

# RIESGO DE SEQUÍA BASADO EN LA PERCEPCIÓN SOCIAL EN LA PROVINCIA DEL CARCHI, ECUADOR

Cevallos, Marco<sup>1</sup>  
Jaimes, Edgar<sup>2</sup>  
Pineda, Neida<sup>3</sup>  
Andrade, Patricio<sup>4</sup>  
Vallejos, Stalin<sup>5</sup>

Recibido: 06-11-18 Revisado: 22-11-19 Aceptado: 27-12-19

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar los niveles de riesgo de sequía en áreas vulnerables de la Provincia del Carchi (Ecuador), basado en la percepción social de su amenaza y análisis del clima. El área del estudio tiene una superficie de 1.635,6 km<sup>2</sup>, distribuida en las subcuencas de los ríos Carchi, Apaquí y El Ángel, así como en sus microcuencas, en las cuales se encuentra la principal actividad agropecuaria y la mayor concentración de población. Para fines de este trabajo se entiende como percepción social de riesgo a la capacidad que tienen las personas para formar impresiones y hacer inferencias sobre las amenazas naturales y antrópicas que suscitan de manera recurrente. El procedimiento de estudio y análisis de la información recabada en el área antes referida constó de cuatro fases: i) aplicación de un modelo de encuesta a una muestra aleatoria y no probabilística de 120 productores asentados en el área de estudio; ii) determinación de los valores medios anuales de la pluviosidad; temperatura y evapotranspiración potencial en las 49 microcuencas; iii) cálculo del Índice de aridez; y, iv) determinación de los niveles de riesgo de sequía. Los resultados obtenidos permitieron determinar, en términos de la percepción social del área de estudio, que un 52% de las personas consideró la sequía como la mayor amenaza de desastre natural, siendo la papa, el frejol y el maíz los cultivos más afectados. Es pertinente resaltar que el riesgo de sequía –más que un evento agroclimático, cuyo efecto directo es la reducción del rendimiento de los cultivos–, debe visualizarse desde una perspectiva más integrada; es decir, reflejando que las consecuencias de los desastres naturales no son independientes de los sistemas sociales. Se concluye que la percepción social es un criterio de alto valor a la hora de estimar, en este caso, el riesgo de sequía.

**Palabras clave:** cambio climático, Carchi, Ecuador, índice de aridez, percepción social, vulnerabilidad y riesgos socioambientales

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo (Universidad Técnica de Ambato-UTA, Ecuador), M.Sc. en Gestión de los Recursos Naturales y Medio Ambiente (Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial-CIDIAT de la Universidad de Los Andes-ULA, Venezuela); M.Sc. en Desarrollo Humano Sustentable (Universidad Bolivariana de Santiago de Chile-UB); Doctor en Ciencias Agrarias (Universidad del Zulia-LUZ, Venezuela). Docente de la Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador. **Dirección postal:** Toledo N22-80, casilla postal: 17-12-569. Quito, Ecuador. **Teléfono:** +593 9 94308156; **e-mail:** cevallos1963@hotmail.com

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo (La Universidad del Zulia-LUZ, Venezuela); Agrólogo (Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial-CIDIAT de la Universidad de Los Andes-ULA, Venezuela); M.Sc. y Doctor en Ciencia del Suelo (Universidad Central de Venezuela-UCV). Docente del Núcleo Universitario Rafael Rangel-NURR, Universidad de Los Andes-ULA, Venezuela. **Dirección postal:** Toledo N22-80 Casilla postal: 17-12-569 Quito, Ecuador. **Teléfono:** +593 98 978 0482; **e-mail:** jaimes.5060@gmail.com

<sup>3</sup> Ingeniero Agrícola (Universidad de Los Andes-ULA, Venezuela); M.Sc. en Ciencia del Suelo (Universidad Central de Venezuela-UCV); Doctora en Ciencias Agrarias (La Universidad del Zulia-LUZ, Venezuela). Profesora adscrita al Departamento de Ciencias Agrarias, Venezuela NURR-ULA, Venezuela. **Dirección postal:** Villa Universitaria. La Concepción de Trujillo. Pampanito, edo. Trujillo, Venezuela. **Teléfono:** +58 416 6720174; **e-mail:** pineida@ula.ve

<sup>4</sup> Licenciado en Ciencias de la Educación (Universidad Católica Sede Ibarra-PUCE-SI, Ecuador); M.Sc. en Gerencia de Proyectos Educativos y Sociales (Universidad Técnica del Norte-UTN, Ecuador). Docente de la Universidad Técnica del Norte-UTN, Ibarra, Ecuador. **Dirección postal:** Ciudadela Universitaria, Av. 17 de Julio 5-21 y General José María Córdova. Sector del Olivo. Ibarra, Ecuador. **Teléfono:** +593 99 4468689; **e-mail:** wpandrade@utn.edu.ec

<sup>5</sup> Ingeniero en Recursos Naturales Renovables (Universidad Técnica del Norte-UTN, Ecuador); Maestrante en la UTN (Ibarra, Ecuador). **Dirección postal:** Ciudadela Universitaria, Av. 17 de Julio 5-21 y General José María Córdova. Sector del Olivo. Ibarra, Ecuador. **Teléfono:** +593 62600871; **e-mail:** stalinxtrème@hotmail.com

## ABSTRACT

This study aimed to determine the levels of drought risk in vulnerable areas of the Carchi Province, Ecuador; based on the social perception of its threat and climate analysis. The study area has an area of 1,635.6 km<sup>2</sup>, distributed in the sub-basins of the Carchi, Apaquí and El Ángel rivers, and their micro-basins, in which the main agricultural activity and the highest population concentration are found. For the purposes of this work, social perception of risk is understood as the ability of people to form impressions and make inferences about the natural and anthropic threats that they recur. The study and analysis procedure of the information collected in the aforementioned area consisted of four phases: 1. Application of a survey model to a random and non-probabilistic sample of 120 producers settled in the study area; 2. Determination of the annual average values of rainfall; temperature and potential evapotranspiration in the 49 microbasins; 3. Calculation of the aridity index and 4. Determination of drought risk levels. The results obtained allowed us to determine, in terms of the social perception of the study area, that 52% of people considered drought as the greatest threat of natural disaster; Potatoes, beans and corn being the most affected crops. It is pertinent to highlight that the risk of drought rather than an agroclimatic event, whose direct effect is the reduction of crop yields, must be visualized from a more integrated perspective; that is to say, reflecting that the consequences of natural disasters are not independent of social systems. It is concluded that social perception is a criterion of high value when estimating, in this case, the risk of drought.

**Key words:** Aridity index, Carchi, climate change, Ecuador, social perception, vulnerability and socio-environmental risks

## RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est de déterminer les niveaux de risque de sécheresse dans les zones vulnérables de la province de Carchi, Équateur ; à partir de la perception sociale de ce genre de menace et de l'analyse climatique. La zone à l'étude a une superficie de 1.635,6 km<sup>2</sup>, répartis dans les sous-bassins des fleuves Carchi, Apaquí et El Ángel, et leurs micro-bassins, dans lesquels se trouvent les principales activités agricoles et la plus forte concentration de population de la province. Dans le travail que nous proposons, la perception sociale du risque est définie comme la capacité qui ont les individus pour se forger des impressions et pour faire des inférences sur les menaces naturelles et anthropiques, que sont courantes dans la région. La méthodologie retenue pour l'étude des risques et de la perception des menaces dans la province et pour l'analyse des informations inclut quatre phases: 1. L'application d'un modèle d'enquête à un échantillon aléatoire et non probabiliste de 120 producteurs installés dans la zone d'étude; 2. La détermination des valeurs moyennes annuelles des précipitations; température et évapotranspiration potentielle dans les 49 micro-bassins; 3. Le calcul de l'indice d'aridité et 4. La détermination des niveaux de risque de sécheresse. Les résultats obtenus nous ont permis de déterminer, en termes de perception sociale de la zone d'étude, que 52% des personnes considéraient la sécheresse comme la plus grande menace de catastrophe naturelle ; les pommes de terre, les haricots et le maïs sont les cultures les plus touchées. Il est pertinent de souligner que le risque de sécheresse plutôt qu'un événement agro-climatique, dont l'effet direct est la réduction des rendements des cultures, doit être visualisé dans une perspective plus intégrée afin de comprendre que les conséquences des catastrophes naturelles ne sont pas indépendantes des systèmes sociaux. On en conclut que, dans le cas à l'étude, la perception sociale est un critère de grande valeur pour estimer le risque de sécheresse.

**Mots-clé :** Carchi, Changement climatique, Équateur, indice d'aridité, perception sociale, vulnérabilité et risques socio-environnementaux

## RESUMO

O objetivo do estudo foi determinar os níveis de risco de seca em áreas vulneráveis da província de Carchi, Equador; com base na percepção social de sua ameaça e análise climática. A área de estudo possui uma superfície de 1.635,6 km<sup>2</sup>, distribuída entre as sub-bacias dos rios Carchi, Apaquí e El Ángel, e suas microbacias, nas quais se encontram a principal atividade agrícola e a maior concentração populacional. Para os fins deste trabalho, a percepção social de risco é entendida como a capacidade das pessoas de formar impressões e fazer inferências sobre as ameaças naturais e antrópicas que elas representam. O procedimento de estudo e análise das informações coletadas na área mencionada consistiu em quatro fases: 1. Aplicação de um modelo de pesquisa a uma amostra aleatória e não probabilística de 120 produtores estabelecidos na área de estudo; 2. Determinação dos valores médios anuais das chuvas; temperatura e evapotranspiração potencial nas 49 microbacias; 3. Cálculo do índice de aridez e 4. Determinação dos níveis de risco de seca. Os resultados obtidos permitiram determinar, em termos da percepção social da área de estudo, que 52% das pessoas consideravam a seca a maior ameaça de desastre natural, sendo a batata, feijão e milho as culturas mais afetadas. É pertinente destacar que o risco de seca e não de um evento agroclimático, cujo efeito direto é a redução do rendimento das culturas, deve ser visualizado desde uma perspectiva mais integrada; isto é, refletindo que as consequências de desastres naturais não são independentes dos sistemas sociais. Conclui-se que a percepção social é um critério de alto valor ao estimar, neste caso, o risco de seca.

**Palavras-chave:** Carchi, Equador, índice de aridez, mudanças climáticas, percepção social, vulnerabilidade e riscos socioambientais

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso cuya disponibilidad se reduce día a día. En el caso de la provincia del Carchi son las sequías los eventos climáticos que tienen consecuencias catastróficas. Así, por ejemplo, en el año 2009 el déficit hídrico de la provincia del Carchi dejó pérdidas muy grandes en la agricultura y en la ganadería, lo cual impulsó al Gobierno Nacional a decretar estado de emergencia para enfrentar tal situación. A pesar de este decreto y de las acciones implicadas en el mismo, se registraron 2.000 damnificados y extensas áreas de cultivo afectadas por la sequía. En efecto, según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca hubo 4.500 agricultores afectados; 40.000 hectáreas de sembradíos perjudicadas; 8.000 hectáreas perdidas; 120 mil cabezas de ganado en riesgo y 1.714.500,00 dólares estadounidenses (USD) en pérdidas (SNGR, 2010).

En general, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2012) determinó que en el Ecuador el área más propensa a la sequía es la franja litoral del océano Pacífico y los núcleos secos y bajos del callejón interandino, que va desde la Provincia del Carchi hasta la provincia de Loja (Figura N° 1).

En este contexto de causa-efecto es pertinente tomar en cuenta –adicionalmente– la influencia del cambio climático, como proceso-respuesta determinante de problemas globales de extrema gravedad, entre los cuales está la sequía. Esto se justifica dado que se trata de un proceso de calentamiento de la troposfera, en respuesta al incremento de la actividad antrópica en la superficie terrestre. Ello a su vez acentúa la sequía y, por ende, los riesgos asociados a los desastres naturales y riesgos socioambientales derivados de la falta de agua extrema en la provincia del Carchi (Rodríguez & Meza, 2015).

Además, como consecuencia del aumento de la temperatura se está acelerando la tendencia al retroceso de los glaciares de montaña. Así, por ejemplo, según el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología la tasa de retroceso de los nevados ecuatorianos es de unos 25 metros de longitud anuales y la cobertura de hielo total de estos nevados

(área) que cubría una superficie de 92 km<sup>2</sup> durante la década de 1980 se redujo a 44 km<sup>2</sup> hasta el año 2010 (Báez, 2016). Por lo tanto, estos acontecimientos podrían afectar la biodiversidad de los ecosistemas andinos por desplazamiento, adaptación o extinción local de las especies que lo conforman (Calvo *et al.*, 2001); afectación que es también crítica en otros ecosistemas andinos de Bolivia, Colombia y Perú, donde la disponibilidad de agua para el consumo humano, la agricultura y la generación hidroeléctrica ya están comprometidas. Según Aguirre, Ojeda-Luna, Eguiguren & Aguirre-Mendoza (2014), es de esperar que en el corto a mediano plazo aumenten esos problemas, volviéndose crónicos si no se planifican e implementan las medidas de adaptación adecuadas (Gómez, 2015).

Frente a estos fenómeno resulta común que los conflictos se traten en forma fragmentada y que la generación de conocimiento no sea transferida a tiempo. Esto lleva a la falta de integración conceptual y práctica que permita alcanzar, en el mediano y largo plazo, los 17 objetivos de desarrollo sostenible establecidos por la Organización de Naciones Unidas (ONU) en la Agenda 2030, como una oportunidad para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2016).

Por otro lado, los problemas vinculados al agua no solo se refieren a esta como recurso sino al peligro que representa para las personas. Ciertamente, el recurso agua es fundamental para mejorar la calidad de vida. Sin embargo, también constituye una verdadera amenaza para la población, bien por exceso o por defecto que es el caso que nos ocupa en este trabajo ya que las sequías pueden provocar catástrofes aumentadas a partir del mal manejo del recurso agua y del territorio (Gómez, 2003); de allí que el riesgo hace referencia a la probabilidad de que una comunidad o parte de ella, en términos de personas, infraestructura física y sistemas productivos, le ocurra algo nocivo o dañino, dependiendo de la intensidad de la amenaza y de los niveles de vulnerabilidad existentes (Lavel, 1986; Andrade, Lucioni & Schomwandt, 2014).

Un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos frente a una determinada amenaza o peligro (Ávila, 2008). En los estudios de vulnerabilidad se suelen establecer niveles, tales como baja, media y alta; también la vulnerabilidad puede ser expresada como un porcentaje de elementos que pueden sufrir daño o destrucción (pérdida) sobre un total, aunque es difícil establecer una referencia de carácter absoluto. No obstante, estos porcentajes pueden ser establecidos en función de las características del área, del tipo de fenómeno, de la densidad y frecuencia de ocupación humana (Pizarro, 2001). Además, riesgo y peligro van íntimamente ligados a las tradiciones culturales de percepción y aceptación de aquéllos (D'Ercole & Trujillo, 2003).

Este artículo está dirigido al estudio de la percepción social y determinación de riesgo de sequía en la provincia del Carchi, Ecuador. Esta provincia forma parte de las áreas que en esta nación se han visto afectadas por amenazas y desastres asociados a sequías extremas, lo cual permite incorporar otras dimensiones (peligrosidad, vulnerabilidad, exposición e incertidumbre), cuya consideración apunta a la disminución de sus consecuencias catastróficas (Natenzon, 1995; Cardona, 2015; Pizarro, 2001). El enfoque propuesto da cuenta de un examen de factores físico-naturales, así como sociales y de gestión que están directa o indirectamente involucrados con la amenaza o riesgo de la sequía en la provincia del Carchi.

El área de influencia del estudio cubre una superficie de 1635,6 km<sup>2</sup>, localizada en la zona sur-oriental de la provincia del Carchi, Ecuador, que colinda por el Norte con el departamento de Nariño, Colombia; por el Sur, con la provincia de Imbabura; por el Oeste, con la provincia de Sucumbíos y por el Este con otros cantones de la provincia del Carchi (Figura Nº 1). Por razones de escala no fue posible delinear en ella las 49 microcuencas que forman parte del área de estudio.

La investigación original tuvo como objetivo general determinar los niveles de

riesgos de sequías basado en la percepción social de amenaza de la misma y el análisis climático en áreas vulnerables de la provincia Carchi, República del Ecuador, proponiendo acciones para su prevención o mitigación. Específicamente, estuvo orientado a: i) determinar la percepción social de amenazas ambientales asociadas a la sequía en el área de estudio; y, ii) definir las tendencias de aridez y riesgos de sequía en el área de estudio.

## 2. METODOLOGÍA

El procedimiento utilizado para levantar la información socioeconómica y de percepción social del riesgo se basó en la aplicación de un modelo de encuesta como técnica de recolección de datos, previo consentimiento informado. La muestra para este estudio abarcó a 120 personas que fueron seleccionadas de forma aleatoria y no probabilística, de una población conformada por 1.060 pobladores pertenecientes a las organizaciones que administran y manejan los sistemas de agua localizados en el área de estudio. El modelo de cuestionario incluyó una serie de preguntas relacionadas con: a) información personal; b) actividad productiva que realizan los agricultores; c) incidencia de desastres socionaturales, su impacto o efectos en el área de estudio; d) forma como los pobladores los han podido contrarrestar; e) atención que han recibido de los gobiernos locales; entre otros aspectos.

No obstante, para los fines de este análisis se numeran a continuación las cinco preguntas que fueron consideradas como las más pertinentes al propósito de este trabajo. Las opciones de respuesta a cada una de estas preguntas, se indican en letras *cursivas*; esto es:

2.2.1. ¿Cuál de estos desastres socionaturales cree que ha sido más peligroso y perjudicial en su localidad? *Temblores, Deslizamientos, Inundaciones, Sequías, Incendios forestales, Otros.*

2.2.2. ¿Cree usted que llueve más o menos que antes? *Más o menos*

2.2.3. ¿Cree usted que las sequías son más o menos prolongadas que antes? *Más o menos*

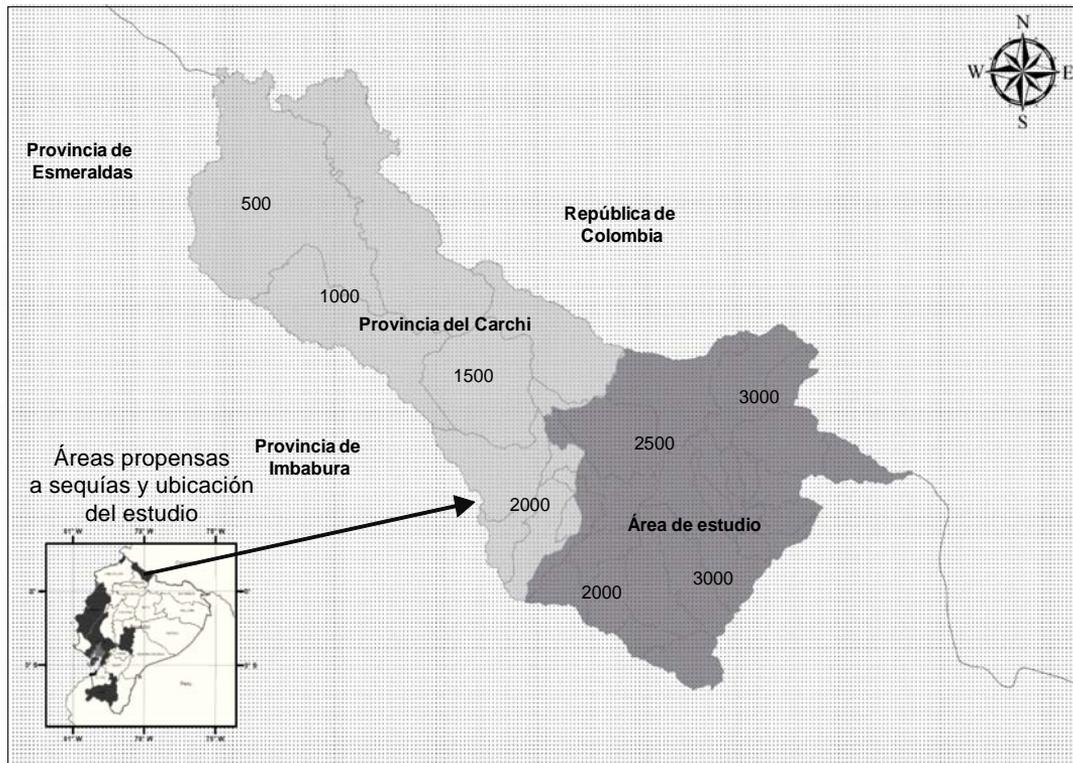


Figura 1. Áreas propensas a sequía en Ecuador y ubicación del área de estudio en la provincia del Carchi. Fuente: elaboración propia, con base en INAMHI (2012) y GEOPLADES (2009)

2.2.4. ¿Según su conocimiento, qué acciones ayudarían a enfrentar las épocas de sequía? *Controlar la deforestación, Mejorar la administración de los sistemas de riego y agua potable, construir reservorios y nuevos canales, capacitar a los regantes, incrementar las tarifas de agua.*

2.2.5. ¿Cuáles actividades deberían realizar los gobiernos locales para enfrentar la sequía? *Educación ambiental, brindar mayor información, construir infraestructuras.*

La información generada permitió conocer la relación existente entre la población afectada o que podría ser impactada negativamente frente a la ocurrencia de un fenómeno de sequía; cómo influye la situación previa al evento sobre las actividades agropecuarias, en relación con variables estructurales como las mejoras o mantenimiento y dotación de recursos

financieros o de insumos de apoyo a la producción o mejoramiento del hábitat; el acceso y disponibilidad de los mismos y la capacidad de autogestión, entre otras. A partir de la localización del sector donde se realizó la encuesta se construyó un polígono de Thiessen, a fin de establecer el área de influencia respecto a la respuesta del encuestado y se obtuvo un mapa de percepción social de amenazas naturales.

Para el análisis climático se analizaron los registros de variables climáticas de las cuencas hidrográficas obtenidas de los anuarios meteorológicos del INAMHI. Se tomaron en cuenta todas las estaciones meteorológicas ubicadas al interior del área de estudio. Fueron seleccionadas las estaciones que poseían la mayor cantidad de registros y, a su vez, que estos estuvieran en un mismo período. El período de registro se presenta en el Cuadro Nº 1. Para calcular los valores mensuales y

anuales del Balance Hídrico por microcuenca se emplearon las herramientas del módulo de Análisis Espacial del ArcView 3.2. Se trabajó con dos coberturas tipo *Grid* (malla): una para Precipitación y otra para la Evapotranspiración real. De cada una de estas coberturas se calcularon los valores promedio para cada microcuenca y variable.

Posteriormente se procedió a calcular y elaborar el mapa de Índice de aridez, a través de la relación entre la precipitación y evapotranspiración potencial. Finalmente se determinaron los niveles de riesgo de sequía, mediante álgebra de mapas de percepción social de amenazas naturales y el Índice de aridez.

### 3. DETERMINACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS

En el Cuadro N<sup>o</sup> 1 se indican los datos de pluviosidad media anual (P, en mm); temperatura media anual (T, en °C); altitud (en m.s.n.m.); período de registro (años) y coordenadas UTM. Las mismas corresponden a las 19 estaciones meteorológicas que forma parte de la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2012), localizadas en el área de estudio, dentro de la provincia del Carchi.

Es pertinente indicar que los valores de T y P registrados por estas estaciones sirvieron de base para calcular los valores promedios anuales de ambos elementos climatológicos para cada una de las 49 microcuencas delimitadas en el área de estudio. Así, se aplicaron los polígonos de Thiessen para estimar la pluviosidad, mientras que la temperatura fue determinada a través del método de las líneas isotermas.

#### 3.1. PRECIPITACIÓN

Para determinar los valores promedios anuales de precipitación (P) en las 49 microcuencas del área de estudio se utilizó el método de los polígonos de Thiessen, un método de interpolación adecuado para estimar los valores de P en sitios donde no se tiene información de esa variable. Para

la construcción de los polígonos de Thiessen se utilizaron los valores promedios anuales de P registrados en las 19 estaciones meteorológicas localizadas en el área de estudio (Cuadro N<sup>o</sup> 1).

Los polígonos de Thiessen se crearon para establecer el área de influencia (correlación geográfica) de estas estaciones respecto a las microcuencas que conforman la red hidrográfica del área de estudio en la provincia del Carchi. El método une los puntos entre sí, trazando las mediatrices de los segmentos de unión. Las intersecciones de estas mediatrices determinan una serie de polígonos en un espacio bidimensional alrededor de un conjunto de puntos de control, de manera que el perímetro de los polígonos generados sea equidistante a los puntos vecinos y designando su área de influencia.

#### 3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Para el cálculo de Evapotranspiración potencial la fórmula de Blanney-Criddle (Cevallos, 2010) ha sido reportada por equipos de investigación de la ONU como aquella que produce resultados relativamente aceptables y consistentes tanto en climas áridos como en húmedos, en casos en los que no existe suficiente información para calcular la ETp con otros métodos. La ETp, según Blanney-Criddle, fue determinada para las condiciones climáticas del área de estudio, mediante la siguiente expresión:

$$EVt = Fhl * (0,46 * T + 8,13) \quad (1)$$

$$ETp = EVt * Kc \quad (2)$$

Donde:

*EVt*: Evaporación teórica referencial para las microcuencas del área de estudio (mm/año),  
*ETp*: Evapotranspiración potencial promedio para las microcuencas en estudio (mm/año)  
*Fhl*: Factor de horas de luz, cuyo valor promedio anual fluctúa en el área de estudio entre 45,9 y 95,5.

Cuadro 1  
Estaciones meteorológicas distribuidas en el área de estudio

| Estaciones meteorológicas | E        | N          | Altitud (m.s.n.m.) | Periodo de registro | T (*) (°C) | P (*) (mm) |
|---------------------------|----------|------------|--------------------|---------------------|------------|------------|
| Tulcán Aeropuerto         | 867389,3 | 10090418,2 | 2.934              | 1929-2012           | 12,7       | 1.964      |
| Chalpatán                 | 855601,0 | 10081583,0 | 3.360              | 1984-2012           | 9,2        | 1.196      |
| Bolívar-Carchi            | 847875,6 | 10059284,4 | 2.790              | 1968-2012           | 14,5       | 673        |
| El Carmelo                | 878610,4 | 10073203,2 | 2.820              | 1951-2012           | 10,7       | 1.302      |
| El Ángel                  | 840100,9 | 10068504,6 | 3.000              | 1952-2012           | 12,0       | 842        |
| San Gabriel               | 853815,4 | 10066390,9 | 2.860              | 1934-2012           | 12,3       | 998        |
| Mira - FAO                | 830633,7 | 10060720,8 | 2.275              | 1979-2012           | 16,5       | 1.995      |
| Lita                      | 784040,7 | 10096289,1 | 740                | 1962-2012           | 22,3       | 1.984      |
| Cahuasqui - FAO           | 810395,0 | 10056622,7 | 2.335              | 1980-2012           | 17,2       | 1.996      |
| FF. CC. Carchi            | 819240,7 | 10067509,2 | 1.280              | 1900-2012           | 20,4       | 533        |
| Mira                      | 829364,5 | 10061181,3 | 2.410              | 1965-2012           | 15,9       | 1.976      |
| Monte Olivo               | 843857,4 | 10045845,4 | 2.130              | 1956-2012           | 17,6       | 1.975      |
| Julio Andrade             | 864770,8 | 10072609,6 | 2.890              | 1965-2012           | 11,9       | 1.124      |
| Gruta de la Paz           | 852211,5 | 10055350,6 | 2.460              | 1968-2012           | 15,1       | 1.985      |
| San Juan de Lachas        | 805398,6 | 10083178,7 | 950                | 1976-2012           | 21,6       | 1.986      |
| Ambuqui                   | 833116,2 | 10046364,0 | 1.880              | 1963-2012           | 19,3       | 1.988      |
| Pimampiro                 | 841784,5 | 10042923,6 | 2.090              | 1963-2012           | 19,2       | 1.987      |
| El Playón                 | 875268,6 | 10069817,7 | 2.980              | 1969-2012           | 9,4        | 1.986      |
| Tumbabiro                 | 812655,4 | 10053580,4 | 2.120              | 1964-2012           | 17,8       | 1.971      |

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI (2012)

T: Temperatura media anual (°C), estimada a partir de las isotermas medias anuales del área de estudio, trazadas con base en los valores de T registrados en las 19 estaciones meteorológicas indicadas en el Cuadro N° 1.  
Kc: Coeficiente de requerimiento de agua por tipo de cultivos, cuyo valor ponderado bajo las condiciones de uso del suelo en el área de estudio es = 0,75

### 3.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ARIDEZ

En el Cuadro N° 2 se presentan los valores de  $ET_p$  calculados con base en los valores referenciales de  $EV_t$ ,  $Fbl$  y  $Kc$  para las microcuencas incluidas en el área de estudio, incluyendo los valores del Índice de aridez

(IA), los cuales fueron calculados mediante el modelo de Middleton & Thomas (1997); esto es:

$$IA = P/ET_p \quad (3)$$

Donde:

IA = Índice de Aridez;

P = Pluviosidad promedio anual; y,

$ET_p$  = Evapotranspiración potencial promedio anual.

Por su parte, para la definición del IA se estableció en este trabajo tres rangos, previamente calculado; a saber: i) Alto riesgo: entre 1,0 y 1,3; ii) Moderado riesgo: entre 1,4 y 1,8; y, iii) Bajo riesgo: entre 1,9 y 2,5.

## Cuadro 2

Valores de pluviosidad (P), evapotranspiración potencial (ETp), Índice de aridez (IA) y rangos del IA en las microcuencas localizadas en el área de estudio de la Provincia del Carchi

| Nº  | Microcuenca          | Coordenadas |            | Altitud<br>(m.s.n.m.) | T<br>(°C) | Fnl<br>(año) | P<br>(mm) | ETo<br>(mm) | Kc   | ETp<br>(mm) | IA  | Rangos de IA | Área<br>(Km2) |
|---|----------------------|-------------|------------|-----------------------|-----------|--------------|-----------|-------------|------|-------------|-----|--------------|---------------|
|   |                      | E           | N          |                       |           |              |           |             |      |             |     |              |               |
| 1   | Drenajes menores     | 164802,4    | 10053161,2 | 2.114                 | 16,1      | 50,8         | 600       | 789,2       | 0,75 | 592         | 1,0 | 1,0 - 1,3    | 1,2           |
| 2   | Quebrada Puerquer    | 171335,7    | 10051024,2 | 2.272                 | 15,1      | 52,4         | 600       | 790,0       | 0,75 | 593         | 1,0 | 1,0 - 1,3    | 9,3           |
| 3   | Drenajes menores     | 162125,2    | 10054246,1 | 2.256                 | 15,2      | 52,2         | 600       | 789,4       | 0,75 | 592         | 1,0 | 1,0 - 1,3    | 15,8          |
| 4   | Drenajes menores     | 168426,8    | 10051549,9 | 1.737                 | 18,4      | 47,6         | 600       | 790,0       | 0,75 | 593         | 1,0 | 1,0 - 1,3    | 23,3          |
| 5   | Quebrada del Tambo   | 168489,5    | 10055800,6 | 2.313                 | 14,8      | 52,8         | 600       | 789,0       | 0,75 | 592         | 1,0 | 1,0 - 1,3    | 9,4           |
| 6   | Quebrada del Diablo  | 166127,6    | 10056242   | 2.300                 | 14,9      | 52,7         | 600       | 790,0       | 0,75 | 593         | 1,0 | 1,0 - 1,3    | 16,0          |
| 7   | Quebrada del Duende  | 173192,1    | 10057595,3 | 2.690                 | 12,5      | 54,2         | 638       | 752,3       | 0,75 | 564         | 1,1 | 1,0 - 1,3    | 62,9          |
| 8   | Quebrada San Blas    | 177214,2    | 10056404,2 | 2.524                 | 13,5      | 51,8         | 663       | 742,8       | 0,75 | 557         | 1,2 | 1,0 - 1,3    | 5,6           |
| 9   | Quebrada Tupalá      | 180959,3    | 10060958,3 | 3.028                 | 10,4      | 74,7         | 840       | 965,0       | 0,75 | 724         | 1,2 | 1,0 - 1,3    | 21,9          |
| 10  | Quebrada Honda       | 183036,7    | 10058491,4 | 2.779                 | 11,9      | 71,0         | 840       | 965,9       | 0,75 | 724         | 1,2 | 1,0 - 1,3    | 8,4           |
| 11  | Quebrada Cuesaca     | 180299,1    | 10056546,6 | 2.970                 | 10,7      | 74,0         | 840       | 965,8       | 0,75 | 724         | 1,2 | 1,0 - 1,3    | 19,0          |
| 12  | Quebrada s/n         | 182478,6    | 10049645,6 | 3.129                 | 9,7       | 58,9         | 683       | 741,7       | 0,75 | 556         | 1,2 | 1,0 - 1,3    | 7,6           |
| 13  | Quebrada Dolores     | 179747,3    | 10049826,4 | 2.806                 | 11,8      | 54,7         | 683       | 741,6       | 0,75 | 556         | 1,2 | 1,0 - 1,3    | 7,3           |
| 14  | Drenajes menores     | 177881,0    | 10050115,5 | 2.523                 | 13,5      | 51,7         | 683       | 741,4       | 0,75 | 556         | 1,2 | 1,0 - 1,3    | 34,7          |
| 15  | Drenajes menores     | 172898,5    | 10048025,1 | 1.850                 | 17,7      | 45,9         | 666       | 746,9       | 0,75 | 560         | 1,2 | 1,0 - 1,3    | 1,1           |
| 16  | Quebrada Manzanal    | 180308,8    | 10045032,2 | 2.740                 | 12,2      | 54,3         | 666       | 746,2       | 0,75 | 560         | 1,2 | 1,0 - 1,3    | 7,4           |
| 17  | Quebrada Changona    | 177936,7    | 10048084,4 | 2.794                 | 11,8      | 55,1         | 666       | 747,0       | 0,75 | 560         | 1,2 | 1,0 - 1,3    | 21,1          |
| 18  | Río El Ángel         | 169817,6    | 10071179,1 | 2.885                 | 11,3      | 75,7         | 931       | 1026,3      | 0,75 | 770         | 1,3 | 1,0 - 1,3    | 300,3         |
| 19  | Río San Gabriel      | 182429,9    | 10068419,7 | 3.238                 | 9,1       | 79,0         | 932       | 973,0       | 0,75 | 730         | 1,3 | 1,0 - 1,3    | 62,1          |
| 20  | Río Huaquer          | 180446,4    | 10065233,5 | 3.164                 | 9,5       | 77,9         | 932       | 973,8       | 0,75 | 730         | 1,3 | 1,0 - 1,3    | 24,2          |
| 21  | Quebrada Pisto       | 177418,2    | 10060782,2 | 2.859                 | 11,4      | 55,1         | 730       | 736,9       | 0,75 | 553         | 1,3 | 1,0 - 1,3    | 19,3          |
| 22  | Drenajes menores     | 176761,1    | 10045561,2 | 2.470                 | 13,9      | 51,0         | 723       | 740,7       | 0,75 | 556         | 1,3 | 1,0 - 1,3    | 18,5          |
| <b>Sub-Total área con Alto Riesgo de Aridez =</b>     |                      |             |            |                       |           |              |           |             |      |             |     |              | <b>696,4</b>  |
| 23  | Río Pisin            | 187391,4    | 10052123,6 | 3.106                 | 9,9       | 76,5         | 1.044     | 970,3       | 0,75 | 728         | 1,4 | 1,4 - 1,8    | 13,2          |
| 24  | Drenajes menores     | 188464,3    | 10061273,2 | 2.936                 | 11,0      | 73,6         | 1.044     | 970,8       | 0,75 | 728         | 1,4 | 1,4 - 1,8    | 79,3          |
| 25  | Quebrada Yail        | 187389,7    | 10048901,6 | 3.049                 | 10,2      | 75,7         | 1.044     | 970,6       | 0,75 | 728         | 1,4 | 1,4 - 1,8    | 14,5          |
| 26  | Quebrada Santa Marta | 184055,1    | 10050562,0 | 3.042                 | 10,3      | 75,4         | 1.044     | 970,2       | 0,75 | 728         | 1,4 | 1,4 - 1,8    | 7,5           |
| 27  | Río Cucacho          | 192535,3    | 10073495,0 | 3.150                 | 9,6       | 76,2         | 1.104     | 956,0       | 0,75 | 717         | 1,5 | 1,4 - 1,8    | 105,5         |
| 28  | Quebrada Chitín      | 187630,5    | 10067954,1 | 3.214                 | 9,2       | 78,0         | 1.071     | 964,2       | 0,75 | 723         | 1,5 | 1,4 - 1,8    | 40,3          |
| 29  | Río Bobo             | 188361,7    | 10083728,4 | 3.310                 | 8,6       | 80,6         | 1.171     | 974,1       | 0,75 | 731         | 1,6 | 1,4 - 1,8    | 148,5         |
| 30  | Río Chiquito         | 182232,6    | 10084111,5 | 3.458                 | 7,7       | 83,5         | 1.171     | 975,8       | 0,75 | 732         | 1,6 | 1,4 - 1,8    | 52,9          |
| 31  | Drenajes menores     | 190168,3    | 10091680,4 | 3.007                 | 10,5      | 75,2         | 1.171     | 974,6       | 0,75 | 731         | 1,6 | 1,4 - 1,8    | 6,0           |
| 32  | Río Tajamar          | 196587,9    | 10085318,4 | 3.148                 | 9,6       | 75,6         | 1.129     | 948,5       | 0,75 | 711         | 1,6 | 1,4 - 1,8    | 78,8          |
| 33  | Drenajes menores     | 200504,2    | 10091723,3 | 2.859                 | 11,4      | 70,9         | 1.129     | 948,2       | 0,75 | 711         | 1,6 | 1,4 - 1,8    | 4,1           |
| 34  | Drenajes menores     | 202640,8    | 10086889,5 | 3.136                 | 9,7       | 75,3         | 1.129     | 948,2       | 0,75 | 711         | 1,6 | 1,4 - 1,8    | 5,8           |
| 35  | Quebrada Obispo      | 199157,2    | 10074516,3 | 3.112                 | 9,9       | 74,7         | 1.129     | 948,0       | 0,75 | 711         | 1,6 | 1,4 - 1,8    | 87,8          |
| 36  | Drenajes menores     | 206868,7    | 10076368,1 | 3.050                 | 10,2      | 73,9         | 1.129     | 947,5       | 0,75 | 711         | 1,6 | 1,4 - 1,8    | 18,5          |
| 37  | Río Grande           | 175926,3    | 10085924,3 | 3.910                 | 4,9       | 95,5         | 1.276     | 991,7       | 0,75 | 744         | 1,7 | 1,4 - 1,8    | 70,0          |
| 38  | Río San Miguel       | 185347,6    | 10042416,5 | 2.998                 | 10,6      | 56,1         | 918       | 729,6       | 0,75 | 547         | 1,7 | 1,4 - 1,8    | 23,3          |
| 39  | Drenajes menores     | 185839,0    | 10039670,8 | 2.418                 | 14,2      | 49,7         | 918       | 728,7       | 0,75 | 547         | 1,7 | 1,4 - 1,8    | 8,8           |
| 40  | Drenajes menores     | 179947,5    | 10042840,6 | 2.975                 | 10,7      | 55,9         | 918       | 729,6       | 0,75 | 547         | 1,7 | 1,4 - 1,8    | 1,2           |
| 41  | Río El Carmen        | 184153,4    | 10045649,6 | 3.013                 | 10,5      | 56,1         | 979       | 727,0       | 0,75 | 545         | 1,8 | 1,4 - 1,8    | 21,5          |
| <b>Sub-Total área con Moderado Riesgo de Aridez =</b> |                      |             |            |                       |           |              |           |             |      |             |     |              | <b>787,5</b>  |

Cuadro 2 (continuación)

|   |                      |          |            |       |      |      |      |       |      |     |     |              |      |
|---|----------------------|----------|------------|-------|------|------|------|-------|------|-----|-----|--------------|------|
| 42  | Quebrada Tunda       | 187854,5 | 10053514,4 | 3.186 | 9,4  | 77,2 | 1630 | 961,4 | 0,75 | 721 | 2,3 | 1,9-2,5      | 3,9  |
| 43  | Quebrada Las Lajas   | 194106,3 | 10058876,5 | 3.148 | 9,6  | 76,6 | 1630 | 961,1 | 0,75 | 721 | 2,3 | 1,9-2,5      | 9,8  |
| 44  | Quebrada Mueses      | 192598,2 | 10057429,2 | 3.092 | 10,0 | 75,5 | 1630 | 961,3 | 0,75 | 721 | 2,3 | 1,9-2,5      | 6,4  |
| 45  | Quebrada Juan Ibarra | 191541,2 | 10056544,7 | 3.134 | 9,7  | 76,3 | 1630 | 960,8 | 0,75 | 721 | 2,3 | 1,9-2,5      | 5,6  |
| 46  | Quebrada Atal        | 190391,0 | 10054448,8 | 3.182 | 9,4  | 77,2 | 1630 | 961,4 | 0,75 | 721 | 2,3 | 1,9-2,5      | 21,1 |
| 47  | Quebrada Frontales   | 208570,5 | 10073424,7 | 3.004 | 10,5 | 73,4 | 1768 | 951,2 | 0,75 | 713 | 2,5 | 1,9-2,5      | 18,8 |
| 48  | Río Chingual         | 204482,9 | 10073284,3 | 3.270 | 8,9  | 77,8 | 1768 | 951,0 | 0,75 | 713 | 2,5 | 1,9-2,5      | 33,3 |
| 49  | Río Minas            | 197544,4 | 10062964,8 | 3.362 | 8,3  | 79,6 | 1768 | 951,1 | 0,75 | 713 | 2,5 | 1,9-2,5      | 50,2 |
| <b>Sub-Total área con Bajo Riesgo de Aridez =</b> |                      |          |            |       |      |      |      |       |      |     |     | <b>149,1</b> |      |

Fuente: elaboración propia

#### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante la aplicación de la metodología propuesta, se estudiaron dos conjuntos de fenómenos: la percepción social del riesgo de sequía y el comportamiento de las variables meteorológicas que determina el balance hídrico y el Índice de aridez. En las secciones que siguen se presentan los resultados; primero de forma diferenciada y, posteriormente, en riesgo de sequía para fines de comprender de manera integrada el problema.

##### 4.1. PERCEPCIÓN SOCIAL DEL RIESGO DE SEQUÍA

De las encuestas realizadas a las 120 personas de la muestra, el 59% señala que la sequía constituye el mayor desastre natural; el 24% considera a los incendios y un 13% los deslizamientos de tierras. Esto refleja que la sequía constituye el mayor problema para la población y, por tanto, su grado de vulnerabilidad es alto ante este fenómeno (Figura N° 2).

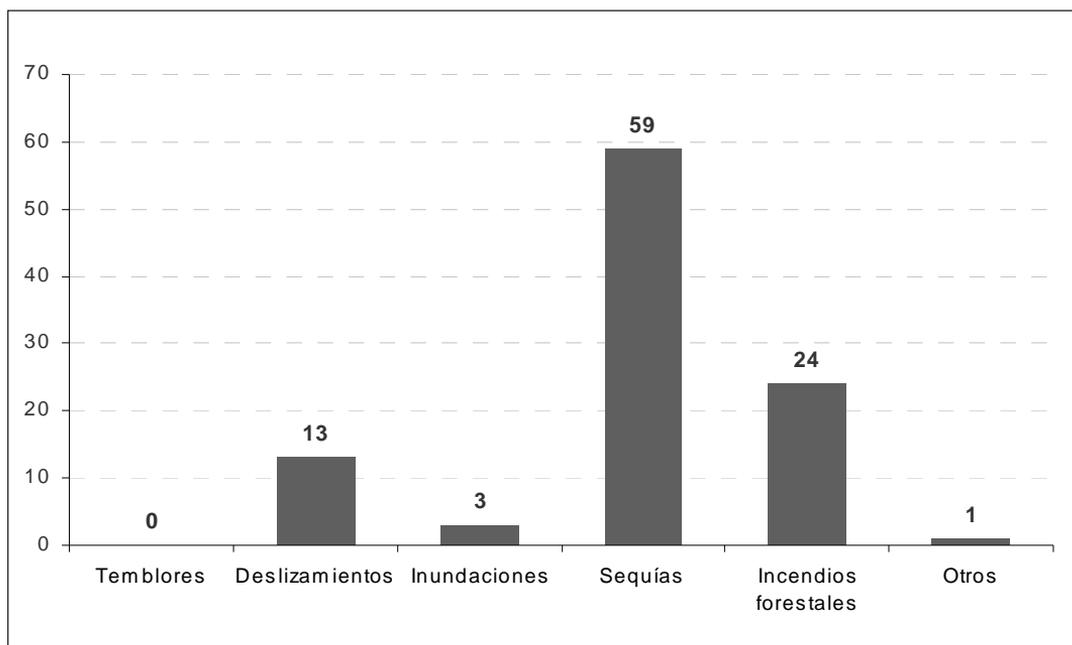


Figura 2. Vulnerabilidad de la población a los desastres naturales

Fuente: elaboración propia

Por su parte, en cuanto a la percepción social de incidencia del cambio climático en la sequía los resultados de la consulta a los pobladores del área de estudio permitieron comprobar que el 93% de los entrevistados consideró que en el período 2000-2012 la cantidad de lluvias ha disminuido. Esto fue corroborado por un 96% de los entrevistados, quienes perciben que los lapsos de sequía fueron cada vez mas prolongados para el mismo período, constituyendo esto una importante apreciación sobre la incidencia del cambio climático que existe en el planeta y en el Ecuador.

En cuanto a la percepción social para enfrentar los períodos de sequía, en la Figura Nº 3 puede apreciarse los porcentajes de las diferentes acciones que las comunidades sugirieron a través de las respuestas dadas a la pregunta Nº 4, incluida en el modelo de encuesta aplicada para valorar esta percepción. En efecto, las comunidades consideraron como muy importantes el control de la deforestación (29%), seguido por la construcción de reservorios de agua (24%),

considerando sin ninguna importancia para enfrentar los períodos de sequía el incremento de las tarifas de agua.

Respecto a la percepción social sobre las políticas públicas para controlar la sequía, el 47% de los encuestados señaló que los gobiernos locales deben orientar sus políticas públicas hacia la construcción de infraestructuras de almacenamiento, conducción y distribución de agua. Por su parte, el 44% resaltó que es necesario emprender procesos de educación ambiental a la población para mejorar el grado de concientización en el cuidado del agua y conservación de páramos, mientras el resto (9%) indicó que es importante que los Gobiernos locales brinden información oportuna sobre el clima en la provincia del Carchi (Figura Nº 4).

#### 4.2. ÍNDICE DE ARIDEZ Y LOS RIESGOS DE SEQUÍA

En el Cuadro Nº 2 se presentan los valores del IA obtenidos a partir de la Ecuación Nº 3. Con base en los rangos del IA indicados,

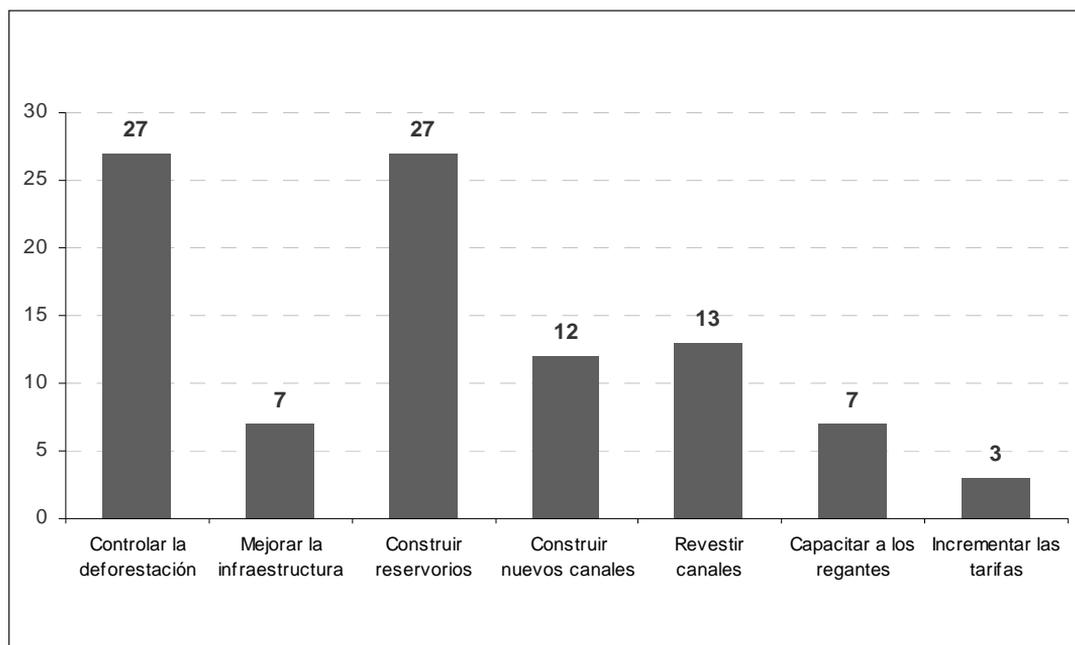


Figura 3. Acciones para enfrentar los períodos de sequía

Fuente: elaboración propia

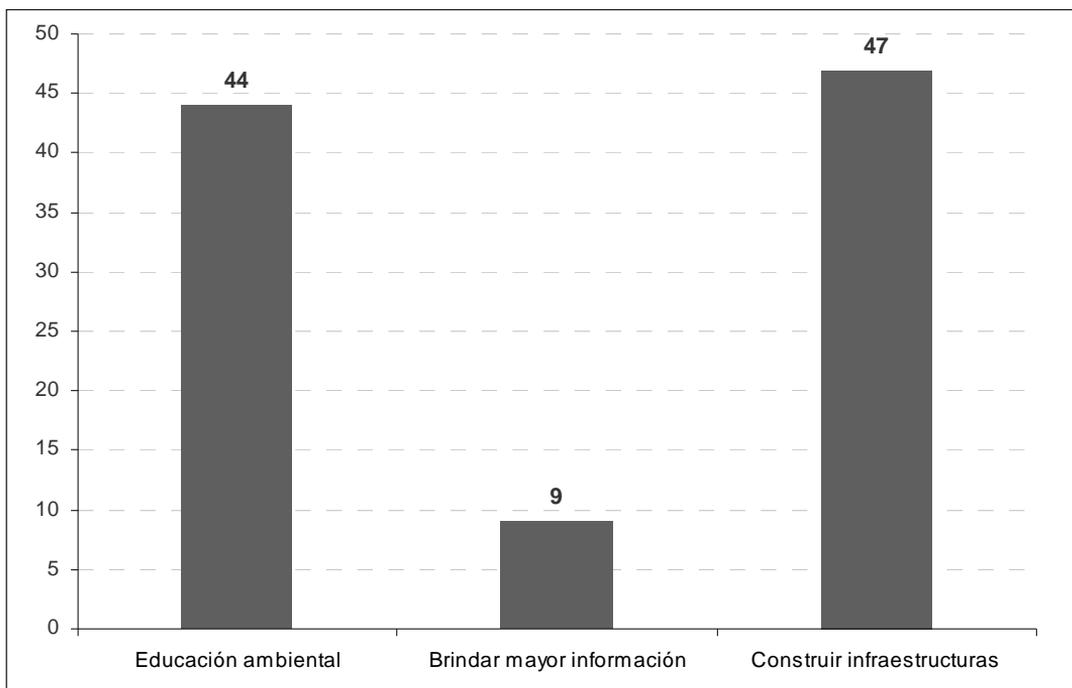


Figura 4. Actividades que podrían realizar los Gobiernos Locales ante el fenómeno de la sequía  
Fuente: elaboración propia

fue posible establecer las tendencias de la aridez en el área de estudio. Los resultados revelaron que las microcuencas que tienen un IA entre 1,0 y 1,3, con una superficie 696,4 km<sup>2</sup>, exhiben la mayor tendencia de aridez; por su parte, las microcuencas donde la tendencia a la aridez es moderada (IA entre 1,4 y 1,8) llegan a cubrir una superficie de 787,5 km<sup>2</sup>; además, las microcuencas donde la tendencia es mínima (IA entre 1,9 y 2,5), tienen una superficie de 149,1 km<sup>2</sup>.

Es evidente que las áreas con **mayor tendencia a la aridez** corresponden a las microcuencas comprendidas entre la Nº 1 y la Nº 22 (Cuadro Nº 2), ambas definidas por Drenajes menores. Aquellas conforman las redes hidrográficas de la cuenca del río Mira, integrada a su vez por las subcuencas de los ríos Minas-Apaquí, del Chota y del propio Mira. Los centros poblados que se encuentran bajo la influencia de esta tendencia incluyen San Gabriel, La Paz, Bolívar, García Moreno, Los Andes, San Vicente de Pusir y San Rafael.

Por su parte, los sectores con **menor Índice de aridez** se extienden desde la microcuenca Quebrada Tunda (Nº 42) hasta el río Minas (Nº 49), los cuales están localizados en la Cordillera Oriental, denotando mejores condiciones de humedad ambiental y pluviométrica, la cual incluye las poblaciones localizadas en las cuencas altas de los ríos Mira y Chota. Las microcuencas indicadas entre la Nº 23 (Río Pisín) y la Nº 41 (Río El Carmen) localizadas en las cuencas de los ríos Carchi, Mira y Napo, que incluye las áreas de influencia de las localidades de Tulcán, Tufiño, Julio Andrade, Huaca, Santa Martha de Cuba, Mariscal Sucre, Cristóbal Colón, entre otras, tienen tendencia a un nivel de **aridez intermedio** o en progresión; es decir, tienen un carácter moderado en comparación con los dos anteriores.

Del análisis del Cuadro Nº 2 y Figura Nº 5 se puede observar que las áreas de **ALTO RIESGO DE SEQUÍA** (696,4 km<sup>2</sup>) están vinculadas con las microcuencas Quebrada

Pueraquer, Tambo, Diablo, Duende, San Blas, Tupalá, Honda, Cuesaca, Dolores, Manzanal, Changona, El Ángel, San Gabriel, Huaquer, Pisto y varios Drenajes menores, ubicadas en la cuenca del río El Ángel y las áreas de influencia de las localidades de El Ángel, San Isidro, La Libertad, San Gabriel, La Paz, Bolívar, García Moreno, Los Andes, San Vicente de Pusir, las Colonias, El Sixal, entre otras. Por su parte, las microcuencas Tunda, Las Lajas, Muses, Juan Ibarra, Atal, Frontales, Chingual y Minas, vinculadas con las localidades de Tufiño, Tulcán, Santa Martha de Cuba, Fernández Salvador, Mariscal Sucre, San Rafael, San Francisco de Villacís, Yascón, entre otras; tienen un **BAJO RIESGO DE SEQUÍA** (149,1 km<sup>2</sup>), sin perjuicio que puedan tomarse medidas ante la eventualidad del fenómeno. El resto del área de estudio, que incluye las microcuencas Río Pisín, Yail,

Santa Martha, Cucacho, Chitín, Río Bobo, Río Chiquito, Río Tajamar, Obispo, Río Grande, Río San Miguel, El Carmen y varios Drenajes menores; presentan un nivel **MEDIO DE RIESGO DE SEQUÍA** (787,5 km<sup>2</sup>). Sin embargo, las intervenciones, medidas, planes y estudios que se lleven a cabo deben ser abordadas con un enfoque integral para todas las áreas de influencia de los eventuales fenómenos de sequía.

Dentro del contexto de la zonificación de los riegos de sequía antes presentado es importante analizar los conflictos sociales por el acceso y uso del agua en la Provincia del Carchi. Ciertamente, en las cuencas hidrográficas del área de estudio se ubican centros poblados, además de organizaciones públicas y privadas que desarrollan actividades productivas como la agricultura, ganadería, turismo y otros servicios básicos o de apoyo

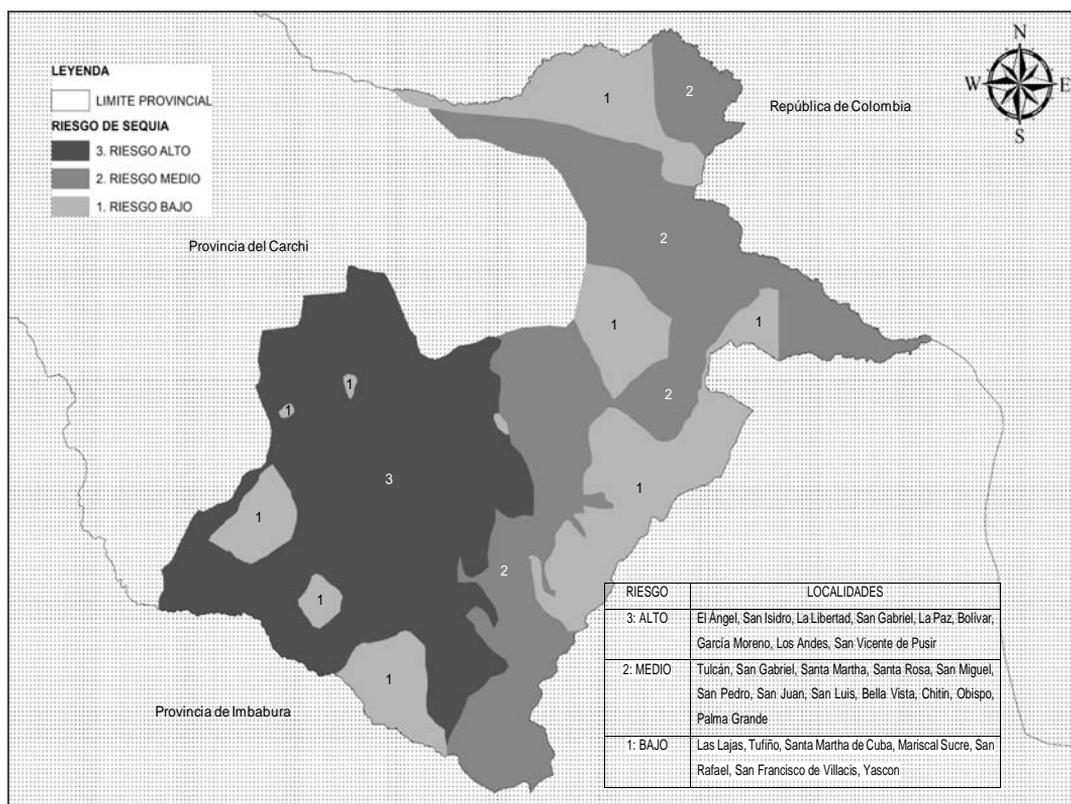


Figura 5. Mapa de riesgos de sequía en la provincia del Carchi  
 Fuente: elaboración propia

a las mismas. En tal sentido, existen diferentes juntas de usuarios y organizaciones de riego que administran su organización de acuerdo con los respectivos Reglamentos Internos y Estatutos, en el marco de las normativas legales e institucionales que rigen en el país con el propósito de mejorar la conservación de las áreas de recarga hídrica, sitios de captación, conducción, áreas de almacenamiento, distribución y aprovechamiento del recurso hídrico. Sin embargo, en cada momento se presentan diferentes conflictos sociales respecto a estos procesos.

Así, por ejemplo, la conservación de las áreas de recarga hídrica es de suma importancia al momento de garantizar el abastecimiento del recurso hídrico, principalmente por la composición de la vegetación, la vida animal y las condiciones edafoclimáticas. Tales componentes son imprescindibles para el mantenimiento del ciclo hidrológico, toda vez que este es un proceso-respuesta muy frágil a las alteraciones que ha propiciado la actividad humana mediante la tala de bosques nativos, ampliación de la frontera agrícola, quemas y contaminación, entre otras afectaciones. Otro tanto ocurre con problemas relacionados en los sitios de captación (boca-tomas) y de conducción de caudales, los cuales no fueron construidos de una forma planificada y técnica, requiriéndose también de la construcción de represas a los fines de contar con una reserva de agua que abastezca a los usuarios en épocas de sequía.

En Ecuador la irrigación representa el 8,1% del agua consumida. Sin embargo, la infraestructura de riego es extremadamente ineficiente, por el desperdicio de grandes volúmenes de agua, lo cual ha sido determinado por varios estudios, resaltando que la eficiencia de la infraestructura pública de riego es del 30%, mientras que la del sector privado varía entre 16% y 50%. Solamente los usuarios privados que cultivan productos de exportación tienen tecnologías de riego que ahorran agua. La mayor parte de los canales de riego del sector público y privado son revestidos, pero se desperdicia con frecuencia el agua en la distribución a pequeños lotes de terreno que no tienen tecnologías adecuadas para ahorrar agua (SENAGUA, 2016).

#### 4.3. IMPACTO DE LA SEQUÍA EN LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

En la provincia del Carchi existen diferentes concesiones de agua legales debidamente registradas en la actual Secretaría del Agua (SENAGUA), que es la institución responsable de los procesos legales de legalizar su uso. En el caso de esta Provincia, la mayor cantidad de las concesiones están en los cantones de Bolívar y Mira, resaltando que las principales subcuencas de aprovisionamiento de agua son río El Ángel, Páramo El Ángel y río Apaqui. El número de concesiones en la cuenca del río El Ángel es de 236, con un caudal de 5.244,15 l/s. Estas concesiones varían enormemente desde 0,02 l/s hasta 1.076,60 l/s con un promedio de 22,22 l/s, siendo la mayor cantidad de concesiones destinadas a riego (Morales, 2001).

En estudios hidrológicos efectuados en las microcuencas del área de estudio se aprecian importantes caudales que no son utilizados durante los períodos lluviosos. Por otra parte, el clima local presenta un período de sequía que afecta particularmente a la zona media y baja, por un período de 4-5 meses. Por la creciente deforestación en las partes altas de las cuencas, su capacidad de retención en períodos de sequía se ha visto reducida y produce un estiaje más prolongado y ante el factor de mayor densidad poblacional en algunos sectores presenta una disponibilidad per cápita más baja que en el resto del país (Flores, 2012).

En la provincia del Carchi el 41% de las tierras están destinadas a pastos naturales, 22% a montes y bosques, 14% a pastos cultivados y 11% para cultivos transitorios y barbecho (Cuadro N° 3). La mayor cantidad de territorio está cubierto de pasto natural y bosques, usos que no se encuentran ubicados en el territorio vulnerable a sequías, a diferencia de los pastos cultivados (14%) y cultivos transitorios y barbecho (11,4%), que están ubicados en áreas vulnerables a la sequía; lo cual significa que el 25% de la provincia está dedicado a la producción agropecuaria sujeto a problemas de sequía.

La legislación actual determina que una competencia directa de los gobiernos provinciales es el desarrollo productivo de sus territorios. En tal sentido, el Gobierno

Cuadro 3

*Uso actual del suelo en la provincia del Carchi (Ver archivo adjunto al manuscrito)*

| Uso Actual                       | Superficie (Ha) | %            |
|----------------------------------|-----------------|--------------|
| Cultivos Permanentes             | 4.186           | 2,3          |
| Cultivos Transitorios y Barbecho | 20.517          | 11,4         |
| Descanso                         | 1.182           | 0,7          |
| Pastos Cultivados                | 25.032          | 14,0         |
| Pastos Naturales                 | 72.951          | 40,7         |
| Paramos                          | 14.117          | 7,9          |
| Montes y Bosques                 | 40.186          | 22,4         |
| Otros Usos                       | 1.093           | 0,6          |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>179.264</b>  | <b>100,0</b> |

Fuente: INEC (2017)

Cuadro 4

*Principales cultivos afectados por la sequía (Ver archivo adjunto al manuscrito)*

| Cultivos          | Superficie (ha) | %          |
|-------------------|-----------------|------------|
| Papa              | 6.179           | 42,25      |
| Frejol seco       | 3.168           | 21,66      |
| Maíz suave seco   | 1.469           | 10,04      |
| Maíz suave choclo | 1.270           | 8,68       |
| Maíz duro seco    | 1.054           | 7,21       |
| Plátano           | 484             | 3,31       |
| Arveja seca       | 360             | 2,46       |
| Caña de azúcar    | 334             | 2,28       |
| Tomate de árbol   | 192             | 1,31       |
| Banano            | 116             | 0,79       |
| <b>Total</b>      | <b>14.626</b>   | <b>100</b> |

Fuente: INEC (2017)

Provincial del Carchi ha priorizado cadenas productivas de las principales actividades en las que centra los esfuerzos sus habitantes. El principal cultivo de la zona es la papa, con el 42% de cobertura principalmente en los cantones Tulcán, Montufar, Huaca y Bolívar; luego se ubica el cultivo de frejol, con 21,66%, concentrado principalmente en los Cantones Mira y Bolívar; le siguen el maíz suave seco, el maíz para choclo y el maíz duro, que entre los 3 suman un total de 25% (tal como se observa en el Cuadro Nº 4). En consecuencia, estos cultivos son los más afectados al momento de ocurrir sequías prolongadas.

Según Cevallos (2010), de las 5.686 hectáreas abastecidas por los canales de riego Montufar-Bolívar, Monte Olivo, Alor y San Vicente de Pusir, solo el 50% recibe agua. No obstante, el balance de pérdidas por la última sequía deja perjuicios a 4.500 agricultores y

48 mil hectáreas; se perdieron cultivos de maíz, papa, frejol, tomate, cebada, y cebolla. Pero también el sector pecuario tiene también saldo rojo: se estima que 120 mil cabezas de ganado sufren los efectos del prolongado verano.

Esta realidad plantea la necesidad de establecer un plan de mitigación y contingencia de la sequía en la provincia del Carchi. Allí el agua es el elemento central de la vida agropecuaria, principalmente las áreas de altura media y baja de las cuencas, toda vez que son parcial o totalmente dependientes de ella para su producción. La información oficial indica una disponibilidad de agua suficiente para el abastecimiento rural y urbano de la cuenca. No obstante, la realidad –según los datos disponibles–, confirma que el agua es ahora ya insuficiente en épocas de estiaje y está ocasionando serios conflictos sociales que van en aumento.

Considerando los criterios establecidos por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, 2010), es pertinente señalar que el modelo de riesgo de la sequía es una aproximación de la realidad, toda vez que indica las eventuales zonas en donde el riesgo de sequía se manifiesta en diferentes niveles. De allí que lo ideal es contar con datos para toda el área de interés, lo que todavía es muy difícil de obtener en el país porque no existen protocolos constantes de registros de datos climáticos e hidrológicos.

Además, es necesario tener en cuenta que la validez de la información generada depende de la calidad de los datos parciales que alimentan el análisis espacial; en este caso, corresponden a estimaciones y son por tanto solo una aproximación a lo real. Así, al no existir datos cuantitativos rigurosos, la utilización de la percepción social del riesgo se constituye en un factor de alto valor a la hora de estimar el riesgo de sequía. Ella representa una contribución para el Gobierno Provincial del Carchi en la toma de decisiones frente a la mitigación y prevención ante el riesgo de sequías.

Desde esa perspectiva el riesgo de sequía puede visualizarse desde un enfoque más integrado que refleje que las consecuencias de los desastres naturales no son independientes de los sistemas sociales. Si se considera que el riesgo se construye histórica y socialmente, un acercamiento a su estudio no solo debe considerar la espacialidad del evento sino también la temporalidad del mismo, involucrando a la vulnerabilidad social como uno de los componentes para su análisis (MAGAP-IEE, 2008).

En este sentido, el Gobierno Provincial del Carchi y SENAGUA tienen un rol fundamental en el diseño de políticas públicas locales dirigidas al mejoramiento de las condiciones de vida de los productores. Lo tienen también en el establecimiento de instrumentos y planes de gestión para evitar la ineficacia en la capacidad de regulación, control y mitigación de riesgos asociados con las sequías recurrentes en el Carchi y, de esta forma, disminuir la vulnerabilidad de los productores mediante el mejor uso de los recursos técnicos, con la participación de las comunidades beneficiarias de estas políticas.

## 5. CONCLUSIONES

El fenómeno de escasez de agua debe dejar de ser considerado tan solo como un evento agroclimático, es decir, como un corolario de la frecuencia de aparición de sequías, con la consecuente reducción en el rendimiento de los cultivos. El riesgo de sequía puede visualizarse desde una perspectiva más integrada que refleje que las consecuencias de los desastres naturales no son independientes de los sistemas sociales.

La utilización de la percepción social del riesgo se constituye en un criterio de alto valor a la hora de estimar el riesgo de sequía. No obstante, teniendo en cuenta lo discutido a lo largo de este artículo, es pertinente el mejoramiento de las actuales estaciones meteorológicas en la provincia del Carchi, para poder monitorear el comportamiento de las variables del clima (pluviosidad y temperatura), especialmente en las zonas altas de las cuencas. De allí la importancia de conformar un sistema provincial de información hidrometeorológica, ya que el acceso a la información constituye una herramienta fundamental para el desarrollo de políticas para afrontar la sequía y el cambio climático.

También es importante impulsar el diseño y puesta en práctica de programas permanentes en el Gobierno Provincial, sobre Educación Ambiental y Manejo Social del agua, que tengan como responsabilidades difundir campañas de prevención de quemadas, deforestación y apoyar a las juntas de regantes en la administración, gestión del agua y manejo de conflictos. El fin último sería ejecutar obras de rehabilitación y mejoramiento de los sistemas de riego para optimizar la captación, conducción y distribución del agua.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Los autores del trabajo agradecen al Gobierno Provincial del Carchi (Ecuador) por el apoyo financiero otorgado para la realización de este estudio, extensivo a las juntas de agua por la información ofrecida por los productores que fueron encuestados durante la fase de campo.

## REFERENCIAS

- Aguirre, N., Ojeda-Luna T., Eguiguren P., & Aguirre-Mendoza Z. (Eds.). (2015). *Cambio climático y biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador*. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja, Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Recuperado de [http://unl.edu.ec/sites/default/files/libro\\_biodiversidad\\_cambio\\_climatico\\_marzo\\_2016.pdf](http://unl.edu.ec/sites/default/files/libro_biodiversidad_cambio_climatico_marzo_2016.pdf)
- Andrade, M. I., Lucioni, N. C., & Schomwandt, D. (2014). Vulnerabilidad social y riesgo hídrico en el gran la plata: Provincia de Buenos Aires, Argentina. [Anales de las] XVI Jornadas de Investigación del Centro de Investigaciones Geográficas y del Departamento de Geografía. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE) de la Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de [http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab\\_eventos/ev.4094/ev.4094.pdf](http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.4094/ev.4094.pdf)
- Ávila García, P. (2008). Vulnerabilidad socio ambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México. *Revista Ciencias*, (90), 46-57. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/340651214/Vulnerabilidad-Socioambiental-Seguridad-Hidrica>
- Báez, O. (2016, 10 de marzo). *Cambio climático y desglaciación en Los Andes*. Quito: ALAI. Recuperado de <https://www.alainet.org/es/articulo/175961>
- Calvo, E., Campos, M., Carcavallo, R., Cerri, C., Gay-García, Mata, L., & Saizar, A. (2001). *Glaciares y cambio climático. Impactos regionales del cambio climático: Evaluaciones de la vulnerabilidad en América Latina*. Buenos Aires: GREEPEACE, Recuperado de <http://www.greenpeace.org/argentina/global/argentina/report/2006/3/glaciares-y-cambio-climatico.pdf>
- Cardona, O. (2015). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgos. «Una crítica y una revisión necesaria para la gestión». [Memorias del ] *Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice*, Wageningen, Países Bajos, 29-30 de junio de 2001. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/237478372>
- Cevallos, M. (2010). *Diagnóstico de riesgos y amenazas por efecto de la sequía y diseño de alternativas de solución para la provincia del Carchi*. (Informe Ejecutivo). Carchi, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de la provincia de Carchi.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y El Caribe*. Santiago, Chile: CEPAL. Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/18/S1700334\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/18/S1700334_es.pdf)
- D'Ercole, R., & Trujillo, M. (2003). *Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en Ecuador. Los desastres, un reto para el desarrollo*. Quito: COOPI-IRD-ÓXFAM. Recuperado de [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers11-03/010032419.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/010032419.pdf)
- Flores, A. (2012). *Sostenibilidad ambiental del Plan de Actuación Especial en situaciones de alerta por eventual sequía y contaminación en la cuenca alta del río Mira en la provincia del Carchi*. (Tesis inédita de maestría). Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería Politécnica, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1448/1/105494.pdf>
- Geografía, Planificación, Desarrollo, GEOPLADES. (2009). *Elaboración del mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo para el Cantón Bolívar*. Quito: GEOPLADES. Recuperado de <http://www.geoplades.com.ec/index.php/experiencia/provinciales-y-cantoniales/item/13-elaboracion-del-mapa-de-cobertura-vegetal-y-uso-actual-del-suelo-para-el-canton-bolivar>.
- Gómez, J. J. (2015). Impactos previstos del cambio climático en la agricultura en América Latina y sus implicaciones para las políticas de adaptación. En *Agricultura y Cambio Climático Economía y Modelación; Capítulo V* (pp. 53-61). [Memorias del cuarto Seminario Regional de Agricultura y Cambio Climático], 13-14 de noviembre de 2013. Santiago, Chile: CEPAL-Cooperación Regional Francesa-FAO, Serie: Seminarios y Conferencias. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/39620>
- Gómez R., S. N. (2003). *Análisis de vulnerabilidad con énfasis en sequía en la subcuenca del río aguas calientes, Somoto, Nicaragua*. (Tesis de inédita de maestría). CATIE, Turrialba, Costa Rica. Recuperado de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0138e/A0138e.pdf>

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI. (2012). *Anuario meteorológico, Nº 51-2011*. Quito: INAMHI.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC. (2017). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria*. Quito: INEC. Recuperado de [www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2017/Informe\\_Ejecutivo\\_ESPAC\\_2017.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf)
- Lavel, A. (1986). *Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición*. Washington: PAHO. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/riesgo-apuntes.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca-Instituto Espacial Ecuatoriano, MAGAP-IEE. (2008). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional componente: «clima, hidrología y amenazas hidrometeorológicas». Zonas de susceptibilidad a sequías en el Ecuador continental*. Quito: MAGAP-IEE. Recuperado de <https://docplayer.es/37003002-Generacion-de-geoinformacion-para-la-gestion-del-territorio-a-nivel-nacional-componente-clima-hidrologia-y-amenazas-hidrometeorologicas.html>
- Middleton, N., & Thomas, D. (1997). *World atlas of desertification*. (2a. Ed.). Londres: Hodder Arnold Publication.
- Morales, P. (2001). *Plan de educación para la gestión ambiental en la subcuenca del río El Ángel, Carchi, Ecuador*. Quito: IDRC, PROYECTO MANRECUR/FUNDAGRO. Recuperado de <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/35689/117550.pdf?sequence=2>
- Natenzon, C. (1995). *Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre*. Buenos Aires: FLACSO, Serie documentos e informes de investigación, No. 191. Recuperado de <http://www.pirna.com.ar/files/pirna/PUB-Natenzon-Catastrofes-naturales-riesgo-e-incertidumbre.pdf>
- Pizarro, R. (2001). *La vulnerabilidad social y sus desafíos: una mirada desde América Latina. Serie estudios estadísticos*. Santiago, Chile: CEPAL. Recuperado de [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4762/S0102116\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4762/S0102116_es.pdf)
- Rodríguez, A., & Meza, L. (2015). Investigación científica sobre agricultura y cambio climático. En *Agricultura y Cambio Climático Economía y Modelación. Capítulo VI* (pp. 63-78) [Memorias del cuarto Seminario Regional de Agricultura y Cambio Climático], 13-14 de noviembre de 2013. Santiago, Chile: CEPAL-Cooperación Regional Francesa- FAO, Serie: Seminarios y Conferencias.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, SNGR. (2010). *Informe de Gestión 2009-2010. Resolución ministerial 256. Declaración de estado de excepción por déficit hídrico (sequía) en la provincia de Carchi*. Quito: SNGR. Recuperado de [https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Informe\\_SNGR\\_2010.pdf](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Informe_SNGR_2010.pdf)
- Secretaría del Agua, SENAGUA. (2016). *Propuesta de modelo de gestión integral del riego en el Ecuador*. Quito, Ecuador: SENAGUA. Recuperado de <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/06IGC2016-MGRIEGO-SENAGUA-MODELO-DE-GESTIO%CC%81N-INTEGRAL-DEL-RIEGO.pdf>