). Management of appropriate agricultural biotechnology for small producers: case study - Ecuador. *Electronic Journal of Biotechnology*, 6(1), 15-16.
-

Suplementación alimenticia de glutamina sobre el desempeño productivo en pollos de engorde

Nutritional supplementation of glutamine on the productive performance in broiler chickens

Jimmy Quisirumbay-Gaibor^{1,2*}, Raquel Torres¹, Jhon Yupanqui¹, Diego Martínez Patiño-Patroni¹, Carlos Vélchez Perales¹

✉ Autor para correspondencia: jrquisirumbay@uce.edu.ec

¹Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n La Molina. Lima-Perú.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador, Ciudadela Universitaria, Jerónimo Leiton s/n y Gatto Sobral. Quito-Ecuador.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el tamaño del efecto de la suplementación de glutamina sobre el rendimiento productivo de pollos de engorde, la consistencia de su efecto y la influencia de otros factores mediante el uso de meta-análisis. Se encontró que la suplementación de glutamina favorece el aprovechamiento de nutrientes reflejado en menores valores de conversión alimenticia (calculada con ganancia de peso) 1,484 versus 1,518, y un tamaño medio de efecto de -0,031 (diferencia de medias) ($P=0,00005$). Los pollos control requieren consumir 31 g adicionales de alimento para producir 1 kg de peso ganado en comparación con el grupo que sí recibió el aminoácido en estudio. Cuando la variable analizada fue *conversión alimenticia* (calculada con peso vivo) (1,468 vs. 1,478), se determinó que los pollos sin glutamina requieren de 15 g adicionales de alimento para producir 1 kg de peso vivo (diferencia de medias= -0,015; $P=0,00001$). No se encontró un efecto consistente entre los estudios realizados, presentándose valores elevados en el test de inconsistencia, 100% y 81,6% para las dos formas de conversión de alimento. Las meta-regresiones señalan que factores relacionados al diseño del experimento o ciertos niveles de nutrientes tienen impacto sobre la variable en estudio. Se concluye que la suplementación de glutamina favorece el rendimiento productivo en pollos de engorde. Sin embargo, se debe considerar el diseño del estudio y la formulación de la dieta.

Palabras clave: nutrición, alimentación, aves, aminoácidos, conversión alimenticia.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect size of glutamine supplementation on the productive performance of broiler chickens, the consistency of their effect and the influence of other factors through the use of meta-analysis. It was found that glutamine supplementation favors the use of nutrients reflected in lower values of feed conversion (calculated with weight gain) 1,484 versus 1,518, and an average effect size of -0,031 (difference of means) ($P = 0,00005$). Control chickens require an additional 31 g of feed to produce 1 kg of weight gain compared to the group that did receive the amino acid under study. When the variable analyzed was feed conversion (calculated with live weight) (1,468 vs 1,478), it

was determined that chickens without glutamine require an additional 15 g of feed to produce 1 kg of live weight (difference of means = -0,015; P = 0.00001). No consistent effect was found between the studies carried out, with high values in the inconsistency test, 100% and 81.6% for the two forms of feed conversion. The meta-regressions indicate that factors related to the design of the experiment or certain nutrient levels have an impact on the variable under study. It is concluded that glutamine supplementation favors the productive performance in broiler chickens. However, the design of the study and the formulation of the diet should be considered.

Keywords: nutrition, feeding, birds, amino acids, feed conversion.

1. Introducción

La glutamina (Gln) es un constituyente importante de proteínas y es un precursor para la síntesis de aminoácidos, nucleótidos, ácidos nucleicos, amino-azúcares y varias otras importantes moléculas biológicas (Roth, 2008). Adicionalmente, la glutamina actúa como un sustrato energético para las células de rápida proliferación como son los enterocitos y linfocitos activos en el epitelio intestinal (Calder & Yaqoob, 1999; Pohlenz et al., 2012). Como inmuno-nutriente, la glutamina promueve la integridad y maduración de la microbiota intestinal asociada con el sistema inmune, mejorando la síntesis de mucina que mantiene la estructura de la mucosa intestinal y refuerza la barrera epitelial contra el ataque bacteriano (Soares et al., 2014; Yi et al., 2005). La glutamina trabaja como un transportador de nitrógeno, ayuda a defender al organismo del exceso de amoníaco (Labow et al., 2001), está disponible en tejidos, músculos y proteínas, provee energía para el sistema inmune y ayuda al cuerpo a soportar condiciones de estrés (Hu et al., 2016; Newsholme, 2001). Tradicionalmente ha sido considerado como un aminoácido no esencial, sin embargo, ahora aparece como un nutriente condicionalmente esencial durante estados de enfermedad o lesiones serias y puede ser un candidato potencial en el mejoramiento de la respuesta al estrés ya que mejora la expresión de las proteínas de estrés térmico (Phanvijhitsiri et al., 2006; Wischmeyer, 2002). La glutamina es el aminoácido más abundante en el plasma bajo condiciones de salud, sin embargo, las concentraciones caen precipitadamente después de lesiones, cirugía, infecciones u otros estados de estrés (Askanazi et al., 1980; Zhong et al., 2012). Una gran cantidad de investigaciones en modelos animales bajo estados de infección y daño severo han demostrado que la suple-

mentación de Gln mejora la sobrevivencia, el estado inmune, disminuye bacteremias, incrementa la función de la barrera intestinal e inhibe la atrofia de la mucosa intestinal (Luquetti et al., 2016; Wang et al., 2014; Wu et al., 2011). En pollos de engorde se ha reportado que la suplementación dietaria de Gln mejora el rendimiento productivo y las características de carcasa bajo situaciones de estrés calórico (Dai et al., 2009; Olubodun et al., 2015; Sifa et al., 2018). La administración *in-ovo* al día 7 de incubación mejora la ganancia de peso y la conversión alimenticia medida a los 42 días de edad (Salmanzadeh et al., 2016). La Gln ha mostrado reducir la carga de *S. typhimurium* en contenido cecal al ser comparados frente a un grupo control (Menconi et al., 2013). Varios trabajos reportan que la suplementación a través de la dieta de Gln favorece el desarrollo de las vellosidades intestinales y la consecuente mejora del desempeño productivo (Abdulkarimi et al., 2019; Nascimento et al., 2014; Shakeri et al., 2015; Soltan, 2009). Sin embargo, varios han sido los niveles de inclusión dietaria y las circunstancias experimentales bajo las cuales se han desarrollado estos estudios. El objetivo de este manuscrito fue evaluar el tamaño del efecto de la suplementación de Gln sobre el rendimiento productivo de pollos de engorde, la consistencia de su efecto y la influencia de otros factores mediante el uso de la herramienta estadística de meta-análisis.

2. Materiales y métodos

2.1. Fuente de información (datos)

Se realizó una búsqueda electrónica de artículos científicos en revistas indexadas con revisión doble ciego en las siguientes bases electrónicas: CAB Direct,

Elsevier Biobase-CABS, Google Scholar, MEDLINE, PubMed, Science Direct (Journal), Scopus, Academic Search Complete, CAB Abstract, Directory of Open Access Journals. Se utilizó una combinación de palabras clave: glutamina, Gln, dieta, alimento, nutrición, pollos, rendimiento productivo, conversión alimenticia y sus equivalentes en inglés, sin restricciones de fecha.

2.2. Criterios de inclusión

Se utilizaron aquellos artículos en los cuales se suplementó Gln exclusivamente a través de la dieta y con animales sanos. Los artículos debían incluir información respecto al número de unidades experimentales por tratamiento (repeticiones), número de animales por unidad experimental y número de animales muestreados por unidad experimental. Los experimentos debían incluir al menos 2 tratamientos (incluyendo el grupo control), nivel de Gln suplementado a través del alimento, porcentaje de lisina y proteína cruda en la dieta. Además, se debía incluir los valores de la media (promedio) y alguna medida de variación, desviación estándar (SD), error estándar (SE) de la variable en estudio.

2.3. Análisis estadístico

Para el procesamiento estadístico de los datos se utilizó MIX 2.0 en Microsoft Excel (Bax, 2016). Se determinó el tamaño del efecto global de la suplementación de glutamina sobre la conversión alimenticia calculada con ganancia de peso (CAGP) y conversión alimenticia calculada con peso vivo (CAPV) por diferencia de medias (DM), con intervalos de confianza al 95%. La heterogeneidad se evaluó por medio del índice de inconsistencia (I^2) (Higgins & Thompson, 2002; Lean *et al.*, 2009). Se utilizó un modelo de efectos

aleatorios según las recomendaciones de Sauvant *et al.* (2008) y Borenstein *et al.* (2011). Se ejecutaron dos meta-análisis a partir de un total de 22 artículos científicos (1814 animales). (Avellaneda *et al.*, 2008; Ayazi, 2014; Bartell & Batal, 2007; Dai *et al.*, 2009; Dai *et al.*, 2011; Fasina *et al.*, 2010; Hu *et al.*, 2016; Jazideh *et al.*, 2014; Luquetti *et al.*, 2016; Maiorka *et al.*, 2016; Manvailer *et al.*, 2015; Murakami *et al.*, 2007; Muro *et al.*, 2015; Mussini *et al.*, 2012; Namroud *et al.*, 2017; Nascimento *et al.*, 2014; Nassiri Moghaddam & Alizadeh-Ghamsari, 2013; Olubodun *et al.*, 2015; Ribeiro *et al.*, 2015; Sakamoto *et al.*, 2011; Soltan, 2009; Zavari-ze *et al.*, 2011). Para explicar la heterogeneidad entre los estudios se realizaron meta-regresiones utilizando como covariables: nivel de inclusión de Gln (%), edad de inicio de suplementación (días), edad de evaluación (días), duración de la suplementación (días), número de repeticiones por tratamiento, número de pollos muestreados por unidad experimental (repetición), nivel de lisina (%) y proteína cruda en la dieta (%).

3. Resultados

Los resultados del resumen de la variable analizada *conversión alimenticia* calculada con base a la ganancia de peso y al peso vivo se presentan en la tabla 1. Se aprecia cómo, por efecto de la suplementación de glutamina, ambos tipos de conversión son más bajos frente al grupo control (sin Gln). El tamaño medio del efecto de la suplementación de Gln sobre la conversión alimenticia expresada en diferencia de medias se muestra en la tabla 2. La suplementación de Gln, en forma altamente significativa, favorece el uso de nutrientes en el pollo de engorde, reduciendo de esta manera la conversión alimenticia.

Tabla 1. Conversión alimenticia tratamiento y control

Meta-análisis	Resumen variable respuesta (g/g)			
	Tratamiento		Control	
	Media	SD	Media	SD
CA con ganancia de peso	1,484	0,312	1,518	0,334
CA con peso vivo	1,468	0,258	1,478	0,256

SD= desviación estándar

Tabla 2. Tamaño de efecto medio de la suplementación de Gln sobre la CA

Meta-análisis	Tamaño de efecto			
	MD	IC		P
CA con ganancia de peso	-0,0306	-0,0453	-0,0159	0,00005
CA con peso vivo	-0,0154	-0,0222	-0,0086	0,00001

MD= diferencia de medias

IC= intervalo de confianza

P= valor de probabilidad

La inconsistencia entre los estudios utilizados fue evaluada a través del test de inconsistencia (I^2) y se muestra en la tabla 3. Para ambas variables los resultados son altos (>75%), mostrando variabilidad entre los estudios utilizados en este trabajo. Debido a los resultados en las pruebas de heterogeneidad se procedió a buscar la explicación de dicha variabilidad a través

de meta-regresiones considerando el impacto de algunas co-variables: nivel de inclusión de Gln en la dieta (%) y edad de inicio de suplementación (días) (tabla 4); edad de evaluación (días) y duración de suplementación (días) (tabla 5); número de repeticiones y número de pollos muestreados por unidad experimental (tabla 6); nivel de lisina (%) y nivel de proteína cruda (%) (tabla 7).

Tabla 3. Índice de inconsistencia

Meta-análisis	I^2 (%)
CA con ganancia de peso	99,99
CA con peso vivo	81,57

Tabla 4. Meta-regresión para número de repeticiones y número de animales por UE

Meta-análisis	Nivel de inclusión de Gln (%)				Edad de inicio de suplementación (d)			
	Intercepto		Coef. regresión		Intercepto		Coef. regresión	
	Estimado	P	Estimado	P	Estimado	P	Estimado	P
CA con GP	-0,0650	<0,001	0,0244	<0,001	-0,0407	<0,001	-0,0011	0,039
CA con PV	-0,0015	0,501	-0,0143	<0,001	NA	NA	NA	NA

CA= conversión alimenticia, GP= ganancia de peso, PV= peso vivo, P= valor de probabilidad, NA= no aplica.

Tabla 5. Meta-regresión para edad de evaluación y duración de suplementación

Meta-análisis	Edad de evaluación (d)				Duración de suplementación (d)			
	Intercepto		Coef. regresión		Intercepto		Coef. regresión	
	Estimado	P	Estimado	P	Estimado	P	Estimado	P
CA con GP	-0,0325	<0,001	-0,0004	<0,001	-0,0255	<0,001	-0,0009	<0,001
CA con PV	-0,0186	<0,001	0,0002	0,1844	-0,0300	<0,001	0,0007	<0,001

CA= conversión alimenticia, GP= ganancia de peso, PV= peso vivo, P= valor de probabilidad.

Tabla 6. Meta-regresión para número de repeticiones y pollos muestreados por UE

Meta-análisis	Número de repeticiones				Número de pollos muestreados por UE			
	Intercepto		Coef. regresión		Intercepto		Coef. regresión	
	Estimado	P	Estimado	P	Estimado	P	Estimado	P
CA con GP	0,0008	<0,001	-0,0048	<0,001	-0,1770	<0,001	0,0079	<0,001
CA con PV	-0,0681	<0,001	0,0095	<0,001	-0,0345	<0,001	0,0005	<0,001

CA= conversión alimenticia, GP= ganancia de peso, PV= peso vivo, P= valor de probabilidad, UE= unidad experimental.

Tabla 7. Meta-regresión para nivel de lisina y proteína cruda en la dieta

Meta-análisis	Nivel de Lisina				Nivel de Proteína Cruda			
	Intercepto		Coef. Regresión		Intercepto		Coef. Regresión	
	Estimado	P	Estimado	P	Estimado	P	Estimado	P
CA con GP	-0,2280	<0,001	0,1435	<0,001	-0,7700	<0,001	0,0328	<0,001
CA con PV	-0,0540	0,040	0,0327	0,123	0,0436	0,379	-0,0026	0,252

CA= conversión alimenticia, GP= ganancia de peso, PV= peso vivo, P= valor de probabilidad.

4. Discusión

La suplementación alimenticia de glutamina en pollos de engorde estimula el desarrollo del tracto gastrointestinal, produce un aumento en el peso relativo del intestino y una mayor longitud en las

vellosidades intestinales ($P < 0,05$) (Abdulkarimi et al., 2019; Bartell & Batal, 2007; Nassiri Moghadam y Alizadeh-Ghamsari, 2013). Si la altura de las vellosidades intestinales aumenta de tamaño, especialmente a una edad temprana de su vida, el pollo es capaz de utilizar de manera más eficiente los nu-

trientes ingeridos y por lo tanto mejorará su desempeño productivo (Namroud et al., 2017). Devi Priya et al. (2010) reportan que la actividad de las enzimas digestivas en pollos broiler, particularmente la amilasa, se incrementa tras la suplementación de Gln. Aves con rápidas tasas de crecimiento presentaron una capacidad alta de secreción de enzimas digestivas y un desarrollo temprano de los órganos gastrointestinales (Nitsan et al., 1991). El aumento en la longitud de las vellosidades intestinales incrementa el desempeño productivo al incrementar la absorción de nutrientes (Xue et al., 2018). En el presente trabajo de meta-análisis se encontró que la suplementación alimenticia de Gln favorece de manera significativa el aprovechamiento de nutrientes en el pollo de engorde reflejado en menores valores de CAGP 1,484 vs. 1,518, y un tamaño medio de efecto de -0,031 (DM) ($P=0,00005$). En otras palabras, los pollos que no recibieron Gln requieren consumir 31 g adicionales de alimento para producir 1 kg de peso ganado en comparación con el grupo que sí recibió Gln. Cuando la variable analizada fue CAPV (1,468 vs. 1,478), se determinó que los pollos sin Gln requieren de 15 g adicionales de alimento para producir 1 kg de PV (DM=-0,015; $P=0,00001$). El efecto de la Gln no fue consistente entre los estudios realizados, presentándose valores elevados en el test de inconsistencia (I^2), 100% para CAGP y 81,6% para CAPV. Los análisis de meta-regresión señalan que todos los factores estudiados tienen efecto significativo sobre la CAGP. Dicha CA aumenta a medida que se incrementa el nivel de Gln ($P<0,001$), número de pollos muestreados por unidad experimental ($P<0,001$), nivel de lisina ($P<0,001$) y proteína cruda en la dieta ($P<0,001$). La CAGP disminuye a medida que aumenta la

edad de inicio de la suplementación ($P=0,039$), edad de evaluación ($P<0,001$), duración de la suplementación ($P<0,001$) y número de repeticiones ($P<0,001$). Para la CAPV menor cantidad de factores afectan de manera significativa su respuesta, es así que a medida que aumenta la duración de la suplementación ($P<0,001$), número de repeticiones ($P<0,001$), número de pollos muestreados por unidad experimental ($P<0,001$) aumenta la CA. Únicamente se encontró que el aumento del nivel de Gln en la dieta reduce la CAPV ($P<0,001$). Respecto a este último punto, estudios individuales reportan que la suplementación de niveles altos de glutamina afecta de manera negativa el desempeño productivo en broilers debido a que causan una depresión del consumo de alimento, como lo muestran los resultados encontrados cuando se utilizó un nivel de 4% de Gln. Adicionalmente, niveles altos de Gln generan un desbalance con los demás aminoácidos de la dieta afectando su absorción intestinal, a pesar que sí se evidenció un aumento en el tamaño de las vellosidades intestinales (Bartell & Batal, 2007).

5. Conclusiones

La suplementación dietaria de Gln favorece el rendimiento productivo en pollos de engorde al reducir la conversión alimenticia independientemente de la forma de medición (calculado con ganancia de peso o con peso vivo). Sin embargo, se debe considerar el efecto de ciertos factores que de manera significativa tienen impacto sobre esta variable respuesta, ya sea para el diseño de un experimento o para la fabricación de alimentos balanceados que incluyan Gln en su formulación.

Referencias

- Abdulkarimi, R., Shahir, M. H., & Daneshyar, M. (2019). Effects of dietary glutamine and arginine supplementation on performance, intestinal morphology and ascites mortality in broiler chickens reared under cold environment. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*, 32(1), 110-117. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0150>
- Askanazi, J., Carpentier, Y. A., Michelsen, C. B., Elwyn, D. H., Furst, P., Kantrowitz, L., & Kinney, J. M. (1980). Muscle and plasma amino acids following injury: influence of intercurrent infection. *Annals of Surgery*, 192(1), 78.
- Avellaneda, Y., Hernández, J., Ariza, C., & Afanador, T. (2008). Efecto de la suplementación de L-glutamina y L-glutamato (Aminogut®) sobre el crecimiento temprano de pollos de engorde. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 55(2), 77-90.

- Ayazi, M. (2014). The effect of dietary glutamine supplementation on performance and blood parameter, carcass characteristics, quality and characteristics meat of broiler chickens under continuous heat stress condition. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3(12), 1234-1242.
- Bartell, S. M., & Batal, A. B. (2007). The effect of supplemental glutamine on growth performance, development of the gastrointestinal tract, and humoral immune response of broilers. *Poultry Science*, 86(9), 1940-1947. <https://doi.org/10.1093/ps/86.9.1940>
- Bax, L., 2016. MIX 2.0 - Professional software for meta-analysis in Excel. Version 2.0.1.5. Bios-tatXL. Obtenido de: <https://www.meta-analysis-made-easy.com/>
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2011). *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons.
- Calder, P. C., & Yaqoob, P. (1999). Glutamine and the immune system. *Amino acids*, 17(3), 227-241. <https://doi.org/10.1007/BF01366922>
- Dai, S. F., Gao, F., Zhang, W. H., Song, S. X., Xu, X. L., & Zhou, G. H. (2011). Effects of dietary glutamine and gamma-aminobutyric acid on performance, carcass characteristics and serum parameters in broilers under circular heat stress. *Animal Feed Science and Technology*, 168(1-2), 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.03.005>
- Dai, S. F., Wang, L. K., Wen, A. Y., Wang, L. X., & Jin, G. M. (2009). Dietary glutamine supplementation improves growth performance, meat quality and colour stability of broilers under heat stress. *British Poultry Science*, 50(3), 333-340. <https://doi.org/10.1080/00071660902806947>
- Devi Priya, K., Selvaraj, P., Nanjappan, K., & Jayachandran, S. (2010). Oral supplementation of putrescine and l-glutamine on the growth performance, immunity, intestinal enzymes in the broiler chickens. *Tamilnadu Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 6(5), 250-254.
- Fasina, Y. O., Bowers, J. B., Hess, J. B., & McKee, S. R. (2010). Effect of dietary glutamine supplementation on Salmonella colonization in the ceca of young broiler chicks. *Poultry Science*, 89(5), 1042-1048. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00415>
- Higgins, J. P., & Thompson, S. G. (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in Medicine*, 21(11), 1539-1558. <https://doi.org/10.1002/sim.1186>
- Hu, H., Bai, X., Shah, A. A., Wen, A. Y., Hua, J. L., Che, C. Y., & Dai, S. F. (2016). Dietary supplementation with glutamine and γ -aminobutyric acid improves growth performance and serum parameters in 22-to 35-day-old broilers exposed to hot environment. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(2), 361-370. <https://doi.org/10.1111/jpn.12346>
- Jazideh, F., Farhoomand, P., Daneshyar, M., & Najafi, G. (2014). The effects of dietary glutamine supplementation on growth performance and intestinal morphology of broiler chickens reared under hot conditions. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 38(3), 264-270. <https://doi.org/10.3906/vet-1210-32>
- Labow, B. I., Souba, W. W., & Abcouwer, S. F. (2001). Mechanisms governing the expression of the enzymes of glutamine metabolism—glutaminase and glutamine synthetase. *The Journal of Nutrition*, 131(9), 2467S-2474S. <https://doi.org/10.1093/jn/131.9.2467S>
- Lean, I. J., Rabiee, A. R., Duffield, T. F., & Dohoo, I. R. (2009). Invited review: Use of meta-analysis in animal health and reproduction: Methods and applications. *Journal of Dairy Science*, 92(8), 3545-3565. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2140>
- Luquetti, B. C., Alarcon, M. F., Lunedo, R., Campos, D. M., Furlan, R. L., & Macari, M. (2016). Effects of glutamine on performance and intestinal mucosa morphometry of broiler chickens vaccinated against coccidiosis. *Scientia Agricola*, 73(4), 322-327. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0114>

- Maiorka, A., Silva, A. V., Santin, E., Dahlke, F., Bruno, L. D., Boleli, I. C., & Trautenmuller, H. (2016). Effect of broiler breeder age and glutamine supplementation on the development of the intestinal mucosa of 7-day-old chicks. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 18(1), 17-22. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-635X1801017-022>
- Manvailer, G. V., Kiefer, C., de Souza, K. M., Marçal, D. A., Paiva, L. L., Rodrigues, G. P., & Ozelame, A. M. (2015). Glutamine for broilers reared in hot environment. *Archivos de Zootecnia*, 64(248), 377-382.
- Menconi, A., Kallapura, G., Hernandez-Velasco, X., Latorre, J., Morgan, M., Pumford, N. R., & Barton, J. (2013). Effect of glutamine supplementation associated with probiotics on salmonella typhimurium and nitric oxide or glutamine with perinatal supplement on growth performance and intestinal morphology in broiler chickens. *Clinical Microbiology*, 2(120), 1-7. <http://dx.doi.org/10.4172/2327-5073.1000120>
- Murakami, A. E., Sakamoto, M. I., Natali, M. R., Souza, L. M., & Franco, J. R. (2007). Supplementation of glutamine and vitamin E on the morphometry of the intestinal mucosa in broiler chickens. *Poultry Science*, 86(3), 488-495. <https://doi.org/10.1093/ps/86.3.488>
- Muro, E. M., Pelícia, V. C., Vercese, F., de Souza, I. G., Pimenta, G. M., Oliveira, R. D., & Sartori, J. R. (2015). Aditivos fitogênicos e glutamina mais ácido glutâmico na dieta de frangos desafiados com coccidiose. *Agrarian*, 8(29), 304-311.
- Mussini, F. J., Goodgame, S. D., Lu, C., Bradley, C. D., Fiscus, S. M., & Waldroup, P. W. (2012). A nutritional approach to the use of anticoccidial vaccines in broilers: glutamine utilization in critical stages of immunity acquisition. *International Journal of Poultry Science*, 11(4), 243-246.
- Namroud, N. F., Shivazad, M., Zaghari, M., Madadgar, O., & Nourijelyani, K. (2017). Impact of dietary glutamine on amino acid digestibility values and intestinal morphometric parameters in neonate chicks. *South African Journal of Animal Science*, 47(4), 440-453. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v47i4.3>
- Nascimento, G. M., Leandro, N. S., Café, M. B., Stringhini, J. H., Andrade, M. A., Martinez, K. D., & Mascarenhas, A. G. (2014). Performance and intestinal characteristics of broiler chicken fed diet with glutamine in the diet without anticoccidials agents. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(3), 637-648. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402014000300011>
- Nassiri Moghaddam, H., & Alizadeh-Ghamsari, A. H. (2013). Improved performance and small intestinal development of broiler chickens by dietary L-glutamine supplementation. *Journal of Applied Animal Research*, 41(1), 1-7. <https://doi.org/10.1080/09712119.2012.738214>
- Newsholme, P. (2001). Why is L-glutamine metabolism important to cells of the immune system in health, postinjury, surgery or infection? *The Journal of Nutrition*, 131(9), 2515S-2522S. <https://doi.org/10.1093/jn/131.9.2515S>
- Nitsan, Z., Dunnington, E. A. & Siegel, P. B., 1991. Organ growth and digestive enzyme levels to fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight. *Poultry Science*, 70(10), 2040-2048. <https://doi.org/10.3382/ps.0702040>
- Olubodun, J. O., Zulkifli, I., Farjam, A. S., Hair-Bejo, M., & Kasim, A. (2015). Glutamine and glutamic acid supplementation enhances performance of broiler chickens under the hot and humid tropical condition. *Italian Journal of Animal Science*, 14(1), 3263. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3263>
- Phanvijhitsiri, K., Musch, M. W., Ropeleski, M. J., & Chang, E. B. (2006). Heat induction of heat shock protein 25 requires cellular glutamine in intestinal epithelial cells. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 291(2), C290-C299. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00225.2005>
- Pohlenz, C., Buentello, A., Bakke, A. M., & Gatlin III, D. M. (2012). Free dietary glutamine improves intestinal morphology and increases en-

- terocyte migration rates, but has limited effects on plasma amino acid profile and growth performance of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 370, 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.10.002>
- Ribeiro, J. V., Albino, L. F., Rostagno, H. S., Hannas, M. I., Ribeiro, C. L., Vieira, R. A., & da Silva, D. L. (2015). Effects of dietary L-glutamine or L-glutamine plus L-glutamic acid supplementation programs on the performance and breast meat yield uniformity of 42-d-Old Broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 17(SPE), 93-98. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-635X-SPECIALISSUENutrition-PoultryFeedingAdditives093-098>
- Roth, E. (2008). Nonnutritive effects of glutamine. *The Journal of Nutrition*, 138(10), 2025S-2031S. <https://doi.org/10.1093/jn/138.10.2025S>
- Sakamoto, M. I., Faria, D. E., Nakagi, V. S., Negrão, J. A., Araújo, R. B., Souza, K. M., & Previero, T. C. (2011). Utilization of glutamine, associated with glutamic acid, on development and enzymatic activity in broiler chickens. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 63(4), 962-972. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352011000400023>
- Salmanzadeh, M., Ebrahimnezhad, Y., Aghdam Shahryar, H., & Ghiasi Ghaleh-Kandi, J. (2016). The effects of in ovo feeding of glutamine in broiler breeder eggs on hatchability, development of the gastrointestinal tract, growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Archives Animal Breeding*, 59(2), 235-242. <https://doi.org/10.5194/aab-59-235-2016>
- Sauvant, D., Schmidely, P., Daudin, J. J., & St-Pierre, N. R. (2008). Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. *Animal*, 2(8), 1203-1214. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002280>
- Shakeri, M., Oskoueian, E., Najafi, P., & Ebrahimi, M. (2015). Impact of glutamine in drinking water on performance and intestinal morphology of broiler chickens under high stocking density. *Istanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 42(1), 51-56. <https://doi.org/10.16988/iuvfd.2016.42317>
- Sifa, D., Bai, X., Zhang, D., Hu, H., Wu, X., Wen, A., Zhao, L. (2018). Dietary glutamine improves meat quality, skeletal muscle antioxidant capacity and glutamine metabolism in broilers under acute heat stress. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 1412-1417. <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1520113>
- Soares, A. D., Costa, K. A., Wanner, S. P., Santos, R. G., Fernandes, S. O., Martins, F. S., & Cardoso, V. N. (2014). Dietary glutamine prevents the loss of intestinal barrier function and attenuates the increase in core body temperature induced by acute heat exposure. *British Journal of Nutrition*, 112(10), 1601-1610. <https://doi.org/10.1017/S0007114514002608>
- Soltan, M. A. (2009). Influence of dietary glutamine supplementation on growth performance, small intestinal morphology, immune response and some blood parameters of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 8(1), 60-68.
- Wang, H., Zhang, C., Wu, G., Sun, Y., Wang, B., He, B., & Wu, Z. (2014). Glutamine enhances tight junction protein expression and modulates corticotropin-releasing factor signaling in the jejunum of weanling piglets. *The Journal of Nutrition*, 145(1), 25-31. <https://doi.org/10.3945/jn.114.202515>
- Wischmeyer, P. E. (2002). Glutamine and heat shock protein expression. *Nutrition*, 18(3), 225-228. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(01\)00796-1](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(01)00796-1)
- Wu, G., Bazer, F. W., Johnson, G. A., Knabe, D. A., Burghardt, R. C., Spencer, T. E., & Wang, J. J. (2011). Triennial Growth Symposium: important roles for L-glutamine in swine nutrition and production. *Journal of Animal Science*, 89(7), 2017-2030. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3614>
- Xue, G. D., Barekatin, R., Wu, S. B., Choct, M., & Swick, R. A. (2018). Dietary L-glutamine su-

- pplementation improves growth performance, gut morphology, and serum biochemical indices of broiler chickens during necrotic enteritis challenge. *Poultry Science*, 97(4), 1334-1341. <https://doi.org/10.3382/ps/pex444>
- Yi, G. F., Allee, G. L., Knight, C. D., & Dibner, J. J. (2005). Impact of glutamine and oasis hatching supplement on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broilers vaccinated and challenged with *Eimeria maxima*. *Poultry Science*, 84(2), 283-293. <https://doi.org/10.1093/ps/84.2.283>
- Zavarize, K. C., Sartori, J., Pelícia, V., Pezzato, A., Araujo, P., Stradiotti, A., & Madeira, L. (2011). Glutamina e nucleotídeos na dieta de frangos de corte criados no sistema alternativo. *Archivos de Zootecnia*, 60(232), 913-920.
- Zhong, X., Li, W., Huang, X., Wang, Y., Zhang, L., Zhou, Y., ...& Wang, T. (2012). Effects of glutamine supplementation on the immune status in weaning piglets with intrauterine growth retardation. *Archives of Animal Nutrition*, 66(5), 347-356. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2012.683325>
-

Megaminería, agua y territorio: procesos de des-re-territorialización frente al concesionamiento de zonas de importancia hídrica en la parroquia El Chical, provincia del Carchi, Ecuador

Megamining, water and territory: processes of un-re-territorialization due to concession of important water resources in zones of the parish of El Chical, Carchi province, Ecuador

Mireya Levy¹

✉ Autor para correspondencia: mireyalevy@hotmail.com

¹ Universidad Central del Ecuador, Maestría en Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Riego

Resumen

Este artículo es un esfuerzo por definir y caracterizar las “zonas de importancia hídrica” afectadas por las concesiones mineras dentro del territorio establecido como área mestiza de la parroquia El Chical, en la provincia del Carchi. Frente a la ola de concesionamientos para minería industrial, surgen un sinnúmero de debates e incertidumbres por parte de las poblaciones locales que se encuentran en territorios definidos como mineros por el Estado central. Al estar las áreas concesionadas en conflicto con estas “zonas de importancia hídrica” se genera una competencia por los usos y manejo del territorio que, desde la perspectiva de esta investigación, implica una forma de desterritorializar a la población, por cuanto sus modos de vida y los recursos naturales para mantener los mismos se ven amenazados. Esta amenaza se materializa a través de la presencia, cada vez más visible, de empresas mineras transnacionales, que van influyendo en las relaciones locales. Este artículo es la primera parte de una investigación más amplia, cuyo objetivo es analizar factores de desterritorialización y reterritorialización, desde los diversos actores, en relación con el recurso agua, sus usos y su conservación; como una respuesta a la imposición de territorios mineros, en la parroquia El Chical. En esta primera parte se realiza una caracterización de la problemática agua y minería; un análisis teórico de los procesos de des-reterritorialización desde el enfoque de la geografía crítica, para finalmente aterrizar con un análisis de la situación actual de concesiones y su solape con zonas de importancia hídrica en el área de estudio.

Palabras clave: Minería, Agua, Territorio, Des-re-territorialización

Abstract

This article is an effort to define and characterize “important hydrologic zones” affected by mining concessions in the territory defined as mestizo, part of the parish El Chical in Carchi province in northwestern Ecuador. Facing a wave of concessions for industrial mining, many debates and uncertainties from the local populations that inhabit these territories, now defined as miners from the central state, have emerged. As these new concessions enter in a conflict for land use, it generates deterritorialization of local habitants, since their way of living and the natural resources to maintain them are threatened by state politics. Besides this, the materialization of this politics, including the presence of transnational mining companies, have already influenced changes in

local relationships. This document is the first part of a wider investigation, whose objective is to analyze factors of deterritorialization and reterritorialization, from different actors perspectives, related to water, its use and conservation as a contestation to the imposition of mining territories, in El Chical parish. The document makes a characterization of the problematic between water and mining, and then analyzes from the critical geography perspective the processes of deterritorialization and reterritorialization, to finally make and overlap between mining concessions and important hydrologic zones in the study area.

Keywords: Minery, Water, Territory, Un-re-territorialization

1. Introducción

La historia de la megaminería en el Ecuador se inicia en la década de los 90 en el marco de la implantación de políticas neoliberales en Latinoamérica. En esta década empresas de prospección extranjeras adquieren millones de hectáreas para exploración geológica "... desde las orillas de la selva amazónica, en el sur del país, hasta los páramos andinos y los bosques húmedos de las vertientes occidentales de la cordillera de los Andes" (Sacher, 2017, p. 155). Desde este momento, los gobiernos que se sucedieron, tanto los del periodo neoliberal como el autodenominado gobierno de la "Revolución Ciudadana", promovieron el proyecto de transformar el Ecuador en un país de minería industrial. Durante las últimas dos décadas, los gobiernos ecuatorianos proveyeron un apoyo institucional, legal, político y moral a las empresas transnacionales.

Se diseñó entonces una "nueva institucionalidad minera" (Sacher, 2017) que permitió definir cinco proyectos megamineros metálicos prioritarios, calificados de "estratégicos"¹: Mirador, en Zamora Chinchipe, cuyo contrato de explotación se firmó en el 2012 con las transnacionales chinas Tongling y CRCC; Fruta del Norte, en Zamora Chinchipe, a cargo de la compañía sueco-canadiense Lundin Gold; Loma Larga, en la provincia del Azuay, a cargo de la canadiense INV Metals; Río Blanco, en la misma provincia, a cargo de la empresa china Junefields, y San Carlos-Panantza, en Morona Santiago, también a cargo de las estatales chinas Tongling y CRCC. Estos proyectos, según estimaciones del mismo gobierno, una vez que inicie su explotación, significarían exportaciones anuales por USD 3.778 millones, de los cuales el Estado recibiría USD 784 millones por

concepto de regalías. Esto eventualmente llegaría a constituir el 5,6% del PIB (Sacher, 2017, p. 172).

Además de estos proyectos, el gobierno procedió a la reapertura del Catastro Minero, en abril del 2016, lo que dio paso a una nueva ola de concesionamientos para minería a gran escala a lo largo y ancho del país, que abarca aproximadamente un 15% del territorio nacional (ARCOM, 2018). Estas nuevas concesiones a nivel nacional, causaron descontento en las comunidades cuyos territorios se encuentran afectados, especialmente debido a la falta de información, y la inexistencia de consultas previas. Dentro de este 15%, se incluye el concesionamiento de más del 30% de áreas definidas como Bosques Protectores, categoría de protección bajo la cual la realización de actividades extractivas no está prohibida (Vandergrift *et al.*, 2017).

El noroccidente de la provincia del Carchi, es uno de los "bloques" definidos por el Ministerio de Minería (Ministerio de Minería del Ecuador, 2016). Dentro de este bloque la parroquia El Chical, específicamente, tiene más de un 90% de su territorio parroquial concesionado, para lo que según el catastro minero se define como actividades de "mediana y gran minería" (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2017). Esta zona, constituye uno de los últimos remanentes de bosque nativo de las estribaciones de la cordillera occidental, que forma parte de la región del Chocó (Gobierno Provincial del Carchi, 2015), pero además es una zona agrícola y pecuaria con unidades productivas familiares que dan sustento a más de 5.000 habitantes (GAD Parroquial El Chical, 2015). Así, los objetivos de la presente investigación son: por un lado, analizar los impactos de la minería en relación al recurso agua, en cuanto a su acceso, calidad y los cambios en su gobernanza. Estos impactos se abordan con los conceptos de des-reterritorialización, desde el enfoque de la geografía crítica, y se ha logrado aterrizarlos en el territorio en cuestión, al identificar zonas

¹ Estos proyectos se definen como estratégicos por el gobierno central, por ser los más avanzados, pero no son las únicas áreas donde se plantea la realización de actividades de minería industrial en el Ecuador (Sacher, 2012).

de importancia hídrica² y cómo estas se encuentran en un claro conflicto por el uso del territorio, al estar solapadas con concesiones mineras.

2. Megaminería y sus impactos en el elemento agua

El agua, dentro de las actividades mineras, es un punto álgido de conflicto con las poblaciones directamente afectadas por estas actividades, no solamente por el uso intensivo y de grandes cantidades del líquido vital que esta industria requiere, sino también debido a que las actividades mineras alteran la calidad y cantidad de agua disponible (Sacher & Báez, 2011). Además, esta actividad genera cambios y transformaciones irreversibles en las formas institucionales y locales de regular y gobernar este elemento (Budds, 2012; Sosa & Zwartveen, 2014).

Una parte del agua es requerida por la actividad minera para el lavado y triturado de rocas que contiene el mineral a extraerse, pero a su vez, el drenaje ácido de mina y los diques con agua contaminada son un riesgo constante de contaminación a gran escala³, así como la extracción de agua subterránea que altera flujos de vertientes aguas abajo, deviniendo en profundas modificaciones en los regímenes hídricos (Sosa & Zwartveen, 2014; Sacher & Acosta, 2012; Yacoub, 2007).

Pese a la existencia tanto de normativas y regulaciones nacionales como tratados internacionales, en referencia a la gestión del agua en operaciones mineras, la alteración drástica de los recursos hídricos, flujos y ecosistemas acuáticos, según la experiencia de países como Perú es, en palabras de Bebbington & Williams (2008), “incuestionable”. Donde se implementa la minería industrial, aumenta la conflictividad social y socio-ambiental en relación con esta industria (Sairinen, Tiainen & Mononen, 2017). Esta situación se agrava tomando en cuenta que las concesiones mineras a menudo abarcan zo-

nas de cabeceras de cuenca, generando impactos a territorios ubicados aguas abajo (Yacoub, 2013).

“A través del agua, los efectos de la minería son experimentados en localidades que son distantes de la mina(s) y que de otra manera no serían afectados por la minería” (Budds, 2012, p. 128).

En cuanto a la evaluación de los impactos de la actividad minera sobre los recursos hídricos, la credibilidad sobre mediciones y datos de la cantidad y calidad del agua afectada por esta actividad, normalmente es realizada por actores externos al territorio, contratados por la empresa minera o, a su vez, son realizados por ella misma. Esto le confiere autoridad a la empresa para decidir y gestionar el agua sobre el territorio en el que se encuentra y evaluar los impactos de su propia actividad (Sosa & Zwartveen, 2012; Budds, 2012). Como consecuencia, denuncias sobre afectaciones al agua no se investigan ni sancionan, pese a que la población local maneja conocimientos de mucha más larga data, basados en su relación directa, siendo estos menospreciados como datos empíricos (Sosa & Zwartveen, 2014).

3. Megaminería y procesos de des-reterritorialización

3.1 Fundamentos teóricos

La conducción teórica de esta investigación se apoya en los conceptos que desde la geografía crítica se plantean para definir territorio y territorialidad. Estas definiciones son necesarias para analizar los procesos de des-re-territorialización, cuya comprensión se da a partir de estos dos conceptos previos. A través de este enfoque se busca comprender las dinámicas territoriales desde los diferentes actores y cómo se generan las diferentes territorialidades. La existencia de múltiples territorialidades implica una disputa por defender su legitimidad sobre la base de diferentes herramientas y estrategias.

Dentro de las ramas de la geografía, la geografía crítica parte de la comprensión del espacio habitado, no solamente como la base material para la supervivencia humana. Le confiere la categoría de “campo político en disputa” (Murillo & Sacher, 2017); lo que implica que tanto el territorio como la naturaleza son categorías producidas socialmente desde el ámbito material y simbólico. Esta producción responde a diferentes intereses y lecturas del espacio natural y social que buscan apropiarse de éste. Esta aproxima-

2 Zonas de importancia hídrica: áreas con alto potencial para recarga, zonas de conservación bajo diferentes categorías cuyo mantenimiento es importante para regular y mantener los recursos hídricos, fuentes donde existen captaciones para diferentes usos del agua.

3 Entre los mayores desastres por colapso de diques de colas se encuentran: Summitville Gold mine, en EE.UU., en el año 1986; Mina de Oro Omai, en Guyana, en el año 1995; Mina Ashanti Compañía Goldfields, en Ghana, en el año 1996; Mina Gold Quarry, en EE.UU., en el año 1997; Mina Aurul, en Rumania, en el año 2000; Mina Samarco, en Brasil, en el año 2015 (Burritt & Christ, 2018).

ción al espacio introduce una “(...) reflexión sobre cómo lo pensamos, lo representamos, lo vivimos y lo creamos” (Casellas, 2010, p. 575).

El concepto de territorio en América Latina ha sido utilizado de manera tanto descriptiva como analítica, por múltiples actores sociales, activistas y académicos (Sandoval, Robertsdotter & Paredes, 2017). Estos actores van desde el Estado en su afán de territorializarse a través de las políticas públicas; las empresas transnacionales intentando controlar territorialmente mercados y recursos naturales; como los movimientos socio-ambientales y actores locales en respuesta a la confrontación entre estas fuerzas divergentes y de intereses contrapuestos (Fernandes, 2008).

El territorio se conceptualiza como un espacio apropiado, espacio hecho cosa propia, instituido por sujetos y grupos sociales que se afirman por medio de él (Porto-Gonçalves, 2009, p. 127), reconociendo las relaciones de poder inscritas en el espacio que se traducen en prácticas de control y apropiación (Sandoval *et al.*, 2017). El territorio, como afirma Haesbaert (2007), es material y simbólico, y es a través de acciones simbólicas e instrumentales de apropiación y valoración que se produce la territorialización de un espacio (Raffestin, 1980). El territorio está constituido por diferentes territorialidades que se definen como el impulso e intencionalidad de los diversos grupos de imprimirse en el espacio (Haesbaert, 2013). Por lo que la territorialidad es construida entre la gente y el espacio natural, a través de acciones, percepciones, formas de valoración territorial y actitudes (Raffestin, 1980). El concepto de territorialidad se puede entender como una relación más dinámica, que implica prácticas, símbolos y manifestaciones que los grupos sociales, actores estatales, empresas, entre otros, realizan para definir sus territorios (Murillo & Sacher, 2017).

Al hablar de la creación de territorios mineros, estos son configurados a través de las acciones emprendidas por el Estado desde los discursos, la propaganda, la institucionalidad. Pero además se hace referencia a políticas concretas que influyen en la infraestructura, los servicios, la determinación de categorías de ordenamiento territorial y vocación de usos del suelo para materializar su imaginario de Ecuador como un país de minería industrial; como a su vez la conversión de este sector en un importante rubro en la economía nacional.

Estos nuevos territorios mineros, definidos desde el ordenamiento territorial estatal (Ministerio

de Minería del Ecuador, 2016), dan cuenta de una comprensión del territorio como un espacio donde lo legítimo se define solo desde el Estado central, a través de la gobernabilidad. Esto deviene en que las diversas territorialidades existentes dentro del territorio nacional se mantienen subordinadas, resultando en una relación de territorios dominantes y dominados “(...) eliminando los sujetos y las relaciones sociales que no son incorporados o captados dentro de los intereses del Estado” (Fernandes, 2008, p. 12).

3.2 Des-reterritorialización

A partir de la definición de territorio desarrollada, se parte de la premisa de que en un mismo espacio geográfico material confluyen diversas territorialidades. La convivencia o confrontación de estas territorialidades deviene en una producción constante de desterritorializaciones y reterritorializaciones sucesivas. Al ser las territorialidades dinámicas en sí mismas, estos procesos de des-re-territorialización no son situaciones estáticas sino procesos antagónicos en constante contestación.

Así, des-re-territorialización es una forma de enmarcar, imaginar, definir y clasificar territorios en los que se presentan actividades en competencia, lo que va a causar conflictos entre dos o más grupos, y donde uno de los grupos siente que la propuesta de su oponente es destructiva (el grupo desterritorializado), mientras el otro se legitima e impone (Holifield & Day, 2017). Esto llevado a un caso más específico como la territorialidad que representa la megaminería, implica que cuando esta actividad ingresa en un determinado territorio, resulta en una disputa que se define por el “carácter antagónico de las territorialidades y territorializaciones comunitarias, por una parte, y las de las grandes empresas mineras y el Estado, por otra” (Murillo & Sacher, 2017, p. 52). Este proceso está marcado por diversos mecanismos que el Estado y las empresas mineras utilizan, a través de los cuales se pretende anular las territorialidades locales o llegar a un estado de adoctrinamiento de éstas, tomando en cuenta que las mismas no se extinguen del espacio. Esto quiere decir que ““(...) los procesos de desterritorialización y reconstrucción de territorios, se encuentran en una dialéctica permanente entre ambos” (Haesbaert, 2013, p. 10).

Tal como el mismo Haesbaert lo analiza, existen múltiples formas de leer e interpretar la desterritorialización, sobre todo si el análisis se sitúa en la época actual de fase de sobreacumulación del capitalismo y consiguiente expansión de las actividades extractivas

a nivel global (Sacher, 2017). Es, entonces, desde sus inicios, el capitalismo como sistema económico, un sistema que desterritorializa los modos de producción preexistentes para reterritorializarse.

Mientras que lo que se define como reterritorialización aparece como una contestación constante, más allá de la actividad de megaminería; es decir, es histórica y propia de la respuesta de la territorialidad que está siendo repelida o anulada. Esta emerge desde las territorialidades de las comunidades y pobladores que se presentan territorializados en áreas que han sido “(...) marginalizadas por los diferentes periodos de reproducción capitalista y que, justamente por eso, pudieron ser ocupadas por los pueblos racializados tras los sucesivos procesos de des-re-territorialización resultantes de los diferentes frentes de expansión” (Silveira, 2011, citado en Silveira *et al.*, 2017, p. 71); o por el capital, en su afán de ocupar otros espacios.

La reterritorialización, entonces, es un movimiento de resistencia o respuesta a la desterritorialización que busca mecanismos de legitimar las territorialidades existentes, cuando se habla de que grupos previamente establecidos en un territorio son amenazados con ser segregados, o efectivamente pierden su capacidad de construir y ejercer control efectivo sobre sus territorios. Pero, además, las mismas actividades extractivistas, así como el Estado, pueden también re-territorializarse buscando re-enamblarse, re-contextualizarse y re-crearse (Colectivo de Geografía Crítica Ecuador, 2017).

4. Concesionamiento para megaminería de zonas de importancia hídrica⁴ en la parroquia El Chical, provincia del Carchi

4.1 Metodología

Para determinar las “zonas de importancia hídrica”, dentro del área de estudio definida, se identificaron usos del agua, áreas en conservación y zonas con alto potencial para recarga hídrica. Para identificar estas últimas se utilizó la metodología planteada por Matus, Faustino y Jiménez denominada “Guía

participativa para la determinación de zonas de recarga hídrica” (Matus, Faustino, & Jiménez, 2009) con base en información secundaria de parámetros físicos: pendiente, tipos de suelos, cobertura permanente y tipos de rocas que definen áreas potenciales para la recarga hídrica. Los resultados de la aplicación de esta metodología, luego se evalúan con los pobladores locales.

La realización de trabajo de campo consistió en identificar tanto zonas de reserva para cuidado de los recursos hídricos, como fuentes hídricas que están bajo alguno de los usos determinados⁵. Esto implicó el mapeo y visita a las captaciones de agua para consumo humano en los cinco centros poblados mestizos identificados dentro del área de estudio, y la identificación de áreas determinadas por las Juntas de Agua de Consumo como zonas de conservación de sus fuentes. Además, se realizaron cuatro talleres de mapeo participativo donde se identificaron, en el ámbito de la comunidad, las áreas prioritarias para manutención y uso de los recursos hídricos. Por último, se efectuaron entrevistas semiestructuradas a actores locales, en las cuales se dialogó sobre el manejo del agua dentro de cada comunidad, el conocimiento sobre las concesiones mineras y cómo estas influyen en las dinámicas del territorio y se asistió a tres asambleas, dos socializaciones de la empresa Cornerstone⁶ y una marcha llevada a cabo en la ciudad de Tulcán.

Para conocer cuáles eran estos actores comunitarios se realizó la identificación de informantes claves con los que se iniciaron las entrevistas semiestructuradas. Estos informantes en un inicio fueron los presidentes/as de las cinco comunidades dentro del área de estudio (Unthal, Puerramal, El Chical, Quinshull y La Esperanza) y los presidentes/as de las Juntas Administradoras de Agua Potable de estas mismas comunidades, a quienes se entrevistó según su disponibilidad de tiempo. Además, a través de la asistencia a asambleas comunitarias relacionadas a la temática minera, se grabó intervenciones de otros actores que también forman parte de este proceso de mapeo. Las intervenciones fueron tanto de actores comunitarios, funcionarios

4 Zonas potenciales de recarga: áreas con la capacidad de almacenar agua en la superficie, que son conservadas y manejadas a fin de mantener sus características físicas de permeabilidad e infiltración, ya que afectan la magnitud de la recarga, y genera contaminantes que se puedan infiltrar al acuífero y dañar la calidad de sus aguas (Matus, Faustino, & Jiménez, 2009).

5 Los usos definidos fueron: consumo humano, recreativo, soberanía alimentaria.

6 Esta empresa canadiense es la operadora del Proyecto Espejo, compuesto por las concesiones Espejo 1, 2, 3 y 4. El titular de estas concesiones es la Empresa Nacional Minera (ENAMI).

públicos, así como de trabajadores de empresas mineras presentes en el territorio.

Para completar el mapeo, los actores a nivel de instituciones públicas y empresas privadas, fueron identificados primero a través de las carteras de Estado encargadas de la política pública relacionada a la minería, agua y ambiente en el área de estudio: Gobierno Provincial del Carchi, GAD Parroquial El Chical, Ministerio de Minería (hoy Subsecretaría de Minería), Ministerio del Ambiente, Secretaría Nacional del Agua, Cámara de Minería del Ecuador, Empresa Cornerstone. De las grabaciones realizadas en asambleas y en las intervenciones, una vez transcritas se analizó qué instituciones no habían intervenido en estos espacios, por lo que era necesario solicitar entrevistas.

4.2 Resultados

Un análisis, a partir del catastro minero disponible en el sitio web de la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM), permite visualizar que para la parroquia El Chical, las concesiones otorgadas y en trámite cubren áreas de cabeceras de cuencas hidrográficas, zonas de recarga hídrica, bosques protectores, zonas de producción agrícola y centros poblados donde las “territorialidades”⁷ existentes entrarían en posible contradicción con las actividades mineras que se quiere emprender allí.

Como se observa en la Figura 1, más del 90% del territorio parroquial se encuentra concesionado para minería a mediana y gran escala, a la Empresa Nacional ENAMI, a CARNEGIE RIDGE RESOURCES S.A, SEMIPRO-HG S.A. y COMPANÍA ECCOLMETALS S.A.

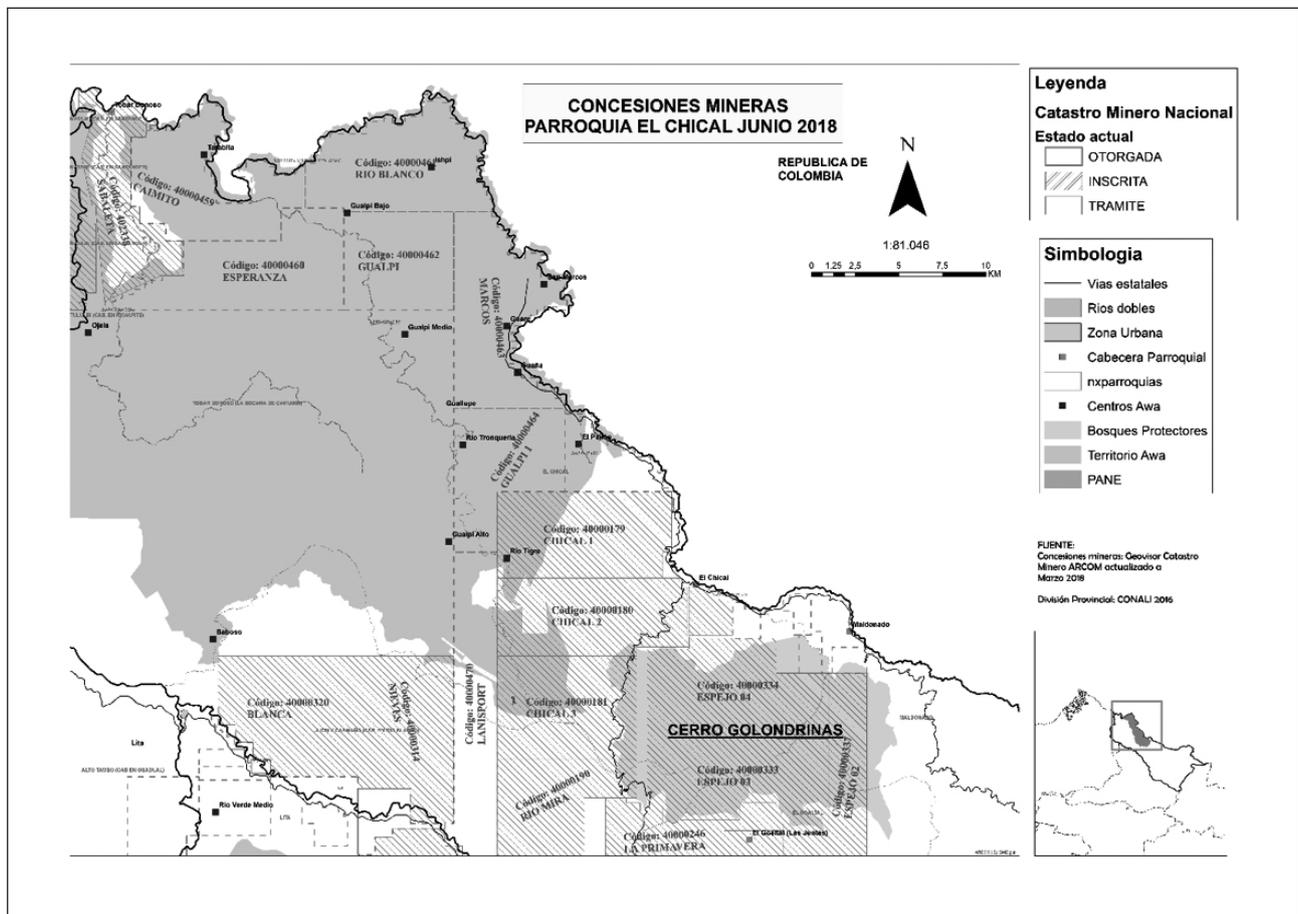


Figura 1. Concesiones mineras en la parroquia El Chical. Elaboración propia a partir de: Información Base, catastro minero ARCOM, IGM, MAE.

7 En las entrevistas realizadas a los dirigentes locales, se menciona que la zona nunca ha sido minera, ellos se definen como campesinos. Sobre los efectos de la minería saben por experiencias de las zonas de Tobar Donoso y Esmeraldas, que la contaminación de las fuentes hídricas es un grave problema, tanto como las problemáticas sociales.

Dentro de esta zona, se definieron las siguientes áreas de conservación: el Bosque Protector Cerro Golondrinas, declarado dentro de esta categoría por el Ministerio del Medio Ambiente en 1995, con una extensión total de 13.509 ha (Gobierno Provincial del Carchi, 2015). Este es cabecera de ocho subcuencas hidrográficas que proveen agua para consumo humano, actividades productivas y equilibrio ecológico de manera directa a cuatro parroquias del noroccidente del Carchi (Gobierno Provincial del Carchi, 2015). El área conocida como Cerro Colorado, que constituye un espacio de conservación comunitaria de la comunidad La Esperanza. A su vez dentro del área se encuentran cinco Juntas Administradoras de Agua Potable de las cuales una mantiene una reserva hídrica de 5,29 y existen 705,5 ha en conservación dentro del programa Socio Bosque (MAE, 2017)

A través del cruce de los parámetros planteados por Matus et al., se determinan las zonas con mayor importancia para recarga de los sistemas hidrológicos de la zona. Las áreas con más alto potencial se encuentran hacia la zona sur de la parroquia y abarcan las áreas correspondientes al bosque protector Golondrinas, y a la cordillera conocida como Cerro Colorado más hacia el noroccidente (Figura 2). El factor uso del suelo, permite ubicar a estas como zonas prioritarias, por cuanto aquí están las áreas de remanente de bosque más conservadas a nivel parroquial. Coincidente además con las zonas de cordillera donde nacen las microcuencas que forman parte de la subcuenca binacional del río San Juan, mismo que es el límite internacional entre Ecuador y Colombia.

Según la definición de zonas de importancia hídrica contemplada para esta investigación, estos resultados se contrarrestaron con talleres de mapeo participativo, en los cuales la población identificó, dentro de los límites de sus comunidades, cuáles son las áreas más importantes para la conservación de los recursos hídricos. Las cinco comunidades visitadas concuerdan en que el área donde nacen las vertientes y donde se realiza la captación de agua para consumo humano es vital para la manutención de la calidad de vida en la zona. Además de esto se identifica que en las fincas se utiliza el agua para actividades piscícolas y abrevaderos, actividades no registradas por la SENAGUA al no contar con permisos de uso y aprovechamiento. Por último, tanto en el ámbito de talleres como de entrevistas personales se identifica al Bosque Protector Golondrinas como un área vital para la manutención de los sistemas hídricos en el área.

“El cerro Golondrinas para nosotros la nacionalidad Awá, el cual lo hemos mirado como nuestra única madre protector de esta zona del Carchi” (poblador Awá 2, grabación realizada por la autora, 9 de agosto 2017).

“Peormente vamos a permitir nuestras áreas que estamos protegiendo como es el cerro Golondrinas a donde nosotros somos agricultores, y tenemos nuestras aguas cristalinas que las tomamos en las dos parroquias como es Chical y Maldonado” (poblador comuna La Esperanza 3, grabación realizada por la autora, 16 de febrero 2018).

“No hemos sufrido del agua, tenemos bastante agua en toda la parroquia [El Chical]. Venimos cuidando el Bosque Protector Golondrinas, que no entre la gente minera. Nosotros siempre hemos manejado el agua, limpia, sana” (poblador Puerramal 1, grabación realizada por autora, 23 de marzo 2018).

Una de las razones más fuertes para definir esta apropiación se da porque allí se encuentran las ‘nacientes’ de las micro cuencas que alimentan las zonas pobladas en la región.

La categoría de bosque de vegetación protectora implica que no es prohibida la realización de actividades extractivas, según la legislación ambiental nacional. El Código Orgánico Ambiental, en su art. 89 define que los bosques y vegetación protectores se encuentran dentro del Patrimonio Forestal Nacional. Al estar en este subsistema de protección, la prohibición de realizar actividades extractivas de recursos no renovables no se aplica. Así, el artículo 54 del mismo cuerpo legal dictamina que solamente las áreas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y en zonas declaradas como intangibles tienen prohibición de estas actividades. Por lo tanto, pese a que los bosques y vegetación protectores estén conservando zonas altamente frágiles, degradadas y que generan servicios ambientales vitales para poblaciones humanas, estos no tienen una protección en el ámbito de las leyes.

Otra categoría identificada como conservación corresponde a las áreas de conservación comunitaria y local, como el Bosque Cerro Colorado y el área en conservación perteneciente a la Junta de Agua Potable de El Chical. Estas fueron delimitadas por los pobladores interesados en su conservación. La primera se caracteriza por ser una zona de fuertes pendientes que dificulta su utilización para agricultura, pero además donde se ubican las ‘nacientes’ de tres micro cuencas.

Este bosque comunal está escriturado a nombre de la comunidad La Esperanza y es un espacio territorial defendido por su importancia para mantener servicios ambientales. Sin embargo, el 100% de su extensión se encuentra dentro de concesiones mineras; específicamente las concesiones Chical 1 y Chical 2, otorgadas a la empresa Carnegie Ridge Resources S.A.. En la socialización realizada por las entidades estatales, y la empresa Cornerstone operadora del denominado proyecto Espejo, una de las comuneras de este sector

se refirió al bosque comunitario, puntualizando la importancia de esta área protegida:

“Nosotros somos dueños de nuestra comunidad de La Esperanza, y nosotros rechazaremos a las minas. No lo vamos a permitir, porque el agua viene de nuestro bosque comunal [Cerro Colorado] para algunas comunidades” (pobladora de La Esperanza 1, Socialización Proyecto Minero Espejo, El Chical 9 de agosto del 2017, grabación realizada por autora).

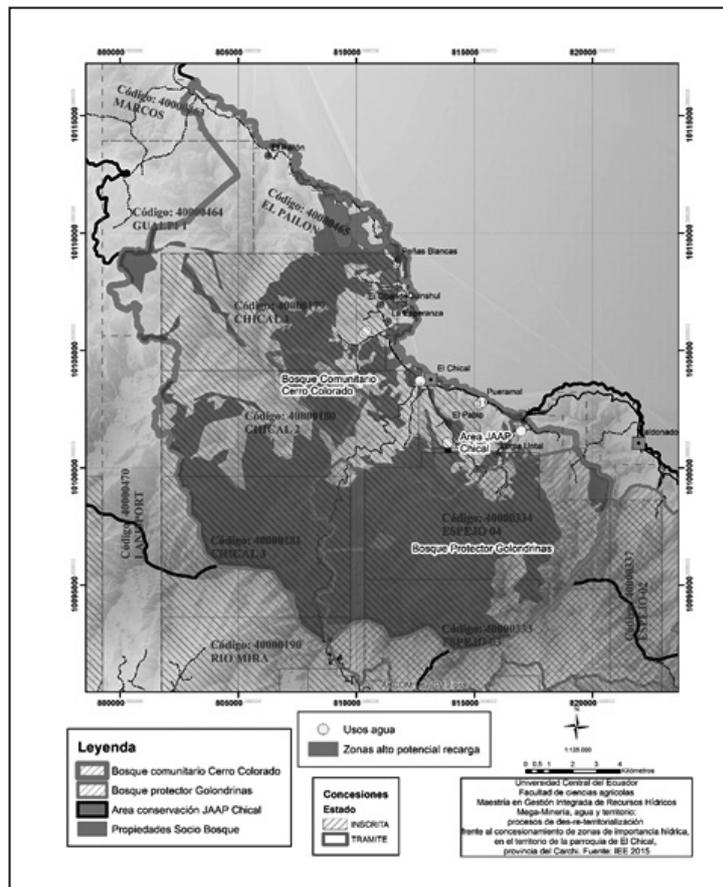


Figura 2. Concesiones mineras, usos del agua y ZHI parroquia El Chical. Elaboración propia a partir de Información 125000 IEE, cantón Tulcán, datos levantados en campo.

En cuanto se realiza un cruce de las zonas de importancia hídrica con las concesiones para megaminería, como se puede observar en la Figura 2, se constata el claro conflicto por los usos del territorio. Este es el resultado de dos territorialidades en una clara disputa. Además, permite verificar como al momento de realizar la determinación de las áreas posibles para explotación minera no existen consideraciones sobre los posibles alcances de las mismas en relación a la afectación de recursos hídricos.

Las zonas de importancia hídrica propuestas como una categoría de análisis para esta investigación, permitieron identificar áreas trascendentes para mantener la recarga de los sistemas hídricos y, por lo tanto, para abastecer distintos usos y formas de gestión del agua, y sostener las zonas bajo conservación. La identificación de las zonas importantes en términos del agua, con la ayuda de los sistemas de información geográfica, permiten generar representaciones del territorio que se pueden contrastar con las concesiones mineras entregadas.

Se tiene entonces dos consideraciones en relación al área de estudio. Por un lado, un área que desde una perspectiva de conservación de los recursos hídricos y de los ecosistemas presenta un remanente de bosque nativo altamente amenazado; pero que, además, tiene áreas bajo categorías de conservación reconocidas por el Estado y por las poblaciones locales. Por otro lado, el área es también un territorio habitado por personas, para quienes el agua y los recursos naturales representan la posibilidad de mantener sus modos de vida, que se perciben como en riesgo de ser alterados de manera permanente por la actividad minera a gran escala.

“Nuestra tierra es para vivir, no para [que] el señor presidente nos venga a hacernos daño. Entonces y por esta razón, nuestra tierra, nuestros abuelos y nuestros antepasados nos dejaron para que vivamos y nos mantengamos de la tierra. El oro para nosotros no es vida, el oro es solamente para los gringos, la riqueza que ellos se llevan a otros lados, aquí la gente quedará pobre otra vez. (...) somos oriundos de nuestra tierra; y ustedes no nos van a reponer otro lugar, otro país donde irnos. (...) entonces en vano se han antojado de esta tierra. Este terreno nos lo dejó Dios, y nuestros abuelos, no el presidente de la República” (pobladora de El Chical 8, Socialización Proyecto Espejo, El Chical 9 agosto 2017, grabación realizada por autora).

6. Conclusiones

La presente investigación ha buscado analizar los procesos de des-re-territorialización en la zona mestiza de El Chical, a partir de tres grandes temáticas y su interrelación con la problemática agua, minería y territorio. Primero, se delimitó y contextualizó las zonas de importancia hídrica en el área de estudio; luego se analizó las territorialidades locales, el papel del agua en las mismas y las respuestas desde la población local a la imposición de estos territorios mineros.

La megaminería es una actividad que genera cambios irreversibles en los territorios donde se emplaza. En esta investigación se ha profundizado en las afectaciones del agua, en su calidad y cantidad; pero también en las relaciones de la población local con este elemento y cómo éstas se modifican a partir del establecimiento de esta actividad extractiva. El hecho de que zonas de importancia hídrica se encuentren traslapadas con concesiones mineras genera conflictos debido a cómo se está pensando y organizando un mismo territorio desde diferentes

intereses. Así, por un lado, el Estado y las empresas mineras construyen una estrategia para legitimar y materializar su presencia en un determinado territorio de su interés; mientras la población también encuentra formas de expresar su descontento y legitimar su territorialidad.

Las zonas de importancia hídrica propuestas como una categoría de análisis para esta investigación, permitieron identificar áreas importantes para mantener la recarga de los sistemas hídricos y, por lo tanto, para abastecer distintos usos y formas de gestión del agua, y sostener las zonas bajo conservación. La identificación de las zonas importantes, en términos del agua, con la ayuda de los sistemas de información geográfica, permiten generar representaciones del territorio que se pueden contrastar con las concesiones mineras entregadas.

A través de la delimitación de las áreas de importancia hídrica se buscó representar de forma espacial, con el uso de cartografía, cómo se distribuyen estas áreas en la zona de estudio. Esto permitió entender de mejor manera cómo se imprimen las territorialidades locales en relación con el agua. Sin embargo, se puntualizó que en esta delimitación cartográfica no fue posible representar algunas aproximaciones locales al agua, como el uso no registrado de fuentes para diversas actividades domésticas, piscícolas, de recreación; o el sentido de pertenencia local relacionado al disfrute y contemplación de los cuerpos hídricos, como parte de las formas de vida locales. Se manifiesta la existencia de una forma local de relacionarse con el elemento agua, tanto a través de las actividades productivas como la piscicultura, de los usos no registrados como la recreación, uso directo del agua de las quebradas para la vida diaria, contemplación y disfrute del agua como algo abundante en su territorio con el que se convive a diario. El agua y los ecosistemas boscosos generan, además, sentido de pertenencia al territorio específico; allí las relaciones sociales y con el entorno, cobran sentido.

Las áreas con alto potencial para recarga fueron identificadas con base en los parámetros desarrollados por Matus, et al. (2009), proceso que también permitió generar algunos criterios de análisis. El primero relacionado al peso que tiene la cobertura vegetal dentro de la fórmula de cálculo aplicada, lo que les confiere a las zonas remanentes de bosque nativo una característica de mayor importancia directamente relacionada a la conservación de los recursos hídricos. Pero, además, al realizar el cruce de estas áreas con las

zonas bajo categorías de protección, se corrobora que un importante porcentaje de las áreas de alto potencial de recarga se encuentran tanto dentro del Bosque Protector Cerro Golondrinas, como del Bosque Protector Comunitario Cerro Colorado. Esto permite pensar que de alguna forma han existido esfuerzos, tanto desde la población local como desde el gobierno, para establecer zonas de conservación en las cabeceras de cuencas y zonas con remanente de bosque nativo. Sin embargo, se revela también la contradicción entre estas categorías de conservación y las actividades productivas locales, siendo estas áreas indispensables tanto para la manutención de los modos de vida locales, como del equilibrio ecosistémico. Y es que los bosques de vegetación protectores, categoría dentro de la que se encuentra el cerro Golondrinas, indican prohibiciones específicas a las actividades de tala, caza y deforestación, que son practicadas por las poblaciones ubicadas en las áreas de influencia de estas zonas. La contradicción descrita se agudiza si se piensa que el Estado autoriza, en la misma zona y de forma legal, concesiones para megaminería a compañías nacionales o extranjeras, sin mayores requisitos ni contratiempos.

De esta forma se pone sobre la mesa la imposibilidad de ofrecer un nuevo territorio que pueda reemplazar a aquel en donde la población ha ido construyendo sus modos de vida, porque no solamente es valorado desde su capacidad productiva, o la existencia de recursos naturales explotables; el territorio tiene historia y está vivo. Para quienes se reconocen parte del territorio,

éste es la evidencia viva del paso de las generaciones, de su trabajo, historia, es su lugar en el mundo.

El proceso de re-territorialización desde los actores locales ha estado marcado inicialmente por el rechazo y descontento expresado en varias de las intervenciones y entrevistas, a pesar del desconocimiento de los procesos de concesionamiento y del avance de los proyectos mineros. Este rechazo al enfrentarse a las estrategias discursivas y económicas, ha generado divisiones en las opiniones y posturas locales. Ello complejiza el plantear la existencia de procesos de re-territorialización claramente marcados, justamente por la agresividad con la que la actividad minera se ha presentado, como la opción de desarrollo para la zona.

Para finalizar, se considera importante presentar a modo de discusión la necesidad de plantear las complejas perspectivas socio económicas en zonas rurales: acceso a educación superior, empleo, trabajo agrícola, que son deudas históricas de la inversión estatal. Hoy en día los conflictos socio ambientales resultado de las políticas extractivistas gubernamentales, no pueden ser solucionados con un abordaje de gobernanza. Es decir, no necesariamente la modificación de políticas relacionadas a la inversión de los excedentes de estas industrias, o al incremento en la transparencia con la que se manejan estos fondos es lo que la población exige. Para entender esto se debe reconocer las territorialidades diversas, y cómo los grupos territorializados ven en estas actividades extractivas una amenaza de ser desposeídos, y marginados.

Referencias

- ARCOM, Agencia de Regulación y Control Minero. (2018). *Catastro Minero*. Obtenido de: http://geo.controlminero.gob.ec:1026/geo_visor/
- Bebbington, A., & Williams, M. (2008). Water and Mining Conflicts in Peru. *Mountain Research and Development*, 28(3/4), 190-195. <https://doi.org/10.1659/mrd.1039>
- Budds, J. (2012). Restructuring and Rescaling Water Governance in Mining Contexts: The Co-Production of Waterscapes in Peru, *Water Alternatives*, 5(1), 119-137.
- Burritt, R., & Christ, K. (2018). Water risk in mining: Analysis of the Samarco dam failure. *Journal of Cleaner Production*, 178, 196-205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.042>
- Casellas, A. (2010). La geografía crítica y el discurso de la sostenibilidad. Perspectivas y acciones. *Documents d'anàlisi geogràfica*, 56(3), 573-581.
- Colectivo de Geografía Crítica Ecuador. (2017). Geografiando para la resistencia. *Journal of Latin American Geography*, 16(1), 172-177. Project MUSE. <https://doi.org/10.1353/lag.2017.0006>
- Fernandes, B.M. (2008). *Acerca de la tipología de los territorios* (1973), 1-22.

- GAD Parroquial El Chical. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial El Chical*. El Chical.
- Gobierno Provincial del Carchi. (2015). *Plan de Manejo del Bosque Protector Cerro Golondrinas 2015-2020*. Tulcán.
- Haesbaert, R. (2007). Território e multiterritorialidade: um debate. *GEOgraphia - Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense*, 9(17), 19-46. <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2007.v9i17.a13531>
- Haesbaert, R. (2013). Del mito de la desterritorialización a la multiterritorialidad. *Cultura y Representaciones Sociales*, 8(15), 9-42.
- Holifield, R., & Day, M. (2017). A framework for a critical physical geography of 'sacrifice zones': Physical landscapes and discursive spaces of frac sand mining in western Wisconsin. *Geoforum*, 85, 269-279. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.08.004>
- Matus, O., Faustino, J., & Jiménez, F. (2009). *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua*. Costa Rica: CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). División de Investigación y Desarrollo (Vol. Serie Técn.).
- Ministerio de Minería del Ecuador. (2016). *Plan nacional de desarrollo del sector minero*. Obtenido de <http://www.mineria.gob.ec/plan-nacional-de-desarrollo-del-sector-minero/>
- Ministerio del Ambiente Ecuador. (2017). *Proyecto Socio Bosque*. Obtenido de: <http://www.ambiente.gob.ec/programa-socio-bosque/>
- Murillo, D., & Sacher, W. (2017). Nuevas territorialidades frente a la megaminería: el caso de la Reserva Comunitaria de Junín. *Letras Verdes*, 22, 46-70. <http://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.22.2017.2727>
- Porto-Gonçalves, C. W. (2009). De Saberes y de Territorios: diversidad y emancipación a partir de la experiencia latino-americana. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 8(22), 121-136. <https://doi.org/10.4067/S0718-65682009000100008>
- Raffestin, C. (1980). *Por Uma Geografia Do Poder*. Sao Paulo: Editora Ática S.A.
- Sairinen, R., Tiainen, H., & Mononen, T. (2017). Talvivaara mine and water pollution: An analysis of mining conflict in Finland. *The Extractive Industries and Society*, 4(3), 640-651. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2017.05.001>
- Sacher, W. (2017). *Ofensiva megaminera en los Andes: acumulación por desposesión en el Ecuador de la "Revolución Ciudadana"*. Quito: Ediciones Abya-Yala.
- Sacher, W., & Báez, M. (2011). *Revisión crítica parcial del "Estudio de Impacto Ambiental para la fase de beneficio del proyecto minero de cobre mirador" de la empresa Ecuacorriente, Ecuador*. Quito: Acción Ecológica.
- Sacher, W., & Acosta, Al. (2012). *La minería a gran escala en Ecuador. Análisis y datos estadísticos sobre la minería industrial en el Ecuador*. Quito: Ediciones Abya-Yala.
- Sandoval, L. M. F., Robertsdotter, A., & Paredes, M. (2017). Space, power, and locality: The contemporary use of territorio in Latin American Geography. *Journal of Latin American Geography*, 16(1), 43-67. <https://doi.org/10.1353/lag.2017.0009>
- Silveira, M. M. M., Moreano, M., Romero, N., Murillo, D., Ruales, G., & Torres, N. (2017). Geografías de sacrificio y geografías de esperanza: tensiones territoriales en el Ecuador plurinacional. *Journal of Latin American Geography*, 16(1), 69-92. <https://doi.org/10.1353/lag.2017.0016>
- Sosa, M., & Zwartveen, M. (2012). Exploring the politics of water grabbing: The case of large mining operations in the Peruvian Andes. *Water Alternatives*, 5(2), 360-375.
- Sosa, M; & Zwartveen, M. (2014). The institutional regulation of the sustainability of water resources within mining contexts: Accountability and plurality. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 11, 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.09.013>
- Vandegrift, R., Thomas, D. C., Roy, B. A., & Levy, M. (2017). The extent of recent mining concessions in Ecuador. Obtenido de Rainforest In-

formation Centre: <https://ecuadorendangered.com/research/reports/RIC-Mapping-Report-v1.1-20180117-eng.pdf>.

Yacoub, C. (2007). *Identificación y cuantificación de los efectos y consecuencias de los impactos ambientales generados por la minería de extracción de oro por lixiviación de cianuro*.

Caso Minería Yanacocha SRL, en Cajamarca, Perú. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona - Enginyeria Química.

Yacoub, C. (2013). *Developing tools to evaluate the environmental status of Andean basins with mining activities*. Tesis Doctoral. Universidad Politecnica de Catalunya.

Distribución de caudales de riego para las comunidades de la UCICMA - Imbabura

Irrigation water distribution in the communities of the UCICMA – Imbabura

Pablo Miguel Andrango Qimbiamba¹, Randon Stalin Ortiz Calle¹, Yessenia Gissella Cuaspa Ortega¹

✉ Autor para correspondencia: andrangomiguel@gmail.com

¹ Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera Ingeniería Agronómica, Jerónimo Leiton y Av. La Gasca s/n, Ciudadela Universitaria. Quito. 170521. Ecuador

Resumen

La distribución del agua de riego en función del área cultivada y las necesidades hídricas de los cultivos es importante en los procesos de socialización y debate para generar la distribución equitativa del agua entre las comunidades indígenas del Ecuador. El presente estudio consistió en determinar el área máxima de riego considerando los requerimientos hídricos de los cultivos y el caudal concesionado, con el fin de proponer una alternativa de distribución del agua de riego entre las 12 comunidades que conforman la Unión de Comunidades de Indígenas y Campesinos de Mariano Acosta (UCICMA). Para el cálculo de la necesidad hídrica de los cultivos se utilizó la siguiente metodología: evapotranspiración potencial (Penman Monteith), precipitación efectiva (SCS), coeficiente de cultivo (FAO56), áreas de cultivo, fechas de siembra, ciclo vegetativo (mediante encuestas) e información de suelos (a partir de estudios realizados en la zona). Los resultados principales del estudio son: i) el caudal ficticio continuo ponderado es de $0,58 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$; ii) para irrigar la superficie total de las 12 comunidades se requiere un caudal de $950,55 \text{ l s}^{-1}$; iii) considerando el caudal concesionado de 360 l s^{-1} , el área máxima técnicamente a irrigarse es $619,96 \text{ ha}$. La conclusión principal del estudio es que el caudal concesionado de 360 l s^{-1} permitirá cubrir el riego de $619,96 \text{ ha}$, correspondiente a 37% del área potencialmente regable de la UCICMA.

Palabras clave: Ecuador, balance hídrico, necesidades hídricas de los cultivos, **área potencial de riego**, caudal continuo.

Abstract

The distribution of irrigation water according to the cultivated area and the crop water requirements is important in the processes of equitable distribution of water among the indigenous communities of Ecuador among socialization and debate within the population. The present research consisted of determining the maximum area of irrigation according to the crop water requirements and the discharge delivered. With this data the research presents an alternative for water distribution for irrigation among the 12 communities of Unión de Comunidades Indígenas y Campesinos of Mariano Acosta (UCICMA). To calculate the crop water requirements, the following methodology was used: potential evapotranspiration (Penman Monteith), effective precipitation (SCS), crop coefficient (FAO 56), cultivation areas, planting dates and vegetative cycle (by surveys) and soil information (from studies conducted in the area). The main results of the study are: i) the continuous fictitious flow rate was about $0.58 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$; ii) to irrigate the total area of the 12 communities a discharge of 950.55 l s^{-1} is

required; iii) considering the discharge assigned of 360 l s^{-1} , the maximum area that can be technically irrigated is about 619.96 ha. The main conclusion of the study is that the assigned discharge of 360 l s^{-1} will cover an irrigation area of 619.96 ha, corresponding to 37% of the potential irrigable area of the UCICMA.

Keywords: Ecuador, water balance, crop water requirements, potential irrigation area, continuous discharge.

1. Introducción

El riego es un factor muy importante en la producción de los cultivos, pues le permite al agricultor mejorar su calidad de vida. El desafío constante de los profesionales del agro es conocer la interacción entre el clima, el suelo, la genética vegetal y el manejo cultural, para mejorar la eficiencia del uso del agua (Micucci & Álvarez, 2005).

La viabilidad de un proyecto de riego está íntimamente relacionada con factores productivos, de ingeniería, sociales, económicos y ambientales; por tanto, la cuantificación de cada uno de estos recursos es de vital importancia (García, 1996). Dentro de estos recursos, la cuantificación de los requerimientos hídricos de los cultivos constituye la columna vertebral de todo sistema de riego, siendo el parámetro básico y fundamental para la planificación de los sistemas de irrigación (Ortiz, 2011), puesto que permite diseñar reservorios, dimensionar redes de riego, sean estas a cielo abierto (canales) o presurizadas, estaciones de bombeo, programar el riego dentro de la parcela, planificar la distribución de los caudales en los ramales principales y secundarios, así como, definir los turnos de riego y la operación del sistema (Ortiz, 2011).

Los requerimientos de riego de los cultivos dependen de la altura sobre el nivel medio del mar, clima, suelos, tipo y ciclo vegetativo del cultivo, necesidades de lavado, eficiencia del sistema de riego, de las prácticas culturales y agronómicas empleadas durante el ciclo de producción de los cultivos (Ortiz, 2011).

El directorio de la Unión de Comunidades de Indígenas y Campesinos de Mariano Acosta (UCICMA) busca la generación de oportunidades de desarrollo a través del riego a fin de evitar la migración de la población joven hacia las ciudades, para conservar y valorizar el territorio (IEDECA, 2015). La organización cuenta con una superficie cultivable de 1.666,63 hectáreas y con

un caudal concesionado de 360 l s^{-1} . Los estudios socio económicos previos, junto al presente, permitirán elaborar propuestas de distribución del agua equitativas entre las 12 comunidades que la conforman (IEDECA, 2016).

Con estos antecedentes, la pregunta que se planteó para el desarrollo de la presente investigación fue: ¿el caudal concesionado es suficiente para irrigar el área total cultivable? El objetivo del estudio fue determinar el área de riego máxima a partir del caudal concesionado para proponer una alternativa de distribución del agua con base en las necesidades hídricas de los cultivos y el área de riego.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

La UCICMA está ubicada en la provincia de Imbabura, República del Ecuador; fue creada en 1989 y legalizada en 2005. Se encuentra conformada por 14 comunidades filiales que pertenecen a las parroquias de Pimampiro (8 comunidades), Mariano Acosta (4 comunidades) y Ambuquí (2 comunidades) (CIPRADEC, 2014). Las 14 comunidades están conformadas por 552 familias. En la investigación se trabajó con 12 comunidades dado que las dos comunidades restantes decidieron no participar en el proceso.

La comunidad se encuentra ubicada a una altitud comprendida entre 1.920 y 3.520 m.s.n.m.; a una latitud de $00^{\circ} 03' 23'' \text{ S}$ y una longitud de $-77^{\circ} 98' 33'' \text{ O}$ (Figura 1). El clima de la zona se caracteriza por tener dos épocas bien diferenciadas hidrológicamente: una época lluviosa o invierno (de octubre a abril) y una época seca o de verano (de mayo a septiembre). La precipitación anual promedio del proyecto es de 813,26 mm y la evapotranspiración de referencia anual promedio de 1.040,70 mm.

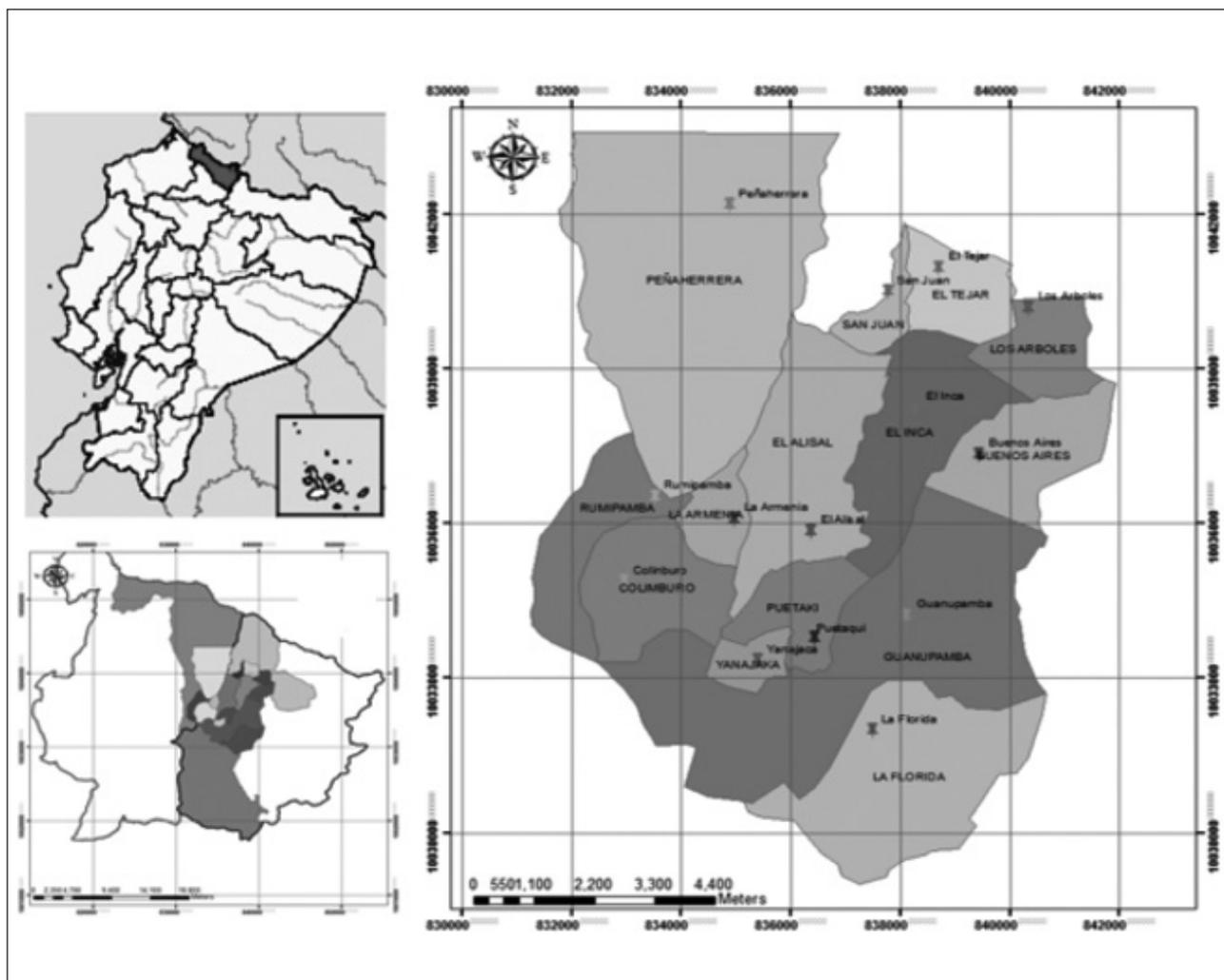


Figura 1. Ubicación de la UCICMA.

2.2. Materiales

Para la elaboración del proyecto se utilizó la siguiente información: cartografía de la zona del proyecto; información climatológica de las estaciones: Atuntaqui, Olmedo, San Gabriel, Mira, San Vicente de Pusir, Ambuquí, Monte Olivo, Pimampiro, Ibarra, Mariano Acosta, Zuleta y San Francisco de Sigsipamba (INAMHI, 2013); coeficientes de cultivo determinados con base en el Manual No. 56 de la FAO; datos de los suelos a partir de estudios e información de los cultivos; áreas, fechas de siembra a partir de encuestas.

2.3. Metodología

- *Evapotranspiración de referencia.* La evapotranspiración de referencia se determinó por el método Penman Monteith FAO56 (FAO 2006a,

2006b), para el cultivo de referencia con una altura de 12 cm, bien regado y con una cobertura total de la superficie del suelo, la resistencia superficial estimada es de 70 s m^{-1} y un albedo de 0,23 (Allen *et al.*, 2006).

$$ET_o = \frac{0,408 \times \Delta \times (Rn - G) + \gamma \times \frac{900}{(T + 273)} \times U_2 \times (es - ea)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0,34 \times U_2)} \quad (1)$$

Donde: ET_o es la evapotranspiración referencia (mm d^{-1}); Rn , radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); G , flujo del calor de suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); U_2 , velocidad del viento medido a 2 metros de altura (m s^{-1}); ea , presión real de vapor (kPa); es , presión de vapor de saturación;

Δ , pendiente de la curva de variación de la presión ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); T , temperatura promedio ($^\circ\text{C}$); γ , constante psicométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); Z , es la elevación sobre el nivel medio del mar; λ , calor latente de vaporización (MJ kg^{-1}). Para obtener la ET_0 a nivel mensual se debe multiplicar el valor de ET_0 por el número de días del mes correspondiente.

- *Evapotranspiración real.* La evapotranspiración real del cultivo se determinó por el método de la FAO (Allen *et al.*, 2006).

$$ETr = Kc \times ETo \quad (2)$$

Donde: ETr , es la evapotranspiración real del cultivo mensual (mm mes^{-1}); Kc , es el coeficiente del cultivo.

- *Precipitación efectiva.* La precipitación efectiva se determinó por el método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos a partir de la precipitación con una probabilidad de ocurrencia del 75% (Ortiz, 2011).

$$Pe = f \times 10^{0,00095 \times ETo} (1,2525 \times P^{0,8242} - 2,9352) \quad (3)$$

$$f = 0,5317 + 0,0116 \times LAA - 0,000089 \times LAA^2 + 0,00000023 \times LAA^3 \quad (4)$$

Donde: Pe , es la precipitación efectiva (mm mes^{-1}); P , es la precipitación con una probabilidad de ocurrencia del 75%; LAA , es la lámina de agua aprovechable (mm mes^{-1}); f , es el factor de ajuste de la precipitación efectiva en función del agua disponible en el suelo.

- *Láminas de agua aprovechable y neta.* A partir de las constantes hidrofísicas de los suelos se determinaron las láminas de agua aprovechable y neta (Ortiz, 2011).

$$LAA = \frac{CC - MP}{100} \times Pr \quad (5)$$

$$Ln = p \times LAA \quad (6)$$

Donde: CC , es el contenido de humedad en términos de volumen de capacidad de campo (%);

MP , es el contenido de humedad en términos de volumen de marchitez permanente (%); Pr , es la profundidad radicular efectiva (mm); Ln , es la lámina neta o el agotamiento máximo permitido del agua en el suelo (mm); p , es el porcentaje de agotamiento, típico para cada cultivo (decimal).

- *Isolíneas de ET_0 y Pe .* Con la ayuda de sistemas de información geográfica, para cada mes se trazaron las isolíneas de ET_0 y Pe , las cuales permitieron determinar ET_0 y Pe para cada comuna.
- *Patrón de cultivos.* Una vez procesada la información de las encuestas se procedió a elaborar el patrón de cultivos (de ciclo corto, anual y perenne) para cada comunidad.
- *Coeficiente de cultivo.* Los coeficientes de cultivo (Kc), se determinaron a partir de los coeficientes de las fases propuestas por la FAO en el Manual Técnico No. 56 (Allen *et al.*, 2006).
- *Balance hídrico.* A nivel mensual, para cada comuna y para cada cultivo, se determinó el balance hídrico por el método del balance de masas, en donde un valor positivo refleja un exceso y un valor negativo un déficit hídrico, identificándose este valor como NHM (Ortiz, 2011).

$$NHM = Pe + DH - ETr \quad (7)$$

Donde: NHM , necesidad hídrica mensual (mm); DH , es el almacenamiento de la humedad en el suelo (mm).

- *Necesidad hídrica diaria.* A partir de la necesidad hídrica mensual, se determinó la necesidad hídrica diaria por el método desarrollado por el servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos (Ortiz, 2011).

$$NHD = 0,034 \times \frac{NHM^{1,09}}{Ln^{0,09}} \quad (8)$$

Donde: NHD , es la necesidad hídrica diaria (mm d^{-1}).

- **Caudal ficticio continuo.** El caudal ficticio continuo se determinó a partir de la necesidad hídrica diaria y es el caudal que se requiere suministrar a una superficie de una hectárea en forma continua durante las 24 horas del día para cubrir la demanda evaporativa de la atmósfera (Ortiz, 2011).

$$qfc = \frac{NHD}{8,64} \quad (9)$$

Donde: qfc , es el caudal ficticio continuo ($l s^{-1} ha^{-1}$).

- **Caudal de riego en parcela.** Es el caudal que se requiere en cabecera de parcela, en función del caudal ficticio continuo, la eficiencia del método de aplicación del agua, tiempo de riego diario y el período de riego dentro de la frecuencia de riego (Ortiz, 2011).

$$Qrp = \frac{qfc}{Efa} \times \frac{24}{Trd} \times \frac{FR}{PR} \quad (10)$$

Donde: Qrp , es el caudal de riego en parcela ($l s^{-1} ha^{-1}$); Efa , es la eficiencia de aplicación del método de riego (decimal); Trd , es el tiempo de riego diario (horas); FR , es la frecuencia de riego (días); PR , es el período de riego (días). Para este proyecto, Trd fue de 24 horas, FR de 7 días, PR de 7 días y Efa de 0,7 (riego por aspersión).

- **Área a irrigarse.** El área máxima de riego se determinó al dividir el caudal concesionado para el caudal de riego en parcela.

- **Factor de ajuste para la distribución del agua.** El factor de ajuste global para distribuir el agua se obtuvo a partir de dividir el área máxima de riego para la superficie potencial de riego de la UCICMA. Este factor de ajuste no considera aspectos sociales, distribución de la tierra, agricultores dedicados a la agricultura, índice de pobreza, entre otros.
- **Caudal de entrega para cada comunidad.** Se determinó al multiplicar el factor de ajuste por la superficie de cada comuna y por el caudal de riego en parcela.
- **Encuesta.** No existe norma estadística que se pueda aplicar a este tema, debido a que se debe levantar información de campo (sistemas de producción). Por tal motivo, la encuesta se realizó a más del 50% de los agricultores (Ortiz, 2011).

3. Resultados y discusión

3.1 Datos generales de superficie

La superficie total potencialmente irrigable en la UCICMA fue de 1.666,36 hectáreas y se requiere un caudal de $950,55 l s^{-1}$ para irrigarla. La superficie que se puede irrigar técnicamente para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos a partir del caudal concesionado es de $360 l s^{-1}$ fue de 619,96 hectáreas (Figura 2).

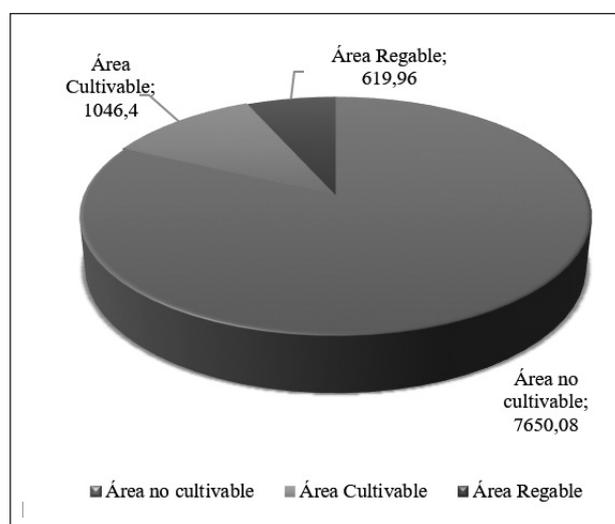


Figura 2. Superficie total de la UCICMA.

3.2 Patrón de cultivos

Se determinó una superficie cultivada de 810,09 hectáreas, distribuidas conforme la Tabla 1.

Tabla 1. Superficie cultivada

Cultivos	Área ha	NHD mm d ⁻¹	qfc l s ⁻¹ ha ⁻¹
Aguacate	36,78	1,81	0,21
Ají	1,00	2,67	0,31
Alfalfa	0,25	2,43	0,28
Arveja	120,00	2,33	0,27
Babaco	1,30	2,26	0,26
Cebada	19,69	2,04	0,24
Cebolla larga	0,55	2,77	0,32
Cebolla paiteña	2,25	2,26	0,26
Chocho	2,75	3,28	0,38
Reina claudia	1,24	2,41	0,28
Durazno	8,77	2,05	0,24
Fréjol	41,95	3,54	0,41
Granadilla	2,20	2,81	0,33
Haba	17,07	2,11	0,24
Hortalizas	1,10	2,47	0,29
Limón	6,55	1,40	0,16
Maíz	135,30	2,43	0,28
Mandarina	6,02	1,40	0,16
Manzana	1,89	1,95	0,23
Meloco	0,35	2,59	0,30
Mora de castilla	4,45	2,19	0,25
Naranja	3,45	2,14	0,25
Naranjilla	0,50	3,38	0,39
Ocas	0,75	2,10	0,24
Papa	41,63	2,57	0,30
Pasto mixto	273,40	2,46	0,29
Pera	0,33	2,67	0,31
Pimiento	0,50	2,67	0,31
Quinoa	7,00	3,13	0,36
Taxo	2,81	3,28	0,38
Tomate de árbol	7,79	1,54	0,18
Tomate riñón (invernadero)	20,67	2,89	0,33
Tomate riñón (campo abierto)	7,28	2,65	0,31
Trigo	26,65	2,77	0,32
Uvilla	4,50	2,58	0,30
Zanahoria	1,25	1,68	0,19

El cultivo que cubre una mayor superficie es el pasto (mixto), con 273,48 hectáreas (33,76%), el cultivo perenne de mayor superficie fue el aguacate con 36,78 hectáreas (4,54%) y el cultivo de ciclo corto con mayor superficie fue el maíz con 135,33 ha (16,71%), alrededor del 9% del área cultivada son frutales (durazno, reina claudia, manzanas, etc.) y el 2% corresponde a cítricos (mandarina, limón naranja, etc.).

3.3 Requerimientos hídricos de los cultivos

3.3.1. Demanda hídrica de los cultivos

La demanda hídrica máxima se registró para el cultivo de fréjol con 3,54 mm d⁻¹, equivalente a un caudal ficticio continuo de 0,41 l s⁻¹ ha⁻¹ y el valor menor para el cultivo de limón, con 1,40 mm d⁻¹, equivalente a un caudal ficticio continuo de 0,16 l s⁻¹ ha⁻¹. El caudal ficticio continuo ponderado fue de 0,58 l s⁻¹ ha⁻¹.

El caudal de riego en parcela (Qrp), considerando la operación del sistema durante las 24 horas del día y un periodo de riego igual a la frecuencia de riego de siete días, para el cultivo de naranjilla fue de 0,58 l s⁻¹ ha⁻¹ y para el cultivo de limón de 0,23 l s⁻¹ ha⁻¹.

3.3.2 Demanda estacional

La demanda estacional es la cantidad de agua que se requiere para cubrir la demanda hídrica de los cultivos durante los 12 meses del año. El área máxima de riego considerando el caudal concesionado de 360 l s⁻¹ fue de 619,96 hectáreas, siendo el factor de ajuste de 0,37. La máxima demanda de agua se registró en los meses de enero y febrero, y la menor demanda en los meses de abril y noviembre (Figura 3). El caudal concesionado es constante a lo largo del año.

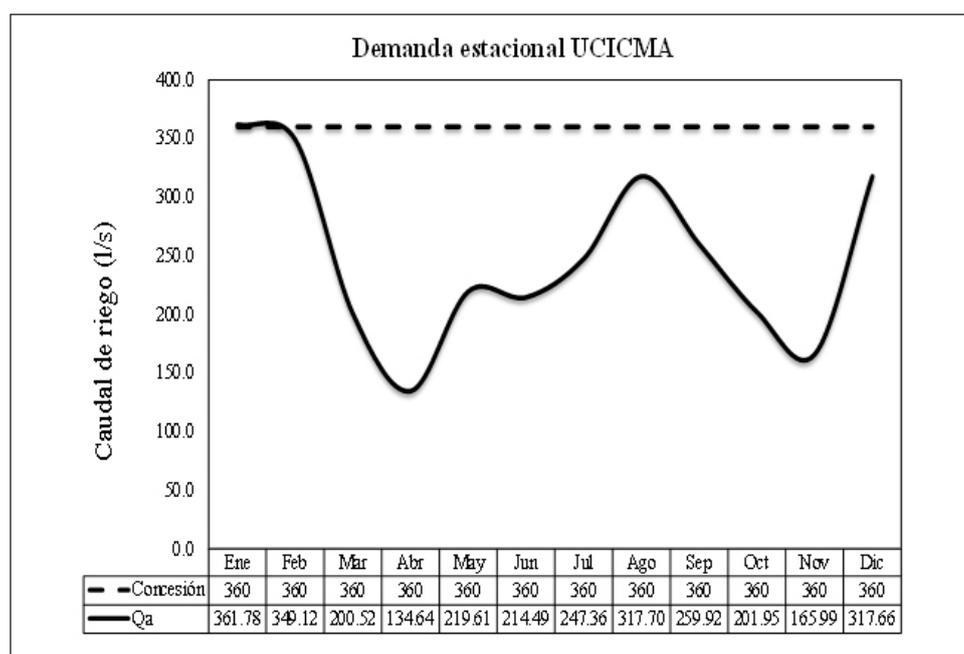


Figura 3. Demanda estacional.

3.4. Propuesta de distribución del caudal

La comunidad de Guanupamba demanda la mayor cantidad de agua (87,04 l s⁻¹) y Colimburo es la comunidad que demanda la menor cantidad de agua (6,48 l s⁻¹). La distribución planteada (Tabla 2), se realizó con base en la superficie que puede irrigarse técnicamente para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos, considerando un ajuste equitativo a

partir del caudal concesionado; este ajuste no toma en cuenta aspectos sociales como: índice de pobreza, minifundios, comunidades dedicadas a la agricultura, organización social, entre otros factores.

La limitante encontrada en el presente estudio es la concesión otorgada por la Secretaría Nacional del Agua, la cual no permitirá cubrir la demanda hídrica de las tierras potencialmente agrícolas o cultivables

de la UCICMA. La curva de demanda estacional (Figura 3) muestra que, desde marzo hasta noviembre, el

caudal concesionado puede almacenarse en reservorios para incrementar la superficie de riego.

Tabla 2. Caudales para cada comunidad

Comunidad	Área cultivable ha	Área a irrigarse ha	Caudal l s ⁻¹
Los Árboles	195,00	72,55	42,13
El Inca	95,00	35,34	20,52
San Juan	68,00	25,30	14,69
El Tejar	37,33	13,89	8,06
Rumipamba	216,95	80,71	46,87
Peñaherrera	229,82	85,50	49,65
Guanupamba	402,89	149,89	87,04
Puetaqui	137,15	51,03	29,63
Yanajaca	30,12	11,21	6,51
El Alisal	55,00	20,46	11,88
Colimburo	30,00	11,16	6,48
La Florida	169,10	62,91	36,53
Total	1666,36	619,96	360,00

En el debate social para alcanzar los acuerdos sobre la distribución del agua, se recomienda considerar los siguientes aspectos en orden de importancia: i) agricultores dedicados a la agricultura; ii) minifundios; iii) índice de pobreza, y iv) organización social.

4. Conclusiones

La presente investigación permitió obtener las siguientes conclusiones:

- El caudal de riego máximo se registró en los cultivos de fréjol con 0,58 l s⁻¹ ha⁻¹, seguido del cultivo de tomate riñón bajo invernadero con 0,53 l s⁻¹ ha⁻¹; los cultivos con la menor demanda fueron: habas con 0,16 l s⁻¹ ha⁻¹ y el cultivo de tomate de árbol con 0,26 l s⁻¹ ha⁻¹.
- La superficie potencialmente irrigable fue de 1.666,36 hectáreas y se requiere un caudal de 950,55 l s⁻¹ para cubrir la demanda de agua de los cultivos; la superficie máxima posible de irrigarse técnicamente fue de 619,36 hectáreas considerando el caudal concesionado de 360 l s⁻¹.
- La distribución del caudal concesionado para las comunidades fue la siguiente: Los Árboles con 42,13 l s⁻¹, El Inca con 20,52 l s⁻¹, San Juan con 14,69 l s⁻¹, El Tejar con 8,06 l s⁻¹, Rumipamba con 46,87 l s⁻¹, Peñaherrera con 49,65 l s⁻¹, Guanupamba con 87,04 l s⁻¹, Puetaqui con 29,63 l s⁻¹, Yanajaca con 6,51 l s⁻¹, El Alisal con 11,88 l s⁻¹, Colimburo con 6,48 l s⁻¹ y La Florida con 36,53 l s⁻¹.

Referencias

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Manual Técnico No. 56. Roma: FAO.
- Corporación para el Desarrollo Social Económico y Productivo Cía. Ltda., CIPRADEC. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón San Pedro de Pimampiro*. Pimampiro, Ecuador: GAD. San Pedro de Pimampiro.
- FAO (2006a). *Evapotranspiración del cultivo*. Obtenido de: www.fao.org/home/es/
- FAO (2006b). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- García, J. (1996). Redes colectivas, determinación de caudales. In *Sistema de riego por aspersión* (p. 45). Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Instituto de Ecología y Desarrollo de las Comunidades Andinas, IEDECA. (2015). *Diagnóstico de sistemas de producción de las comunidades de Mariano Acosta*. Ibarra-Ecuador: IEDECA.
- Instituto de Ecología y Desarrollo de las Comunidades Andinas, IEDECA. (2016). *Estudio de dinámicas productivas de las comunidades de la UCICMA*. Ibarra-Ecuador: IEDECA.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI. (2013). *Estaciones meteorológicas*. Obtenido de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- Micucci, F., & Álvarez, C. (2005). El agua en la producción de cultivos extensivos. III. Impacto de las prácticas de manejo sobre la eficiencia de uso del agua. *INPOFOS Archivo Agronómico*, 8, 1-4.
- Ortiz, R. (2011). *Sistema de riego Podocarpus Yanguana: requerimientos de riego y planificación del sistema*. Loja, Ecuador.

Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco

Water quality assessment for irrigation and use of the water resource of the Togllahuayco gorge

Joffre Quinteros-Carabalí¹, Javier Gómez-García¹, Michelle Solano¹, Gabriela Llumiquinga¹, Christian Burgos¹, David Carrera-Villacrés^{1,2,3}

✉ Autor para correspondencia: jaquinteros@uce.edu.ec

¹ Universidad Central del Ecuador. Carrera Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Ciudadela Universitaria, Quito 170129

² Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Departamento de Ciencia de la Tierra y la Construcción. Av. Gral. Rumiñahui, Sangolquí, Ecuador

³ Grupo de Investigación en Contaminación Ambiental (GICA)

Resumen

El agua utilizada para riego con fines agrícolas tiene efectos importantes sobre la producción de cultivos, así como también sobre el deterioro químico del suelo. En este estudio se evalúa la cantidad y calidad de agua disponible para el riego de un cultivo sustentable de quinua en la quebrada Togllahuayco, parroquia Guangopolo, Ecuador. Esta quebrada dispone de un volumen de 23.347,95 m³ anuales de agua y solo requiere de 6.747,5 m³ anuales para el cultivo de quinua. Se tomaron muestras de agua y se midió la concentración de sodio, potasio, calcio, magnesio, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros y la conductividad eléctrica. Se calculó el índice de relación de adsorción de sodio (RAS). Se aplicó el método de Pearson entre las variables RAS y la conductividad eléctrica encontrándose una correlación. El RAS fue de 3,94 meq/L y la conductividad eléctrica (CE) de 324 uS/cm. El agua se encuentra en la clasificación C2S1 después de la aplicación del método de Richards; presenta un valor bajo de peligrosidad salina y un valor medio de peligrosidad sódica, considerándose apta para el riego. Los resultados de esta investigación son la base para el desarrollo de un plan de gestión sostenible de los recursos hídricos y manejo adecuado del suelo en la quebrada Togllahuayco. Además, se debe implementar un enfoque que permita la recuperación ecológica de la quebrada evitando la erosión y desgaste del suelo.

Palabras clave: Seguridad hídrica, Correlación, Conductividad, Disponibilidad de agua, RAS

Abstract

Water used for agronomic purposes has significant effects on crop production as well as on the chemical soil deterioration. This study assesses the quantity and quality of water available for irrigation of a sustainable quinoa crop in the Togllahuayco gorge in Guangopolo parish, Ecuador. This place has a volume of 23.347,95 m³ per year of water and only requires 6747,5 m³ per year for quinoa cultivation. Water samples were taken, and the concentration of sodium, potassium, calcium, magnesium, carbonates, bicarbonates, sulfates, chlorides and electrical conductivity were measured. The sodium adsorption ratio index (SAR) was calculated. The Pearson method between RAS variables and electrical conductivity was applied by finding a correlation. The RAS was 3.94 meq/L and the electrical conductivity (EC) was 324 uS/cm. The water is in the C2S1 classification after application of the Richards method presenting a low value of saline hazard and an average value of sodium hazard, being suitable for irrigation. The results of this research are the basis for the development of a sustainable water resources management plan and adequate soil management in this place. In addition, an approach should be implemented that allows ecological recovery of the territory avoiding soil erosion and wear.

Keywords: Water security, Correlation, Conductivity, Water availability, SAR

1. Introducción

Garantizar la disponibilidad de agua representa un objetivo fundamental para todos los países a nivel mundial, ya que el agua es un recurso imprescindible para el desarrollo de la vida (Ortiz & Sánchez, 2018). En general, las cuencas hidrográficas de montaña presentan graves problemas de deterioro ecológico y erosión de los suelos, debido a la deforestación, prácticas agrícolas inadecuadas en las laderas y exceso de pastoreo, que pueden tener efectos devastadores para los habitantes de las zonas rurales dependientes de la agricultura (FAO, 2007b), además provocan alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva (Prado Wildner y Veiga, 1994). Los volúmenes disponibles de agua dulce para uso agrícola y urbano-industrial a nivel mundial han disminuido considerablemente debido al uso excesivo de aguas superficiales y subterráneas destinadas al riego agrícola para la producción de alimentos de una población en constante crecimiento (Villacrés, 2011). La escasez de agua está vinculada a la seguridad alimentaria, por lo que el sistema de riego desempeña un papel importante en la seguridad alimentaria y el ingreso sostenible, específicamente en los países en desarrollo (Irfan *et al.*, 2014).

1.1. Diagnóstico inicial

La calidad del agua en la quebrada Togllahuayco se ve afectada por el deterioro de la vegetación, la deforestación, la erosión del suelo (con una de las tasas más altas del Ecuador), la introducción de especies exóticas, uso de nacientes de agua como bebederos de ganado y disponibilidad estacional del cauce (Peña, 2017). Además, esto implica que las 700 personas que conforman la comunidad ancestral de La Toggla, ubicada en las faldas del cerro Ilaló a 2.630 m s.n.m., no puedan aprovechar el agua que circula por la quebrada (GAD Parroquial de Guangopolo, 2014; Palacios Orejuela, Ushiña Huera, & Carrera Villacrés, 2018).

1.2. Requerimientos de agua para riego

La cantidad de agua para riego depende de las necesidades hídricas de los cultivos y del agua que está disponible para los mismos de forma natural (Carrera-Villacrés *et al.*, 2018). Sin embargo, en las aguas naturales, de las cuales se toma para riego, pueden presentarse contaminantes de naturaleza inorgánica, especialmente fertilizantes y metales pesados,

los cuales tienen importancia por su toxicidad para los organismos vivos; además, el agua superficial a medida que circula por la corteza terrestre arrastra y disuelve minerales, gases, compuestos orgánicos, microorganismos, entre otros (Millán, 2016).

1.3. Análisis de la química del agua para riego

En aguas para uso agrícola la calidad es definida por la concentración de iones específicos Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ como cationes; CO_3^{2-} , Cl^- y SO_4^{2-} como aniones, y otros de menor proporción, como el B^{3+} , I^- y NO_3^- (Amaya Arévalo, 2015; Rey *et al.*, 2007), la conductividad eléctrica (CE) también es útil para determinar la concentración total de sales solubles. La CE y el Na^+ son dos parámetros fundamentales que definen la aptitud del agua para riego. El alto contenido de sales en el agua de irrigación genera un aumento de la presión osmótica en la solución del suelo, disminuyendo la adsorción de agua por parte de las plantas. Las sales, además de afectar directamente el crecimiento de las plantas, afectan la constitución del suelo, su permeabilidad y estructura, afectando indirectamente el crecimiento de la planta (Gómez, 2009). El criterio de clasificación de la calidad del agua de riego según Richards es apropiado para zonas áridas y de escaso desarrollo genético; se usó este método debido a que las condiciones climáticas de la zona son similares a las estudiadas con el método propuesto (EMAAP-Q & Programa de Saneamiento Ambiental, 2006), es decir, corresponde a un área con tendencia a ser una zona árida (FAO, 2007a) y con escasa vegetación. Además, esta metodología se implementó debido a que permite la utilización de un nomograma para determinar la clasificación del agua de riego de acuerdo con los índices CE y RAS (Roblez & Bautista, 2002), dos de los parámetros más importantes para determinar la cantidad del agua para riego agrícola (Sarabia *et al.*, 2011).

1.4. Tipo de cultivo a implementar

La quinua es un grano de alta calidad nutritiva y gran capacidad de adaptabilidad a condiciones adversas de clima y suelo (FAO/RLC, 2011). En la última década la quinua ha ganado un espacio en los mercados de consumo a nivel internacional, lo cual abre oportunidades económicas para los productores andinos del Ecuador (Jacobsen & Sherwood, 2002). El cultivo de quinua prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes, puesto que la planta es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco

en potasio (Mujica *et al.*, 2001). Puede adaptarse a suelos franco-arenosos, arenosos o franco-arcillosos, siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, pues es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estados (Gómez & Aguilar, 2016).

La principal problemática para el pueblo ancestral de La Toglla es la falta de aprovechamiento del recurso hídrico, necesario para la recuperación ecológica de la quebrada Togllahuayco que se ha visto afectada por la erosión del suelo y malas prácticas ambientales, además de que se desconoce la calidad y cantidad de agua disponible para el uso agrícola. El objetivo del presente estudio fue establecer la aptitud y cantidad de agua disponible para riego del cultivo sustentable de quinua, así como la determinación de relaciones entre cationes, aniones y la conductividad eléctrica a través de análisis fisicoquímicos, estadísticos y matemáticos usando el software R.

2. Materiales y métodos

1.1. Determinación de la zona de estudio

El presente estudio fue de tipo experimental, descriptivo y correlacional; para ello se empleó la NTE INEN 2176:1998. Calidad del agua. Técnicas de muestreo. Se utilizó la técnica de muestreo puntual recomendada para la investigación de contaminantes y calidad del agua. Posteriormente se empleó la NTE INEN 2169:98. Manejo y conservación de muestras. Se eligió el recipiente apropiado, en este caso envase de plástico y para el análisis microbiológico

recipiente esterilizado. La muestra se conservó en refrigeración a 4°C. Las muestras fueron tomadas en puntos representativos, es decir, vertientes de agua, coyunturas de flujos hídricos o puntos que presenten características organolépticas desfavorables. Estos puntos se tomaron en las partes alta, media y baja de la quebrada para determinar los cambios en la calidad del agua durante el trayecto desde el nacimiento del agua hasta la desembocadura en el río San Pedro, como se muestra en la Tabla 1.

En la Figura 1 se presenta la zona de estudio de la quebrada Togllahuayco ubicada en la parroquia Guangopolo del cantón Quito, la cual ocupa 551 hectáreas en las faldas del Ilaló; está limitada por las parroquias de Tumbaco, Alangasí y La Merced. El mapa fue elaborado en software ArcGIS Desktop 10.3.1 en el Laboratorio de Cómputo de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. La altitud media de la quebrada Togllahuayco es de 2.570 m s.n.m. El clima de la zona de estudio es característico de la zona interandina ecuatorial: mesotérmico húmedo, con una precipitación media anual que varía desde 400 a 800 mm. La temperatura media oscila entre 14.6 °C a 16.7 °C (GAD Parroquial de Guangopolo, 2014; INAMHI, 2017). La época caliente se presenta durante los meses de junio a septiembre y se caracteriza por una sequía algo prolongada, fuertes vientos y aumentos de temperatura; en cambio en los meses de mayores lluvias aumenta la humedad siendo estas torrenciales y continuas (GAD Parroquial de Guangopolo, 2014). A continuación, en la Tabla 1 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo realizados en la quebrada Togllahuayco.

Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo

muestra	Puntos de Referencia	Coordenadas UTM WGS84		Altura (msnm)
		X	Y	
M1	Cumbre	786866	9971135	2.785
M2	Parte alta del Ilaló pluvial	786767	9971173,5	2.730
M3	Mitad del cráter sector ganadero pluvial	786057	9971673	2.532
M4	Parte baja del cráter pluvial	785426	9972205	2.430
M5	Parte baja del cráter pluvial 2	785342	9972257	2.420
M6	Estadio de la quebrada de Togllahuayco	785070	9972445	2.400
M7	Río San Pedro	784044	9972932	2.355
M8	Río San Pedro 2	784130	9972977	2.377

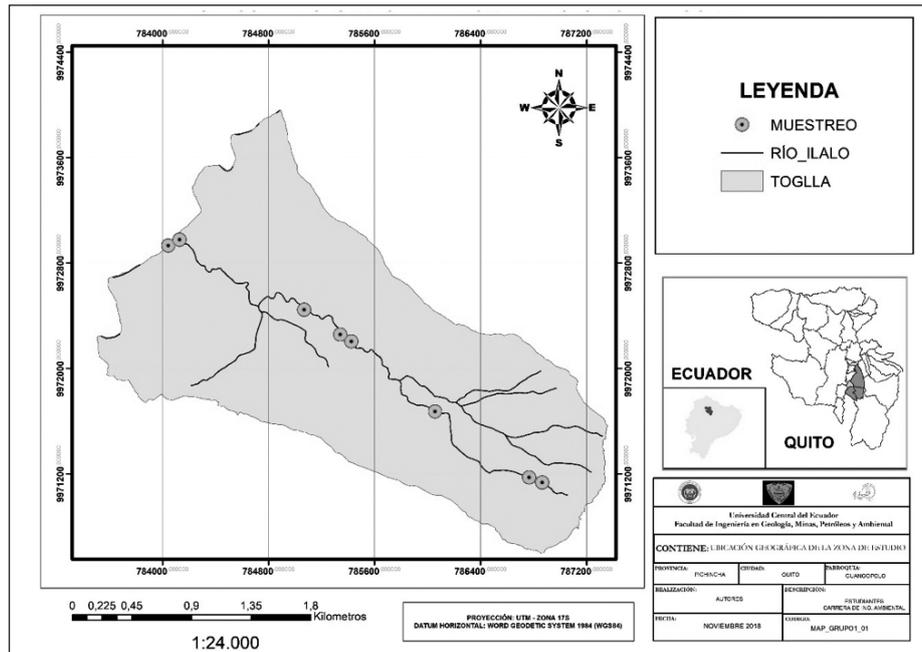


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en la quebrada “Togllahuayco” (Fuente: Mapa elaborado por los autores con información obtenida del IGM).

Las muestras se analizaron en el laboratorio químico de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Central del Ecuador. Los parámetros medidos durante el muestreo fueron: cationes de sodio, potasio, calcio, magnesio con el equipo AA espectrofotómetro de absorción atómica PINAACLE 900T y aniones como: carbonatos, bicarbonatos, cloruros con el método de titulación, además, sulfatos, nitratos, fosfatos se midieron con espectrofotómetro HACH DR 4000V, el equipo fue calibrado y certificado por una empresa acreditada. El cálculo de incertidumbre expandida se realizó en base a la guía OAE G02 R00 multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura ($k=2$) que corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95% conforme al documento EA 4/02. La incertidumbre de calibración del equipo es de 0.0021 Abs

También se midieron variables como el pH y la temperatura con el potenciómetro marca HANNA modelo HI2210-0 el cual fue calibrado el 15 de enero de 2018. Los sólidos disueltos totales se los midió por gravimetría con la ayuda de la estufa SLN 115 marca POL-EKD APARATURA y con la norma mexicana NOM-AA-341981 (Dirección General de Normativa Mexicana, 1981) y para la determinación de la conductividad eléctrica se midió con el equipo Thermo Scientific Orion Star A212 de acuerdo con los estándares presentados en la investigación de Carrera *et al.* (2015). En la Tabla 2 se presenta un resumen de los métodos y referencias empleados. En la Tabla 3 se presentan los resultados de las mediciones realizadas en laboratorio de los análisis fisicoquímicos para las muestras de agua

Tabla 2. Métodos y referencias de los análisis fisicoquímicos para las aguas

Determinación	Método	Referencia
pH	Potenciómetro marca HANNA modelo HI2210-01	Standard Methods 4500-
Conductividad eléctrica	Conductímetro de mesa marca ThermoScientificOrionStar A212	Standard Methods 2510 B
Temperatura	Potenciómetro marca HANNA modelo HI2210-01(sensor de temperatura)	Standard Methods 2550 B
Sólidos disueltos totales	Gravimetría utilizando estufa midió con el equipo estufa SLN 115 marca POL-EKD APARATURA	NOM-AA-341981
Cationes -	Espectrofotómetro de absorción atómica PINAACLE 900T	Standard Methods 3500- Na- B
Cationes -	Espectrofotómetro de absorción atómica PINAACLE 900T	Standard Methods 3500- K- B

Cationes -	Espectrofotómetro de absorción atómica PINAACLE 900T	Standard Methods 3500- Ca- B
Cationes -	Espectrofotómetro de absorción atómica PINAACLE 900T	Standard Methods 3500- Mg- B
Aniones	Espectrofotómetro HACH DR 4000V	Standard Methods 500-P A, C y E
Aniones	Espectrofotómetro HACH DR 4000V	Standard Methods 500-- B
Aniones	Espectrofotómetro HACH DR 4000V	Standard Methods 4500- -E
Aniones	Mohr. Titulación con nitrato de plata, Merck, nitrato de plata en solución 0.01N. Indicador cromato de potasio al 5%	Standard Methods 250- Cl E
Aniones -	Volumétricos titulación con ácido sulfúrico 0.01N	APHA método 2330-B, D
Aniones	Volumétrica titulación con ácido sulfúrico 0.01 N, indicador fenolftaleína	APHA método 2330-B, D

Tabla 3. Resultado de los análisis fisicoquímicos de las muestras de agua

Parámetros/ Expresados	Unidad	Número de muestra de aguas analizadas, de los parámetros fisicoquímicos							
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
pH	-	7,74	7,75	7,89	7,93	7,80	8,18	7,61	7,55
Conductividad Eléctrica	uS/cm	161,0	187,2	232,0	307,7	306,1	270,7	543,3	583,7
STD	Ppm	268,0	180,0	192,0	253,2	233,3	336,0	560,0	536,0
Temperatura	°C	15,0	15,0	14,0	15,0	16,0	18,0	19,4	19,3
Cationes - Na ⁺	meq/L	0,670	0,920	1,170	1,290	1,400	1,140	3,498	4,391
Cationes - K ⁺	meq/L	0,124	0,250	0,092	0,412	0,444	0,123	0,473	0,309
Cationes - Ca ²⁺	meq/L	0,510	0,230	0,340	0,621	0,637	1,108	0,503	0,330
Cationes - Mg ²⁺	meq/L	0,178	0,300	0,452	0,428	0,328	0,207	0,435	0,418
Aniones - P-PO ₄ ³⁻	mg/L	0,847	0,958	0,593	0,700	0,746	0,636	7,230	2,007
Aniones - NO ₃ ²⁻	mg/L	0,300	3,200	0,300	0,400	0,400	0,400	5,500	4,100
Aniones - SO ₄ ²⁻	meq/L	0,000	0,006	0,029	0,744	0,756	0,685	0,377	0,800
Aniones - Cl ⁻	meq/L	0,680	1,200	0,950	0,800	0,400	0,400	0,300	1,450
Aniones - HCO ₃ ²⁻	meq/L	0,800	0,500	1,080	1,200	1,650	1,490	4,300	3,154
Aniones - CO ₃ ²⁻	meq/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
∑ cationes	meq/L	1,482	1,700	2,054	2,751	2,809	2,577	4,909	5,449
∑ aniones	meq/L	1,480	1,706	2,059	2,744	2,806	2,575	4,977	5,404
Error	%	0,076	0,183	0,127	0,132	0,052	0,024	0,688	0,413

1.2. Descripción de la metodología

Para analizar el problema con respecto a la cantidad de agua disponible para el cultivo y la aptitud del agua para riego se realizó una relación lineal con el método de correlación de Pearson mediante el uso del software estadístico R Studio, entre las variables del índice de relación de adsorción de sodio (RAS), los cationes y aniones en contraste con la conductividad eléctrica (CE).

1.3. Relación de adsorción de sodio (RAS)

Para determinar la calidad de agua que se encuentra en la quebrada Togllahuayco, con los datos de concentraciones de cationes de Ca²⁺, Mg²⁺ y Na⁺

en meq/L, es posible determinar la sodicidad, relación de adsorción de RAS (Puñales & Aguilar, 2016) a partir de la ecuación [1]:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}} \quad [1]$$

Se utilizó el software estadístico “R Studio” para calcular indicadores como: coeficientes de correlación, error estándar y R cuadrado; y analizar la relación que existe entre los factores RAS, altitud, cationes, aniones y CE, mediante la aplicación de técnicas como correlación, modelos de regresión lineal para facilitar la comprensión entre variables

(Carrera-Villacrés *et al.*, 2018), el cálculo de R² se lo realizó a partir de la ecuación [2]

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2} \quad [2]$$

Donde:

\hat{Y}_t = varianza

\bar{Y} = media

Y_t = valor de y

1.4. Diagrama de Richards

El diagrama de Richards para la clasificación de aguas de riego sirve para determinar el nivel de peligrosidad por sodio y por la salinidad presente en el agua y como datos de entrada se coloca el (RAS) y la conductividad eléctrica de las muestras analizadas.

Al hacer uso de los criterios tradicionales de la relación de adsorción de sodio y la conductividad eléctrica, se clasificaron las muestras como C1, C2 y C3, según las directrices del laboratorio de salinidad de EE. UU. (Can *et al.*, 2008). La clasificación C1 son suelos y aguas satisfactorias para riego con respecto a la concentración de sales; sin embargo, las aguas C2 podrían impactar de manera adversa a cultivos sensibles, en el caso de los C3 se puede obtener un rendimiento adecuado de los cultivos, siempre y cuando se haga un manejo adecuado de los suelos y el drenaje sea eficiente, de lo contrario se podrían presentar condiciones de alta salinidad.

La peligrosidad por salinidad se representa con la letra S y acorde al nivel de peligrosidad se acompaña del número; para un nivel de peligro bajo se tiene la categoría S1 y para el nivel de categoría muy alto se tiene S4 (Can *et al.*, 2008).

1.5. Cálculo de disponibilidad de agua y la demanda de agua para cultivo de quinua

Para la determinación de la disponibilidad del agua se utilizó el balance hídrico a partir de variables como la temperatura y precipitación otorgado por el INAMHI de la estación “La TolaM002”, siendo la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio para el periodo 1990-2017 cuyos datos fueron

procesados gracias al software Excel y por el método de Thorthwaite (Ordóñez, 2011).

- a) Disponibilidad de agua. Se ve reflejada directamente de la precipitación, pero no toda el agua es utilizable debido a que un porcentaje se escurre a través de la quebrada, otro porcentaje se infiltra o se evapora. Es importante conocer la cantidad de agua que es útil para las plantas conocida como precipitación efectiva y es aquella que logra satisfacer al menos una parte de los requerimientos hídricos (Alfaro, 2012).

Para el cálculo de la precipitación efectiva se utilizó el método recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación (FAO) y se denomina Método del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA S.C.), que se especifica en la ecuación [3] (Nieto *et al.*, 2018).

si $P < 250$ mm

si $P > 250$ mm

$$Pe = \frac{P}{125} * (125 - 0.2P) \text{ si } P < 250 \text{ mm}$$

$$Pe = (125 + 0.1P) \text{ si } P > 250 \text{ mm} \quad [3]$$

Donde:

Pe= precipitación efectiva mm

P= precipitación media mensual

En la Tabla 4 se muestra los resultados de la precipitación media mensual y la precipitación efectiva utilizando la fórmula cuando $P < 250$ mm en todos los meses.

Tabla 4. Precipitación efectiva en la quebrada Togllahuayco

Mes	Precipitación (mm)	Precipitación efectiva (mm)
Enero	69.9	62.1
Febrero	77.3	67.7
Marzo	123.2	98.9
Abril	114.5	93.5
Mayo	70.2	62.3
Junio	27.5	26.3
Julio	13.9	13.6
Agosto	16.4	16.0
Septiembre	47.1	43.5
Octubre	104.7	87.2
Noviembre	102.9	85.9
Diciembre	78.3	68.5
Total	845.9	725.6

- b) Requerimiento hídrico de cultivos. La evapotranspiración se la realizó a través del método de Thorthwaite (Ordóñez, 2011), utilizando la temperatura media mensual obtenida de los datos meteorológicos proporcionados por el INAMHI y las constantes de Aparicio juntamente con el software Hidroesta para su procesamiento.

La evapotranspiración por cultivo (ETc) para la quinua se la calculó a través del coeficiente de cultivo, acorde con la investigación reportada por García, Raes, & Jacobsen (2001) los coeficientes para la quinua son para la fase inicial 0,52, para la fase de maduración 1 y para la fase de cosecha 0,70 y relacionando con la evapotranspiración potencial se tiene la ecuación [4]

$$ETc = kc * ETo \quad [4]$$

Donde:

ETc= Evapotranspiración del cultivo en mm/mes

Kc= coeficiente del cultivo

ETo= Evapotranspiración potencial mm/mes

Para determinar la eficiencia del aprovechamiento de agua para riego se realiza el balance de la entrada de agua disponible y el requerimiento hídrico del sistema (Nieto *et al.*, 2018) tomando en cuenta el área de superficie a ser regada. Acorde con la FAO para el cultivo de quinua es recomendable la siembra una vez al año con un periodo de 6 meses empezando de enero a julio (Gómez & Aguilar, 2016).

3. Resultados y discusión

3.1. Disponibilidad de agua y requerimiento hídrico para el cultivo de quinua

Para determinar la disponibilidad del agua es indispensable conocer el área de la quebrada que va a recolectar el agua de las precipitaciones. Esta se calculó gracias a sistemas de información geográfica obteniéndose un área de $5.5 \cdot 10^5 \text{ m}^2$ y acorde a la entrevista con el representante de la comunidad ancestral "La Toglla" quien planea implementar el proyecto (Dehousse, 2018) manifestó que el área destinada para la agricultura sería de 25.000 m^2 . A

continuación, en la Tabla 5 se presenta el cuadro resumen de la demanda y en la Tabla 6 se presenta la oferta de agua para riego así como el balance hídrico en la Tabla 7.

Tabla 5. Demanda hídrica para cultivo de quinua

Mes	Demanda hídrica			ETc (Agua requerida) m ³
	Kc	Eto mm	Etc/m2 mm/m ²	
Enero	0,5	55,9	27,95	698,7
Febrero	0,5	50,5	25,24	631,1
Marzo	0,5	56,5	28,23	705,7
Abril	1	54,6	54,6	1366,0
Mayo	1	56,5	56,5	1411,5
Junio	1	54,6	38,24	956,2
Julio	0,7	55,9	39,13	978,3
Total				6747,5

Tabla 6. Oferta hídrica

Mes	Oferta hídrica	
	Precipitación efectiva mm/m ²	Agua disponible m ³
Enero	62,10	3415,60
Febrero	67,74	3725,82
Marzo	98,93	5441,26
Abril	93,53	5144,54
Mayo	62,32	3428,09
Junio	26,31	1447,02
Julio	13,55	745,62

Tabla 7. Balance general del recurso hídrico

Mes	Balance hídrico		
	Agua disponible (oferta) m ³	Requerimiento de agua (demanda) m ³	Balance m ³
Enero	3415,6	698,7	2716,8
Febrero	3725,8	631,1	3094,7
Marzo	5441,3	705,7	4735,5
Abril	5144,5	1366,0	3778,5
Mayo	3428,1	1411,5	2016,5
Junio	1447,0	956,2	490,8
Julio	745,6	978,3	-232,7

3.2. *Aptitud del agua para riego*

Para la determinación de la aptitud del agua para riego se obtuvo el índice de adsorción de sodio

(RAS) así como la conductividad eléctrica, después de analizar los 8 puntos de muestreo, en la Tabla 8 se evidencia los valores de la conductividad eléctrica y el RAS.

Tabla 8. Conductividad eléctrica y RAS de los puntos de muestreo de la quebrada Togllahuayco

Nº muestra	RAS meq/L	CE uS/cm
Punto 1	1,62	161,0
Punto 2	2,53	187,2
Punto 3	2,63	232,0
Punto 4	2,52	307,7
Punto 5	2,85	306,1
Punto 6	1,99	270,7
Punto 7	7,22	543,3
Punto 8	10,15	583,7

Un sistema basado en la medida de la conductividad eléctrica del agua para determinar el riesgo de salinización del suelo y en el cálculo de la relación de adsorción de sodio (RAS) para determinar el riesgo de sodificación o alcalinización, es el propuesto por Richards, uno de los sistemas más utilizados en España (Olías, Cerón, & Fernández, 2005). En Ecuador también se utiliza la

clasificación de Richards tal como se evidencia en los estudios realizados por Pérez (2019) y Mencías (2015). Según el diagrama de Richards para la clasificación del agua de riego presentado por el departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la figura 2 muestra que el agua de la cuenca hidrográfica de La Toglla se ubica en los campos C1S1, C1S2 Y C2S2.

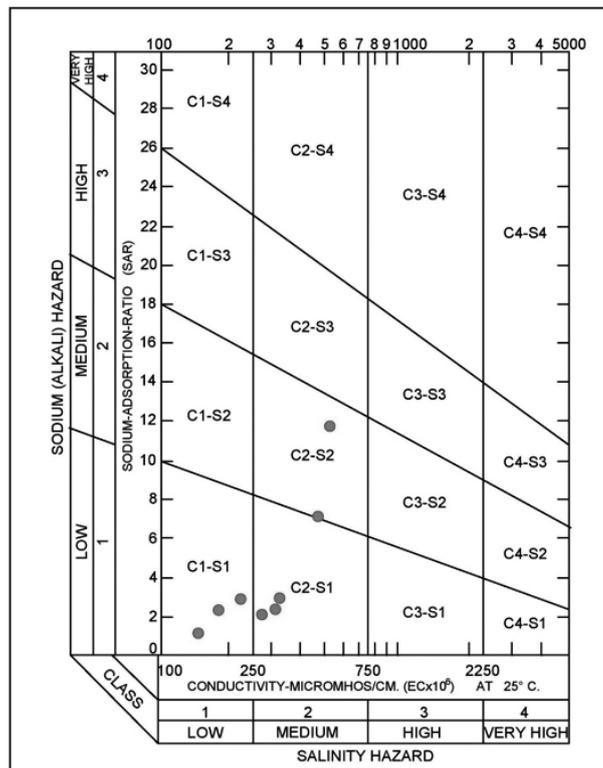


Figura 2. Diagrama Richards para la clasificación del agua para riego (United States Department of Agriculture).

3.3. Correlación entre variables

Se realizó la correlación de variables entre la conductividad eléctrica y la altitud, RAS, cationes y aniones como se muestra en la Tabla 8, para determinar las variables que más se ajusten y expliquen el fenómeno de salinidad y el incremento o decremento de la conductividad eléctrica siendo los parámetros más relevantes para la determinación de la aptitud del agua para riego.

Tabla 8. Resultados de progresión obtenidos en el software R

Indicadores estadísticos	Altitud vs CE	RAS vs CE	Cationes vs CE	Aniones vs CE
Coefficiente de correlación R^2	0,5621	0,8897	0,9978	0,9986
Estándar Error	0,2852	0,0026	0,0001	0,0001
Residual Standard Error	118,5	1,097	0,0742	0,0587

En base a los resultados no se presenta una correlación significativa entre la altitud y la conductividad eléctrica, al contrario, se presenta una correlación significativamente alta entre el RAS, cationes y aniones con la conductividad eléctrica (CE).

La Figura 3 presenta la gráfica entre el RAS y la CE mostrando una relación directamente proporcional con un $R^2=0.8897$, contrario a la Figura 4 que presenta una relación inversamente proporcional entre la altura y la conductividad eléctrica, aunque presenta un valor insignificante de relación con un $R^2=0.5621$. La Figura 5 presenta la gráfica entre los aniones vs. la conductividad eléctrica con un $R^2=0.9986$ y la Figura 6 presenta la gráfica entre cationes y conductividad eléctrica con un valor significativamente alto con un coeficiente de correlación $R^2=0.9978$

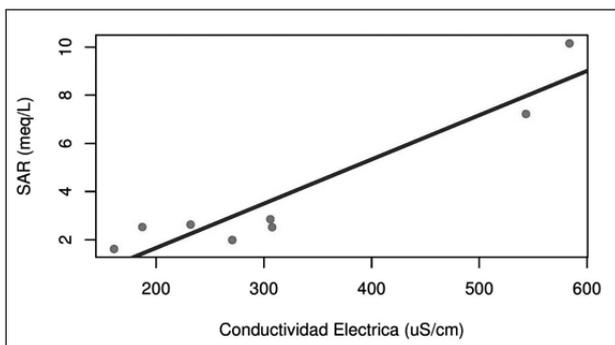


Figura 3. Relación entre RAS y CE.

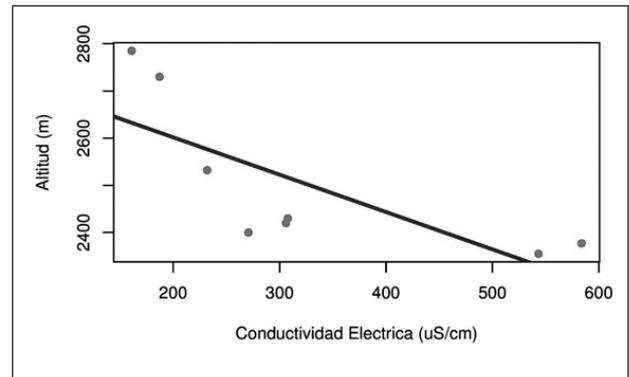


Figura 4. Relación entre altitud y CE.

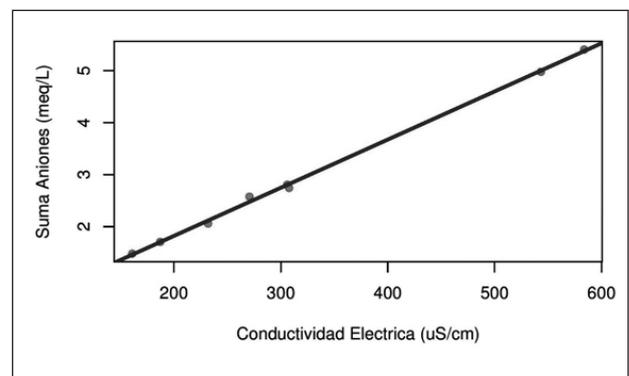


Figura 5. Relación entre RAS y CE.

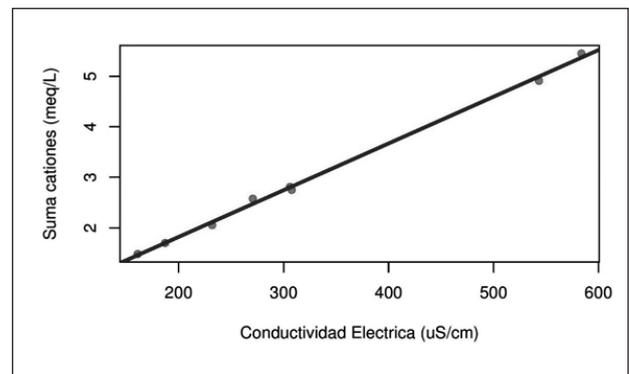


Figura 6. Relación entre RAS y CE.

4. Discusión

El recurso hídrico de la quebrada puede ser usado para el riego de cultivos, debido a que los valores de RAS promedio y conductividad eléctrica promedio fueron de 3,94 meq/L y 324 uS/cm, respectivamente, ubicándose en la clasificación C2S1 el cual indica que el agua presenta un valor bajo de peligrosidad salina y un valor medio de peligrosidad sódica. Los valores de CE son más bajos en

la parte alta de la cuenca, esto quiere decir que la cantidad de sales es menor y la calidad del agua es excelente, esto se debe a que en la zona alta recién comienza la vertiente natural, mientras el río sigue su cauce los valores de CE van aumentando debido a que entra en contacto con la superficie y se produce un arrastre de cationes y aniones que enriquecen el agua. La CE presenta una mayor influencia tanto en aniones como en cationes, obteniéndose coeficientes de correlación entre estos de 0,9986 y 0,9978, respectivamente, indicando que a medida que aumenta la CE la concentración de aniones y cationes es mayor, aumentando el riesgo de peligrosidad del agua para riego.

5. Conclusiones

La aptitud del agua para riego de la quebrada Togllahuayco se encuentra en la clasificación C2S1, lo que quiere decir que presenta baja peligrosidad salina y media peligrosidad sódica, lo que vuelve muy factible que se utilice el agua para cultivos sin tener repercusiones graves a corto o largo plazo.

El balance hídrico efectuado entre la cantidad de precipitación (oferta) y el requerimiento de agua para el cultivo de quinua (demanda) para el

periodo de estudio que comprende los meses de enero a julio señala que existe la suficiente cantidad de agua disponible para riego, a excepción del mes de julio que presenta una deficiencia de agua por lo que se recomienda la implementación de un reservorio para almacenar agua para el mes de estiaje o cambiar el periodo de cultivo evitando el mes de sequía.

Existe una relación directamente proporcional entre la conductividad eléctrica (CE) y las variables de relación de absorción de sodio (RAS), cationes y aniones con un valor de coeficiente de relación R^2 de 0,89, 0,99 y 0,99 respectivamente lo que quiere decir que a mayor conductividad eléctrica mayor RAS, cationes y aniones lo que conlleva a un incremento de la peligrosidad del agua para riego tanto por salinidad como por sodicidad. La conductividad eléctrica es una variable fácilmente medible en laboratorio o con equipos de campo, y con el resultado de esta investigación, al medir esta variable, se puede deducir el comportamiento de la aptitud del agua para riego y la peligrosidad salina y sódica; en el caso de que se tenga valores muy altos de CE se recomienda realizar un muestreo y los análisis de cationes y aniones para determinar la fuente de ese incremento y poder solucionar de manera técnica.

Referencias

- Alfaro, G. (2012). *Diseño de zonas de riego, requerimiento de riego de los cultivos*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Amaya Arévalo, Á. J. (2015). *Evaluación hidrogeológica e hidroquímica de la subcuenca del río Aranchacal*. Universidad de El Salvador.
- APHA, AWWA, & WEF. (1995). *APHA Methods: Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*. Washington, DC.
- Can, Á.C., Ayala, C.R., Escobar, M.O., López, C.T., & Díaz, J.C. 2008. Evaluación de la relación de adsorción de sodio en las aguas del río Tulancingo, estado de Hidalgo, México. *Terra Latinoamericana*. 26(3): 243-252.
- Carrera-Villacrés, D., Guerrón Varela, E., Cajas Morales, L., González Farinango, T., Guamán Pineda, É., & Velarde Salazar, P. A. (2018). Relación de temperatura, pH y CE en la variación de concentración de fosfatos en el río Grande, cantón Chone. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, 13(1). <https://doi.org/10.24133/ctespe.v13i1.807>
- Carrera, D., Crisanto, T., Guevara, P., & Maya, M. (2015). Relación entre la composición química inorgánica del agua, la precipitación y la evaporación en la cuenca de río Grande, Chone, Ecuador. *Enfoque UTE*, 6(1), 25-34. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n1.52>
- Carrera-Villacrés, D., Ayala, J., Carmona, C., Garófalo, M., Mastián, F., Moyón, Á., Haro, M. (2018). Caracterización hídrica de la cuenca hidrográfica Toglla con fines de conservación de bosques y producción agrícola. En: *Memorias del Congreso REDU VI 2018*. Ibarra: Editorial Universidad Técnica del Norte.

- Dehousse, P. (2018). *Entrevista a la comuna ancestral La Toglla*. Quito.
- Dirección General de Normativa Mexicana. Normativa Oficial Mexicana NOM-AA-34-1981. (1981). México.
- EMAAP-Q, & Programa de Saneamiento Ambiental (2006). *Plan de Manejo del cerro Ilaló*. Quito: EMAAP-Q.
- FAO. (2007a). *Secuestro de carbono en tierras áridas*. Roma: FAO, Informes sobre recursos mundiales de suelos 102.
- FAO. (2007b). *La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas*. Roma: Estudio FAO: Montes 150.
- FAO/RLC. (2011). *La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. Santiago: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (FAO/RLC).
- GAD Parroquial de Guangopolo. (2014). *Plan de Desarrollo Parroquial 2011-2025*. Quito-Ecuador.
- García, M., Raes, D., & Jacobsen, E. (2001). Análisis de la evapotranspiración de referencia en el altiplano boliviano y determinación de los requerimientos de riego de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). En *International Congress on quinoa*. Lima, Perú.
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. Lima: FAO, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Gómez, M. L. (2009). Definición de la aptitud de agua para riego en un agroecosistema del sur de la provincia de Córdoba, Argentina. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 45, 38–43.
- Instituto Nacional de Meteorología y Climatología INAMHI (2017). Boletines climáticos y agrícolas. Obtenido de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- Irfan, M., Arshad, M., Shakoor, A., & Anjum, L. (2014). Impact of irrigation management practices and water quality on maize production and water use efficiency. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 24(5), 1518–1524.
- Jacobsen, S.E., & Sherwood, S. (2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador: Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto*. Quito: Abya-Yala.
- Mencías, D. (2015). *Determinación de la infiltración en el suelo, estudio de la calidad del agua para regadío y manejo ambiental del sistema de riego El Pisque – Pichincha*. Tesis de maestría. Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- Millán, F. (2016). *Curso de Química II. Unidad 6: Calidad de aguas potabilizables*. Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Extensión Mérida. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4267.8000>
- Mujica, A., Y., Jacobsen, S., Izquierdo, J., & Marathe, J.P. (2001). *Quinua (Chenopodium quinoa willd.) ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. Santiago: FAO.
- Nieto, C., Pazmiño, E., Rosero, S., & Quishpe, B. (2018). Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria, con base en el requerimiento hídrico de cultivos y el área regada, en dos localidades de la Sierra ecuatoriana. *Siembra*, 5(1), 51-70.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN (NTE) 2169. (1998). Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras. Quito-Ecuador.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN (NTE) 2176. (1998). Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Quito-Ecuador.
- Olías, M., Cerón, J. C., & Fernández, I. (2005). Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del U.S. Laboratory Salinity (USLS). *Geogaceta*, 37, 111-113.
- Ordóñez, J. (2011). *Cartilla Técnica: Balance hídrico superficial*. Lima: Global Water Partnership South America, Sociedad Geográfica de Lima.
- Ortiz, D. W., & Sánchez, J. R. (2018). *Caracterización geomorfológica y biofísica de las cuencas de aporte de las captaciones de los sistemas de agua potable de los cantones que conforman la Mancomunidad Cañari*. Universidad de Cuenca, Ecuador.

- Palacios Orejuela, I. F., Ushiña Huera, D. P., & Carrera Villacrés, D. V. (2018). Identificación de cangahuas para su recuperación mediante estudio multicriterio y constatación in situ en comunas del volcán Ilaló. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, 13(1), 10-13. <https://doi.org/10.24133/cctespe.v13i1.649>
- Peña, J. (2017). *Modelo de gestión de las tierras comunitarias para el pueblo ancestral La Toggla-Guangopolo con criterios de sostenibilidad*. Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).
- Pérez, A. (2019). Riesgo de sodicidad en los suelos del cantón Milagro, Guayas-Ecuador en época de estiaje. *Revista Politécnica*, 42(2). <https://doi.org/10.33333/rp.vol42n2.899>
- Prado Wildner, L. do; Veiga, M. da. (1994). Tema 2: Erosión y pérdida de fertilidad del suelo. En: *Erosion de suelos en America Latina*. Taller sobre la Utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG) en la Evaluación de la Erosión Actual de Suelos y la Predicción del Riesgo de Erosión Potencial. Santiago: FAO.
- Puñales, T.T., & Aguilar, C.C.B. (2016). La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan. *Agroecosistemas*, 4(1), 47-61.
- Rey, M., Stincer, R. J., González, F., & Sarmiento, O. (2007). Results of the application of drips irrigation in the rotation the banana CENSA 3/4 with papaya red M aradol with high density plantation. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(3), 9-14.
- Roblez, C., & Bautista, G. (2002). Calidad del agua de riego. *Temas de ciencia y tecnología*, 6(18), 39-45.
- Sarabia, I., Cisneros, R., Aceves, J., Durán, H., & Castro, J. (2011). Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del Valle de San Luis Potosí, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(2), 103-113.
- Villacrés, D. C. (2011). *Salinidad en suelos y aguas superficiales y subterráneas de la cuenca evaporítica de Río Verde-Matehuala, San Luis Potosí*. Montecillo, México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, México. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14037.73443>